

**UNIVERSITE SAAD DAHLED DE BLIDA**

**Faculté des sciences de l'ingénieur**

**MEMOIRE DE MAGISTER**

En génie civil

Spécialité : Construction

**ANALYSE DU COMPORTEMENT DES PORTIQUES**

**AUTO STABLE EN BETON ARME**

**Par**

**SALAMA Fatma Zohra**

Devant le jury composé de :

BOULAHLA Nacer	Professeur	Président	Université S. D. Blida
OUDJIT Mohamed Nadjib	MCA	Examineur	Université de Bab Ezzouar
MENADI Belkacem	MCA	Examineur	Université S. D. Blida
BENSAIBI Mahmoud	Professeur	Rapporteur	Université S. D. Blida
SETHI Abdelaziz	MCB	Rapporteur	Université S. D. Blida

Blida, Février 2016

## RESUME

Les nouvelles **règles parasismiques Algériennes** (RPA99 Ver 2003) ont vu le jour après le séisme de **Boumerdes** du 21 Mai 2003. Cette nouvelle révision avait concerné la modification de certains articles, qui en plus de l'augmentation de l'accélération de certaines zones, ont pénalisés sévèrement le système structurel portique auto-stable, en limitant son utilisation en hauteur et en imposant l'utilisation des voiles de contreventement dans le cas d'une hauteur dépassant 11 mètres en zone III

Dans cette étude, nous allons présenter une estimation du degré de la performance des constructions auto-stable dans le cas des constructions individuelles et collectives. Nous nous sommes basés sur la «**Méthode du Pushover**», afin d'évaluer la capacité sismique de ce système constructif en comparaison à la demande sismique.

Pour améliorer cette performance et afin de répondre aux exigences des nouvelles mesures du RPA 2003, nous avons étudiés la performance constructions auto-stable renforcées avec de bout de voiles et des voiles d'angle plutôt que des voiles complets.

**Mots clés :** portique auto-stable, mixte portique voile, règlement parasismique, zone sismique, analyse statistique, méthode push over.

## ABSTRACT

The new Algerian seismic code (RPA99 Ver. 2003) was issued after the **Boumerdes** earthquake of May 21, 2003. This new revision has involved modification of certain articles. Which in addition to the increased acceleration of certain zones have severely penalized the structural system beam column frame. Limiting its use in height and imposing the use of concrete wall bracing in case of height exceeding 11 meters in zone III for example.

In this study, we present an estimate of the degree of performance of beam column frame constructive system case of individual and collective buildings. We have used the "**Method of Pushover**" to assess the ability of seismic construction system compared to the seismic demand.

To improve the performance and to meet the news requirements of the seismic code RPA 2003. We have studied also the performance beam column structures reinforced with tip and angle bracing walls instead of full bracing walls.

**Keywords:** free-standing gantry, mixed sailing, seismic regulations seismic zone, statistical analysis method push over.

## ملخص

القواعد الجديدة الزلزالية الجزائرية ظهرت بعد زلزال بومرداس 21 مايو 2003. وكان هذا التنقيح الجديد المعني بتعديل بعض المواد. ويعاقب بالإضافة إلى تسارع زيادة بعض المناطق ، بشدة القنطرية النظام الهيكلي الذاتي مستقرة. من جانب الحد من استخدامها في الارتفاع والتي تتطلب استخدام الشراع يستعد في حالة ارتفاع يتجاوز 11 مترا في منطقة الثالث.

في هذه الدراسة ، فإننا نقدم تقديرا للدرجة أداء يبني الذاتي مستقرة في حالة المباني الأفراد والجماعات. اعتمدنا على "المهمة اليسيرة أسلوب" لتقييم قدرة هذا النظام الزلزالية البناء مقارنة مع الطلب الزلزالية. لتحسين الأداء ، وتلبية الاحتياجات من التدابير الجديدة لعام 2003 على الجيش الوطني الرواندي. درسنا أيضا المباني الأداء الذاتي مستقرة مع أشرعة طرف عززت وزاوية الشراع بدلا من الأشرعة كامل.

**كلمات البحث:** قائمة بذاتها جسرية عملاقة تبحر مختلطة واللوائح الزلزالية منطقة زلزالية ، وطريقة التحليل الإحصائي تدفع أكثر .

## **REMERCIEMENTS**

Au terme de ce travail je tiens à remercier en premier lieu Dieu miséricordieux qui m'a donnée la force et le courage d'achever ce modeste travail et mes parents pour leurs appuis et leurs soutiens.

J'adresse mes sincères remerciements à mon directeur de thèse Dr A .Sethi, de l'institut de génie civil de l'université de Blida, pour son accueil, sa confiance, ses encouragements, ses conseils, ses efforts dévoués et pour son suivi subtil au long de la préparation de ce mémoire.

J'exprime ma gratitude au président et honorables membres de jury pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Pour m'avoir aidé à collecter les données nécessaires à la réalisation de ce travail, je tiens à remercier les institutions de la wilaya de Boumerdes et d'Alger.

Les remerciements seraient incomplets sans ceux, les plus sincères, s'adressés à tous ceux et celles qui de près ou de loin nous ont apporté aide et encouragement. Qu'ils trouvent ici l'expression de mes profondes gratitudes.

# TABLE DES MATIERES

RESUME .....	
REMECIEMENTS.....	
TABLE DES MATIERES .....	
LISTE DES ILLUSTRATIONS GRAPHIQUES ET TABLEAUX.....	
1. INTRODUCTION.....	16
1.1 Problématique .....	16
1.2. Portée du travail .....	19
2. COMPORTEMENT DES PORTIQUES AUTO – STABLE & MIXTE PORTIQUES VOILES .....	21
2.1. Introduction .....	21
2.2. Rappel sur l’historique du bâti .....	21
2.3. Evaluation de la réglementation en Algérie .....	23
2.4. Analyse statistique des enquêtes d’expertises effectuées lors séisme 2003 .....	25
2.4.1. Analyse par système constructif.....	27
2.4.2. Analyse par âge .....	30
2.4.3. Analyse par nombre d’étages .....	33
2.4.4 Analyse des structures calculés et contrôlés.....	36
2.5. Constatations et interprétation des résultats .....	40
2.5.1 Constatations selon le système constructif .....	40
2.5.2 Constatations selon l’âge de constructions.....	40
2.5.3 Constatations selon le nombre d’étages .....	41
2.5.4 Constatations selon le contrôle et le calcule.....	42
2.6. Facteurs de vulnérabilité rencontrés dans les constructions lors des expertises .....	43
2.7 Défaillances et Dégâts des structures en portique auto-stable .....	44
2.8 Conclusion.....	52

3. ANALYSE NUMERIQUE .....	54
3.1. Introduction .....	54
3.2. Notions sur l'analyse 'Push over' .....	54
3.2.1 Origine de l'analyse push over .....	56
3.2.2 Buts de l'analyse push over .....	58
3.3. Principe de la méthode .....	58
3.3.1 Approche de ductilité (eurocode8) .....	59
3.4. Approche en amortissement (méthode de capacité spectrale ATC40) .....	66
3.4.1 Bases théoriques des méthodes de capacité spectrale (ATC 40).....	68
3.5 Application de la méthode.....	71
3.5.1. Définition des Rotules .....	71
3.5.2. Courbe de Capacité .....	73
3.5.3. Point de performance .....	73
3.5.4. Analyse du push over .....	74
3.6 Modélisation .....	76
3.6.1 Introduction .....	76
3.6.2 Type de Modèles .....	76
3.6.3 Caractéristiques des modèles .....	80
3.6.4 Données techniques.....	87
3.7 Etude dynamique.....	88
3.7.1 Introduction .....	88
3.7.2 Détermination des facteurs sismiques .....	89
3.7.3 Calcul de la force sismique V par la méthode statique équivalent .....	90
3.7.4 Vérification des déplacements inter étage.....	91
3.8 Les modèles renforcés.....	93
3.8.1. Introduction .....	93
3.8.2. Bâtiment individuel.....	93
3.8.3 Bâtiment collectif .....	95
4. RESULTATS DE L'ANALYSE NUMERIQUE BATIMENT INDIVIDUEL.....	96
4.1 Introduction .....	96
4.2 Partie – A.....	96

4.2.1 1 <sup>er</sup> série de modèle Portique Auto – stable .....	96
4.2.2 2 <sup>ème</sup> série de modèle Renforcement par des voiles latéraux .....	107
4.2.3 3 <sup>ème</sup> Série de modèle Renforcement par des voiles centraux .....	114
4.3 Partie – B .....	121
4.3.1 Résultats 1 <sup>er</sup> série de modèle Portique Auto – stable .....	121
4.3.2 Résultats 2 <sup>ème</sup> série de modèle mixte portique voile latéraux .....	123
4.3.3 Résultats 3 <sup>ème</sup> série de modèle mixte portique voile centraux .....	126
4.4 Partie – C .....	128
4.4.1 Interprétation des résultats .....	129
5. RESULTATS DE L'ANALYSE NUMERIQUE BATIMENT COLLECTIF .....	130
5.1 Introduction .....	130
5.2 Partie – A .....	130
5.2.1 1 <sup>er</sup> série de modèle Portique Auto – stable .....	130
5.2.2 2 <sup>ème</sup> série de modèle Renforcement par des voiles latéraux .....	145
5.2.3 3 <sup>ème</sup> série de modèle Renforcement par des voiles centraux .....	155
5.3. Partie – B .....	166
5.3.1- Résultats 1 <sup>er</sup> série de modèle Portique Auto – stable .....	166
5.3.2- Résultats 2 <sup>ème</sup> série de modèle mixte portique voile latéraux .....	168
5.3.3. Résultats 3 <sup>ème</sup> série de modèle mixte portique voile centraux .....	171
5.4 Partie – C .....	173
5.4.1 Interprétation des résultats .....	174
6. CONCLUSIONS .....	175

REFERENCES

ANNEXE

## LISTE DES ILLUSTRATIONS GRAPHIQUES ET TABLEAUX

<b>Figure 2.1</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système portique auto stable et mixte portique voile .....	28
<b>Figure 2.2</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système portique auto stable et mixte portique voile .....	28
<b>Figure 2.3</b>	Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le système portique auto stable .....	29
<b>Figure 2.4</b>	Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le système mixte portique voile .....	29
<b>Figure 2.5</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon l'âge des constructions 1à30...	31
<b>Figure 2.6</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon l'âge des constructions 31à60...	31
<b>Figure 2.7</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon l'âge des constructions 61à100...	31
<b>Figure 2.8</b>	Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon l'âge des constructions 1à30 .....	32
<b>Figure 2.9</b>	Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon l'âge des constructions 31à60 .....	32
<b>Figure 2.10</b>	Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon l'âge des constructions 61à100 .....	33
<b>Figure 2.11</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le nombre d'étages 1à2 .....	34
<b>Figure 2.12</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le nombre d'étages 3à4 .....	34
<b>Figure 2.13</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le nombre d'étages 4à5 .....	34
<b>Figure 2.14</b>	Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le nombre d'étage 1à2 .....	35
<b>Figure 2.15</b>	Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le nombre d'étage 3à4 .....	35
<b>Figure 2.16</b>	Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le nombre d'étage 5à6 .....	36
<b>Figure 2.17</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système portique auto-stable et les constructions calculées et contrôlées .....	37
<b>Figure 2.18</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système portique auto-stable et les constructions non calculées et non contrôlées .....	37
<b>Figure 2.19</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système portique auto-stable et les constructions calculées, non contrôlées et non calculées et non contrôlées .....	38

<b>Figure 2.20</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système mixte portique voiles et les constructions calculées et contrôlées .....	39
<b>Figure 2.21</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système mixte portique voiles et les constructions non calculées et non contrôlées .....	39
<b>Figure 2.22</b>	Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système mixte portique voiles et les constructions calculées, non contrôlées et non calculées et contrôlées ....	39
<b>Figure 2.23</b>	La section des poteaux étant souvent équivalente à celle des poutres, la plastification des nœuds se produit en tête ou en pied de poteau .....	45
<b>Figure 2.24</b>	Fissuration du trumeau extérieur de la maçonnerie (paroi extérieure non raidie) .....	45
<b>Figure 2.25</b>	Domage conséquent de cette maçonnerie en saillie par manque de raidisseurs aux angles.....	45
<b>Figure 2.26</b>	Désordre de la maçonnerie sous la paillasse d'escaliers.....	46
<b>Figure 2.27</b>	La section des poteaux étant souvent équivalente à celle des poutres.....	46
<b>Figure 2.28</b>	Rupture du nœud selon la petite inertie du poteau.....	46
<b>Figure 2.29</b>	Rotules plus accentuées aux extrémités des poteaux du premier niveau à la limite de l'effondrement .....	47
<b>Figure 2.30</b>	La Rupture du nœud poteaux – poutres avec flambement local des aciers longitudinaux par manque de frettage des aciers transversaux .....	47
<b>Figure 2.31</b>	La Rupture du nœud poteaux – poutres avec flambement local des aciers longitudinaux par manque de frettage des aciers transversaux.....	47
<b>Figure 2.32</b>	Effondrement à cause de l'absence d'armatures transversales dans les nœuds et dans la zone critique du poteau .....	48
<b>Figure 2.33</b>	Larguer du joint insuffisant entre les deux bâtiments.....	48
<b>Figure 2.34</b>	Béton non vibré Mauvaise exécution, ségrégation du béton au niveau de la zone nodal .....	49
<b>Figure 2.35</b>	Effondrement totale de la structure (pancake Rupture « fragile » de poteau et poutres de béton armé de mauvaise qualité.....	49

<b>Figure 2.36</b>	Talonnnette (Appelle aussi Dé de calage) le de 10cm en Béton de très mauvaise qualité .....	50
<b>Figure 2.37</b>	Corrosion d'aciers dont l'enrobage ne respecte pas les dispositions réglementaires du BAEL en atmosphère .....	50
<b>Figure 2.38</b>	Détaille de destruction des poteaux à cause de fonctionnement en «poteau court» .....	51
<b>Figure 2.39</b>	Perte du premier niveau avec perte d'appuis quasi simultanée d'appuis sur les poteaux RDC et renversement vers l'arrière .....	51
<b>Figure 2.40</b>	Disparition du 1 <sup>er</sup> étage. cette photo illustre le cas de niveau flexible par rapport RDC qui s'est trouvé plus rigide par la présence des rideaux en fer fermé .....	51
<b>Figure 2.41</b>	Perte de niveau : Noter la perte d'appui sur le poteau au premier plan. Ce poteau est dirigé selon sa petite inertie dans le sens transversal du bâtiment .....	52
<b>Figure 3.1</b>	Courbe de capacité .....	55
<b>Figure 3.2</b>	Niveau d'endommagement décrit par une courbe de capacité .....	56
<b>Figure 3.3</b>	Courbe force déformation .....	57
<b>Figure 3.4</b>	Spectre de réponse élastique dans le format accélération-déplacements .....	60
<b>Figure 3.5</b>	Principe d'égalité des déplacements maximaux (Newmark et Hall, 1982) .....	61
<b>Figure 3.6</b>	Caractéristiques du système équivalent à un seul degré de liberté .....	62
<b>Figure 3.7</b>	Courbe de capacité du système équivalent à un seul degré de liberté .....	63
<b>Figure 3.7</b>	Idéalisation bi linéaire de la courbe de capacité du système équivalent.....	64
<b>Figure 3.8</b>	Déplacement du système équivalent dans le domaine de moyennes et longues périodes	65
<b>Figure 3.9</b>	Déplacement du système équivalent dans le domaine des périodes courtes .....	66
<b>Figure 3.10</b>	Déplacement au sommet de structure .....	66
<b>Figure 3.11</b>	Différents éléments de la méthode capacité spectrale (ATC40) .....	67
<b>Figure 3.12</b>	Spectre de réponse élastique dans le format traditionnel accélérations-périodes .....	70

<b>Figure 3.13</b>	Spectre de réponse élastique dans le format accélérations-déplacements .....	70
<b>Figure 3.14</b>	Type de rotule assignée aux éléments frames .....	71
<b>Figure 3.15</b>	Option section designer – voile d’angle.....	72
<b>Figure 3.16</b>	Option section designer – voile central.....	72
<b>Figure 3.17</b>	Point de contrôle du déplacement .....	73
<b>Figure 3.18</b>	Point de performance dans SAP2000 .....	74
<b>Figure 3.19</b>	Chargement pour l’analyse Pushover .....	75
<b>Figure 3.20</b>	Vue en plan Modèle de la construction individuelle.....	81
<b>Figure 3.21</b>	Etage courant du modèle de la construction individuelle .....	82
<b>Figure 3.22</b>	Vue en élévation – construction individuelle.....	82
<b>Figure 3.23</b>	Ferraillade des éléments structuraux (poutres, voiles) Construction individuelle .....	83
<b>Figure 3.24</b>	Vue en plan Modèle de la construction collective .....	84
<b>Figure 3.25</b>	Etage courant du modèle de la construction collective.....	85
<b>Figure 3.26</b>	Vue en élévation – construction collective .....	85
<b>Figure 3.27</b>	Ferraillade des éléments structuraux (poutres, voiles) Construction collective .....	86
<b>Figure 3.28</b>	Renforcement par des voiles latéraux– bâtiment individuel.....	94
<b>Figure 3.29</b>	Renforcement par des voiles centraux– bâtiment individuel .....	94
<b>Figure 3.30</b>	Renforcement par des voiles latéraux– bâtiment collectif .....	95
<b>Figure 3.31</b>	Renforcement par des voiles centraux– bâtiment collectif .....	95
<b>Figure 4.1</b>	Effort tranchant à la base des cinq modèles.....	98
<b>Figure 4.2</b>	Modèle BI2.AU .R30 sens x-x.....	99
<b>Figure 4.3</b>	Modèle BI2.AU .R30 Sens y-y .....	100
<b>Figure 4.4</b>	Modèle BI2.AU .R25 .....	101
<b>Figure 4.5</b>	Modèle BI2.AU .R20 Sens x-x .....	102

<b>Figure 4.6</b>	Modèle BI2.AU .R20 Sens y-y .....	103
<b>Figure 4.7</b>	Modèle BI2.AU .R15 .....	104
<b>Figure 4.8</b>	Modèle BI2.AU .R10 .....	105
<b>Figure 4.9</b>	Modèle BI2.VL .R30 Sens x-x .....	108
<b>Figure 4.10</b>	Modèle BI2.VL .R30 Sens y-y .....	108
<b>Figure 4.11</b>	Modèle BI2.VL .R25 .....	109
<b>Figure 4.12</b>	Modèle BI2.VL .R20 .....	110
<b>Figure 4.13</b>	Modèle BI2.VL .R15 .....	111
<b>Figure 4.14</b>	Modèle BI2.VL .R10 .....	112
<b>Figure 4.15</b>	Modèle BI2.VC.R30 .....	115
<b>Figure 4.16</b>	Modèle BI2.VC .R25 .....	116
<b>Figure 4.17</b>	Modèle BI2.VC.R20 .....	117
<b>Figure 4.18</b>	Modèle BI2.VC .R15 .....	118
<b>Figure 4.19</b>	Modèle BI2.VC .R10 .....	119
<b>Figure 4.20</b>	Courbes de capacité sens x-x – portique auto-stable .....	122
<b>Figure 4.21</b>	Courbes de capacité sens y-y – portique auto-stable .....	122
<b>Figure 4.22</b>	Courbes de capacité sens x-x- voiles latéraux .....	123
<b>Figure 4.23</b>	Courbes de capacité sens y-y- voiles latéraux .....	124
<b>Figure 4.24</b>	Courbes de capacité sens x-x- voiles centraux.....	126
<b>Figure 4.25</b>	Courbes de capacité sens y-y- voiles centraux.....	126
<b>Figure 4.26</b>	Courbes de capacité sens x-x .....	128
<b>Figure 4.27</b>	Courbes de capacité y-y .....	129
<b>Figure 5.1</b>	Effort tranchant à la base des cinq modèles .....	133
<b>Figure 5.2</b>	Modèle BC5.AU .R30 Sens x-x.....	134

<b>Figure 5.3</b>	Modèle BC5.AU .R30 Sens y-y.....	135
<b>Figure 5.4</b>	Modèle BC5.AU .R25 Sens x-x.....	136
<b>Figure 5.5</b>	Modèle BC5.AU .R25 Sens y-y.....	137
<b>Figure 5.6</b>	Modèle BC5.AU .R20 Sens x-x.....	138
<b>Figure 5.7</b>	Modèle BC5.AU .R20 Sens y-y.....	139
<b>Figure 5.8</b>	Modèle BC5.AU .R15 Sens x-x.....	140
<b>Figure 5.9</b>	Modèle BC5.AU .R15 Sens y-y.....	141
<b>Figure 5.10</b>	Modèle BC5.AU .R10 Sens x-x.....	142
<b>Figure 5.11</b>	Modèle BC5.AU .R10 Sens y-y.....	143
<b>Figure 5.12</b>	Modèle BC5.VL .R30 Sens x-x.....	146
<b>Figure 5.13</b>	Modèle BC5.VL .R30 Sens y-y.....	147
<b>Figure 5.14</b>	Modèle BC5.VL .R25.....	148
<b>Figure 5.15</b>	Modèle BC5.VL .R20.....	149
<b>Figure 5.16</b>	Modèle BC5.VL .R15 Sens x-x.....	150
<b>Figure 5.17</b>	Modèle BC5.VL .R15 Sens y-y.....	151
<b>Figure 5.18</b>	Modèle BC5.VL .R10 Sens x-x.....	152
<b>Figure 5.19</b>	Modèle BC5.VL .R10 Sens y-y.....	153
<b>Figure 5.20</b>	Modèle BC5.VC .R30.....	156
<b>Figure 5.21</b>	Modèle BC5.VC .R25 Sens x-x.....	157
<b>Figure 5.22</b>	Modèle BC5.VC .R25 Sens y-y.....	158
<b>Figure 5.23</b>	Modèle BC5.VC .R20 Sens x-x.....	159
<b>Figure 5.24</b>	Modèle BC5.VC .R20 Sens y-y.....	160
<b>Figure 5.25</b>	Modèle BC5.VC .R15 Sens x-x.....	161
<b>Figure 5.26</b>	Modèle BC5.VC .R15 Sens y-y.....	162

<b>Figure 5.27</b>	Modèle BC5.VC .R10 Sens x-x.....	163
<b>Figure 5.28</b>	Modèle BC5.VC .R10 Sens y-y.....	164
<b>Figure 5.29</b>	Courbes de capacité sens x-x – Portique auto stable .....	166
<b>Figure 5.30</b>	Courbes de capacité sens y-y– Portique auto stable .....	167
<b>Figure 5.31</b>	Courbes de capacité sens x-x- voile latéraux .....	169
<b>Figure 5.32</b>	Courbes de capacité sens y-y- voile latéraux .....	169
<b>Figure 5.33</b>	Courbes de capacité sens x-x- voile centraux .....	171
<b>Figure 5.34</b>	Courbes de capacité sens y-y- voile centraux .....	173
<b>Figure 5.35</b>	Courbes de capacité sens x-x .....	173
<b>Figure 5.36</b>	Courbes de capacité y-y .....	174

<b>Tableau 1.1</b>	Système poteau poutre limitation en hauteur selon les différents codes .....	19
<b>Tableau 2.1</b>	Définition des degrés de dommages dans la fiche d'évaluation des dommages.....	26
<b>Tableau 2.2</b>	Résultats globale de la wilaya de Boumerdes selon le système constructif.....	28
<b>Tableau 2.3</b>	Résultats globale de la wilaya d'Alger selon le système constructif .....	29
<b>Tableau 2.4</b>	Résultats globale de la wilaya de Boumerdes selon l'âge des constructions.....	30
<b>Tableau 2.5</b>	Résultats globale de la wilaya d'Alger selon l'âge des constructions.....	32
<b>Tableau 2.6</b>	Résultats globale de la wilaya de Boumerdes selon le nombre de niveau .....	33
<b>Tableau 2.7</b>	Résultats globale de la wilaya d'Alger selon le nombre de niveau.....	35
<b>Tableau 2.8</b>	Résultats globale de la wilaya de Boumerdes selon le système portique auto-stable et structure calculées et contrôlées .....	37
<b>Tableau 2.9</b>	Résultats globale de la wilaya d'Alger selon le système mixte portique voile et structure calculées et contrôlées.....	38
<b>Tableau 3.1</b>	1 <sup>er</sup> Série de modèle Portique Auto - stable.....	77
<b>Tableau 3.2</b>	2 <sup>ème</sup> Série de modèle Renforcement par des voiles centraux .....	77
<b>Tableau 3.3</b>	3 <sup>ème</sup> Série de modèle Renforcement par des voiles latéraux .....	77
<b>Tableau 3.4</b>	1 <sup>er</sup> Série de modèle Portique Auto - stable.....	79
<b>Tableau 3.5</b>	2 <sup>ème</sup> Série de modèle Renforcement par des voiles centraux .....	79
<b>Tableau 3.6</b>	3 <sup>ème</sup> Série de modèle Renforcement par des voiles latéraux .....	79
<b>Tableau 3.7</b>	Facteur de qualité Q .....	89
<b>Tableau 3.8</b>	Facteurs sismiques pour les bâtiments individuel et collectif .....	91
<b>Tableau 3.9</b>	Vérification des déplacements inter étages du modèle parfait BI2.AU.R30.....	92
<b>Tableau 3.10</b>	Vérification des déplacements inter étages du modèle parfait BC5.AU.R30.....	92
<b>Tableau.4.1</b>	Déplacements inter étages .....	96

<b>Tableau.4.2</b>	Effort tranchant à la base des cinq modèles .....	97
<b>Tableau 4.3</b>	Valeurs de point de performance 1 <sup>er</sup> série de modèles.....	122
<b>Tableau 4.4</b>	Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 150 mm.....	122
<b>Tableau 4.5</b>	Valeurs de point de performance 2 <sup>ème</sup> série de modèles .....	124
<b>Tableau 4.6</b>	Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 300 mm.....	125
<b>Tableau 4.7</b>	Valeurs de point de performance 3 <sup>ème</sup> série de modèles .....	127
<b>Tableau 4.8</b>	Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 300 mm.....	127
<b>Tableau 4.9</b>	Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 150 mm.....	129
<b>Tableau 5.1</b>	Déplacements inter étages .....	131
<b>Tableau 5.2</b>	Effort tranchant à la base des cinq modèles .....	132
<b>Tableau 5.3</b>	Valeurs de point de performance 1 <sup>er</sup> série de modèles.....	167
<b>Tableau 5.4</b>	Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 300 mm.....	168
<b>Tableau 5.5</b>	Valeurs de point de performance 2 <sup>ème</sup> série de modèles .....	170
<b>Tableau 5.6</b>	Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 400 mm.....	170
<b>Tableau 5.7</b>	Valeurs de point de performance 3 <sup>ème</sup> série de modèles .....	172
<b>Tableau 5.8</b>	Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 400 mm.....	172
<b>Tableau 5.9</b>	Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 300 mm.....	174

## INTRODUCTION

### 1.1 Problématique

Le 21 mai 2003 une secousse tellurique de magnitude 6,8 sur l'échelle de Richter a ébranlé la région centre de l'Algérie où plusieurs wilayas ont été touchées : Alger, Boumerdès, Tizi-Ouzou, Bouira et Blida.

Les dégâts ont été signalés dans une zone d'environ 100 km de long et 50 km de large, centré sur la ville de Boumerdès. Les régions les plus touchées ont été dans la wilaya de Boumerdès et principalement dans les villes de Boumerdes ville, Dellys, Zemmouri, Corso, Reghaia, Boudouaou, Bordj El Bahri, et d'autres localités ainsi que les arrondissements de la wilaya d'Alger.

La plupart des constructions dans les zones endommagées ont été construites au cours des 30 dernières années. Cependant, plusieurs grands bâtiments datant de l'époque coloniale (début du 20e siècle) ont été gravement endommagés dans les quartiers de Belcourt, Bab-El-Oued et El-Casbah à Alger.

Les zones touchées sont des zones très urbaines. Le séisme a touché environ 2,3 millions de personnes. Il y eu 2287 morts, plus de 11.000 blessés. Le total de la perte économique est estimé à 5 milliards de dollars. Environ 182.000 unités de logement (appartements et maisons privées) ont été endommagés, dont plus de 19.000 sont effondrées ou ont été rendues inhabitables. Le séisme a fait plus de 120.000 personnes sans-abri. Ce tremblement de terre a mis en évidence la vulnérabilité des constructions et plus particulièrement dans les centre urbains.

A l'instar des grands séismes qui ont touché ces dernières années les régions de Chlef (1980), de Tipaza(1989), et de Témouchent (1999), celui de Boumerdes qui s'est manifesté le 21 Mai 2003 aurait du apporté un enseignement riche et varié en terme technique et scientifique et cela au vu de son ampleur et sa force dévastatrice.

Au lendemain du séisme, une mission d'expertise et d'évaluation technique des constructions a été expressément requise par le Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme (M.H.U) mobilisant les experts du CGS (centre national de recherche appliquée en génie parasismique), des organismes de contrôle C.T.C

(contrôle technique de construction), les services techniques de l'administration locale (DUC et DLEP), le CNERIB, les OPGI, les bureaux d'études etc.

Ainsi de nombreuses équipes chargées des expertises des constructions ont été mises à pied d'œuvre. Tout ce personnel technique et scientifique a été déployé pour couvrir l'évènement avec les autres partenaires internationaux. Afin de récupérer le maximum de données sur le terrain ; ainsi plus de 100.000 fiches d'expertise ont été réalisées dans la région sinistrée de Boumerdes et d'Alger.

Il s'agissait d'inventorier les parties du patrimoine utilisables immédiatement, celles qui nécessitent des réparations et/ou renforcements, et celles qui sont irrécupérables.

Une fiche regroupant une soixantaine d'informations a été utilisée pour la circonstance. Cette fiche qui a déjà été utilisée pour les villes de Chlef en 1980, Oued Djer en 1988 Tipaza en 1989, Mascara en 1994, Ain Benian en 1996, Ain Témouchent en 1999, Béni Ourtilane en 2000, sert de guide aux ingénieurs de structure qui ont eu à effectuer les expertises.

Chaque fiche a été remplie pour consigner le constat des dommages de chaque construction expertisée. L'usage de cette fiche a contribué à rendre systématique la procédure d'évaluation des dommages et à rendre homogènes les appréciations des ingénieurs. Cette fiche comporte des renseignements d'ordre général (identification, usage, nombre de niveaux, etc.), des observations concernant les problèmes de sols, une évaluation des dommages subis par les éléments structurels et par les éléments secondaires, des commentaires sur les causes probables des dommages ainsi qu'une évaluation globale du niveau général de dommages et des recommandations de mesures d'urgence le cas échéant.

Pour l'évaluation du degré d'endommagement des éléments de la construction et de la construction toute entière, une classification à 5 degrés a été utilisée pour lesquels des conclusions et recommandations ont été faites (reclassement, démolition, réparation ou réparation et renforcement....)

A la suite de ces expertises une base de toutes ces données d'expertises a été répertoriée par le CGS. Des colloques, des séminaires et des études d'aléa et de comportement des systèmes constructifs ont été organisés à la suite de cette catastrophe et une nouvelle révision des RPA a vu le jour.

Cette nouvelle révision des règles parasismique dite de court terme a vu le jour. Elle tient compte essentiellement :

- De la nouvelle classification des zones sismiques (Zone 0, Zone I, Zone IIa, Zone IIb, Zone III) ;
- Nouvelles valeurs du coefficient d'accélération de zone "A" ;
- De nouvelles prescriptions, plus restrictives, pour le système portique auto – stable en béton armé (système poteaux poutres).

Dans toutes les révisions des règlements parasismique algérien ; le système poteau poutre a été le plus sévèrement pénalisé c.à.d. sa limitation en hauteur (Voir tableau I.1), en imposant un renforcement en voile de contreventement pour toute construction dépassant huit mètres en zone de forte sismicité. Suites aux accélérations maximales enregistrées lors du tremblement de terre du 21 mai (Accélérations de 0.34g), il y a eu augmentation de l'accélération de certaines zones telles que Alger, Boumerdes etc. ces dernières ont été reclassées en zones III avec une accélération égale à 0.25g.

Il faut dire aussi que le système structurel (portique auto-stable) autant que les autres systèmes constructifs a subit des dégâts et désordres pour de multiple raisons à savoirs : mauvaise conception, sous dimensionnement des éléments, manque d'armatures transversales dans les zones critiques, mauvaise mise en œuvre et qualité des matériaux. Néanmoins, il a été constaté que sur un même site, certains bâtiment collectifs ou maisons individuelles, construits avec ce système, n'ont subit aucun dommage alors que le reste des constructions se sont complètement effondrées.

Cette pénalisation du système auto-stable en hauteur a une influence directe sur le coût et sur l'aspect architectural de la conception. C'est le système le plus utilisé dans la construction individuelle ainsi que dans la construction du logement social (Collectif et semi-collectif).

Tableau 1.1 Système poteau poutre limitation en hauteur selon les différents codes

Codes	Zone	Limitation	
		Sans remplissage en maçonnerie	avec remplissage en maçonnerie
<b>RPA 81 rev 83</b>	Cette catégorie (auto-stable) n'est pas admise en Zone III		
<b>RPA 83</b>	-	-	-
<b>RPA 88</b>	Aucune limitation en hauteur de l'auto-stable		
<b>RPA 99</b>	Zone I	7 Niveau ou 23m	6 Niveau ou 20m
	Zone II	5 Niveau ou 17m	
	Zone III	2 Niveau ou 8m	2 Niveau ou 8m
<b>RPA 99 Rev 2003</b>	Zone I	5 Niveau ou 17m	5 Niveau ou 17m
	Zone IIa	4 Niveau ou 14m	4 Niveau ou 14m
	Zone IIb	3 Niveau ou 11m	3 Niveau ou 11m
	Zone III		2 Niveau ou 8m

## 1.2 Portée du travail

Dans la première partie de cette étude nous avons analysé la base de données des expertises effectués par les différents CTC et autres partenaires tel que : DLEP, CGS, OPGI, BET et autres.

Sur la base de cette dernière que nous avons récupérée les données concernant uniquement les constructions en portique auto-stable et en portique mixte voile, afin de mener une étude statistique sur la vulnérabilité et pour comprendre le comportement de ces systèmes constructif.

Différentes analyses graphiques ont été élaborées pour les Wilayas d'Alger et de Boumerdes, et en particulier en relation avec les cinq degrés de dommage; elles concernent : analyse par système constructif, analyse par âge des constructions, analyse par nombre de niveaux et en fin analyse des structures calculés et contrôlés

La deuxième partie de cette recherche a eu pour objectif l'estimation de la performance sismique des systèmes portiques auto stable, à l'aide d'une série de modèles concernant l'habitat individuel et l'habitat collectif. En prenant compte les variations de plusieurs

paramètres à savoir « la qualité du béton, dimension des voiles de contreventement ». Ces modèles seront analysés avec la méthode non linéaire dite Push-over.

Dans la dernière partie nous avons établis une étude comparative entre les structures auto stable et les structures renforcées selon la nouvelle réglementation sismique, en termes de performance, capacité portante & formation des rotules.

La comparaison se fait entre l'effort tranchant de la méthode statique équivalente et l'effort de performance pour un déplacement donnée, les effets de la qualité du béton, la hauteur des bâtiments, le type de renforcement proposé et l'effet des dimensions des renforts sur la performance de la structure.

## **COMPORTEMENT DES PORTIQUES AUTO – STABLE & MIXTE PORTIQUES VOILES**

### 2.1. Introduction

Beaucoup de constructions collectives et individuelles sont construits en ossature poteaux – poutres en béton armé avec remplissage en maçonnerie rigide en brique.

Ce système est le plus répandu dans le monde (représente plus de 80% de la construction globale), car très économique, on le rencontre fréquemment en Algérie, au Maroc, en Turquie, en Espagne, au Portugal, en Inde et même en France... Il est considéré comme le système le plus vulnérable dans le monde, qui cause le plus de victime.

Pour mieux comprendre le comportement de ce système constructif et les phénomènes qui peuvent amener à sa ruine. On s'est intéressé dans ce chapitre à l'étude de la vulnérabilité des structures en portiques auto stable et pour des raisons de comparaison nous sommes aussi intéressés à la l'étude de vulnérabilité des structures dites mixtes (portiques- voiles) L'étude a été réalisée à travers les facteurs suivants :

- ✓ Rappel sur l'historique du bâti en Algérie.
- ✓ Rappel sur l'évolution des règles parasismiques Algériens.
- ✓ Analyse statistique des enquêtes d'expertises effectuées lors séisme 2003.
- ✓ Analyse des dégâts et désordres sur les constructions lors du séisme 2003.

### 2.2. Rappel sur l'historique du bâti

Durant les quarante dernières années, l'accroissement démographique rapide de la population en Algérie (**la population s'est développée de 10 millions à plus de 36 millions**) a eu comme conséquence une forte demande sur la construction de logement et cela sur tout le territoire du pays.

- Jusqu'aux années 90, la construction du logement a été principalement financée et gérée par le secteur public et le type de construction le plus répandu été composé de bâtiments collectif et semi-collectif à hauteur moyenne, dépassant rarement les 5 étages. Ces bâtiments ont été construits par les sociétés de construction du secteur public. Le système constructif le plus utilisé étaient les murs porteurs en béton armé, panneaux moulés sur place (coffrage tunnel et autres ...) ou préfabriqués.

➤ Dans les années 90 avec la transition à l'économie de marché, la majeure partie de la construction a été financée et gérée par les propriétaires eux-mêmes. Il y a eu émergence de deux types de constructions : individuelle et collective. Ces deux types de constructions ont été dans leur majorité exécutés par des sous-traitants et artisans privés, souvent sans qualifications professionnelles ? Le système de constructif le plus utilisé a été le système poteau-poutre (portique auto stable) ce système constitue la fraction principale du parc de logements privés, particulièrement dans les zones urbaines.

- Pour la construction individuelle ou construction dite "familiale" se résume à une bâtisse en portique auto stable à trois niveaux (03) et avec remplissage en briques creuses. Les dimensions de plan de ce genre de bâtisse sont : longueur d'approximativement 12 à 15 et de largeur de 10 à 15 m avec une hauteur de plancher de 3m et le plus souvent avec un RDC de plus de 4m de hauteur. Les fondations sont généralement des semelles isolées sous poteaux.
- Pour la construction semi collectif et collectif (construction très répandue surtout dans le cadre des constructions de coopératives) des bâtiments identiques ou semblables sont groupés ensemble, par exemple trois bâtiments étendus dans une rangée séparée par un joint séismique de 20 à 30 millimètres avec des murs extérieurs en double parois en briques creuses séparées par une âme 50 millimètres (Isolation thermique). Ces bâtiments sont caractérisés par les escaliers ouverts (sans voile périphérique pouvant former un noyau central), en majorité de ces escaliers sont construits asymétrique par rapport au plan de bâtiment. Les fondations sont généralement des semelles isolées sous poteaux et des semelles filantes sous murs.

Il y a lieu de noter que pour une même coopérative il arrive chaque bâtiment été construit par un sous-traitant et dans certains cas dans le même bâtiment chaque étage été construit par un artisan ?

Enfin il y a lieu de signaler que qu'avant les années 60, beaucoup de bâtiments en Algérie ont été construits en maçonnerie de pierres porteuses (murs porteurs). Actuellement, beaucoup d'immeubles très anciens en maçonnerie en pierre (jusqu'à cinq ou six étages hauts)

existent toujours à Alger au centre ville ainsi au que des bâtisses en RDC et étages dans les villages et villes de l'Algérie.

### 2.3. Evolution de la réglementation en Algérie

A l'indépendance du pays, et jusqu'en 1967, les règlements, concernant les calculs techniques et les calculs sismique, préconisés par l'administration coloniale sont restés en vigueur.

En 1968, l'Etat algérien s'est doté d'un règlement de Calcul des Constructions en Béton Armé 1968 [CCBA68], inspiré du règlement français Béton Armé 60 [BA60], en vigueur à cette période la. Ce règlement était basé sur le calcul de la contrainte admissible.

Cependant, en Europe, les règlement étaient en application, étaient basées sur la méthode des états limites. Alors la France a crée de nouveaux règlements appelés Béton Armé aux Etat Limites 83 [BAEL83], puis Béton Armé aux Etat Limites 91 [BAEL91]. Ces règlements sont inspirés de la méthode, dite méthode des états limites, ceci afin de tendre vers une réglementation unifiée dans ce domaine, avec les autres pays européens.

Devant le besoin de plus en plus important en diverses sortes de constructions et le manque d'assiettes dans les zones urbaines, ainsi que l'évolution des techniques de constructions dans le monde, l'Algérie, en s'inspirant du [BAEL91] Français, a crée le règlement Calculs des Constructions en Béton Armé 93 [CCBA93], dont les calculs se basent sur les états limites et non sur les contraintes admissibles comme au paravent.

Après le séisme de Chlef de 1954 et vu les dégâts causés aux constructions de la ville d'Orléans-ville, les autorités coloniales, pour la reconstruction de la ville et la région, se sont inspirées des méthodes antisismiques américaines et japonaises, et ont crée le règlement Anti sismique 55 [AS55], qui plus tard a été remplacé par le règlement parasismique Algérien 62 [PA62], puis le règlement parasismique Algérien 69 [PA69].

Cependant, après l'indépendance et devant l'absence de séismes de grandes intensités, les Algériens ont négligé l'application des normes antisismique dans leurs constructions. Les bâtisseurs n'étaient plus obligés de calculer d'après ces normes bien qu'on les leurs recommandait.

Devant cette carence, en 1976, les soumissionnaires américains, pour la construction d'un grand projet de torchère à Arzew, sont entrés en contact avec l'organisme de Contrôle Technique de la Construction algérien « CTC » d'une part, et l'université de Stanford (Californie, Etas-Unis) d'autre part, afin de réaliser un règlement parasismique algérien.

C'est ainsi qu'une convention de deux ans fut signée pour réaliser ce projet qui comprenait deux volets :

- ✓ Etudier la sismicité de l'Algérie (aléa et zonage)
- ✓ Proposer un projet d'un règlement parasismique algérien basé sur la force statique équivalente.

Cependant, sa mise en pratique à rencontré différentes difficultés concernant :

- ✓ La compréhension du règlement.
- ✓ La compréhension du phénomène sismique
- ✓ Et enfin, son adaptation sur les ouvrages tout en considérant que la force sismique du règlement parasismique doit être comparable à celle du « CCBA68 ».

Ce n'est qu'après le séisme de Chlef, en 1980, que le calcul parasismique est devenu obligatoire pour les futures constructions. Ce qui a donné naissance au premier Règlement Parasismique Algérien : « RPA81 », il permettait aux ingénieurs de faire des calculs dynamiques par des méthodes approchées pour palier au manque d'outils puissants de calculs.

A partir de 1996, et avec l'évolution de l'outil informatique, les calculs par la méthode statique équivalente étaient devenus moins performants et étaient de plus en plus remplacés par les calculs par la méthode dynamique, puisque cette dernière était dans le corps du « RPA99 » avec ces conditions d'application.

Mais le séisme de Boumerdes en 2003, et vu l'étendue de la catastrophe et l'importance des dégâts humains et matériels, a nécessité la révision du « RPA99 » qui a porté, après cette séance de travail, sur une nouvelle carte sismique (Zonage sismique) et sur des conditions d'exécution plus sévères.

Enfin pour conclure, L'application des règlements parasismique est devenue obligatoire pour les constructions des programmes publics et cela suite au séisme de Chlef de 1980.

Quant à la grande part des constructions représentée par l'auto-construction, l'application obligatoire des règles parasismiques n'a pu être partiellement obtenue que suite au séisme du

21 mai 2003 pour la partie « conception et calcul», (dans le cadre des dossiers de demande des permis de construire).

#### 2.4. Analyse statistique des enquêtes d'expertises effectuées lors séisme 2003

Le séisme de Boumerdes du 21 Mai 2003, de par sa violence, a occasionné des dégâts très importants, sans précédent. Il s'est soldé par 2.250 morts et 11000 blessés, il a endommagé plus de 100 bâtiments et 343 maisons individuelles ce qui représente 128.000 logements dont 13.300 complètement détruits.

A la suite de cet événement, Le Contrôle Technique de Constructions (CTC) sous l'autorité du ministère de l'habitat a entrepris l'expertise des constructions endommagée en collaboration avec les autres partenaires (DLEP, CGS, OPGI, BET et autres...). Afin d'inventorier les constructions utilisables immédiatement, celles qui nécessitent des réparations et/ou renforcements, et celles qui sont irrécupérables. Un formulaire d'évaluation des dégâts (semblable à la forme ATC-20) regroupant une soixantaine d'informations a été utilisée pour la circonstance.

Cette fiche qui a déjà été utilisée pour Chlef en 1980, Oued Djer en 1988 Tipaza en 1989, Mascara en 1994, Ain Benian en 1996, Ain Témouchent en 1999, Béni-Ourlilane en 2000, comporte des informations sur :

- ✓ La typologie
- ✓ Les renseignements généraux concernant la structure.
- ✓ Les matériaux
- ✓ La superstructure
- ✓ L'infrastructure
- ✓ Le système de contreventement
- ✓ Le sol
- ✓ Les éléments secondaires
- ✓ Les facteurs pathologiques

L'analyse permet en effet d'évaluer des données de cette fiche permet d'évaluer le degré d'endommagement des éléments de la construction et de la construction toute entière. Une classification à 5 niveaux a été utilisée avec attributions de 5 couleurs respectivement (voir tableau 2.1).

Tableau 2.1 : Définition des degrés de dommages dans la fiche d'évaluation des dommages

Degre de Dommages	Description	Commentaires	Couleur
<b>DEGRE 1 : pas de dommages</b>	✓ A l'exception des meubles renversés et des glaces cassées		
<b>DEGRE 2 : Dommages légers</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fissure des cloisons intérieures</li> <li>✓ Fissure des plafonds</li> <li>✓ Dommages dans les canalisations d'eau, d'électricité, lustres renversés</li> <li>✓ En résumé, dommages non structurels isolés</li> </ul>	Le cas le plus défavorable est pris en considération	
<b>DEGRE 3 : Dommages modérés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dommages importants pour les parties non structurales et dommages faibles pour les parties structurales. <b>Parties non structurales :</b></li> <li>✓ Toutes les parties d'architecture et ce qui ne fait pas partie du système structural. <b>Partie structurales :</b></li> <li>✓ Système porteur (voiles, ossatures avec remplissage ou la combinaison des deux)</li> </ul>	Dans le cas de rupture des vides sanitaires, et si le bâtiment est descendu en s'inclinant, même si la superstructure n'a subi aucun dommage, ce type de dommage est classé dans la catégorie 4	
<b>DEGRE 4 : Dommages importants</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Un étage a disparu</li> <li>✓ Un bâtiment a basculé</li> <li>✓ Trop de noeuds poutres-poteaux éclatés</li> </ul>		
<b>DEGRE 5 : Constructions à condamner ou effondrés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Un étage a disparu</li> <li>✓ Un bâtiment a basculé</li> <li>✓ Trop de noeuds poutres-poteaux éclatés</li> </ul>	En général, les bâtiments à condamner sont ceux qui ont subi trop de déformations ou dont la réparation coûterait aussi cher que le prix initial du bâtiment	

Le CGS a récupéré 69530 sur 100.000 expertises effectués, ces fiches ont été récupérées respectivement auprès de la Direction du logement de la wilaya de Boumerdes et de la direction du logement de la wilaya d'Alger, soit un total de fiches. Les résultats de ces expertises en terme de base de données ont été publiés dans un rapport du CGS de l'année 2008 intitulé **“Etude statistique sur les constructions endommagées suite au séisme de Boumerdes du 21 Mai 2003”** [7]

L'analyse a été effectuée pour les wilayas de Boumerdes et d'Alger. Il est important de noter qu'il était impossible de récupérer l'ensemble des fiches auprès des administrations concernées.

Différentes analyses graphiques ont été élaborées pour les Wilayas d'Alger et de Boumerdes, et en particulier en relation avec les cinq degrés de dommage; elles concernent :

- ✓ Analyse par système constructif
- ✓ Analyse par âge des constructions
- ✓ Analyse par nombre de niveaux
- ✓ Analyse des structures calculés et contrôlés

#### 2.4.1. Analyse par système constructif

Elle permet l'analyse des dommages et la performance des systèmes constructifs définis suivant la fiche d'expertise post sismique. Les résultats peuvent être utilisés pour le tracé des courbes de vulnérabilité pour chacun des systèmes.

Il est très utile de noter que lors de l'enquête post sismique faite par le CGS, ces données ne sont pas très évidentes, du fait que le système structural soit caché par les remplissages et autres corps d'état secondaires, les résultats obtenus ne peuvent être valables que dans une certaine marge de confiance. Dans ce cas il est commode d'éliminer une partie des données jugées incertaines.

##### 2.4.1.1. Résultats de la wilaya de Boumerdes

Les histogrammes et les tableaux en ANNEXE I représentent les résultats d'analyse des dommages subis par les constructions des zones sinistrées de la Wilaya de Boumerdes selon le système constructif portique auto - stable.

Le tableau suivant récapitule les résultats d'endommagement des constructions par type de système (poteau poutre et mixte portique voile), indique que les pourcentages d'endommagements selon les niveaux sont dans le même ordre de grandeur et cela malgré le nombre supérieur des constructions auto stables (27040 contre 954).

Tableau 2.2 : Résultats globale de la wilaya de Boumerdes selon le système constructif

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	Nbre Total
<b>Système Auto Stable</b>	(92) 0%	(18250) 68%	(6065) 22%	(2109) 8%	(554) 2%	27040
<b>Mixte Portique Voile</b>	(0) 0%	(539) 56%	(291) 30%	(113) 12%	(21) 2%	964

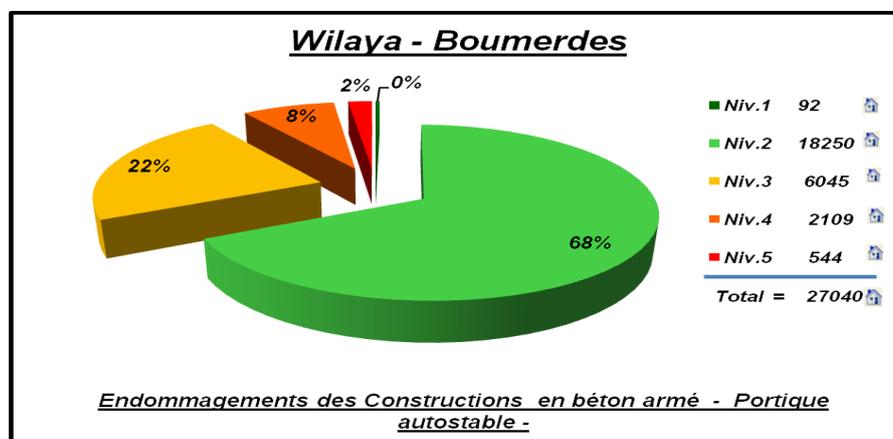


Figure 2.1 : Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système portique auto stable

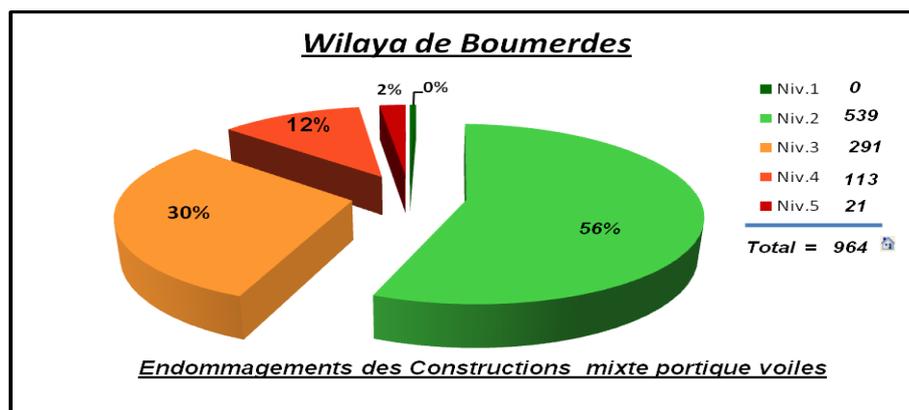


Figure 2.2 : Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système mixte portique voiles

### 2.4.1.1.2. Résultats de la wilaya d'Alger

Les histogrammes et les tableaux en ANNEXE II représentent les résultats d'analyse des dommages subis par les constructions des zones sinistrées de la Wilaya d'Alger selon le système constructif mixte portique voiles.

Le tableau suivant récapitule les résultats d'endommagement des constructions par type de système (poteau poutre et mixte portique voile).

Tableau 2.3 : Résultats globale de la wilaya d'Alger selon le système constructif

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	Nbre Total
<b>Système Auto Stable</b>	(3137) 35%	(2415) 27%	(1553) 17%	(1244) 14%	(674) 7%	9023
<b>Mixte Portique Voile</b>	(315) 25%	(530) 42%	(309) 24%	(86) 7%	(25) 2%	1265

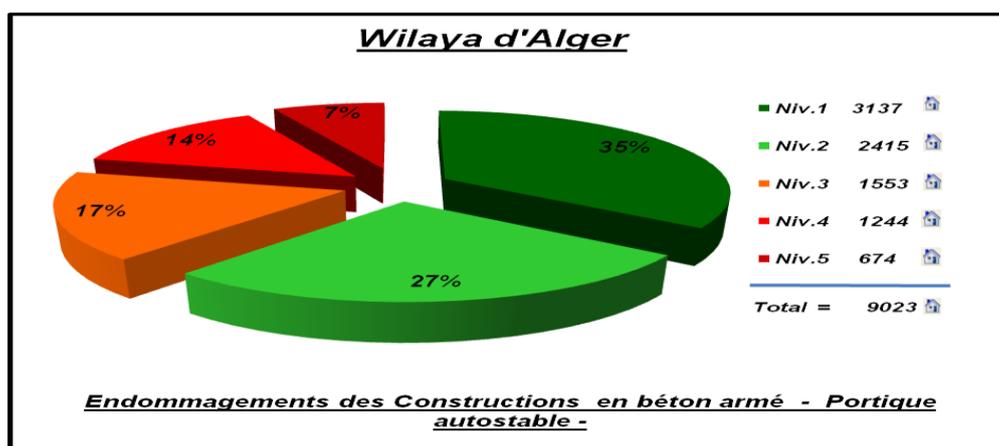


Figure 2.3 : Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le système Portique auto stable

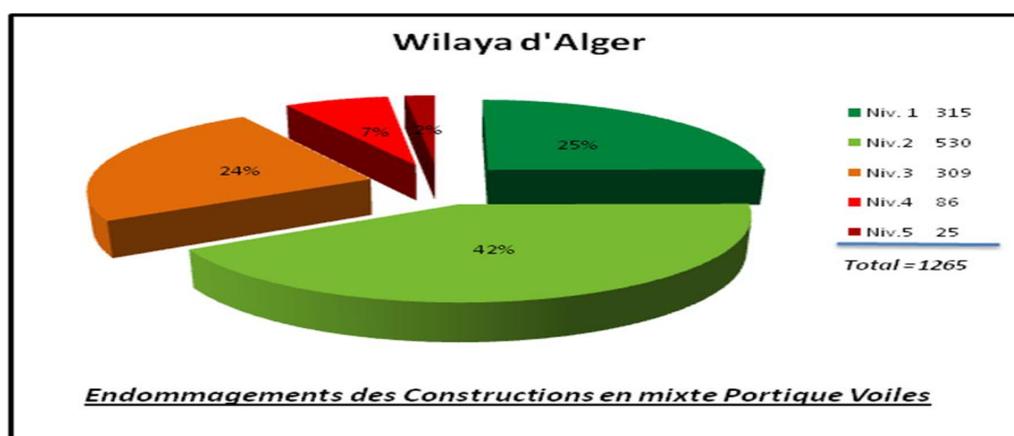


Figure 2.4 : Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le système Mixte portique voile

## 2.4.2 Analyse par âge

Afin de pouvoir se faire un jugement sur l'âge des constructions, de pouvoir noter l'application des règles parasismiques et leurs efficacités. Plus l'immobilier est vétuste et plus il devient vulnérable au séisme. On peut noter par ailleurs que l'application des règles parasismiques est récente (depuis 1981).

Pour les édifices des programmes publics, l'application des règles parasismiques a été rendue obligatoire suite au séisme de Chlef de 1980.

Quant aux constructions individuelles qui représentent la grande partie du parc immobilier, l'application obligatoire des règles parasismiques n'a pu être partiellement obtenue que suite au séisme du 21 mai 2003 pour la partie « conception et calcul », (dans le cadre des dossiers de demande des permis de construire).

### 2.4.2.1 Résultats de la wilaya de Boumerdes

Les histogrammes et les tableaux en ANNEXE III représentent les résultats d'analyse des dommages subis par les constructions des zones sinistrées de la wilaya de Boumerdes, selon le nombre de construction par niveau de dommage, par âge et par commune de la wilaya de Boumerdes.

Le tableau suivant récapitule les résultats d'endommagement des constructions par niveau de dommage et par âge des constructions.

Tableau 2.4 : Résultats globale de la wilaya de Boumerdes selon l'âge des constructions

	<b>Niveau 1</b>	<b>Niveau 2</b>	<b>Niveau 3</b>	<b>Niveau 4</b>	<b>Niveau 5</b>	<b>Nbre Total</b>
Age de 1 à : 30	(111) 0%	(20453) 67%	(7737) 24%	(2979) 9%	(870) 3%	32150
Age de 31 à : 60	(16) 0%	(2530) 36%	(2235) 31%	(1518) 22%	(721) 10%	7020
Age de 61 à : 100	(1) 0%	(891) 30%	(975) 32%	(689) 23%	(436) 15%	(2992)

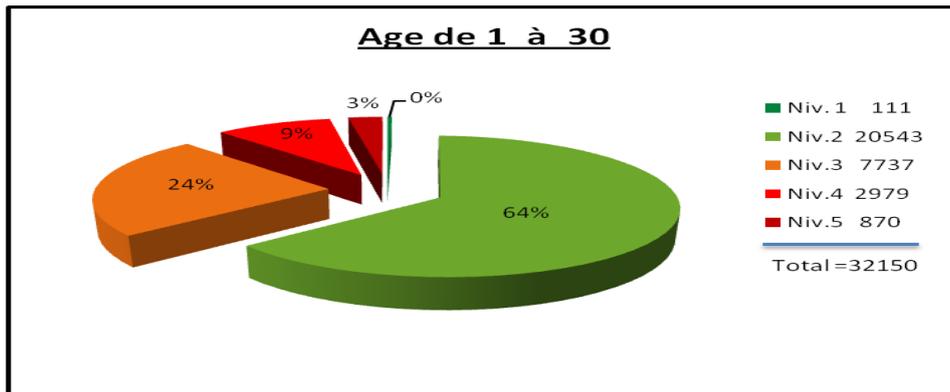


Figure 2.5: Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon l'âge des constructions de 1 à 30 ans

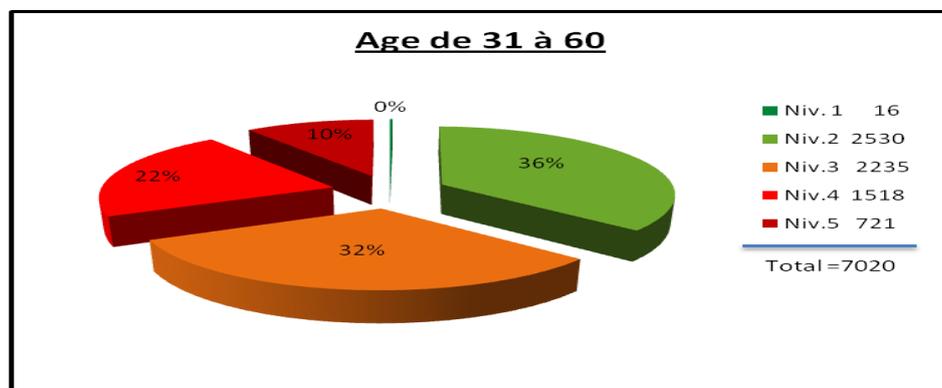


Figure 2.6: Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon l'âge des constructions de 31 à 60 ans

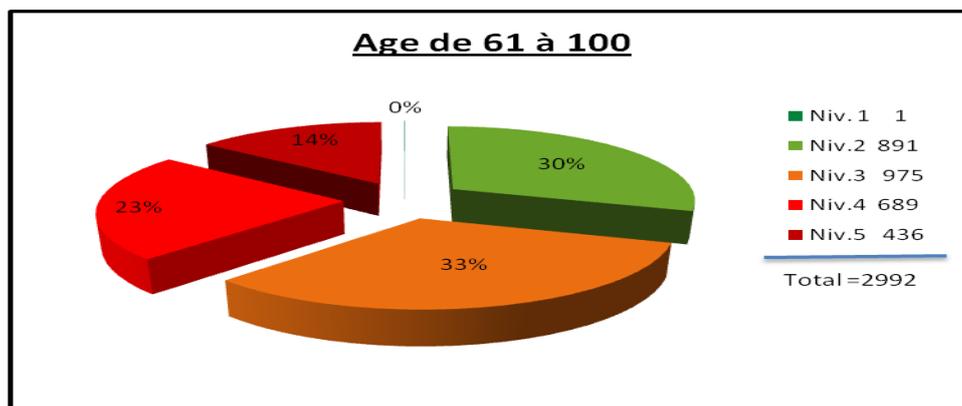


Figure 2.7: Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon l'âge des constructions de 61 à 100 ans

#### 2.4.2.2 Résultats de la wilaya d'Alger

Les histogrammes et les tableaux en ANNEXE IV représentent les résultats d'analyse des dommages subis par les constructions des zones sinistrées de la wilaya d'Alger, selon le

nombre de construction par niveau de dommage, par âge et par commune de la wilaya d'Alger.

Le tableau suivant récapitule les résultats d'endommagement des constructions par niveau de dommage et par âge des constructions.

Tableau 2.5 : Résultats globale de la wilaya d'Alger selon l'âge des constructions

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	Nbre Total
Age de 1 à : 30	(3670) 36%	(2847) 28%	(1815) 18%	(1213) 12%	(642) 6%	10187
Age de 31 à : 60	(483) 22%	(608) 27%	(484) 22%	(409) 18%	(257) 11%	2241
Age de 61 à : 100	(581) 9%	(934) 15%	(1692) 27%	(1665) 27%	(1366) 22%	6238

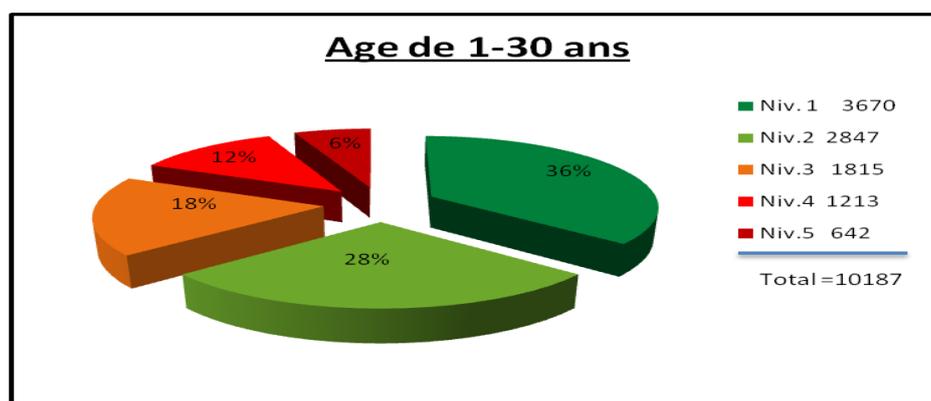


Figure 2.8: Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon l'âge des constructions de 1 à 30 ans

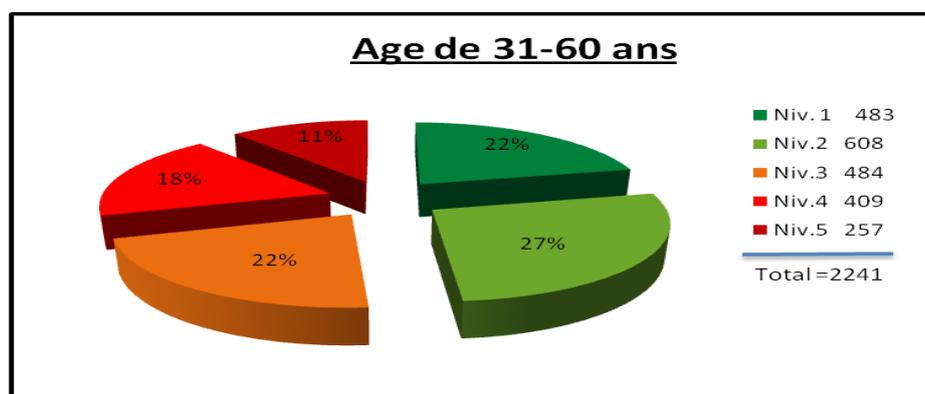


Figure 2.9: Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon l'âge des constructions de 31 à 60 ans

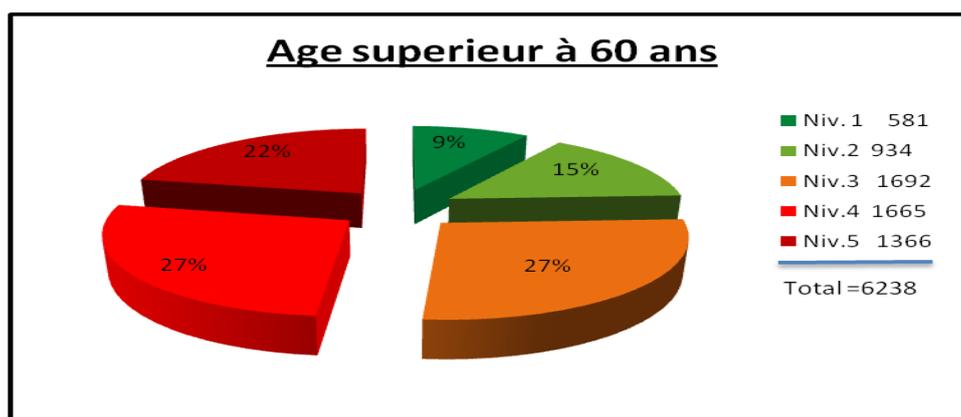


Figure 2.10: Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon l'âge des constructions supérieur à 60 ans

### 2.4.3 Analyse par nombre d'étage

Elle permet d'avoir une idée sur le comportement des systèmes constructifs en fonction de la hauteur ou le nombre de niveaux. Elle renseigne sur l'importance des dommages dans le cas de constructions élancées.

#### 2.4.3.1 Résultats de la wilaya de Boumerdes

Les histogrammes et les tableaux en ANNEXE V représentent les résultats d'analyse des dommages subis par les constructions des zones sinistrées de la wilaya de Boumerdes, par niveau de dommage, nombre de niveau d'étage et par commune de la wilaya de Boumerdes.

Le tableau suivant récapitule les résultats d'endommagement des constructions par niveau de dommage et par nombre de niveau.

Tableau 2.6 : Résultats globale de la wilaya de Boumerdes selon le nombre d'étage

	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
<b>1-2 étage</b>	(113) 0.3%	(22084) 59%	(9498) 25%	(3991) 10.7%	(1813) 5%	37499
<b>3-4 étage</b>	(9) 1%	(1449) 44%	(893) 27%	(657) 20%	(267) 8%	3275
<b>5-6 étage</b>	(3) 1%	(213) 43%	(129) 26%	(127) 26%	(17) 3%	489

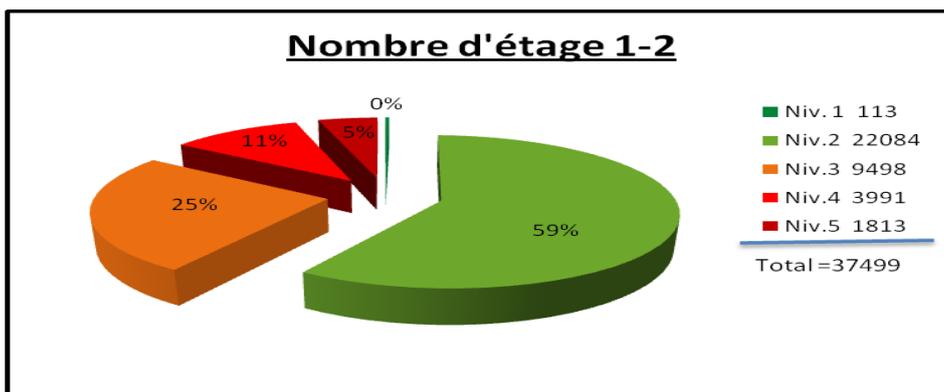


Figure 2.11: Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le nombre d'étage 1-2

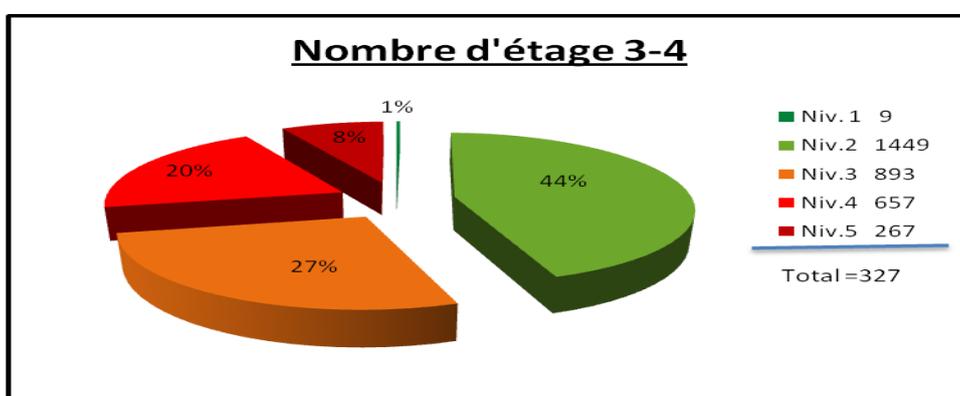


Figure 2.12: Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le nombre d'étage 3-4

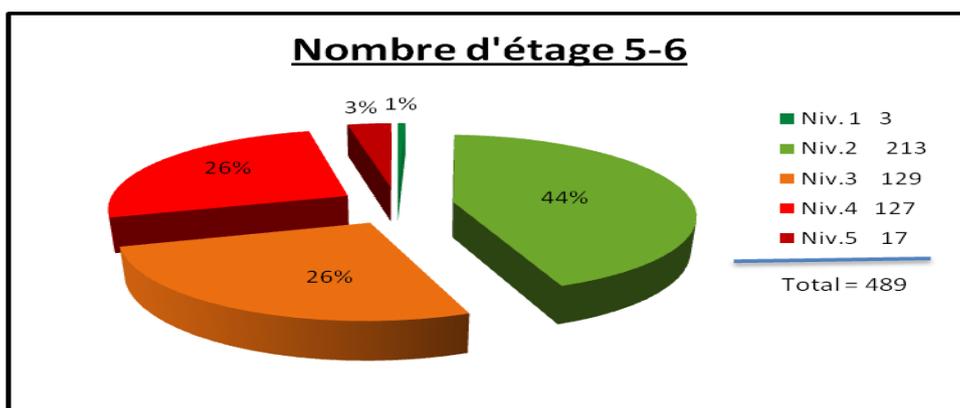


Figure 2.13: Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le nombre d'étage 5-6

#### 2.4.3.2 Résultats de la wilaya d'Alger

Les histogrammes et les tableaux en ANNEXE VI représentent les résultats d'analyse des dommages subis par les constructions des zones sinistrées de la wilaya d'Alger, par niveau de dommage, nombre d'étage et par commune de la wilaya de d'Alger.

Le tableau suivant récapitule les résultats d'endommagement des constructions par niveau de dommage et par nombre de niveau.

Tableau 2.7 : Résultats globale de la wilaya d'Alger selon le nombre d'étage

	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
<b>1-2 étages</b>	(3668) 23%	(4360) 27%	(3269) 20%	(2704) 17%	(2167) 13%	16168
<b>3-4 étages</b>	(23) 23%	(4328) 27%	(3138) 20%	(2712) 17%	(2122) 13%	15927
<b>5 étages et plus</b>	(3612) 23%	(4373) 28%	(3158) 20%	(2631) 17%	(1991) 12%	15765

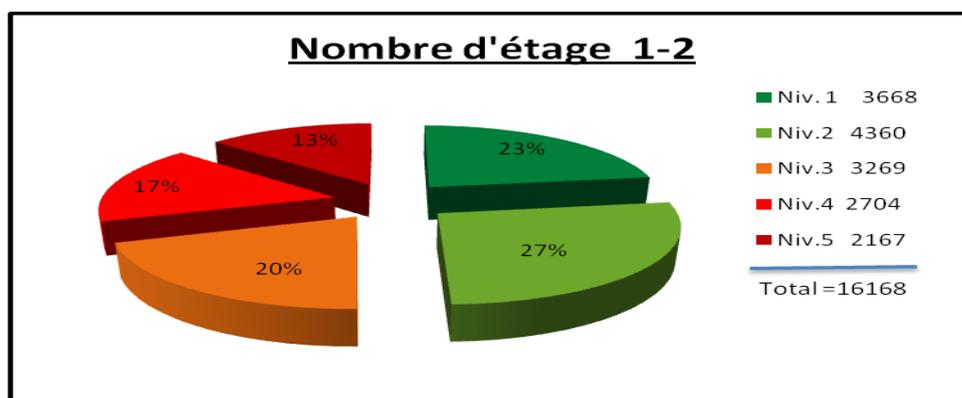


Figure 2.14: Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le nombre d'étage 1-2

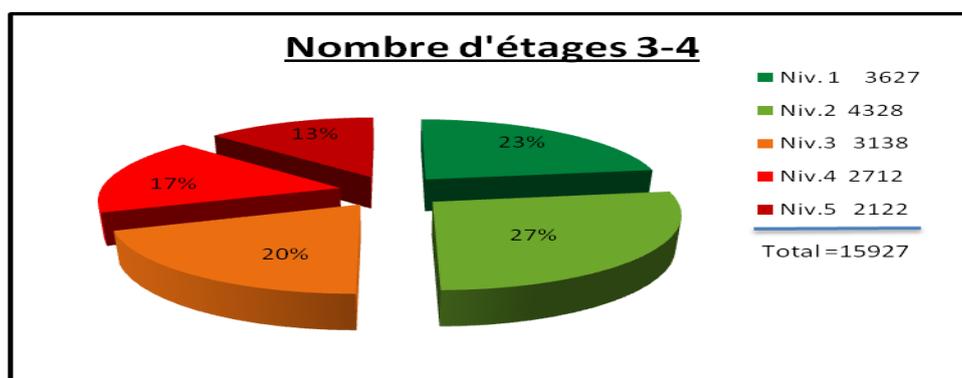


Figure 2.15: Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le nombre d'étage 3-4

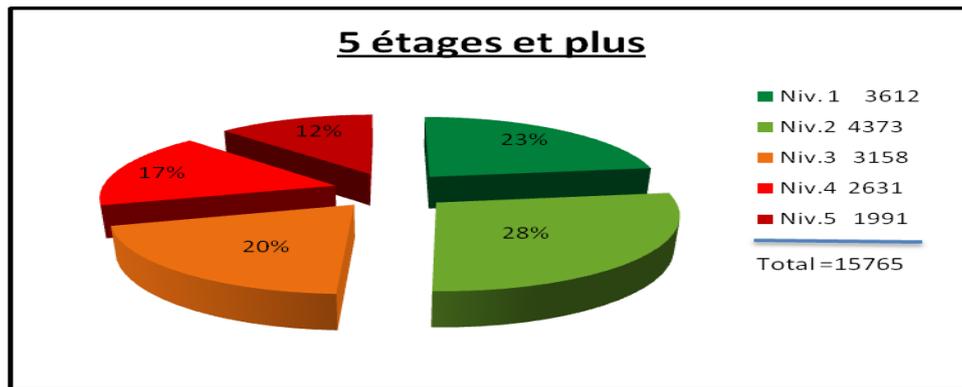


Figure 2.16: Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le nombre d'étage supérieur à 5 niveaux

#### 2.4.4 Analyse des structures calculées, non calculées contrôlées et non contrôlées

L'analyse des structures calculées ou non calculées et contrôlées ou non contrôlées, nous permet de savoir le taux de dommage des constructions en portique auto-stable et en mixte portique des zones sinistrées de la wilaya de Boumerdes.

Concernant les résultats de la wilaya d'Alger, la base de données ou les fiches d'évaluation n'ont pas été pas accessible.

##### 2.4.4.1. Résultats des structures en portiques auto-stable

Les histogrammes et les tableaux en ANNEXE VII représentent les résultats d'analyse des dommages subis par les constructions des zones sinistrées de la wilaya de Boumerdes, par niveau de dommage, par système constructif et structures calculées et contrôlées.

#### Légende

- CNCO – CNCA : Construction Non Contrôlée - Construction Non Calculée
- CCO – CCA : Construction Contrôlée - Construction Calculée
- CCO – CNCA : Construction Contrôlée - Construction Non Calculée
- CNCO – CCA : Construction Non contrôlée - Construction Calculée

Le tableau suivant récapitule les résultats d'endommagement des constructions par niveau de dommage par structures calculées et contrôlées et pour les structures en portique auto-stable.

Tableau 2.8 : Résultats globale de la wilaya de Boumerdes selon le système portique auto-stable et structure calculées et contrôlées

	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
CCO - CCA	(59) 0%	(9431) 66%	(3388) 24%	(1037) 7%	(430) 3%	14345
CNCO - CNCA	(69) 0%	(13255) 64%	(5028) 25%	(1763) 9%	(464) 2%	20549
CCO - CNCA CNCO - CCA	(59) 0%	(9434) 66%	(3387) 24%	(1033) 7%	(430) 3%	14343

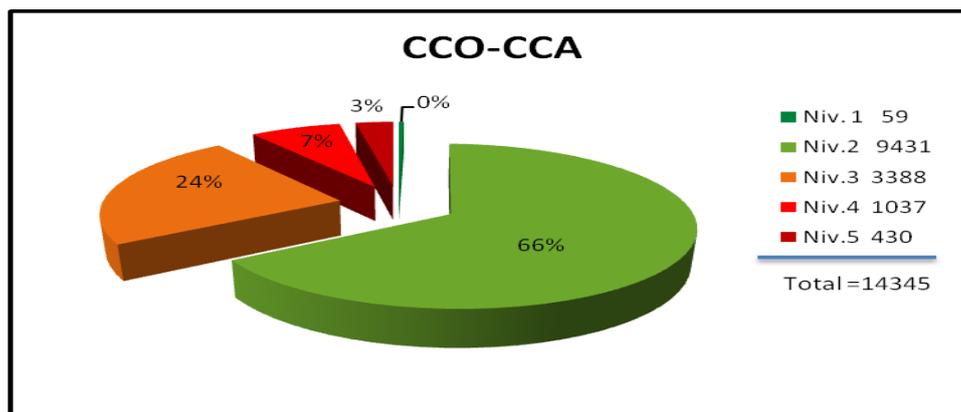


Figure 2.17 : Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système Portique auto-stable et les constructions calculées et contrôlées

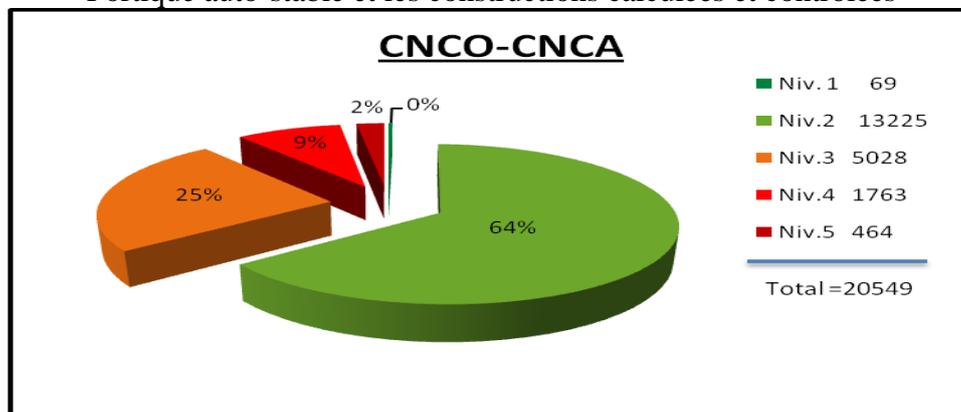


Figure 2.18 : Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système Portique auto-stable et les constructions non calculées et non contrôlées

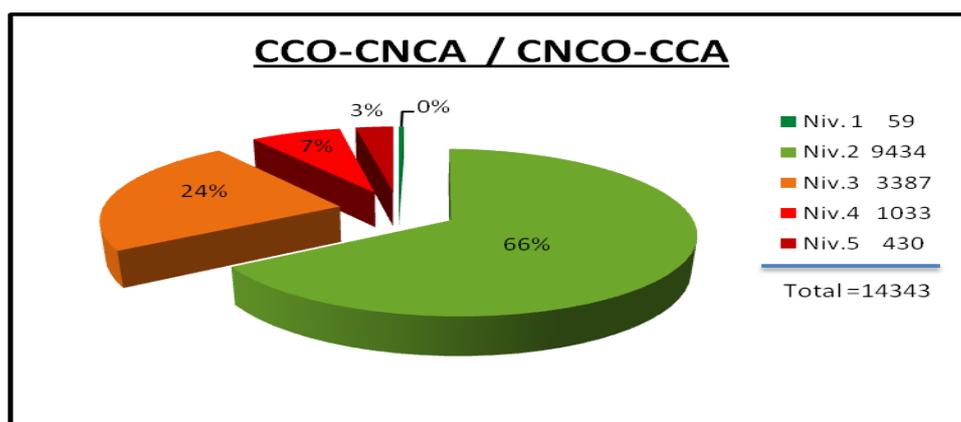


Figure 2.19 : Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système Portique auto-stable et les constructions calculées, non contrôlées et non calculées, contrôlées

#### 2.4.4.2. Résultats des structures en mixte portiques voiles

Les histogrammes et les tableaux en ANNEXE VIII représentent les résultats d'analyse des dommages subis par les constructions des zones sinistrées de la wilaya de Boumerdes, par niveau de dommage, par système constructif et structures calculées et contrôlées.

Le tableau suivant récapitule les résultats d'endommagement des constructions par niveau de dommage par structures calculées et contrôlées et pour le portique auto-stable.

Tableau 2.9 : Résultats globale de la wilaya de Boumerdes selon le système mixte portique voile et structure calculées et contrôlées

	<b>Niv. 1</b>	<b>Niv.2</b>	<b>Niv.3</b>	<b>Niv.4</b>	<b>Niv.5</b>	<b>Total ligne</b>
<b>CCO - CCA</b>	(0) 0%	(287) 60%	(127) 27%	(53) 11%	(10) 1%	447
<b>CNCO - CNCA</b>	(0) 0%	(350) 55%	(189) 30%	(83) 13%	(11) 2%	635
<b>CCO – CNCA CNCO-CCA</b>	(0) 0%	(252) 57%	(125) 29%	(52) 12%	(10) 2%	440

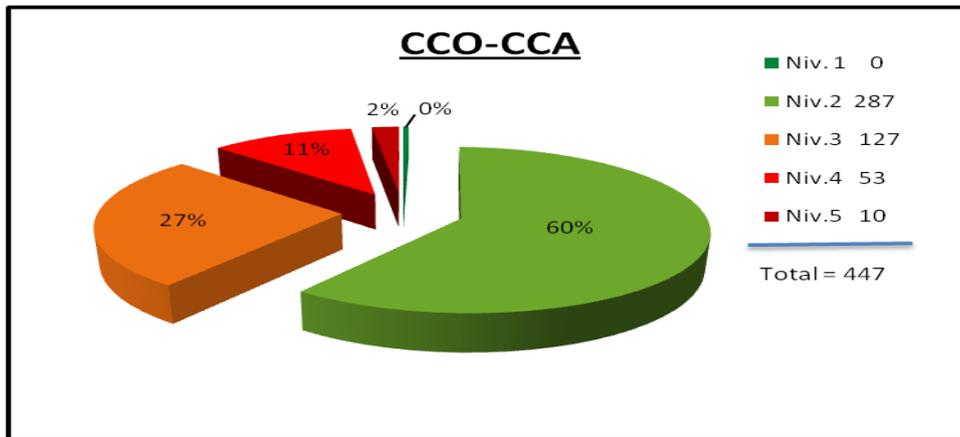


Figure 2.20 : Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système Mixte portique voiles et les constructions calculées et contrôlées

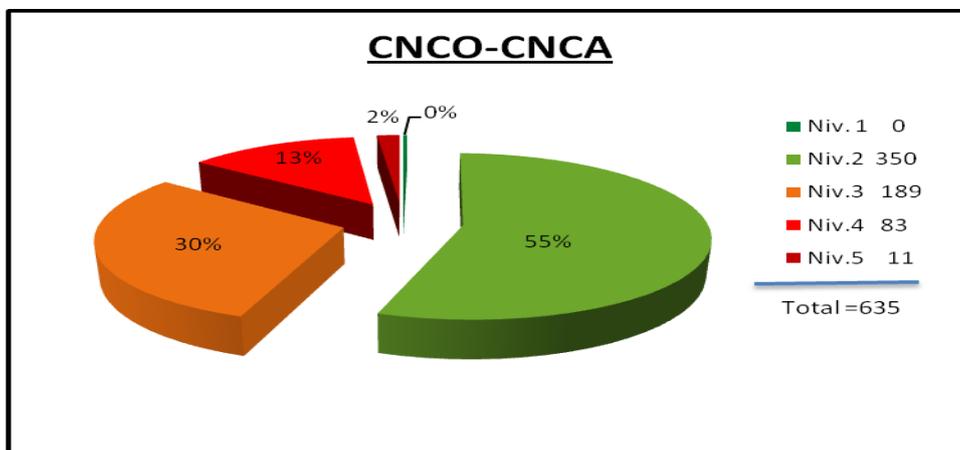


Figure 2.21 : Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système Mixte portique voiles et les constructions non calculées et non contrôlées

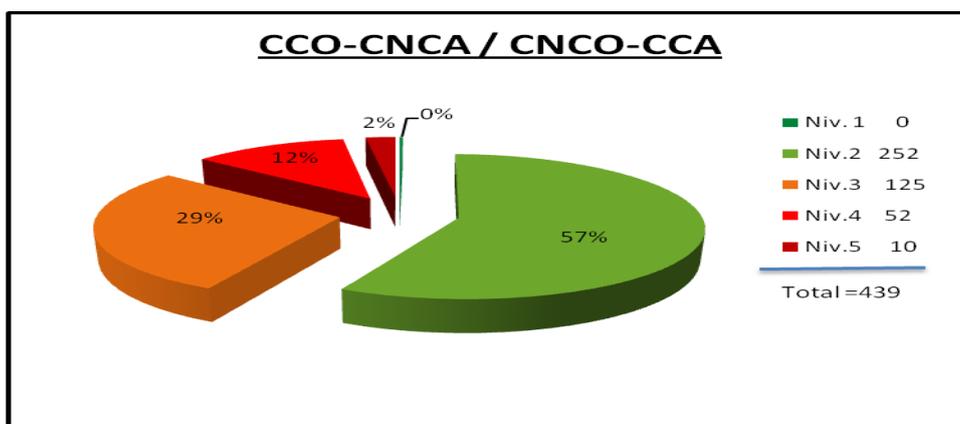


Figure 2.22 : Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système Mixte portique voiles et les constructions calculées, non contrôlées et non calculées, contrôlées.

## 2.5 Constatations et interprétation des résultats

### 2.5.1 Constatations selon le système constructif

Si nous analysons globalement les histogrammes des communes de la wilaya de Boumerdes, il en ressort que les aspects des graphes ou histogrammes se ressemblent.

Par contre les histogrammes des communes de la wilaya d'Alger vari par groupe de commune. Cette variation peut s'expliquer par un échantillonnage faible, une mauvaise expertise ou des constructions avec d'autres systèmes constructifs.

D'après le tableau 2.2 – 2.3 et les figures 2.1 – 2.2 – 2.3 et 2.4 qui présentent les résultats globale, nous constatons :

- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 1,2 c.à.d dommages légers est moyennement égale à 68%, à l'exception de la commune de Boumerdes ou le taux est de 36% pour les constructions en portique auto stable et 56% pour les constructions en mixte portique.
- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 3,4,5 c.à.d dommages modérés à important est moyennement égale à 32% pour les constructions en portique auto stable et 44% pour les constructions en mixte portique, pour toutes les communes de la wilaya de Boumerdes.
- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 1,2 c.à.d dommages légers est moyennement égale à 62% pour les constructions en portique auto stable et 67% pour les constructions en mixte portique.
- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 3,4,5 c.à.d dommages modérés à important est moyennement égale à 38% pour les constructions en portique auto stable et 33% pour les constructions en mixte portique, pour toutes les communes de la wilaya de Boumerdes.

Nous pouvons conclure que la performance des constructions en portique auto-stable est le même que les constructions en mixte portique voiles.

### 2.5.2. Constatations selon l'âge des constructions

Si nous analysons globalement les histogrammes des communes de la wilaya de Boumerdes, il en ressort que les aspects des graphes ou histogrammes se ressemblent.

Par contre les histogrammes des communes de la wilaya d'Alger vari par groupe de commune. Cette variation peut s'expliquer par un échantillonnage faible ou une mauvaise expertise.

D'après les tableaux 2.4 - 2.5 et les figures 2.5 - 2.6 - 2.7 - 2.8 - 2.9 et 2.10 qui présentent les résultats globale, nous constatons :

- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 1,2 c.à.d dommages légers est moyennement égale à 67% pour un âge de constructions inférieur à 30 ans, 36% pour un âge de constructions variant entre 31 à 60 ans et 30% pour un âge supérieur à 61% pour toutes les constructions de la wilaya de Boumerdes.
- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 3,4,5 c.à.d dommages modérés à important est moyennement égale à 36% pour un âge de constructions inférieur à 30 ans, 63% pour un âge de constructions variant entre 31 à 60 ans et 30% pour un âge supérieur à 70% pour toutes les constructions de la wilaya de Boumerdes.
- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 1,2 c.à.d dommages légers est moyennement égale à 64% pour un âge de constructions inférieur à 30 ans, 49% pour un âge de constructions variant entre 31 à 60 ans et 24% pour un âge supérieur à 61% pour toutes les constructions de la wilaya d'Alger.
- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 3,4,5 c.à.d dommages modérés à important est moyennement égale à 36% pour un âge de constructions inférieur à 30 ans, 51% pour un âge de constructions variant entre 31 à 60 ans et 30% pour un âge supérieur à 76% pour toutes les constructions de la wilaya d'Alger.

Nous pouvons conclure qu'une construction réalisée récemment se comporte mieux qu'une construction ancienne.

### 2.5.3. Constatations selon le nombre d'étages

Si nous analysons globalement les histogrammes des communes de la wilaya de Boumerdes, il en ressort que les aspects des graphes ou histogrammes se ressemblent.

Par contre les histogrammes des communes de la wilaya d'Alger vari par groupe de commune. Cette variation peut s'expliquer par un échantillonnage faible, une mauvaise expertise ou des constructions avec d'autres systèmes constructifs.

D'après les tableaux 2.6 - 2.7 et les figures 2.11 - 2.12 - 2.13 - 2.14 - 2.15 et 2.16 qui présentent les résultats globale, nous constatons :

- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 1,2 c.à.d dommages légers est moyennement égale à 60% pour un à deux d'étages (constructions individuelles), 45% pour trois à quatre étages (constructions semi-collectives) et 44% pour cinq à six étages (constructions collectives), pour toutes les constructions de la wilaya de Boumerdes.
- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 3,4,5 c.à.d dommages modérés à important est moyennement égale à 40% pour un à deux d'étages (constructions individuelles), 55% pour trois à quatre étages (constructions semi-collectives) et 56% pour cinq à six étages (constructions collectives), pour toutes les constructions de la wilaya de Boumerdes.
- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 1,2 c.à.d dommages légers est moyennement égale à 50% pour un à deux d'étages (constructions individuelles), 50% pour trois à quatre étages (constructions semi-collectives) et 51% pour cinq à six étages (constructions collectives), pour toutes les constructions de la wilaya d'Alger
- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 3,4,5 c.à.d dommages modérés à important est moyennement égale à 50% pour un à deux d'étages (constructions individuelles), 50% pour trois à quatre étages (constructions semi-collectives) et 49% pour cinq à six étages (constructions collectives), pour toutes les constructions de la wilaya d'Alger.

Plus de 50% des constructions ayant subis des dommages de degrés 3-4-5 (dommages structurels) pour des constructions individuelles, semi collectives ou collectives, cela nous explique que ce n'est pas la hauteur du bâtiment qui est la cause de la défaillance mais d'autres paramètres plus important qui sont mis en jeu à savoir : la mauvaise conception et mise en œuvre ect....

#### 2.5.4. Constatations selon le contrôle et le calcule

Si nous analysons globalement les histogrammes des communes de la wilaya de Boumerdes, il en ressort que les aspects des graphes ou histogrammes se ressemblent.

Par contre les histogrammes des communes de la wilaya d'Alger vari par groupe de commune. Cette variation peut s'expliquer par un échantillonnage faible, une mauvaise expertise ou des constructions avec d'autres systèmes constructifs.

D'après les tableaux 2.8 - 2.9 et les figures 2.17 - 2.18 - 2.19 - 2.20 - 2.21 et 2.22 qui présentent les résultats globale, nous constatons :

- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 1,2 c.à.d dommages légers est moyennement égale à 65% pour les constructions contrôlées, calculées et 50% pour les constructions non contrôlées, non calculées.
- ✓ Le taux de constructions ayant subis des dommages de degrés 3,4,5 c.à.d dommages modérés à important est moyennement égale à 40% pour les constructions contrôlées, calculées et 50 % pour les constructions non contrôlées, non calculées.

Nous pouvons conclure que chaque construction doit être calculée par un bureau d'études agréé et contrôlée par un organisme de contrôle selon la réglementation parasismique algérienne.

## 2.6 Facteurs de vulnérabilité rencontrés dans les constructions lors des expertises

Les régions affectées par le tremblement de terre du 21 mai 2003, sont situées le long d'une bande de 100 kilomètres de long et environ 50 kilomètres de large. Ce couloir compte plusieurs villes et villages fortement peuplés, y compris Alger et Boumerdes. Ce tremblement de terre a causé plus de 2047 décès et 11.000 blessés et plus de 200.000 personnes sans abri. On a estimé que toute la perte économique est environ \$6 milliards de dollars.

Le tremblement de terre a endommagé 180.000 constructions à usage d'habitation (maison et appartement) parmi lesquels 19.000 ont été sévèrement endommagés (niveau 4 et 5). Les équipements industriels situés dans le secteur affecté par tremblement de terre ont également subi des dommages. Plus de 50% des dispensaires et de plus de 550 écoles ont été détruits ou sévèrement endommagés.

Le types de dommages observés dans le cas des bâtiments à structure portique auto stable lors du séisme Mai 2003 incluent :

- ✓ Le développement de rotule plastique dans les zones supérieures des poteaux de Rdc et particulièrement aux niveau des poteaux de rives; dans le cas extrême, la formation de rotule a induit à l'effondrement du bâtiment ; mais dans la plupart des cas, les planchers supérieurs ont subi seulement des dommages marginaux.
- ✓ Effet de l'étage souple provoqué par des irrégularités de rigidité dans les bâtiments (rez-de-chaussée à usage commercial et étages supérieurs à usage résidentielle ), a causé un déplacement latéral extrême au niveau supérieurs de poteaux Rdc.
- ✓ Renforcement inadéquat dans les zones nodales, éclatement du béton en zone nodale et souvent à mi-hauteur des poteaux dû au phénomène de flambement du au manque de barres d'aciers transversales ;

- ✓ Mauvaise qualité du béton (résistance à la compression entre 10 à 15 MPa au lieu de 25 MPa);
- ✓ Mauvaises propriétés mécaniques des aciers, ductilité inadéquate causant la rupture prématurée des barres longitudinales ;
- ✓ Largeur insuffisante des joints séismiques, causant entre choc entre les bâtiments ;
- ✓ Cisaillement des poteaux courts dans le cas bâtiments avec des vides sanitaires ;
- ✓ Cisaillement au niveau des nœuds poutres- poteaux
- ✓ Cisaillement du remplissage en maçonnerie (dû aux déplacements inter-étage important),

Dans la majorité des cas observés, les dommages ont été concentrés au niveau des poteaux, tandis que les poutres ont subis des dommages plutôt légers. Ce mécanisme de dommage séismique est connu comme mécanisme “*poteau faible et poutre forte*”, caractérisé par la formation de rotule au niveau des poteaux, et représente un comportement séismique généralement indésirable.

## 2.7 Défaillances et Dégâts des structures en portique auto-stable

Les constructions en béton armé ont souvent subis des dégâts importants lors des tremblements de terre, plus particulièrement les ossatures en portiques auto stable. Ces dégâts sont dus en général à une conception incorrecte du point de vue parasismique, à un ferrailage inadéquat ou à une mauvaise qualité d'exécution.

Lorsque les règles de conception parasismique ainsi que les prescriptions courantes sont rigoureusement respectées, les structures en portique peuvent présenter un comportement aux séismes tout à fait satisfaisant. Il convient cependant d'accepter des déformations post-élastiques qui provoquent des détériorations locales du béton et nécessitent par conséquent des réparations structurales après les séismes violents.

Ce chapitre consiste en une étude paramétrique, pour montrer les causes essentielles de la défaillance du comportement des structures en portiques auto stable.

### 2.7.1 Facteurs influençant le comportement des structures en portique

#### 2.7.1.1 Interaction maçonnerie – structure

L'interaction maçonnerie – structure est un domaine bien connu des professionnels. Dans ce cas ou le remplissage en maçonnerie est interposé entre poteaux, deux phénomènes peuvent se présenter :

- ✓ Rupture de la maçonnerie, puis fonctionnement en portique avec cependant une raideur résiduelle de la maçonnerie.
- ✓ diagonale, transfert de la charge verticale sur la maçonnerie.

Les règles parasismiques algériennes prescrites des dispositions (joint) pour bien isoler la maçonnerie (ou de tous autre remplissage) de la structure si l'on choisit un fonctionnement ductile d'une structure poteau – poutre. Le RPA prescrit par ailleurs, le mise en place de la maçonnerie dans l'axe des portiques, si l'on désire la faire participer à la reprise des efforts horizontaux. La cloison extérieure du mur doit donc reposer directement sur la poutre ou éventuellement sur un béquet pour habillait la structure.



Figure 2.23 : La section des poteaux étant souvent équivalente à celle des poutres, la plastification des nœuds se produit en tête ou en pied de poteau  
(Séisme de Boumerdes 2003)



Figure 2.24 : Fissuration du trumeau extérieur de la maçonnerie (paroi extérieure non raidie).  
(Séisme de Boumerdes 2003)



Figure 2.25 : Dommage conséquent de cette maçonnerie en saillie par manque de raidisseurs aux angles. (Séisme de Boumerdes 2003)



Figure 2.26 : Désordre de la maçonnerie sous la paillasse d'escaliers.  
(Séisme de Boumerdes 2003)

#### 2.7.1.2 Conception parasismique en poteau fort et poteau faible

Un autre aspect très important pouvant aggravé le mécanisme de ruine du système portique est le non – respect de la recommandation consistant à concevoir des portiques dont le développement des rotules plastiques, doit se faire en dehors des nœuds, de préférences dans les éléments horizontaux (poutres, linteaux) plutôt que verticaux. En effet le principe poteaux fort-poutre faible est rarement respecté, ce qui conduit à un processus de rupture au niveau poteaux.



Figure 2.27 : La section des poteaux étant souvent équivalente à celle des poutres, la plastification des nœuds se produit en tête ou en pied de poteau (**Séisme de Boumerdes 2003**)



Figure 2.28 : Rupture du nœud selon la petite inertie du poteau  
(**Séisme de Boumerdes 2003**)



Figure 2.29 : Rotules plus accentuées aux extrémités des poteaux du premier niveau à la limite de l'effondrement. **(Séisme de Boumerdes 2003)**

### 2.7.1.3 Zone nodale

La zone nodale est un endroit de la structure qui subit des contraintes plus élevées. C'est donc potentiellement là où la dégradation du béton ou sa rupture fragile commence. Dans le cas des ossatures auto-stables, la tête et le pied du poteau subissent des efforts alternés élevés qui peuvent détruire rapidement l'adhérence du béton sur l'acier.

Les règles de construction en béton armé nous indiquent comment armer ces zones pour éviter la rupture « fragile »



Figure 2.30: La Rupture du nœud poteaux – poutres avec flambement local des aciers longitudinaux par manque de frettage des aciers transversaux **(Séisme de Boumerdes 2003)**



Figure 2.31 : La Rupture du nœud poteaux – poutres avec flambement local des aciers longitudinaux par manque de frettage des aciers transversaux. **(Séisme de Boumerdes 2003)**



Figure 2.32 : Effondrement à cause de l'absence d'armatures transversales dans les nœuds et dans la zone critique du poteau (**Séisme de Boumerdes 2003**)

#### 2.7.1.4 Largeur du joint parasismique

Une des procédures pour éliminer la transmission de charges d'un bloc de bâtiment à un autre est de réaliser un joint parasismique vide de tous matériaux. D'après la nouvelle réglementation parasismique, la largeur des joints est déterminée selon des formules prescrites. Cette condition doit être respectée pour éviter les dégâts d'entre chocs entre les bâtiments. Cette situation s'aggrave encore par la mauvaise conception parasismique consistant à réaliser des bâtiments avec planchers dénivelés ; ce qui induit le cisaillement des poteaux d'un bloc par le plancher d'un autre bloc.



Figure 2.33 : Largeur du joint insuffisant entre les deux bâtiments (**Séisme de Boumerdes 2003**)

#### 2.7.1.5 Qualité du béton (Matériaux de constructions)

La mauvaise qualité des matériaux de construction constitue l'une des causes les plus récurrentes des dommages enregistrés lors de dernier séisme.

Dans le cas du béton armé on a constate l'utilisation :

- Sables de rivières non lavés,
- Graviers aux agrégats roulés des rivières et oueds,
- Graviers concasses des gales de rivières et oueds non lavés,

- Eau de gâchage de mauvaise qualité et non contrôlée,
- Sable de mer avec un taux de sel élevé,
- Agrégats des stations de concassage avec taux élevé d'éléments fin.
- Mauvaise formulation des bétons dans la quasi totalité des cas.

Dans le cas de l'acier, la mauvaise qualité des aciers a également été la cause de plusieurs destructions. L'origine des aciers ainsi que les spécifications d'aciers sont inconnues. Les essais de contrôles sur les aciers ne sont généralement pas effectués.

Les essais de contrôle des bétons ne sont pas systématiquement, particulièrement, dans le secteur de l'auto construction, et les résistances des bétons, lorsqu'elles sont connues, sont souvent inférieures au minimum requis.



Figure 2.34: Béton non vibré Mauvaise exécution, ségrégation du béton au niveau de la zone nodal (**Séisme de Boumerdes, 2003**)



Figure 2.35: Effondrement totale de la structure (pancake Rupture « fragile » de poteau et poutres de béton armé de mauvaise qualité (**Séisme de Boumerdes, 2003**)



Figure 2.36 : Talonnette (Appelle aussi **Dé de calage**) le de 10cm en Béton de très mauvaise qualité (**Séisme de Boumerdes, 2003**)

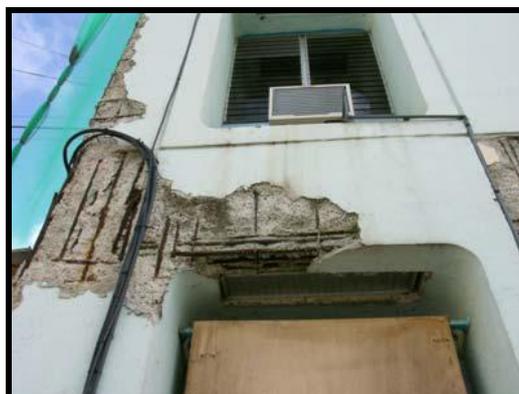


Figure 2.37: Corrosion d'aciers dont l'enrobage ne respecte pas les dispositions réglementaires du BAEL en atmosphère (**Séisme de Boumerdes, 2003**)

#### 2.7.1.6 Poteaux courts

La rupture par cisaillement de ce qu'il est convenu d'appeler des «poteaux courts» est une cause majeure d'effondrement lors de tremblements de terre. Il s'agit de colonnes trapues, qui sont souvent encastrées dans de solides poutres ou sommiers, ou qui sont rigidifiées par le remplissage ultérieur d'un cadre «colonnes captives en non-conformité avec leur système statique».

Les extrémités des colonnes de cadres doivent être sollicitées tout au plus jusqu'à leur moment plastique (moment de plastification, respectivement de rupture). Les poteaux courts, dotés d'une grande résistance à la flexion, subissent un énorme gradient de moment et par conséquent un important effort tranchant, qui entraîne souvent une rupture par cisaillement avant même que le moment plastique ne soit atteint. C'est pourquoi il convient d'éviter les colonnes courtes. Une manière de résoudre le problème consiste à concevoir les colonnes selon les règles du dimensionnement en capacité, l'effort tranchant étant majoré en tenant compte de la sur résistance de l'armature.



Figure 2.38 : Détail de destruction des poteaux à cause de fonctionnement en «poteau courte» (**Séisme de Boumerdes, 2003**)

#### 2.6.1.7 Étage souple



Figure 2.39: Perte du premier niveau avec perte d'appuis quasi simultanée d'appuis sur les poteaux RDC et renversement vers l'arrière. (**Séisme de Boumerdes, 2003**)



Figure 2.40 : Disparition du 1<sup>er</sup> étage. Cette photo illustre le cas de niveau flexible par rapport au RDC qui s'est trouvé plus rigide par la présence des rideaux en fer fermé. (**Séisme de Boumerdes, 2003**)



Figure 2.41 : Perte de niveau : Noter la perte d'appui sur le poteau au premier plan. Ce poteau est dirigé selon sa petite inertie dans le sens transversal du bâtiment.  
(Séisme de Boumerdes, 2003)

## 2.8 Conclusion

Nous concluons que les constructions en portique auto stable béton armé peuvent souvent subir des dégâts importants lors séisme, néanmoins ils ne sont pas plus vulnérables que les autres systèmes de constructions. Ces dégâts sont dus en général à une conception incorrecte du point de vue parasismique, à un ferrailage inadéquat ou à une mauvaise qualité d'exécution.

Lorsque les règles de conception parasismique ainsi que les prescriptions courantes sont rigoureusement respectées, les structures en portique peuvent présenter un comportement aux séismes tout à fait satisfaisant.

Il n'y a pas un seul mode de ruine de système en portique auto stable, il y a plusieurs modes. Ce qui nous a permis de dire que ce n'est pas le système lui-même mais les facteurs influençant sur le comportement des structures en portique auto stable sont les causes essentielles de la défaillance de ce dernier.

En outre, la mauvaise mise en œuvre et le manque du contrôle de qualité ont sensiblement contribué aux dommages observés La plupart des maisons résidentielles privées et bâtiments semi-collectifs ont été construit par le personnel sans la formation ou ayant des connaissances de la conception séismique. La majeure partie du logement privé n'aient pas été construits d'après les conditions séismiques de code RPA99.

En revanche, pour certaines zones spécifiques où l'auto construction a été réalisée sans les normes de conception et de réalisation, nous avons noté des dommages importants sur des constructions récentes.

L'analyse par les nombre d'étages n'est pas très significative, parce que le parc immobilier de la région sinistrée est très limité en hauteur. Il ya lieu de remarquer cependant que les bâtiments tours se sont bien comportés lors de ce séisme; la raison principale provient du fait

que ces bâtiments sont relativement bien conçus sur le plan de leur contreventement et que leur exécution a été d'une qualité plus contrôlée.

En conséquence, plus de 67% de la construction dans les villes les plus affectées d'Alger et de Boumerdes par le séisme Mai 2003 a été entrepris en 30 dernières années.

## ANALYSE NUMERIQUE

### 3.1 Introduction

Les séismes récents y compris le séisme de Boumerdes où de nombreuses structures en béton armé ont été gravement endommagées ou détruites ont indiqué la nécessité d'évaluer le comportement sismique réel des bâtiments. En particulier, la réhabilitation sismique des structures en béton armé dans les zones à fortes sismicité est un sujet à intérêt accru, du fait que les structures vulnérables doivent être identifiées et un niveau de protection acceptable doit être déterminé. Pour faire une évaluation, les méthodes linéaires élastiques classiques ne sont pas adéquates et les ingénieurs de structures ont recours à des techniques non linéaires complexes telles que l'analyse *Pushover* statique. Cette analyse *Pushover* est un moyen relativement simple pour explorer la conception d'une structure. Elle consiste à pousser un modèle mathématique d'une structure en imposant un déplacement dans le but de prévoir la séquence de l'endommagement dans le domaine anélastique et pour détecter les liens faibles.

La Méthode '*Pushover*' a été initialement développée dans les années 1970 comme une méthode rapide d'évaluation de risque sismique. C'est une méthode de calcul, utilisée en particulier pour l'évaluation sismique des structures existantes néanmoins elle est en train de devenir un outil très populaire pour l'évaluation des performances sismiques des nouvelles structures.

### 3.2 Notions sur l'analyse 'Pushover'

L'analyse 'pushover' est une procédure statique non-linéaire dans laquelle on applique une charge statique, d'allure triangulaire, sur la structure à analyser. Cette allure triangulaire a pour objectif de représenter l'effet d'un séisme par une force de remplacement statique.

Le calcul non linéaire permet d'obtenir une courbe de capacité de la structure. Cette courbe représente l'effort horizontal à la base du bâtiment en fonction du déplacement du sommet de celui-ci (Voir figure 3.1).

Cette charge, est appliquée par étapes, le comportement non linéaire de la structure peut être défini. La non linéarité est en effet introduite dans la structure au moyen des paramètres des rotules de flexion et de cisaillement. [07]

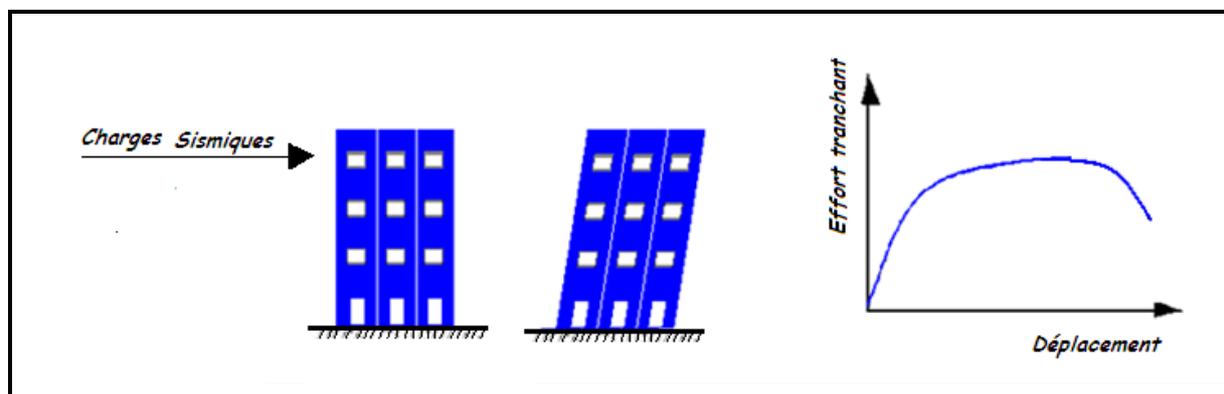


Figure 3.1 : Courbe de capacité

Cette courbe représente une nouvelle approche d'estimation de dommages (structurels et non structurels), incluant notamment les effets du comportement post - élastique (Voir figure 3.2). La courbe de capacité est en général formée par une phase à caractère élastique linéaire suivie par une phase non linéaire correspondant à la formation des rotules de flexion et de cisaillement, jusqu'au moment de la rupture (défaut de résistance). La rupture est identifiable par une chute de l'effort à la base suite à un petit déplacement de la structure. Les stades de plastification, ainsi que les différents degrés d'endommagement, peuvent donc être introduits sur cette courbe.

D'après la figure 3.2 on remarque que la courbe est composée de quatre segments, chaque segment correspond à une étape d'endommagement.

- ✓ **Degré 1/2** correspond au comportement élastique de la structure et représente le niveau de conception parasismique habituel. Il indique par conséquent un état d'endommagement superficiel (ou bien de non endommagement).
- ✓ **Degré 3/4** d'endommagement correspond à un niveau de dommage contrôlé. La stabilité de la structure n'est pas en danger, mais toutefois un endommagement mineur est susceptible de se développer.
- ✓ **Degré 5** représente un état d'endommagement avancé, sa stabilité étant en danger. **Au delà de ce niveau**, la structure est susceptible à l'effondrement, ne présentant aucune capacité de résistance.

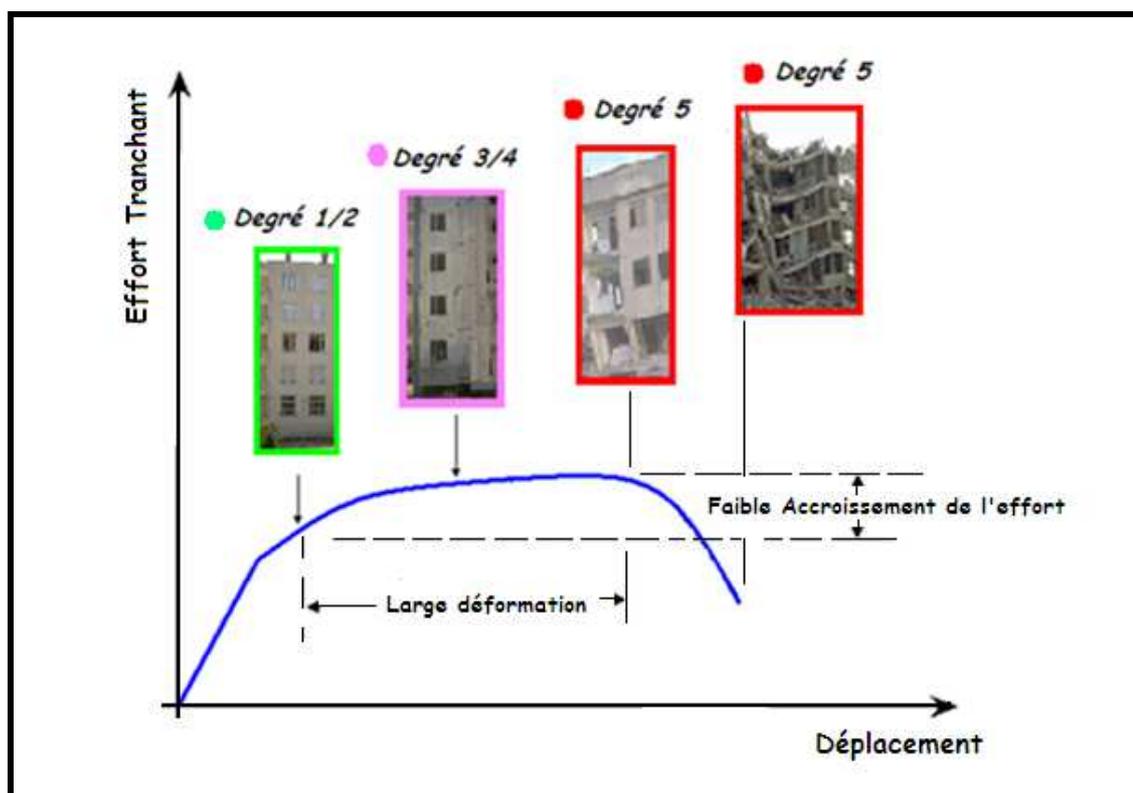


Figure 3.2 : Niveau d'endommagement décrit par une courbe de capacité

### 3.2.1 Origine de l'analyse Pushover [17]

Pour faire une évaluation de la vulnérabilité des structures, les méthodes linéaires élastiques classiques ne sont pas adéquates et les ingénieurs de structures ont recours à des méthodes non linéaires complexes telle que la Méthode de capacité spectrale (CSM), Cette Méthode a été initialement développée dans les années 1970 comme une méthode rapide d'évaluation de risque sismique.

Dans les années 1980, elle a été utilisée comme une procédure en vue de trouver une corrélation entre les mouvements de tremblement de terre et l'observation de la performance des bâtiments.

ATC-10, document publié dans les 1986, préconise une conception sismique basée sur deux niveaux sismiques, deux niveaux de performance (relatifs à un comportement élastique anélastique) et deux méthodes de calcul non linéaires (méthodes basées sur des coefficients de comportement et méthode en capacité spectrale).

Cette dernière méthode est reprise dans les documents récents de l'ATC en 1996 (ATC 40) et le FEMA en 1997 (FEMA 273 et 356) et ajoute les bases des méthodes de déplacements.

Les documents ATC-40 et la FEMA-273 ont élaboré des procédures de modélisation et d'analyse et des critères d'acceptation pour l'analyse pushover. Ces documents définissent les critères de force-déformation pour les rotules de plastifications utilisés dans l'analyse pushover. Comme le montre la figure 3.3 : courbe de force déplacement;

- ✓ Cinq points marqués A, B, C, D et E sont utilisés pour définir le comportement déplacement / force pour les rotules de plastification.
- ✓ Trois points marqués IO, LS et CP sont utilisés pour définir les critères des rotules de plastification. (OI, LS et CP représentation de: plastification modérée, plastification moyenne. et plastification importante respectivement.)

Les valeurs assignées à chacun de ces points varient en fonction de type de paramètres, ainsi que de nombreux autres paramètres définis dans les documents. ATC - 40 et la FEMA - 273.

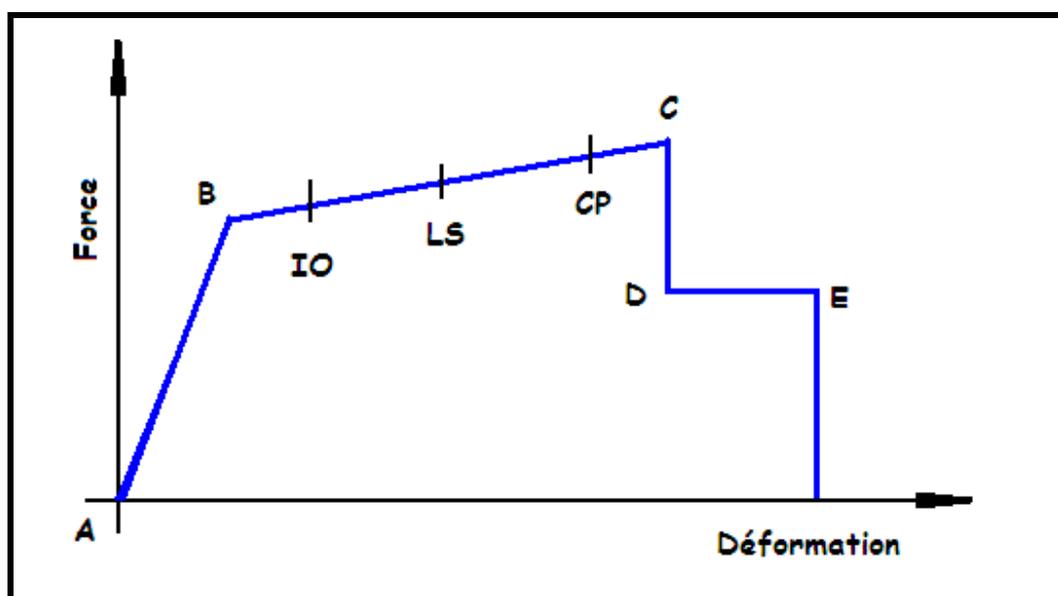


Figure 3.3 : Courbe force déformation

### 3.2.2 Buts de l'analyse pushover

L'exécution d'un calcul Pushover a pour objectif d'éviter de se lancer dans des méthodes plus poussées comme par exemple des calculs non linéaires dynamiques temporels. Le Pushover représente un moyen satisfaisant de calcul qui permet d'acquérir des connaissances utiles sur le comportement de la structure on peut citer :

- ✓ L'estimation des déformations dans le cas des éléments qui doivent subir des déformations inélastiques afin de dissiper de l'énergie communiquée à la structure par le mouvement du sol.
- ✓ La détermination des sollicitations réelles sur les éléments fragiles, telles que les sollicitations sur les assemblages de contreventements, les sollicitations axiales sur les poteaux, les moments sur les jonctions poteau-poutre, les sollicitations de cisaillement.
- ✓ Les conséquences de la détérioration de la résistance des éléments sur le comportement global de la structure ce qui permet de déterminer les points forts et les points faibles de notre structure.
- ✓ L'identification des zones critiques dans lesquelles les déformations sont supposées être grandes.
- ✓ L'identification des discontinuités de résistance en plan et en élévation qui entraînent des variations dans les caractéristiques dynamiques dans le domaine inélastique.
- ✓ L'estimation des déplacements inter-étage qui tiennent compte des discontinuités de la rigidité et de la résistance qui peut être utilisés dans le contrôle de l'endommagement.

### 3.3 Principe de la méthode

Le principe de la méthode push over consiste à superposer une courbe représentant la capacité résistante d'une structure issue d'une analyse non linéaire en poussée progressive (push over) avec une courbe représentative de la sollicitation apportée par le séisme (spectre de réponse) [23]. L'intersection de ces deux courbes évaluées à partir des considérations qui vont suivre représente un point de performance permettant d'évaluer le déplacement maximal que la structure subira et subséquemment son degré de pénétration dans le domaine plastique.

Deux approches principales sont proposées, l'une utilisant l'amortissement, comme dans l'ATC 40, l'autre la ductilité, comme dans l'Eurocode 8. [22]

L'Eurocode 8 permet de trouver un point de performance sur la base de la règle des déplacements égaux, le spectre inélastique est obtenu en réduisant le spectre élastique par un facteur  $R$  qui dépend de la ductilité de la structure ( $\mu$ ), tandis que les normes américaines prévoient des itérations avec plusieurs spectres représentant différents coefficients d'amortissement visqueux. [22]

Dans les deux cas, le point de performance obtenu devrait correspondre avec le déplacement maximal qu'on obtiendrait par la méthode non linéaire dynamique temporel.

### 3.3.1.Approche en ductilité (Eurocode 8) :

Elle a été proposée par **Fajfar** en **1998**. Elle utilise des spectres inélastiques, avec un coefficient réducteur  $R_u$ , pour passer du spectre élastique ( $\beta=5\%$  ;  $\mu=1$ ), aux spectres inélastiques ( $\mu>1$ ).

La procédure de détermination du point de performance peut être résumée comme suit:

- Introduction des données

L'on considère une structure à plusieurs degrés de liberté et un spectre de réponse élastique, dans lequel les accélérations ( $S_a$ ) sont données en fonction des périodes naturelles ( $T$ ) de la structure.

- Transformation du spectre élastique au format accélération-déplacements

Le spectre de réponse élastique est transformé du format traditionnel accélérations-périodes ( $S_a - T$ ) au format accélérations-déplacements ( $S_a - S_d$ ) (Figure II.2), en utilisant la relation suivante :

$$S_{de} = \frac{T_n^2}{4\pi^2} S_{ae}$$

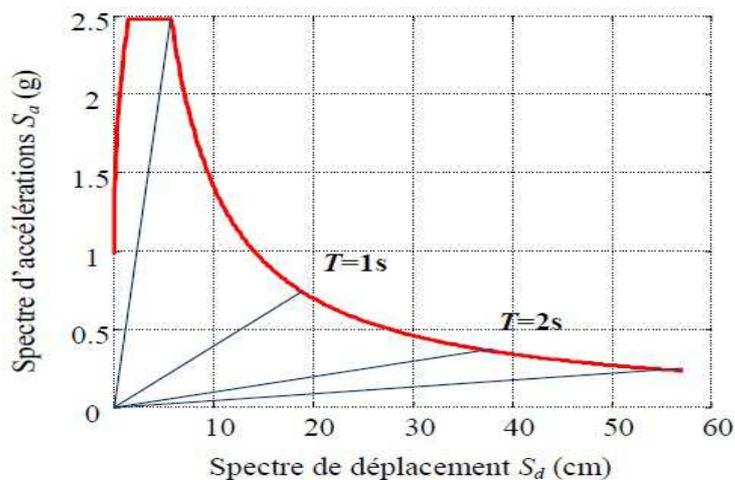


Figure 3.4: Spectre de réponse élastique dans le format accélération-déplacements.

- Détermination du spectre de réponse inélastique (spectre réduit)

Le spectre de réponse inélastique ( $S_a - S_d$ ) est obtenu à partir du spectre de réponse élastique en utilisant les équations suivantes :

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R_\mu}$$

$$S_d = \frac{\mu}{R_\mu} S_{ae} = \frac{\mu}{R_\mu} \frac{T^2}{4\pi^2} S_{ae} = \mu \frac{T^2}{4\pi^2} S_a$$

Avec :

$\mu$  : Facteur de ductilité, défini comme le rapport entre le déplacement maximal et le déplacement à la limite élastique.

$R_\mu$  : Facteur de réduction du à la ductilité de la structure.

Plusieurs propositions ont été faites pour la détermination du facteur de réduction  $R_\mu$ , (Newmark Et Hall, 1982 ; Riddell, Hidalgo, Et Cruz, 1989; Tso Et Naumosoki, 1991; Krawinkler et Nassar, 1992; Miranda Et Bertero, 1994), cependant la plus utilisée est celle de Vidic et Al, 1994.

Pour les oscillateurs souples ( $T \geq T_c$ ), les systèmes élastiques et inélastiques ont approximativement le même déplacement maximal ( $S_d = S_{de}$ ) conformément au critère d'égalité des déplacements maximaux (Newmark et Hall 1982). (Figure II.3).

Dans ce cas, le facteur de réduction  $R$  est égal au facteur de ductilité:

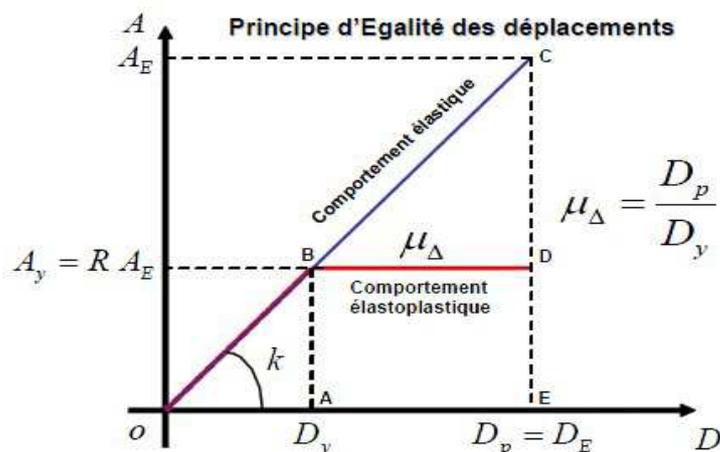


Figure 3.5: Principe d'égalité des déplacements maximaux (Newmark et Hall, 1982)

Pour les oscillateurs rigides ( $T < T_c$ ), le facteur de réduction  $R$  est pris égal à :

$$R = T / T_c (\mu - 1) + 1$$

- Analyse en poussée progressive (push over)

L'analyse push over est effectuée en appliquant à la structure une distribution de forces latérales incrémentées jusqu'à ce que le déplacement au sommet de la structure atteigne un déplacement cible défini. [23]

La courbe traduisant le comportement de la structure est tracée en portant en abscisse le déplacement du sommet  $d$  et en ordonnée l'effort tranchant à la base  $V$ .

Le choix d'une distribution appropriée de forces latérales constitue une étape très importante dans l'analyse push over.

Si on note par  $\mathbf{P}$ , le vecteur des forces latérales, ce dernier peut être déterminé par l'expression suivante :

$$\mathbf{P} = p [\mathbf{M}] \{\boldsymbol{\theta}\}.$$

Avec :

$[\mathbf{M}]$  : Matrice diagonale correspondant aux masses de chaque niveau.

$\{\boldsymbol{\theta}\}$  : Vecteur forme normalisé pour le déplacement, ou mode propre.

$p$  : Facteur qui contrôle l'amplitude des forces latérales.

- Transformation du système à plusieurs degrés de liberté à un système équivalent à un seul degré de liberté

La structure à plusieurs degrés de liberté est modélisée par un oscillateur équivalent à un seul degré de liberté. (Figure 3.6)

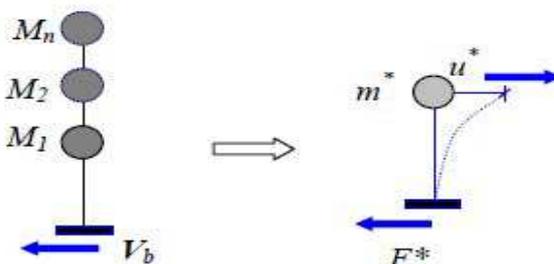


Figure 3.6 : Caractéristiques du système équivalent à un seul degré de liberté.

Si on prend seulement le mode fondamental, l'expression des déplacements de la structure en fonction des déplacements modaux est donnée par l'équation :

$$\mathbf{d}_t = \Gamma_1 \boldsymbol{\theta}_1 D_1(t)$$

Avec :

$(t)$  : Déplacement au sommet à un instant  $t$ .

$\Gamma_1$  : Facteur de participation modale correspondant au premier mode de vibration.

$\boldsymbol{\theta}_1$ : Amplitude du premier mode de vibration au sommet.

Pour un instant donné, la relation entre le déplacement au sommet  $d_t$  et le déplacement correspondant au premier mode du système équivalent  $d^*$  est :

$$\mathbf{d}^* = \mathbf{d}_t / \Gamma$$

Ce qui permet de relier les déplacements du point de contrôle de la courbe push over ( $d_t$ ) aux déplacements correspondant à un système à un seul degré de liberté ( $d^*$ ).

La relation entre l'effort tranchant à la base la structure et l'accélération correspondante du système équivalent à un seul DDL est exprimé par:

$$\mathbf{F}^* = \mathbf{V} / \Gamma$$

La constante  $\Gamma$ , habituellement appelée facteur de participation modale, contrôle la transformation des quantités du système à plusieurs degrés de liberté au système à un seul degré de liberté et vice versa, il est déterminé à partir de l'équation suivante :

$$\Gamma = \frac{\phi^T M t}{\phi^T M \phi} = \frac{\sum m_i \phi_i}{\sum m_i \phi_i^2} = \frac{m^*}{\sum m_i \phi_i^2}$$

La courbe traduisant le comportement du système équivalent à un seul degré de liberté est tracée en portant en abscisse le déplacement au sommet  $d^*$ , et en ordonnée la force  $F^*$  du système équivalent. (Figure 3.7)

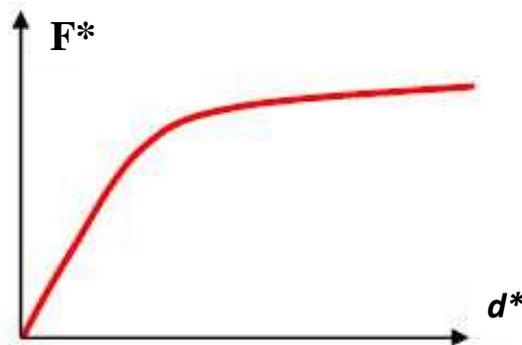


Figure 3.7 : Courbe de capacité du système équivalent à un seul degré de liberté

- Idéalisation bi linéaire de la courbe de capacité du système équivalent

L'effort plastique  $F_y^*$ , qui représente également la résistance ultime du système idéalisé, est égal à l'effort tranchant à la base à la formation du mécanisme plastique.

La rigidité initiale du système idéalisé est déterminée de telle sorte que les zones situées sous les courbes force-déformation réelle et idéalisée soient égales. (Figure 3.7).

Sur la base de cette hypothèse, le déplacement à la limite d'élasticité du système équivalent à un seul degré de liberté  $d_y^*$ , est donné par :

$$d_y^* = 2 \left( d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$$

Où :  $E_m^*$  est l'énergie de déformation réelle jusqu'à la formation du mécanisme plastique.

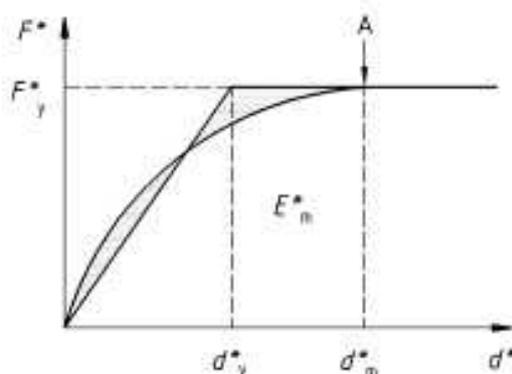


Figure 3.7 ' : Idéalisation bi linéaire de la courbe de capacité du système équivalent

- Détermination de la période du système équivalent

La période  $T^*$  du système équivalent à un seul degré de liberté idéalisé est déterminée par :

$$T^* = 2\pi \sqrt{\left( \frac{m^* d_y^*}{F_y^*} \right)}$$

▪ Détermination du déplacement du système équivalent

Le déplacement de la structure avec une période  $T^*$  et un comportement élastique illimité, est donné par :

$$d_{el}^* = S_e(T^*) \left( \frac{T^*}{2\pi} \right)^2$$

Où :  $S_e(T^*)$  est l'accélération spectrale correspondant à la période  $T^*$ .

Le calcul de déplacement du système équivalent à un seul degré de liberté dépend de sa période élastique ( $T^*$ ) et de la position de cette dernière par rapport à la période caractéristique du site ( $T_c$ ).

Si la période élastique est supérieure ou égale à la période caractéristique ( $T^* \geq T_c$ ), (Fig 3.8), le déplacement non linéaire  $S_d$  est égal au déplacement élastique  $S_{de}$ , conformément au critère d'égalité des déplacements dans la gamme des moyennes et longues périodes.

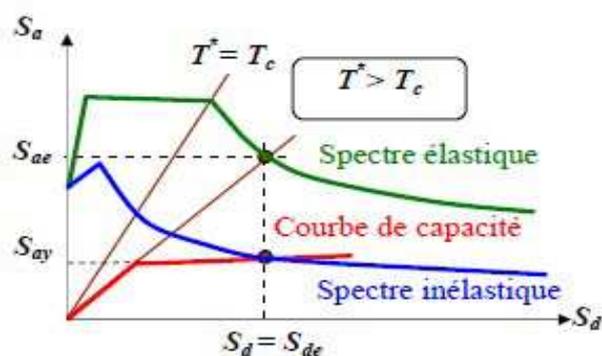


Figure 3.8: Déplacement du système équivalent dans le domaine de moyennes et longues périodes.

Si la période élastique est inférieure à la période caractéristique ( $T^* < T_c$ ), (Fig 3.9), le déplacement non linéaire  $S_d$  est déterminé en fonction de la ductilité par la relation suivante :

$$S_d = \mu d_y^* = \left[ 1 + \frac{T_c}{T} (R - 1) \right] \frac{S_{de}}{R}$$

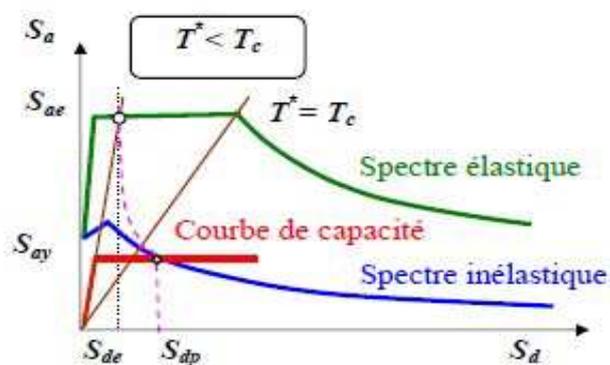


Figure 3.9 : Déplacement du système équivalent dans le domaine des périodes courtes

- Détermination du déplacement global de la structure

Une fois le déplacement du système équivalent déterminé, il est transformé en déplacement maximum du système à plusieurs degrés de liberté (Fig 3.10) :

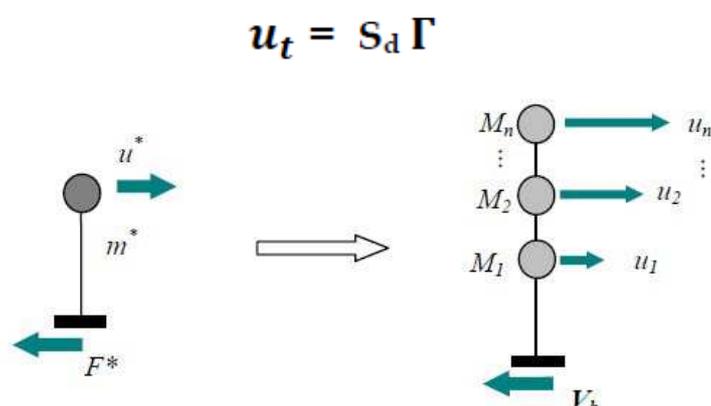


Figure 3.10: Déplacement au sommet de structure

### 3.4. Approche en amortissement (Méthode de capacité spectrale ATC 40)

La méthode de **capacité spectrale** est l'une des méthodes les plus utilisées pour l'estimation de la performance sismique des structures, développée par Freeman, la méthode a connue par la suite plusieurs modifications, les versions les plus récentes (Procédures A, B, C) sont exposées dans l'**ATC40**. [25]

La méthode consiste à superposer dans un graphe de type  $(S_a-S_d)$  la courbe représentant la capacité résistante d'une structure issue d'une analyse non linéaire en poussée progressive (**courbe de capacité**) et celle représentative de la sollicitation apportée par le séisme (**Demande**). [24]

La **courbe de capacité** est obtenue en appliquant à la structure un chargement incrémental distribué sur la hauteur du bâtiment. [24]

La **demande sismique inélastique** est obtenue par la réduction du spectre de réponse élastique amorti à 5% par des facteurs qui dépendent de l'amortissement effectif de la structure  $(\beta_{eff})$ . [24]

En d'autres termes, la méthode est basée sur le principe que si la demande en énergie à dissiper, représentée par l'amortissement  $(\beta_{eff})$ , est supérieur à la demande initiale qui correspond à un amortissement visqueux de  $(\beta_{eff})$ , 5%), le comportement inélastique de la structure est approché par l'accroissement du coefficient d'amortissement visqueux. [24]

L'intersection de ces deux courbes représente le **point de performance**, qui permet d'évaluer le déplacement maximal que la structure subira ainsi son degré de pénétration dans le domaine plastique. (Fig 3.11)

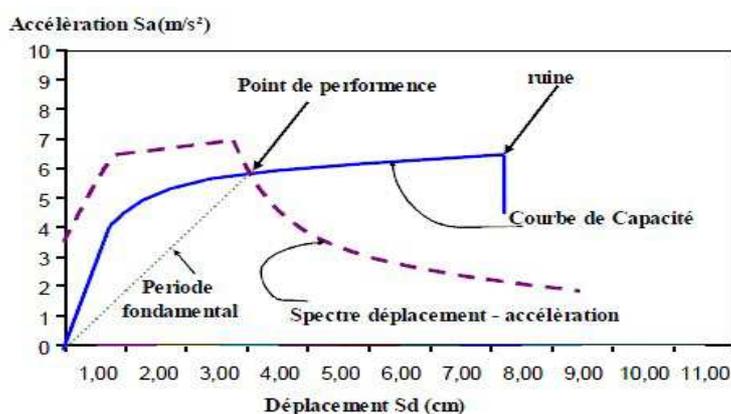


Figure 3.11 : Différents éléments de la méthode capacité spectrale (ATC40)

### 3.4.1. Bases théoriques de la méthode de capacité spectrale (ATC40)

Les éléments principaux de l'analyse push over sont la demande et la capacité, qui représentent respectivement l'action sismique, et l'aptitude de la structure à résister au séisme. [24]

#### 3.4.1.1. Détermination de la Courbe de capacité

L'analyse push over est effectuée en appliquant à la structure une distribution de forces latérales incrémentées jusqu'à ce que le déplacement au sommet de la structure atteigne un déplacement cible défini.

La courbe traduisant le comportement de la structure est tracée en portant en abscisse le déplacement du sommet  $d$  et en ordonnée l'effort tranchant à la base  $V$ .

La courbe de capacité est transformée en une **courbe de capacité équivalente** reliant l'accélération d'une structure à un seul degré de liberté à son déplacement en multipliant l'effort tranchant ( $V$ ) et le déplacement ( $d$ ) respectivement par  $\left(\frac{1}{\alpha_1 w}\right)$  et  $\left(\frac{1}{P_{f1} \phi_1}\right)$ , [24]

Avec

$\alpha_1$  : Pourcentage de participation massique du mode fondamental.

$W$  : Masse sismique de la structure.

$P_{f1}$  : Facteur de participation modal du mode fondamental

$\phi_1$  : Amplitude du mode fondamental

#### 3.4.1.2 Détermination de la demande sismique

La **demande sismique inélastique** est obtenue par la réduction du spectre de réponse élastique amorti à **5%** par des facteurs qui dépendent de l'amortissement effectif de la structure  $(B_{eff})$ . [24]

Les étapes de détermination de la demande sismique peuvent être résumées comme suit :

- Détermination du spectre élastique amorti à 5%.
- Transformation du spectre élastique au format accélération-déplacements.
- Idéalisation bi linéaire de la courbe de capacité.
- Détermination de l'amortissement effectif et réduction du spectre élastique.

### 3.4.1.3. Détermination du spectre élastique amorti à 5%

Le spectre de réponse définie dans le règlement algérien (**RPA2003**) est une courbe de réponse maximal d'accélération ( $S_a/g$ ) pour un système à un degré de liberté soumis à une excitation donnée pour des valeurs successives de périodes propres  $T$ . L'action sismique est représentée par le spectre de calcul suivant :

$$\frac{S_a}{g} = \begin{cases} 1.25A \left( 1 + \frac{T}{T_1} \left( 2.5\eta \frac{Q}{R} - 1 \right) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ 2.5\eta(1.25A) \left( \frac{Q}{R} \right) & T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta(1.25A) \left( \frac{Q}{R} \right) \left( \frac{T_2}{T} \right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\eta(1.25A) \left( \frac{T_2}{3} \right)^{2/3} \left( \frac{3}{T} \right)^{5/3} \left( \frac{Q}{R} \right) & T > 3.0s \end{cases}$$

**A** : Coefficient d'accélération de zone (tableau 4.1) (**RPA2003**).

$\eta$  : Facteur de correction d'amortissement ( $\eta = 7 / 2 + \xi$ ). (eq 4.3 **RPA2003**).

$\xi$  : Pourcentage d'amortissement critique (tableau 4.2) (**RPA2003**).

**R** : Coefficient de comportement de la structure (tableau 4.3) (**RPA2003**).

**T1, T2** : Périodes caractéristiques associées à la catégorie de site (tableau 4.7) (**RPA2003**).

**Q** : Facteur de qualité (tableau 4.4) (**RPA2003**).

Pour obtenir un spectre élastique amorti à **5%**, il suffit d'attribuer une valeur égale à l'unité pour le coefficient de comportement (**R**) et le facteur d'amortissement ( $\eta$ ).

Le facteur d'amortissement effectif ( $\beta_{eff}$ ), défini dans le règlement **ATC 40** est noté ( $\eta$ ) dans le règlement parasismique algérien (**RPA2003**).

### 3.4.1.4. Transformation du spectre élastique au format accélérations-déplacements

Le spectre de réponse élastique est transformé du format traditionnel accélération-périodes ( $S_a - T$ ) (Fig 3.12), au format accélérations-déplacements (Fig 3.13), en utilisant la relation suivante :

$$S_{de} = \frac{T_n^2}{4\pi^2} S_{ae}$$

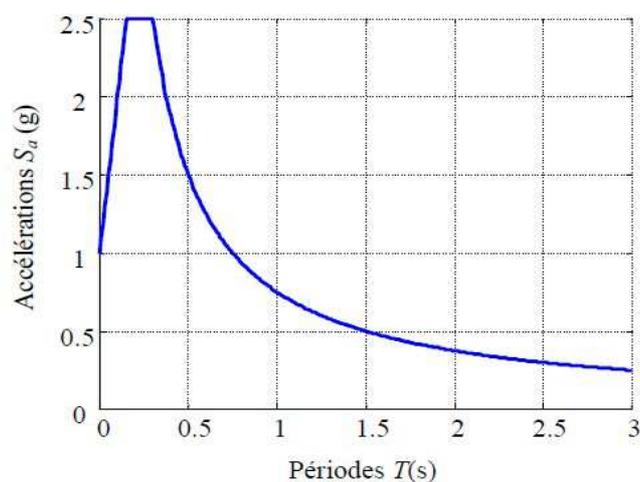


Figure 3.12: Spectre de réponse élastique dans le format traditionnel accélération-périodes

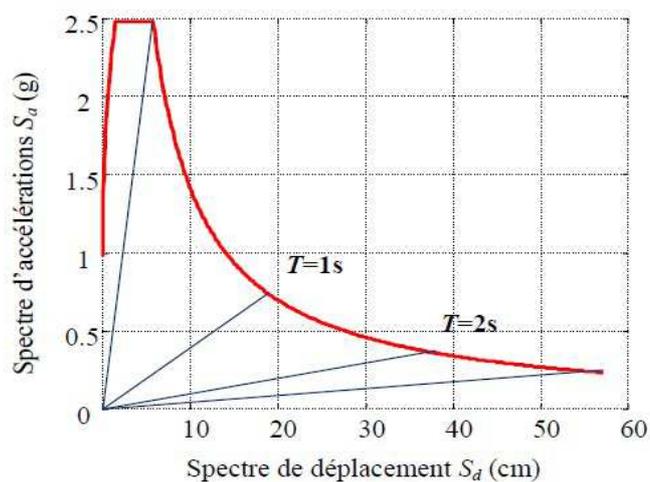


Figure 3.13 : Spectre de réponse élastique dans le format accélérations-déplacements

### 3.5 Application de la méthode

Le logiciel SAP2000, est utilisé comme un outil pour exécuter la méthode de pushover. Les capacités d'analyse statique non linéaire pushover sont intégrées sur ce logiciel SAP2000, qui permettez la rapidité et la facilité de mise en œuvre des procédures de pushover prescrites dans les documents ATC- 40 et la FEMA - 273 pour des modèles de deux et trois dimensions. [11]

#### 3.5.1. Définition des Rotules

Au niveau du logiciel SAP2000 V11.8, le comportement non linéaire se produit dans des éléments frames ou les rotules ont été définies. Les types de rotules définies par défauts incluent :

- ✓ Rotule plastique due à la contrainte axiale (P)
- ✓ Rotule plastique due à la contrainte de Cisaillement V2 ou (V3)
- ✓ Rotule plastique due à la contrainte de torsion
- ✓ Rotule plastique due à la combinaison de la contrainte axiale et la contrainte de flexion P-M2
- ✓ Rotule plastique due à la combinaison de la contrainte axiale et la contrainte de flexion P-M3
- ✓ Rotule plastique due à la combinaison des contraintes de flexion M2-M3
- ✓ Rotule plastique due à la combinaison de la contrainte axiale et des contraintes de flexion P-M2-M3, P-M2

Pour tous les modèles étudiés, nous avons décidés d'assigner deux rotules de flexion à chaque élément frame au niveau des extrémités.

- ✓ Pour les éléments poteaux le type P-M2-M3 a été choisi.
- ✓ Pour les éléments poutres le type M3 a été choisi.

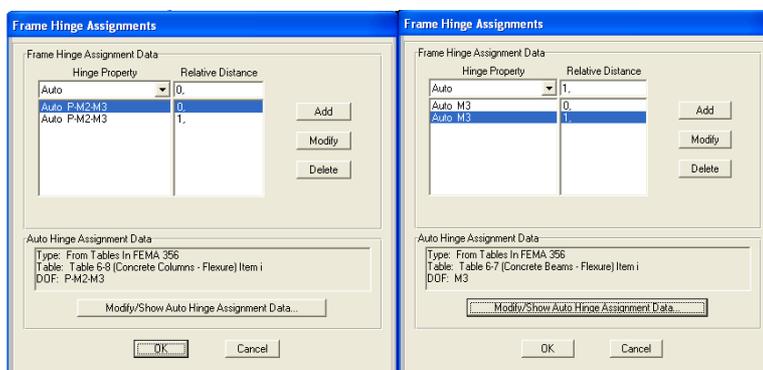


Figure 3.14: Type de rotule assignée aux éléments frames [11]

### Remarque

Le SAP 2000 V11.8 n'offre pas l'option des rotules plastique dans le des voiles. Pour les modèles comportant des bouts de voiles d'angles et centraux. Ces derniers ont été modélisés en tant que poteaux avec une section définie par l'option section designer, afin de permettre la définition des rotules à leurs extrémités.

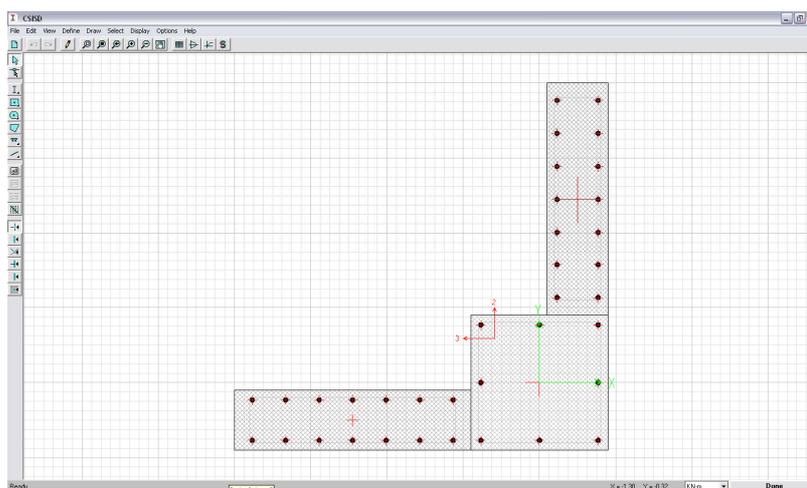


Figure 3.15 : Option section designer – voile d'angle [11]

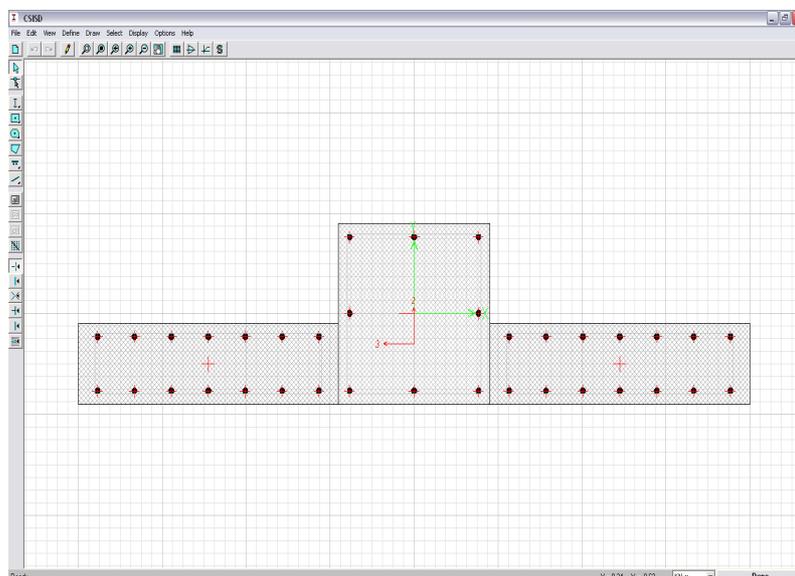


Figure 3.16 : Option section designer – voile central [11]

### 3.5.2 Courbe de Capacité

Afin de pouvoir obtenir la courbe de capacité du modèle, Il y a lieu de définir un nœud de contrôle. C'est un nœud employé pour relever des déplacements de la structure. Le déplacement de ce dernier et l'effort tranchant à la base forme la courbe de capacité de la structure ou modèle. Le point de contrôle est généralement choisi comme étant le point de du plancher terrasse. [11]

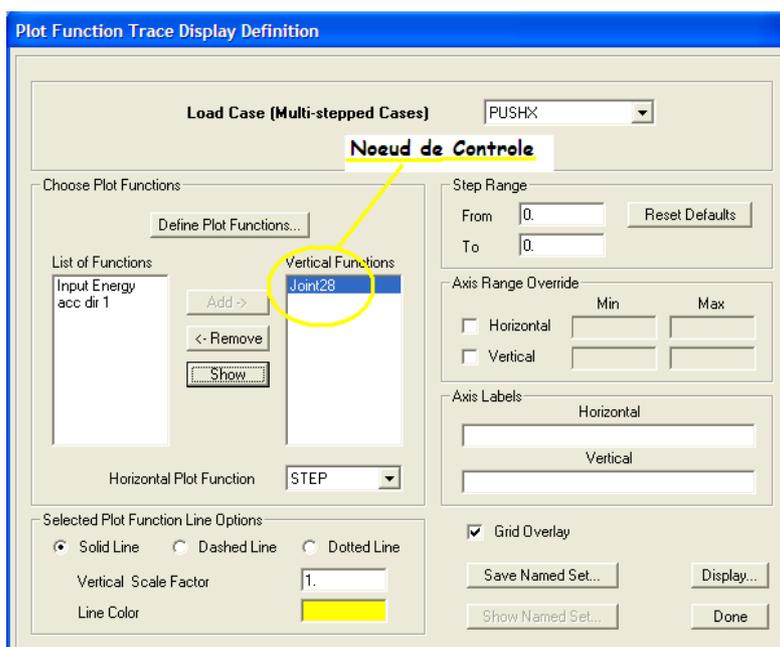


Figure 3.17 : Point de contrôle du déplacement [11]

### 3.5.3 Point de performance

A partir de la courbe de capacité, on compare celle-ci avec la sollicitation d'un séisme. Pour considérer la demande d'un séisme, on utilise en général des courbes « Spectre d'accélération  $S_a$  – Spectre de déplacement  $S_d$  ».

Le SAP2000 V11.0.8 basé sur les FEMA 273, permet de trouver un point de performance en envisageant des itérations avec plusieurs spectres représentant différents coefficients d'amortissement visqueux. Le point de performance ainsi obtenu permet de faire plusieurs considérations sur le comportement de la structure face au séisme. En principe, ce point correspond au déplacement maximal qu'on obtiendrait par la méthode non linéaire dynamique temporel.

Dans la figure ci-dessous on voit le processus d'itération permettant de trouver le point de performance. Le spectre en rouge est modifié pas à pas jusqu'à l'allure final donnant le point de performance (pour notre exemple : 308,835 – 0,022).

Dans ce cas, le croisement se fait pratiquement à la limite du comportement élastique de la structure.

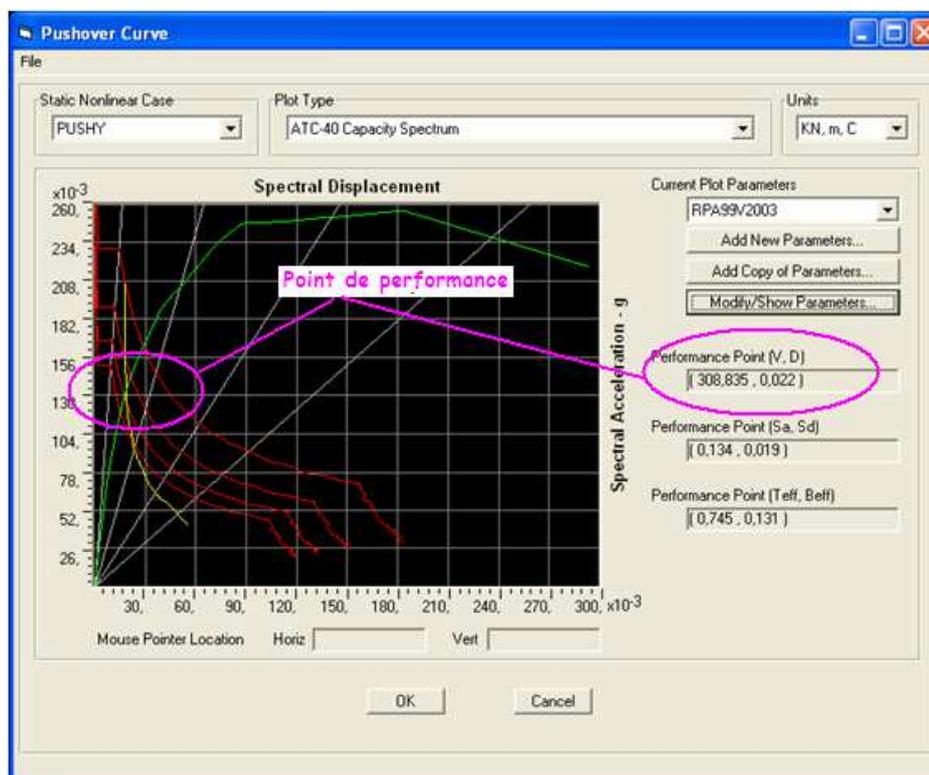


Figure 3.18 : Point de performance [11]

Par défaut, plusieurs types de spectres sont définis au niveau du logiciel SAP2000. Toutefois, on peut définir un spectre calculé par les RPA 2003 pour la structure ou modèle analysé.

#### 3.5.4. Analyse du push over

La phase de d'analyse du pushover est composée de deux parties :

- ✓ Analyse linéaire.
- ✓ Analyse non linéaire

Après une analyse statique linéaire due aux charges verticales et une analyse spectrale définie par un spectre de réponse. Permettant de calculer ou vérifier les sections du modèle (ou structure) selon les règlements en vigueur.

L'analyse du pushover est définie par un chargement non linéaire successif des charges statique suivie d'un chargement push non linéaire définie par une accélération selon une direction choisie. [11]

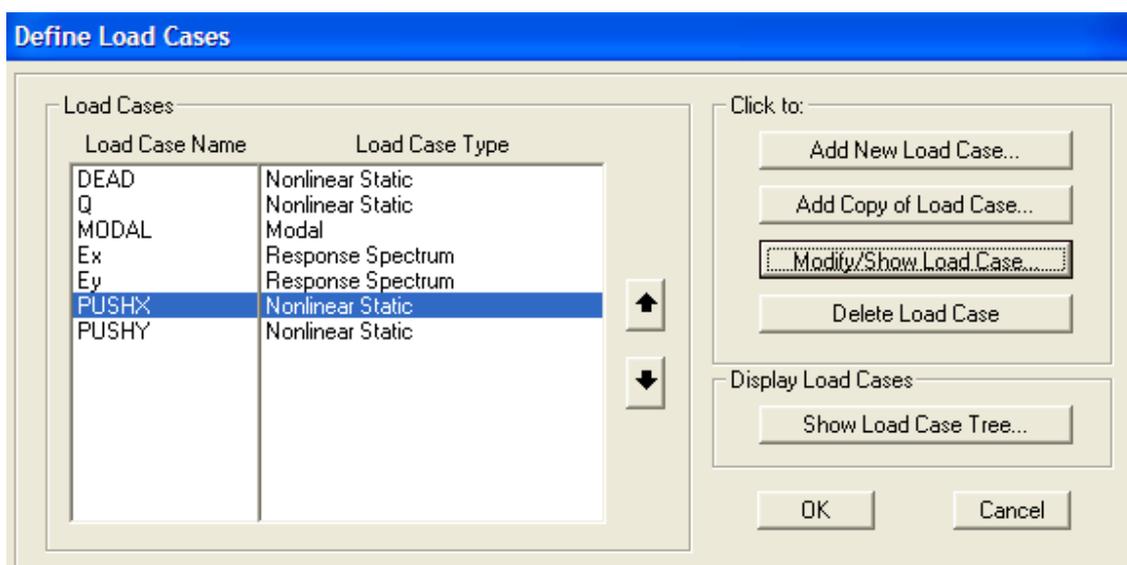


Figure 3.19 : Chargement pour l'analyse Pushover [11]

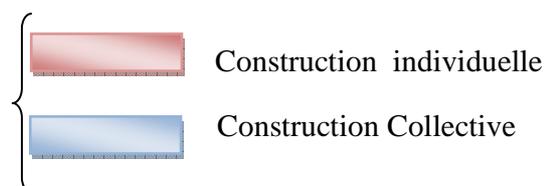
### 3.6 Modélisation

#### 3.6.1 Introduction

La méthode pushover qui a été décrite, qui se base sur l'augmentation de la charge jusqu'à ce que les modes de ruine apparaissent a été appliquée pour les modèles définies dans la partie suivante.

#### 3.6.2 Type de Modèles

Nous avons choisi de type de constructions



Pour la construction individuelle nous avons opté pour la modélisation d'un bâtiment individuel auto stable en R+2 et pour la construction collective nous avons modélisé un bâtiment collectif auto stable en R+5. Les deux bâtiments sont supposés être situés en zone III (zone de forte sismicité selon le règlement parasismique algérien).

##### 3.6.2.1 Modèles de la Construction individuelle

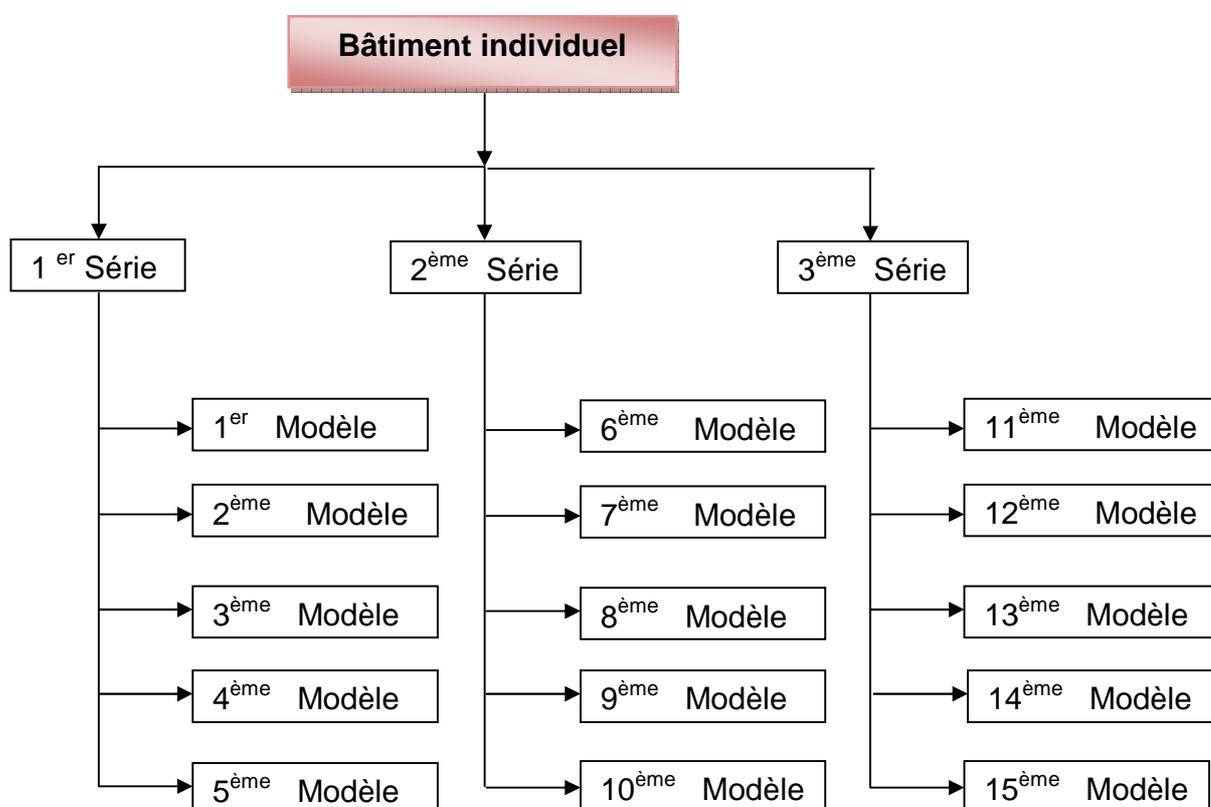


Tableau 3.1 : 1<sup>er</sup> Série de modèle Portique Auto - stable

<b>Nom</b>	<b><math>f_{c28}</math> (MPa)</b>	<b>Code</b>
1 <sup>er</sup> modèle	30	BI2.AU.R30
2 <sup>ème</sup> modèle	25	BI2.AU.R25
3 <sup>ème</sup> modèle	20	BI2.AU.R20
4 <sup>ème</sup> modèle	15	BI2.AU.R15
5 <sup>ème</sup> modèle	10	BI2.AU.R10

Tableau 3.2 : 2<sup>ème</sup> Série de modèle Renforcement par des voiles centraux

<b>Nom</b>	<b><math>f_{c28}</math> (MPa)</b>	<b>Code</b>
6 <sup>ème</sup> modèle	30	BI2.VC.R30
7 <sup>ème</sup> modèle	25	BI2. VC.R25
8 <sup>ème</sup> modèle	20	BI2. VC.R20
9 <sup>ème</sup> modèle	15	BI2. VC.R15
10 <sup>ème</sup> modèle	10	BI2. VC.R10

Tableau 3.3 : 3<sup>ème</sup> Série de modèle Renforcement par des voiles latéraux

<b>Nom</b>	<b><math>f_{c28}</math> (MPa)</b>	<b>Code</b>
11 <sup>ème</sup> modèle	30	BI2. VL.R30
12 <sup>ème</sup> modèle	25	BI2. VL.R25
13 <sup>ème</sup> modèle	20	BI2. VL.R20
14 <sup>ème</sup> modèle	15	BI2. VL.R15
15 <sup>ème</sup> modèle	10	BI2. VL.R10

### Légende

- B I2 : Bâtiment Individuel en R+2.
- A : Auto-stable.
- VC : Voiles Centraux.
- VL : Voile Latéraux
- R: Résistance à la compression.

### 3.4.2.2 Modèles de la Construction collective

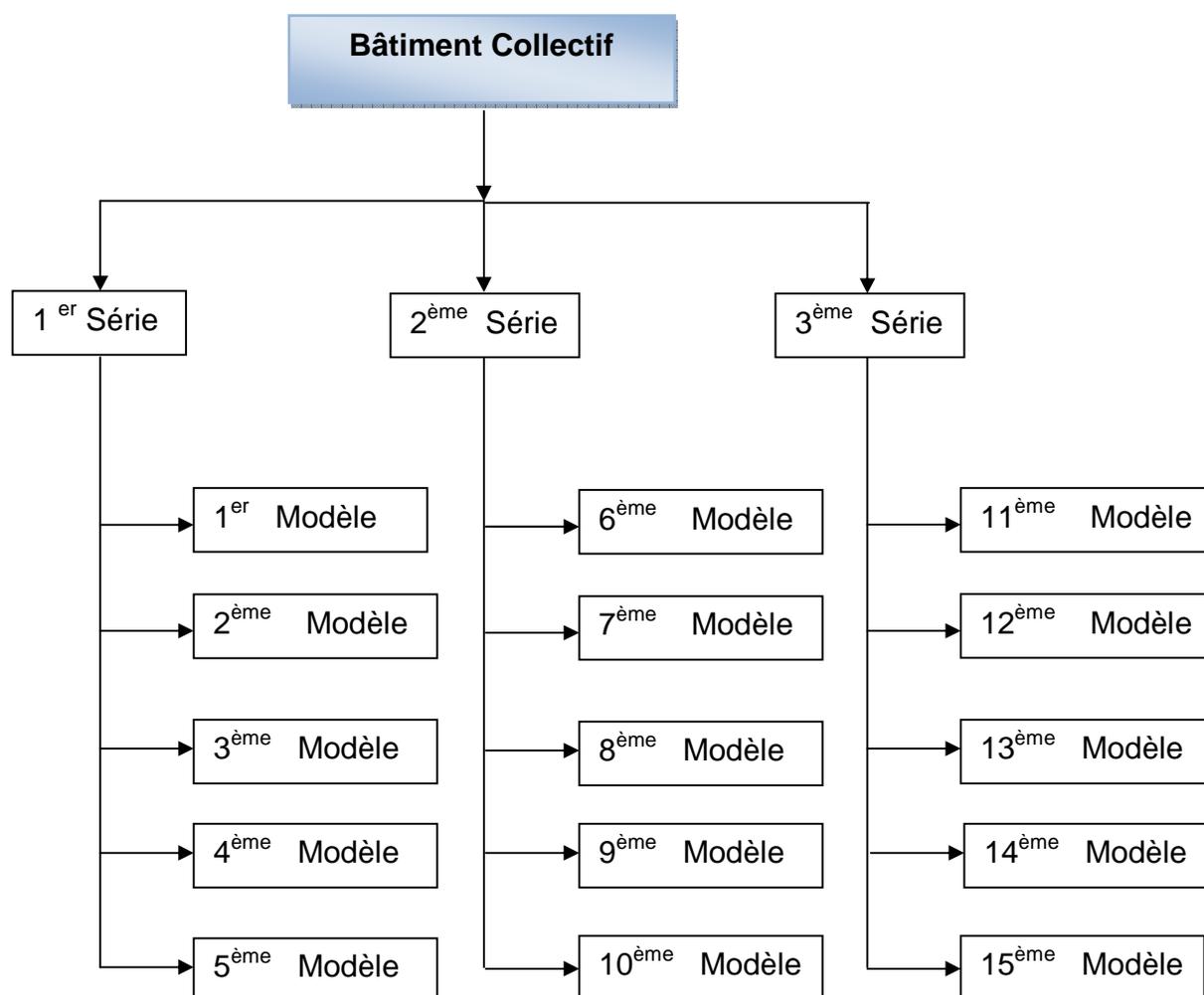


Tableau 3.4 : 1<sup>er</sup> Série de modèle Portique Auto - stable

Nom	$f_{c28}$ (MPa)	Code
1 <sup>er</sup> modèle	30	BC5.AU.R30
2 <sup>ème</sup> modèle	25	BC5.AU.R25
3 <sup>ème</sup> modèle	20	BC5.AU.R20
4 <sup>ème</sup> modèle	15	BC5.AU.R15
5 <sup>ème</sup> modèle	10	BC5.AU.R10

Tableau 3.5 : 2<sup>ème</sup> Série de modèle Renforcement par des voiles centraux

Nom	$f_{c28}$ (MPa)	Code
6 <sup>ème</sup> modèle	30	BC5.VC.R30
7 <sup>ème</sup> modèle	25	BC5. VC.R25
8 <sup>ème</sup> modèle	20	BC5. VC.R20
9 <sup>ème</sup> modèle	15	BC5. VC.R15
10 <sup>ème</sup> modèle	10	BC5. VC.R10

Tableau 3.6 : 3<sup>ème</sup> Série de modèle Renforcement par des voiles latéraux

Nom	$f_{c28}$ (MPa)	Code
11 <sup>ème</sup> modèle	30	BC5. VL.R30
12 <sup>ème</sup> modèle	25	BC5. VL.R25
13 <sup>ème</sup> modèle	20	BC5. VL.R20
14 <sup>ème</sup> modèle	15	BC5. VL.R15
15 <sup>ème</sup> modèle	10	BC5. VL.R10

Pour les deux catégories :

La 1<sup>ère</sup> série de modèles concerne les modèles auto stables avec une variation de la résistance de compression.

- 1<sup>er</sup> modèle à une résistance de compression de **30 MPa**.
- 2<sup>ème</sup> modèle à une résistance de compression de **25 MPa**.
- 3<sup>ème</sup> modèle à une résistance de compression de **20 MPa**.
- 4<sup>ème</sup> modèle à une résistance de compression de **15 MPa**.
- 5<sup>ème</sup> modèle à une résistance de compression de **10 MPa**.

Dans la 2<sup>ème</sup> série de modèles les structures étudiées dans la 1<sup>er</sup> série sont renforcées par des voiles centraux.

Dans la 3<sup>ème</sup> série de modèles les structures étudiées dans la 1<sup>er</sup> série sont renforcées par des voiles latéraux.

### 3.6.3 Caractéristiques des modèles

Dans cette étude, nous s'appuyons sur un calcul réglementaire des modèles des structures en portique auto-stable situé dans la wilaya de Boumerdes zone III suivant la réglementation parasismique algérien [15], sans tenir en compte de l'article( 3.4-A-b1) de ce règlement qui met en évidence la limitation des niveaux pour les constructions en portiques auto-stable dans les zones de forte sismicité, et on vérifié, pour chaque modèle de structure ;

- ✓ La résultante des forces sismiques à la base  $V_t$  obtenue par combinaison des valeurs modales ne doit pas être inférieure à 80 % de la résultante des forces sismiques déterminée par la méthode statique équivalente  $V$  (RPA99 Ver. 2003 Art.4.3.6). Faute de cette vérification, on augmente tous les paramètres de la réponse (forces, déplacements, moments,...) avec rapport 0,8  $V/V_t$  ;[15]
- ✓ Les limitations de déplacements inter-étage ne doivent pas dépasser 1,0% de la hauteur de l'étage (RPA99 Ver. 2003 Art.5.10) ;[15]
- ✓ Evaluation du comportement global de la structure par une étude statique non linéaire « Pushover » mené par la détermination du niveau de performance du bâtiment ;

### 3.6.3.1 Modèle de la construction individuelle (en portique auto stable)

La structure étudiée est une structure a usage d'habitation individuelle à trois niveaux en béton armé de forme en plan rectangulaire de 14,00 x 12.60 m<sup>2</sup> comportant quatre travées dans le sens longitudinal, et trois travées dans le sens transversal.

- Espacement des poteaux sens x-x            3.50 m
- Espacement des poteaux sens y-y        4.20 m
- Hauteur de RDC :                                4.00 m
- Hauteur de 1<sup>er</sup> & 2<sup>ème</sup> étage :            3.00 m
- Dimensions de la section des poteaux: 35 x 35 cm<sup>2</sup>.
- Dimensions de la section des poutres porteuse 30x40 cm<sup>2</sup>.
- Dimensions de la section des poutres secondaire: 30 x 30 cm<sup>2</sup>.

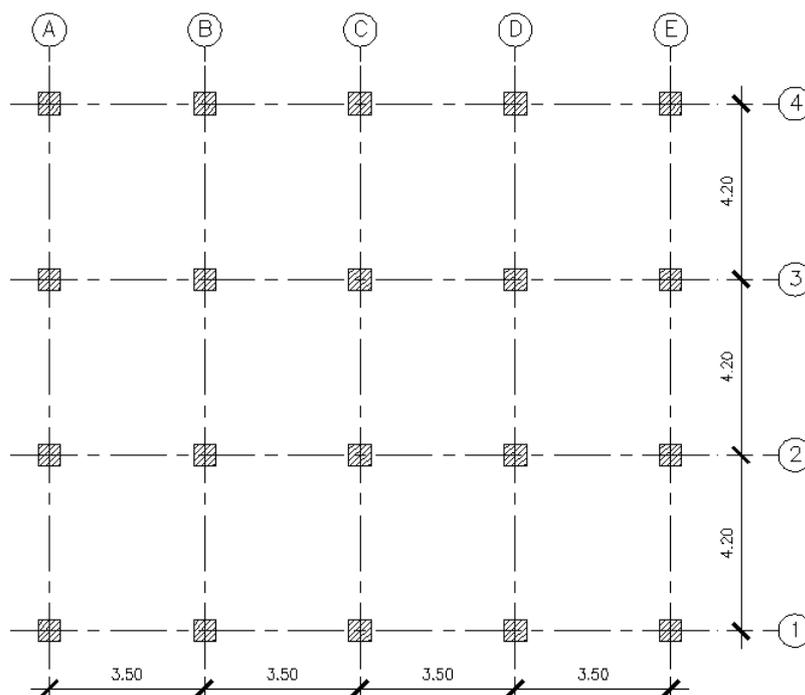


Figure 3.20 : Vue en plan Modèle de la construction individuelle

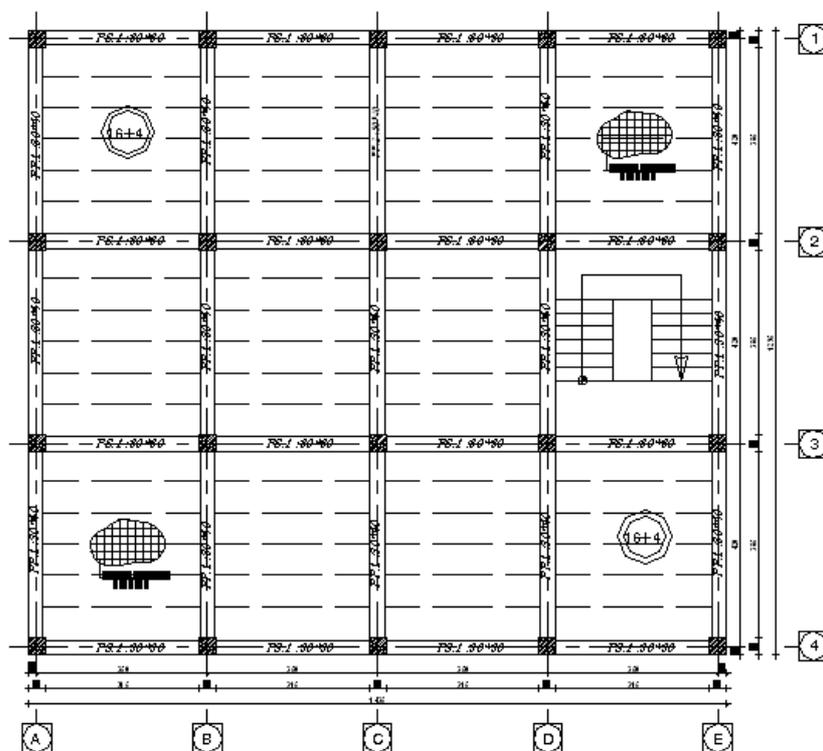


Figure 3.21 : Etage courant du modèle de la construction individuelle

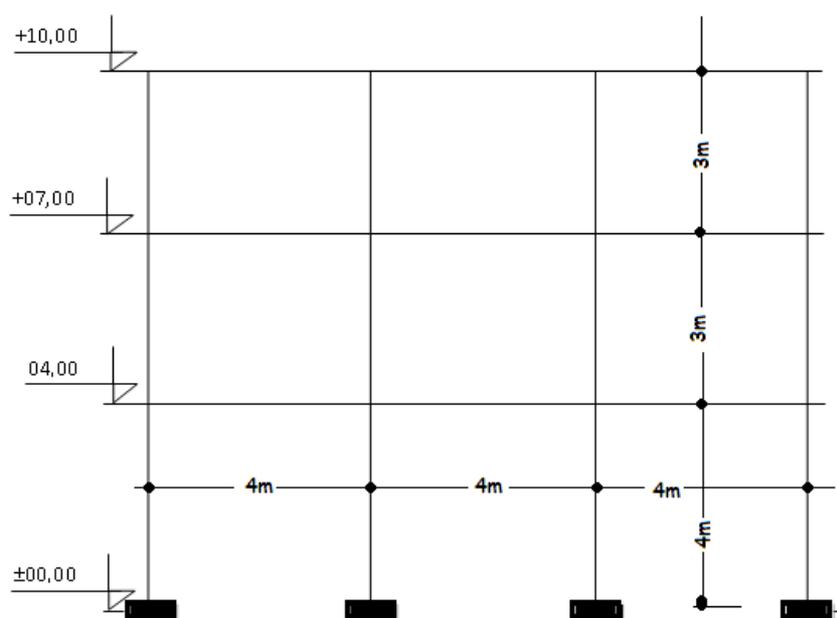


Figure 3.22 : Vue en élévation – construction individuelle

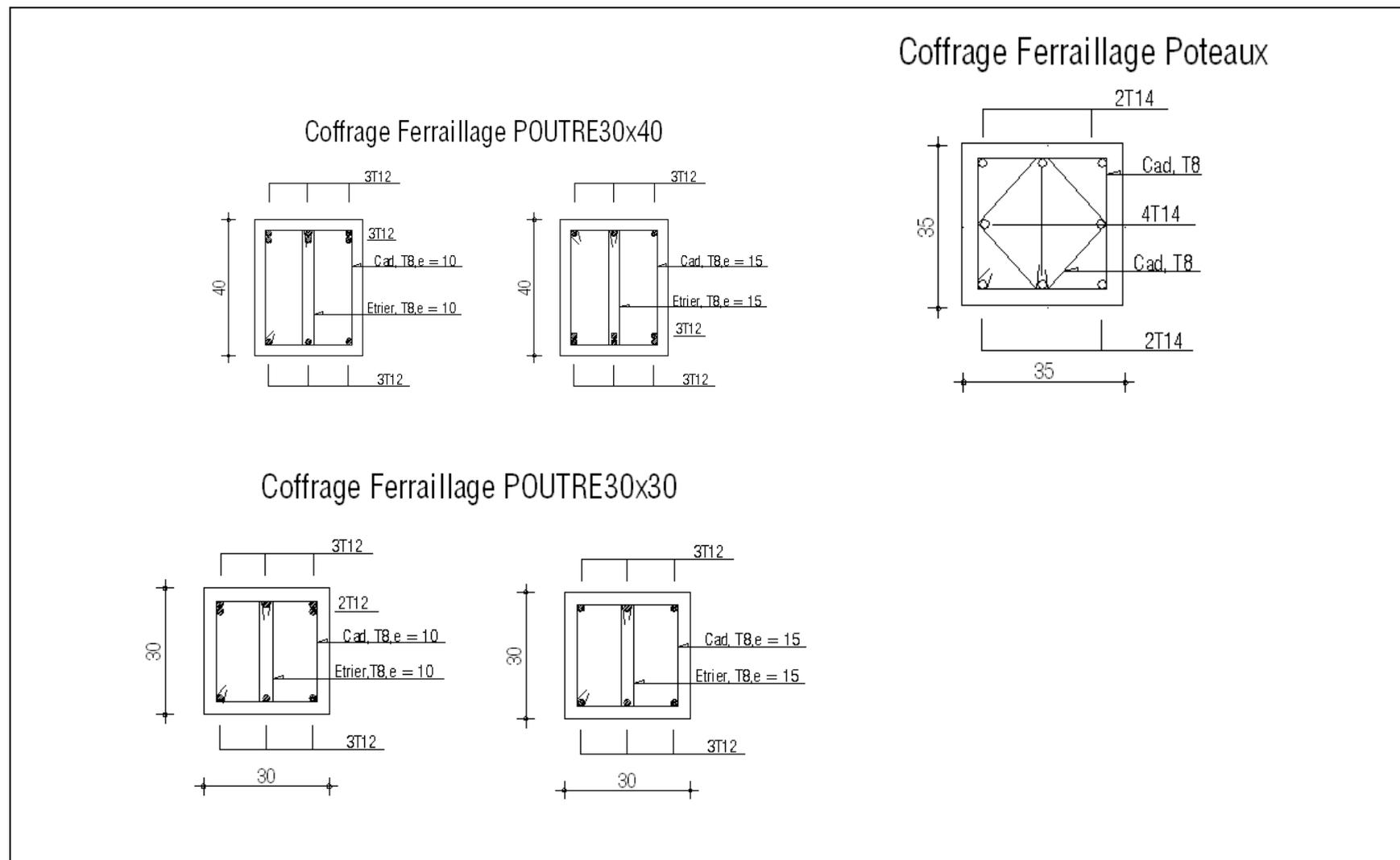


Figure 3.23 : Ferrailade des éléments structuraux (poutres, voiles)

Construction individuelle

### 3.6.3.2 Modèle de la construction Collective

La structure étudiée est une structure a usage d'habitation collective à cinq niveaux en béton armé de forme en plan rectangulaire de  $18.5 \times 9.00 \text{ m}^2$  comportant cinq travées dans le sens longitudinal, et deux travées dans le sens transversal.

- Espacement des poteaux sens x-x      4.00 / 2.50 m
- Espacement des poteaux sens y-y      4.50 m
- Hauteur de RDC :                            4,00 m
- Hauteur de 1<sup>er</sup> jusqu'au 5<sup>ème</sup> étage :    3.00 m
- Dimensions de la section des poteaux:  $50 \times 50 \text{ cm}^2$ .
- Dimensions de la section des poutres porteuse  $30 \times 40 \text{ cm}^2$ .
- Dimensions de la section des poutres secondaire:  $30 \times 30 \text{ cm}^2$ .

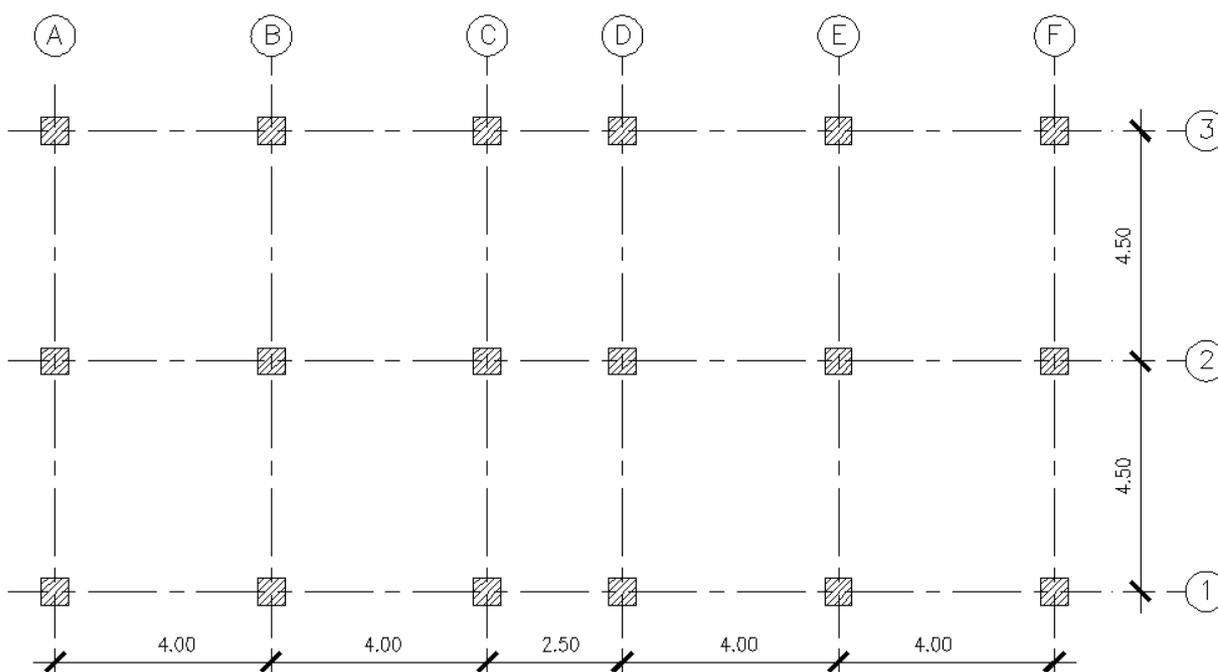


Figure 3.24 : Vue en plan Modèle de la construction collective

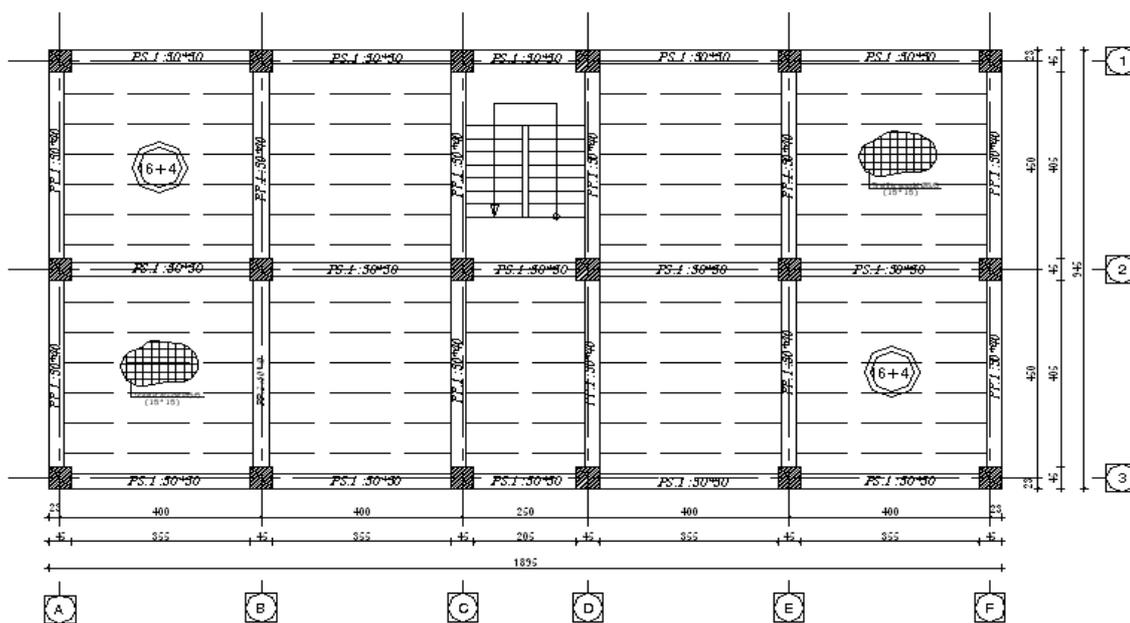


Figure 3.25 : Etage courant du modèle de la construction collective

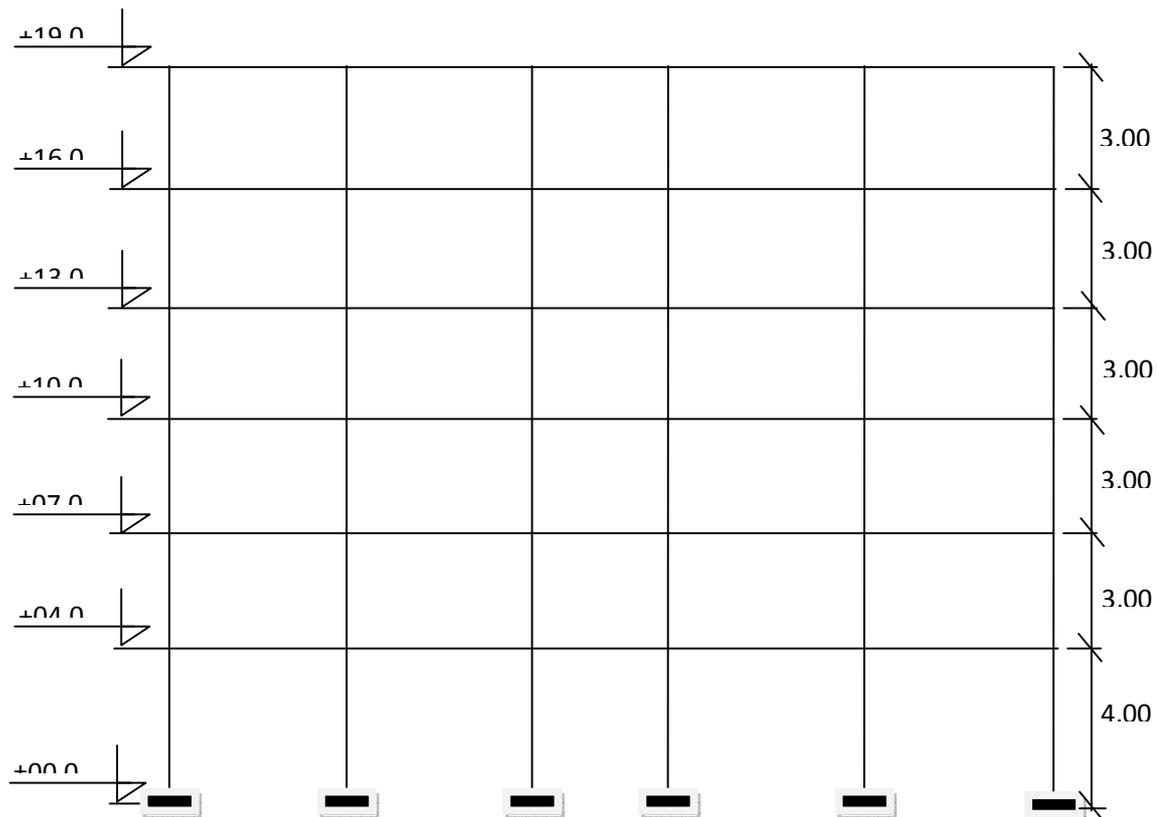


Figure 3.26 : Vue en élévation – construction collective

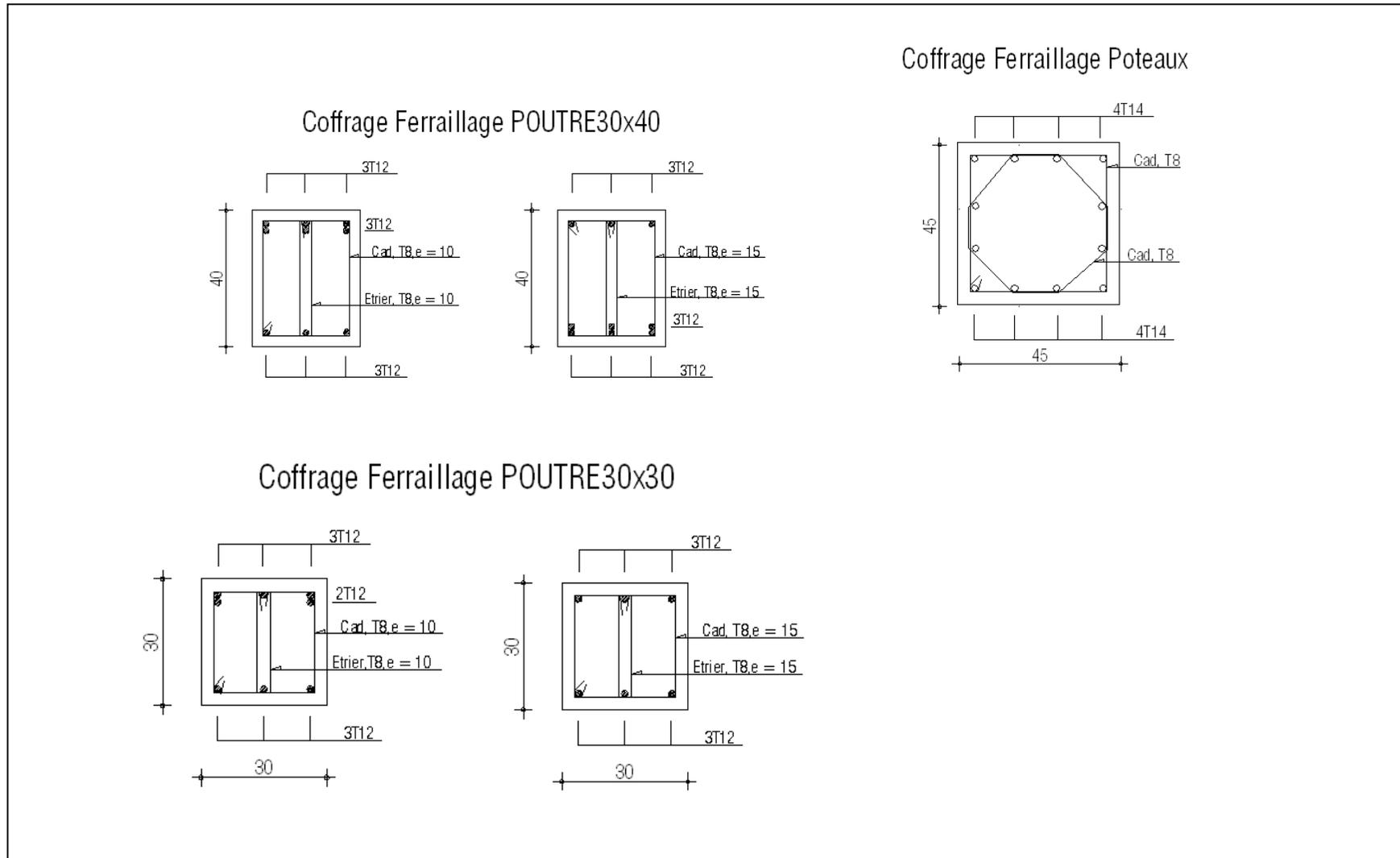


Figure3.27 : Ferrailade des éléments structuraux (poutres, voiles)

Construction collective

### 3.6.4 Données techniques

#### a) Situation durable

- Béton :  $\gamma_b = 1,5$  ;  $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$  ;  $f_{bc} = \frac{0,85 f_{c28}}{1,5} = 14,17 \text{ MPa}$

- Acier:  $\gamma_s = 1,15$  ;  $f_e = 400 \text{ MPa}$  ;  $\sigma_s = \frac{f_z}{1,15} = 348 \text{ MPa}$

#### b) Situation accidentelle

- Béton :  $\gamma_b = 1,15$  ;  $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$  ;  $f_{bc} = \frac{0,85 f_{c28}}{1,15} = 18,48 \text{ MPa}$

- Acier :  $\gamma_s = 1,00$  ;  $f_e = 400 \text{ MPa}$  ;  $\sigma_s = 400 \text{ MPa}$

#### c) Charges permanentes et surcharges d'exploitation

- Plancher étage courant :  $G_{EC} = 5,40 \text{ kN/m}^2$ .

$Q_{EC} = 1,50 \text{ kN/m}^2$ .

- Plancher terrasse :  $G_{Ter} = 6,80 \text{ kN/m}^2$ .

$Q_{Ter} = 1,00 \text{ kN/m}^2$ .

### 3.7 Etude dynamique

#### 3.7.1 Introduction

L'analyse dynamique nécessite toujours, la création d'un modèle représentant la structure. L'utilisation d'un modèle numérique sur ordinateur nous permet une analyse rapide du comportement global de la structure, l'obtention direct des efforts dans les éléments, ainsi que les déplacements en tout point du model.

On peut par la suite calculer le ferrailage des éléments résistants, de la structure et procéder aux vérifications nécessaires.

En se basant sur le Règlement Parasismique Algérien (RPA99-V.2003). Le calcul de la force sismique mené suivant 03 méthodes :[15]

- Méthode statique équivalente.
- Méthode d'analyse modale spectrale.
- Méthode d'analyse statique non linéaire Pushover.

A l'aide d'un logiciel de calcul de structure on peut déterminer les caractéristiques dynamiques propres et les efforts internes engendrés par la sollicitation sismique, par la méthode dynamique modale spectrale.

Le règlement recommande le spectre de réponse de calcul donné par la fonction suivante :[15]

$$\frac{S_a}{g} = \begin{cases} 1,25A \left( 1 + \frac{T}{T_1} \left( 2,5\eta \frac{Q}{R} - 1 \right) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ 2,5\eta(1,25A) \frac{Q}{R} & T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2,5\eta(1,25A) \frac{Q}{R} \left( \frac{T_2}{T} \right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3,0s \\ 2,5\eta(1,25A) \frac{Q}{R} \left( \frac{T_2}{3} \right)^{2/3} \left( \frac{3}{T} \right)^{5/3} & T \geq 3,0s \end{cases}$$

Avec : g : Accélération de la pesanteur

A : Coefficient d'accélération de zone.

### 3.7.2 Détermination des facteurs sismiques

#### 3.7.2.1 Coefficient A [15]

L'implantation de ce bâtiment se fera dans la wilaya de Boumerdes (zone III).

$\xi$  : Pourcentage d'amortissement critique ( $\xi = 7\%$ ). (*Portiques en béton armé avec remplissage léger*)

$\eta$  : Facteur de correction d'amortissement (quant l'amortissement est différent de 5%).

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{(2 + \xi)}} \geq 0,7 \Rightarrow \eta = 0,8819$$

#### 3.7.2.2 Coefficient R [15]

R : Coefficient de comportement de la structure. Il est fonction du système de contreventement.

$T_1, T_2$  : Périodes caractéristiques associées à la catégorie de site

(Site 3:  $T_1 = 0,15$  s et  $T_2 = 0,5$  s).

#### 3.7.2.3 Coefficient Q [15]

Q : Facteur de qualité ( $Q = 1 \pm \sum_1^6 P_q$ ).

Tableau 3.7 : Facteur de qualité Q

<b>1. Conditions minimales sur les files de contreventement</b>	0	-
<b>2. Redondance en plan</b>	0	-
<b>3. Régularité en plan</b>	0	-
<b>4. Régularité en élévation</b>	0	-
<b>5. Contrôle de la qualité des matériaux</b>	-	0,05
<b>6. Contrôle de la qualité de l'exécution</b>	-	0,10

### 3.7.2.4 Coefficient D[15]

D : Facteur d'amplification dynamique moyen, il est fonction de la catégorie du site, du facteur de correction d'amortissement  $\eta$  et de la période fondamentale T de la structure.

$$D = \begin{cases} 2.5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta(T_2/T)^{\frac{2}{3}} & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\eta(T_2/3.0)^{\frac{2}{3}}(3.0/T)^{\frac{5}{3}} & T \geq 3.0s \end{cases}$$

Plusieurs formules empirique pour le calcul de la période fondamentale sont proposées par le « **RPA99 modifié en 2003** », nous choisirons la formules qui donne la plus petite valeur

soit :  $T_N = 0,09 \frac{h_N}{\sqrt{L}}$

$h_N$  : La hauteur, mesurée en mètre, à partir de la base de la structure jusqu'au dernier niveau N

L : La dimension du bâtiment mesurée à la base dans la direction de calcul considérée.

$W = \sum_{i=1}^n W_i$  Avec  $W_i = W_{Gi} + \beta.W_{Qi}$  : poids total de la structure.

-  $W_{Gi}$  : poids dû aux charges permanentes et à celles des équipements fixes éventuels, solidaires de la structure.

-  $W_{Qi}$  : charges d'exploitations.

-  $\beta$  : Coefficient de pondération, fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation et donné par L'RPA99 Rév. 2003.

### 3.5.3 Calcul de la force sismique V par la méthode statique équivalent

La force sismique totale  $V$ , appliquée à la base de la structure, doit être calculée successivement dans deux directions horizontales orthogonales selon la formule :

$$\underline{V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W}$$

Tableau 3.26 : Facteurs sismiques pour les bâtiments individuel et collectif

Facteurs sismique	Bâtiment individuel <i>BI2.AU.R30</i>	Remarque	Bâtiment collectif <i>BC5.AU.R30</i>	Remarque
<b>A</b>	0,25	Groupe d'usage 2	0,25	Groupe d'usage 2
<b>R</b>	3,5	Portiques auto-stables avec remplissage	3,5	portiques auto-stables avec remplissage
<b>Q</b>	1,15	-	1,15	-
<b>D</b>	$D_x = 2,205$	Hauteur de la structure $h_N = 10,00$ m	$D_x = 2,205$	Hauteur de la structure $h_N = 19,00$ m
	$D_y = 2,205$		$D_y = 2,022$	
<b>W</b>	5892.20 kN	Le poids total de structure	12218.00 kN	Le poids total de structure
<b>V.Statique</b>	$V^x = 851.84$	$\begin{cases} F_X = 997.20kN \\ F_Y = 1097.97kN \end{cases}$	$V^x = 1770.38$	$\begin{cases} F_X = 1777.15kN \\ F_Y = 1916.14kN \end{cases}$
	$V^y = 851.84$		$V^y = 1621.85$	

#### Constataion

Nous remarquons que  $(F_x, F_y) > 0,80V_x, V_y$  pour le 1<sup>er</sup> bâtiment individuel, et  $(F_x, F_y) > 0,80V_x, V_y$  pour le 2<sup>ème</sup> bâtiment.

#### 3.5.4 Vérification des déplacements inter étage

L'une des vérifications préconisées par le RPA99, concerne les déplacements latéraux inter étages. En effet, selon l'article 5.10 du RPA99 modifié en 2003 l'inégalité ci-dessous doit nécessairement être vérifiée :  $\Delta_K^x \leq \bar{\Delta}$  et  $\Delta_K^y \leq \bar{\Delta}$  [15]

Avec :  $\bar{\Delta} = 0,01h_e$

$h_e$  représente la hauteur de l'étage.

$$\delta_K^x = Rr_x \delta_{eK}^x \quad \text{et} \quad \delta_K^y = Rr_y \delta_{eK}^y$$

$$\Delta_K^x = \delta_K^x - \delta_{K-1}^x \quad \text{et} \quad \Delta_K^y = \delta_K^y - \delta_{K-1}^y$$

$\Delta_K^x$  : Correspond au déplacement relatif au niveau K par rapport au niveau K-1 dans le sens x-x (idem dans le sens y-y,  $\Delta_K^y$ ).

$\delta_{eK}^x$  : Est le déplacement horizontal dû aux forces sismiques au niveau K dans le sens x-x (idem dans le sens y-y,  $\delta_{eK}^y$ ).

Tableau 3.9 : Vérification des déplacements inter étages du modèle parfait BI2.AU.R30

Z(m)	$\delta_{eK}^x$ (mm)	$\delta_{eK}^y$ (mm)	$\delta_K^x$ (mm)	$\delta_K^y$ (mm)	$\Delta_K^x$ (mm)	$\Delta_K^y$ (mm)	$\bar{\Delta}$ (mm)	Observation
4.0	8,11	8,26	28,38	28,91	28,38	28,91	40.0	Vérifie
7.0	14,66	15,09	51,31	52,82	22,93	23,91	30.0	Vérifie
10.0	18,42	19,05	64,47	66,68	13,16	13,86	30.0	Vérifie

Tableau 3.10 : Vérification des déplacements inter étages du modèle parfait BC5.AU.R30

Z(m)	$\delta_{eK}^x$ (mm)	$\delta_{eK}^y$ (mm)	$\delta_K^x$ (mm)	$\delta_K^y$ (mm)	$\Delta_K^x$ (mm)	$\Delta_K^y$ (mm)	$\bar{\Delta}$ (mm)	Observation
4.0	6.13	5.50	6.13	5.5	21.455	19.25	40.0	Vérifie
7.0	14.00	12.10	7.87	6.6	27.545	23.10	30.6	Vérifie
10.0	21.63	18.44	7.63	6.34	26.705	22.19	30.6	Vérifie
13.0	28.11	23.67	6.48	5.23	22.68	18.305	30.6	Vérifie
16.0	33.47	27.44	5.36	3.77	18.76	13.195	30.6	Vérifie
19.0	36.32	30.48	2.85	3.04	9.975	10.64	30.6	Vérifie

#### Constatation

- ✓ On remarque que les déplacements latéraux inter-étage pour les deux bâtiments Vérifient les déplacements limites.

### 3.8. Les modèles renforcés

#### 3.8.1 Introduction

Les bâtiments renforcés par des voiles en béton armé ont montrés un excellent comportement sous l'action sismique même lors des séismes majeurs.

La grande rigidité des voiles réduit par ailleurs les déplacements relatifs des planchers et par conséquent, les dommages causés aux éléments non structuraux, ainsi que les effets psychologiques sur les personnes.

A présent, et après le séisme du 21 mai 2003 qui à touché la région du centre et en grande partie la wilaya de Boumerdes, la plupart des concepteurs de structures, même pour des maisons individuelles, utilisent ces voiles comme éléments de contreventement. Cependant, on observe souvent qu'il n'y a pas une définition claire sur l'utilisation de ces voiles dans le contreventement des bâtiments, beaucoup d'ingénieurs concepteurs utilisent des voiles ou bout de voiles pour le contreventement des bâtiments. Cela laisse à poser beaucoup de questions sur l'efficacité de ce système.

Pour cela, on a fait au début de ce projet une série de combinaisons des modèles par une variation de longueur, d'épaisseur des voiles et de la qualité du béton fc28 pour l'individuel et le collectif, donc on est arrivé à 52 modèles pour chaque bâtiment.

Un total de 108 modèles nous a posé un problème d'analyse et d'étude, et comment exploité et conclure toutes les résultats obtenus, on a décidé de fixé la longueur et l'épaisseur des voiles, en deux positions choisis, la 1<sup>ère</sup> est aux extrémités de la structure et le 2<sup>ème</sup> choix est aux centres de la structure pour chaque type de bâtiment, comme le montre les figures ci-dessous :

#### 3.8.2. Bâtiment individuel

##### 3.8.2.1. Mixte Portique voile latéraux

- Dimensions des voiles :  $L = 1.20$  m
- Epaisseur des voiles :  $e = 0.15$  m

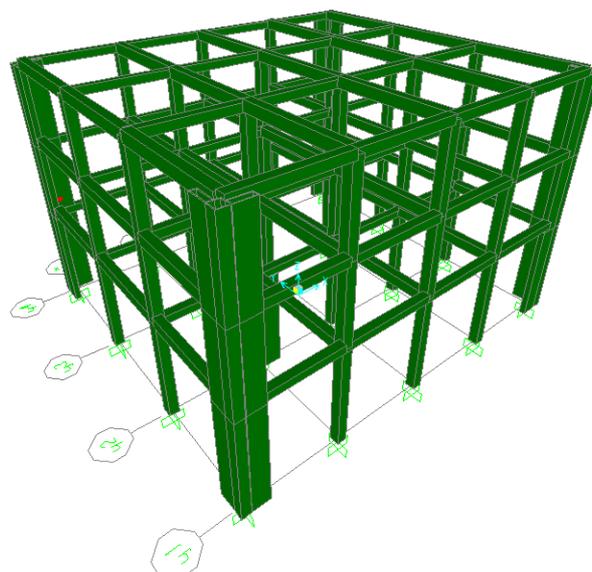
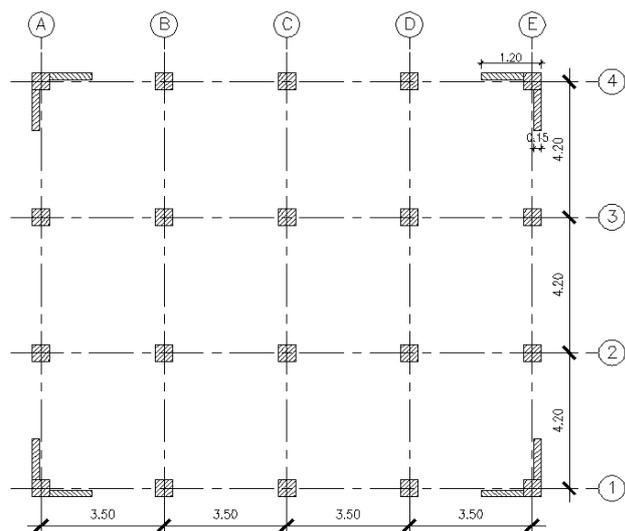


Figure 3.28: Renforcement par des voiles latéraux – bâtiment individuel–

### 3.6.2.2 Mixte Portique voile centraux

- Dimensions des voiles :  $L = 2.40$  m
- Epaisseur des voiles :  $e = 0.15$  m

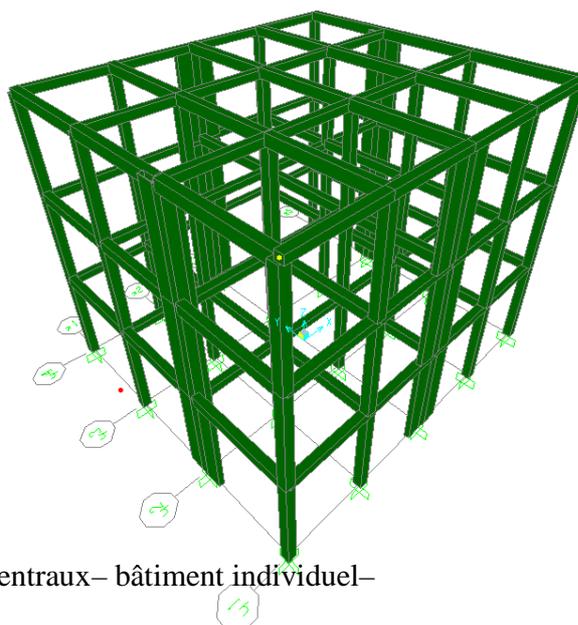
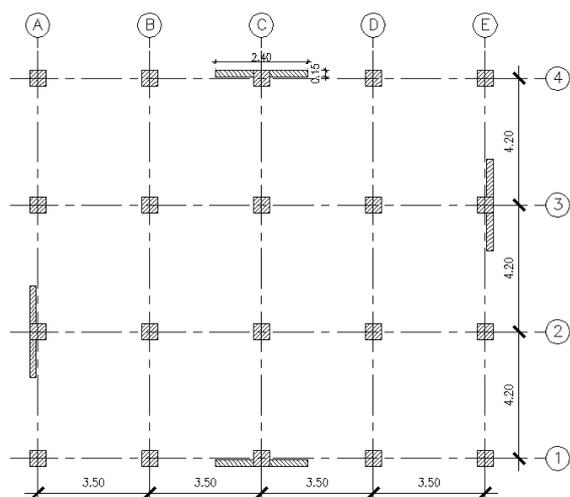


Figure 3.29 : Renforcement par des voiles centraux – bâtiment individuel–

### 3.6.2 Bâtiment collectif

#### 3.6.3.1 Mixte Portique voile latéraux

- Dimensions des voiles :  $L = 1.20$  m
- Epaisseur des voiles :  $e = 0.15$  m

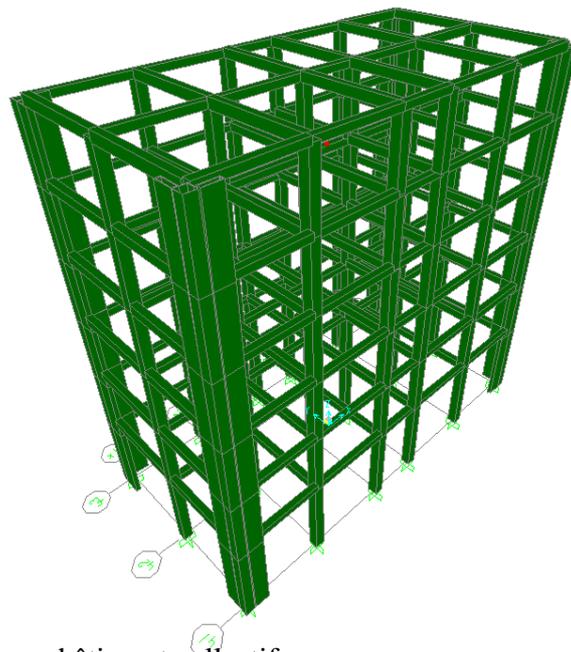
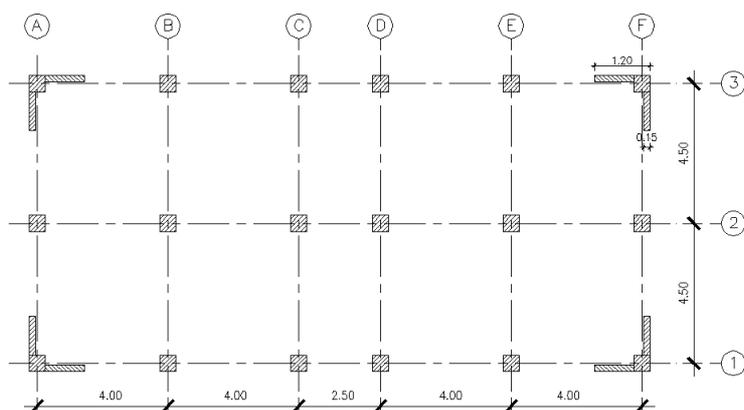


Figure 3.30 : Renforcement par des voiles latéraux – bâtiment collectif–

#### 3.6.2.2 Mixte Portique voile centraux

- Dimensions des voiles :  $L = 2.40$  m
- Epaisseur des voiles :  $e = 0.15$  m

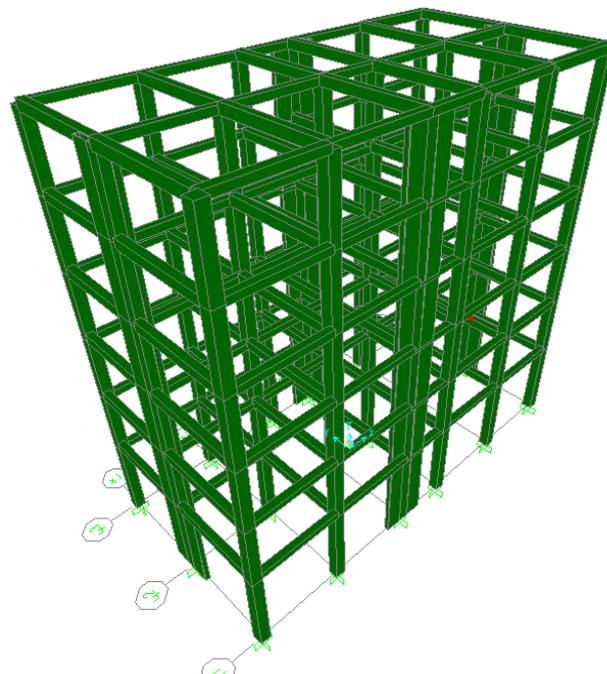
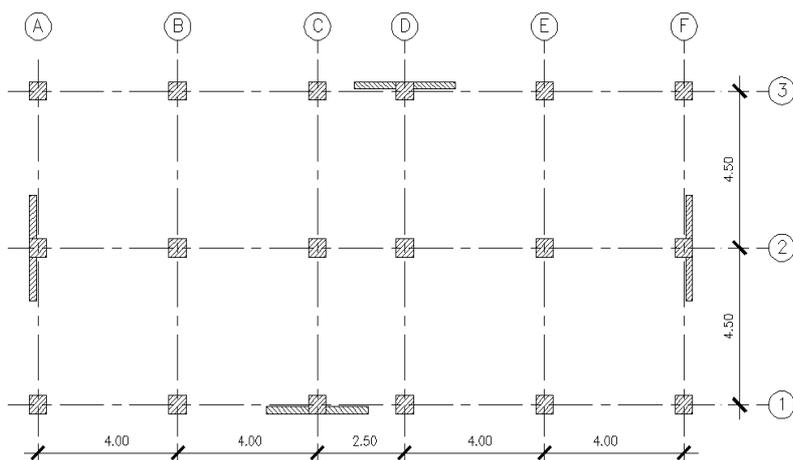


Figure 3.31 : Renforcement par des voiles centraux – bâtiment collectif–

## RESULTATS DE L'ANALYSE NUMERIQUE

### BATIMENT INDIVIDUEL

#### 4.1 Introduction

Les résultats de l'analyse numérique des séries de modèles présentés dans le chapitre III seront comme suit :

- ✓ Dans la partie (A) nous exposerons les résultats de l'analyse numérique de toutes les séries de modèles ;
- ✓ Dans la partie (B) nous exposerons l'étude comparative entre les modèles de chaque série en termes de qualité de béton ;
- ✓ Dans la partie (C) nous exposerons l'étude comparative en terme de système constructif (Auto-stable, Voile latéraux, Voile centraux).

#### 4.2 Partie – A

##### 4.2.1. 1<sup>er</sup> série de modèle Portique Auto - stable

###### 4.2.1.1 Déplacements inter étages

Pour la 1<sup>er</sup> Série des modèles, les déplacements relatifs maximums et les déplacements inter étage des différents niveaux pour les cinq modèles sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 4.1 : Déplacements inter étages

	Niveau	Code	Déplacement horizontale (mm) sens x-x	Déplacement horizontale (mm) sens y-y	Déplacement relatif (mm) sens x-x	Déplacement relatif (mm) sens y-y	Déplacement Admissible (mm)
<b>Modèle parfait de <math>f_{c28}=30</math> MPa</b>	RDC	B I2.A.R30	6.11	6.26	21.385	21.91	40.0
	1 <sup>er</sup>		12.66	13.06	22.925	23.8	30.6
	2 <sup>ème</sup>		16.42	17.05	13.16	13.965	30.6
<b>Structure avec un béton de <math>f_{c28} = 25</math> MPa</b>	RDC	B I2.A.R25	8.17	8.3	28.595	29.05	40.0
	1 <sup>er</sup>		14.72	15.1	22.925	23.8	30.6
	2 <sup>ème</sup>		18.48	19.09	13.16	13.965	30.6
<b>Structure avec un béton de <math>f_{c28} = 20</math> MPa</b>	RDC	B I2.A.R20	9.27	9.32	32.445	32.62	40.0
	1 <sup>er</sup>		16.85	17.12	26.53	27.3	30.6
	2 <sup>ème</sup>		20.61	21.11	13.16	13.965	30.6
<b>Structure avec un béton de <math>f_{c28} = 15</math> MPa</b>	RDC	B I2.A.R15	10.3	11.34	36.05	39.69	40.0
	1 <sup>er</sup>		18.88	19.14	30.03	27.3	30.6
	2 <sup>ème</sup>		22.64	23.13	13.16	13.965	30.6
<b>Structure avec un béton de <math>f_{c28} = 10</math> MPa</b>	RDC	B I2.A.R10	11.37	11.4	39.795	39.9	40.0
	1 <sup>er</sup>		20.95	21.2	33.53	34.3	30.6
	2 <sup>ème</sup>		24.71	25.19	13.16	13.965	30.6

#### 4.2.1.2. Interprétation des résultats

D'après le tableau ci-dessus, nous constatons que les déplacements inter étage ne dépassent pas les déplacements admissibles pour le bâtiment individuel en R+2, même pour une mauvaise résistance du béton.

#### 4.2.1.3. Effort tranchant

Le tableau ci-dessous présente les efforts tranchants à la base pour les cinq types de modèles de structures auto-stables :

Tableau 4.2 Effort tranchant à la base des cinq modèles

	<b>Modèles</b>	<b>Effort tranchant sens x-x (kN)</b>	<b>Effort tranchant sens y-y (kN)</b>	<b>0,8Vstatique (kN)</b>	<b>0,8Vstatique (kN)</b>
<b>f<sub>c28</sub> = 30 MPa</b>	B I2.AU.R30	997.20	1097.97	851.84	851.84
<b>f<sub>c28</sub> = 25 MPa</b>	B I2.AU.R25	942.45	1036.606	806.56	806.56
<b>f<sub>c28</sub> = 20MPa</b>	B I2.AU.R20	884.78	973.45	760.38	760.38
<b>f<sub>c28</sub> = 15MPa</b>	B I2.AU.R15	822.46	907.02	714.24	714.24
<b>f<sub>c28</sub> = 10MPa</b>	B I2.AU.R10	754.728	828.427	668.21	668.21

#### 4.2.1.4. Interprétation des résultats

Nous remarquons que les efforts tranchants à la base pour les cinq modèles de structure vérifient la condition du règlement parasismique algérien [15] ( $F > 0,8V$  statique) pour les deux sens.

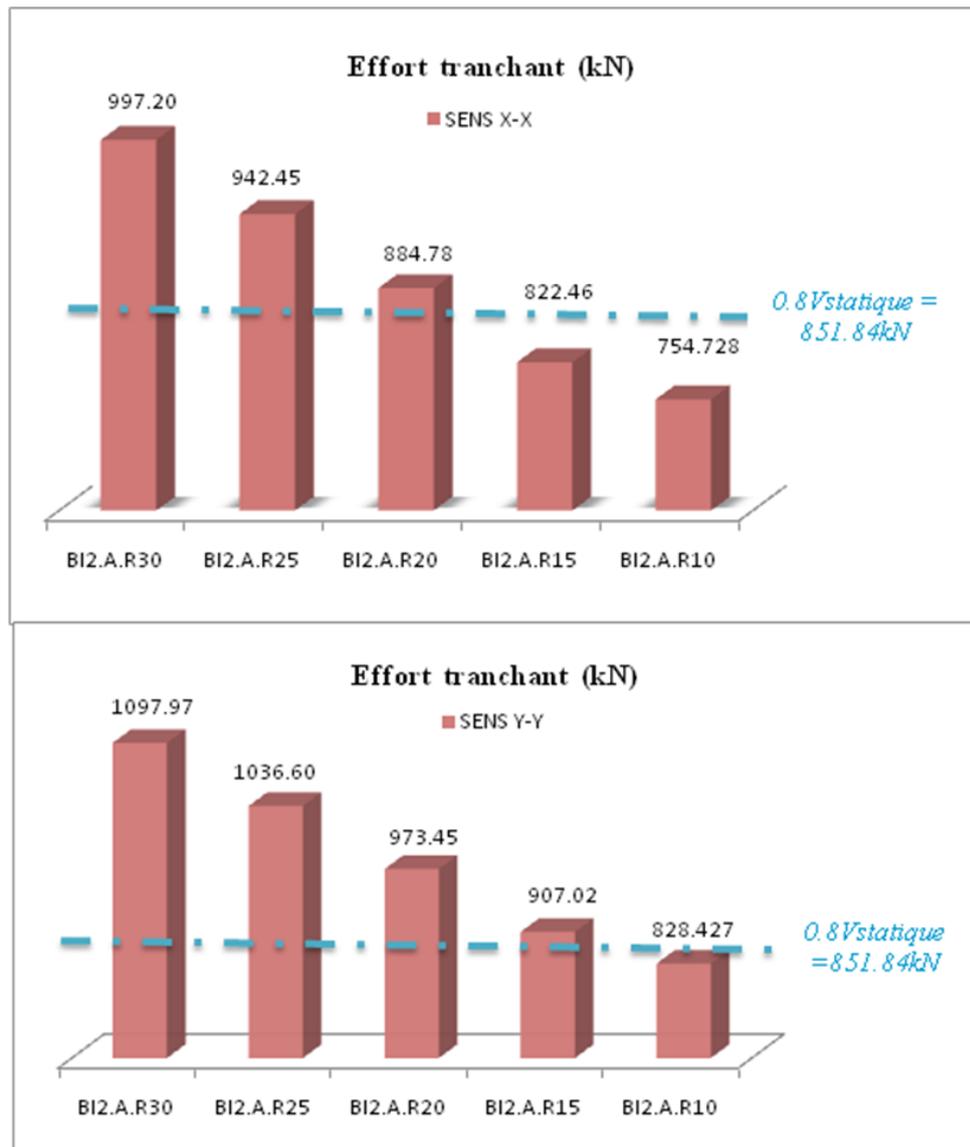


Figure : 4.1 Effort tranchant à la base des cinq modèles

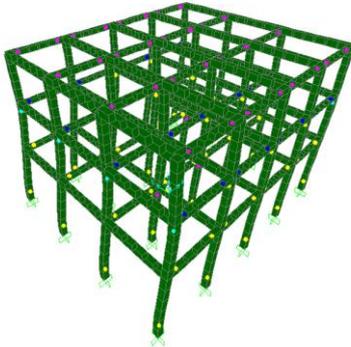
#### 4.2.1.5. Analyse pushover

Dans les tableaux et les figures présentés ci-dessous, nous montrons la propagation des rotules pour les différentes phases de l'analyse statique non linéaire et nous présentons la localisation des rotules pour la dernière étape de chaque modèle dans les deux sens:

## SENS X-X

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure



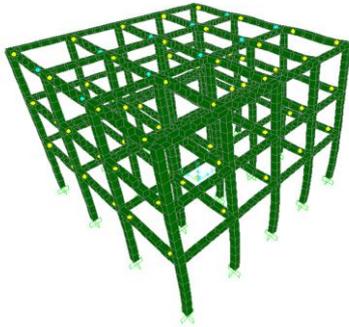
N°Pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	2,65E-03	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	7,282	391,915	304	2	0	0	0	0	0	0	306
2	11,906	558,981	268	38	0	0	0	0	0	0	306
3	13,035	581,21	258	48	0	0	0	0	0	0	306
4	13,589	588,023	250	56	0	0	0	0	0	0	306
5	21,023	627,084	224	82	0	0	0	0	0	0	306
6	50,821	713,53	198	56	52	0	0	0	0	0	306
7	51,26	714,252	194	60	52	0	0	0	0	0	306
8	125,867	749,44	172	62	20	52	0	0	0	0	306
9	158,042	759,879	164	66	24	42	0	10	0	0	306
10	159,917	760,031	164	50	40	30	0	22	0	0	306
11	225,203	700,047	164	38	32	8	0	64	0	0	306

Figure 4.2 : Modèle BI2.AU.R30 – Sens X-X

## SENS Y-Y

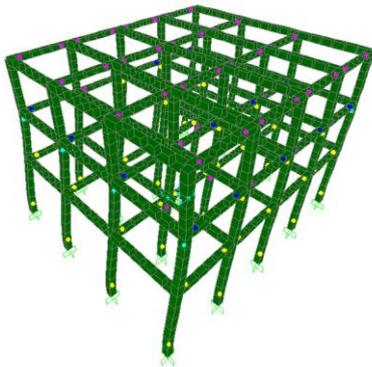
Localisation des rotules correspondant  
au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure



N° de pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	2.961	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	8.509	296.333	303	3	0	0	0	0	0	0	306
2	13.243	411.8215	276	30	0	0	0	0	0	0	306
3	24.372	554.7145	248	58	0	0	0	0	0	0	306
4	61.64	811.784	220	56	30	0	0	0	0	0	306
5	111.896	954.104	216	0	90	0	0	0	0	0	306
6	161.896	1095.3565	216	0	30	60	0	0	0	0	306
7	210.107	1185.4275	216	0	0	40	0	50	0	0	306
8	212.873	1193.293	216	0	0	10	0	80	0	0	306
9	309.689	1265.5965	216	0	0	0	0	90	0	0	306
10	406.506	1300.23	216	0	0	0	0	90	0	0	306
11	451.149	1300.23	216	0	0	0	0	90	0	0	306
12	451.149	1300.23	216	0	0	0	0	75	15	0	306
13	451.149	1300.23	216	0	0	0	0	75	5	10	306
14	451.149	1300.23	216	0	0	0	0	75	0	15	306
15	453.95	1300.23	216	0	0	0	0	60	15	15	306
16	453.95	1300.23	216	0	0	0	0	60	5	25	306
17	453.95	1300.23	216	0	0	0	0	60	0	30	306
18	467.767	1304.0875	216	0	0	0	0	45	15	30	306
19	467.767	1304.0875	216	0	0	0	0	45	7	38	306
20	467.767	1304.0875	216	0	0	0	0	45	0	45	306
21	470.825	1305.312	216	0	0	0	0	30	15	45	306
22	470.825	1305.312	216	0	0	0	0	30	6	54	306
23	470.825	1305.312	216	0	0	0	0	30	0	60	306
24	500.003	1316.802	216	0	0	0	0	30	0	60	306

Figure 4.3 : Modèle BI2.AU.R30 – Sens Y- Y

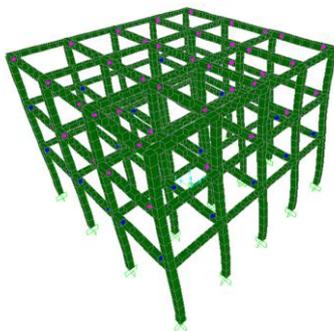


## SENS X-X

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	2.35E-03	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	7.789	394.52	304	2	0	0	0	0	0	0	306
2	11.149	519.75	274	32	0	0	0	0	0	0	306
3	13.701	575.673	258	48	0	0	0	0	0	0	306
4	14.284	582.426	254	52	0	0	0	0	0	0	306
5	21.795	620.796	224	82	0	0	0	0	0	0	306
6	53.164	707.136	200	54	52	0	0	0	0	0	306
7	53.626	707.696	198	56	52	0	0	0	0	0	306
8	136.606	746.471	170	64	20	52	0	0	0	0	306
9	156.62	752.857	164	70	20	36	0	16	0	0	306
10	221.441	698.869	164	50	20	8	0	64	0	0	306



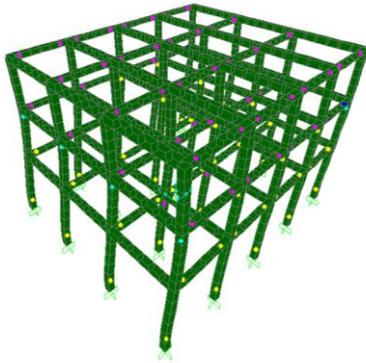
## SENS Y-Y

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	2.622	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	9.094	298.036	303	3	0	0	0	0	0	0	306
2	13.799	406.968	276	30	0	0	0	0	0	0	306
3	25.435	549.5575	248	58	0	0	0	0	0	0	306
4	64.842	807.0355	220	50	36	0	0	0	0	0	306
5	115.131	942.1345	216	0	90	0	0	0	0	0	306
6	165.131	1076.0965	216	0	30	60	0	0	0	0	306
7	184.545	1125.895	216	0	0	40	0	50	0	0	306
8	213.968	1166.537	216	0	0	10	0	80	0	0	306
9	216.42	1168.4665	216	0	0	0	0	90	0	0	306
10	266.42	1188.533	216	0	0	0	0	90	0	0	306
11	316.42	1208.5995	216	0	0	0	0	90	0	0	306
12	366.42	1228.6655	216	0	0	0	0	90	0	0	306
13	416.42	1248.732	216	0	0	0	0	90	0	0	306
14	466.42	1268.7985	216	0	0	0	0	85	5	0	306
15	466.42	1268.7985	216	0	0	0	0	85	0	5	306
16	469.848	1270.1515	216	0	0	0	0	64	21	5	306
17	469.848	1270.1515	216	0	0	0	0	64	9	17	306

Figure 4.4 : Modèle BI2.AU .R25



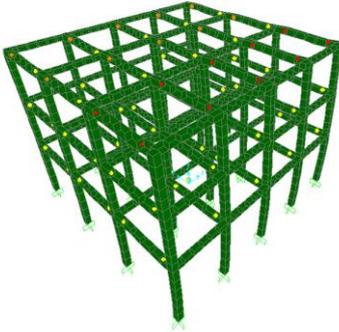
## SENS X-X

Localisation des rotules correspondant  
au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	2,02E-03	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	8,418	395,829	304	2	0	0	0	0	0	0	306
2	11,668	510,17	274	32	0	0	0	0	0	0	306
3	14,5	567,959	258	48	0	0	0	0	0	0	306
4	15,119	574,631	254	52	0	0	0	0	0	0	306
5	22,864	612,772	224	82	0	0	0	0	0	0	306
6	56,067	698,425	202	52	52	0	0	0	0	0	306
7	56,553	699,162	198	56	52	0	0	0	0	0	306
8	107,246	722,786	182	52	72	0	0	0	0	0	306
9	155,368	743,549	164	70	20	36	0	16	0	0	306
10	218,558	695,45	164	66	4	8	0	64	0	0	306

Figure 4.5 : Modèle BI2.AU .R20 Sens x-x

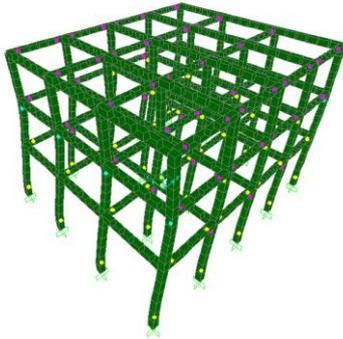


SENS Y-Y  
Localisation des rotules correspondant  
au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N° de pas	Déplacement (mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.002259	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	9.82	298.7915	303	3	0	0	0	0	0	0	306
2	14.528	400.717	276	30	0	0	0	0	0	0	306
3	26.835	542.7115	248	58	0	0	0	0	0	0	306
4	68.939	799.869	220	36	50	0	0	0	0	0	306
5	119.261	926.625	216	0	90	0	0	0	0	0	306
6	169.261	1052.197	216	0	30	60	0	0	0	0	306
7	186.92	1093.1545	216	0	0	30	0	60	0	0	306
8	218.847	1133.898	216	0	0	10	0	80	0	0	306
9	220.975	1135.461	216	0	0	0	0	90	0	0	306
10	270.975	1154.0935	216	0	0	0	0	90	0	0	306
11	320.975	1172.726	216	0	0	0	0	90	0	0	306
12	370.975	1191.358	216	0	0	0	0	90	0	0	306
13	420.975	1209.9905	216	0	0	0	0	90	0	0	306
14	470.975	1228.623	216	0	0	0	0	90	0	0	306
15	490.654	1235.9565	216	0	0	0	0	70	20	0	306
16	490.654	1235.9565	216	0	0	0	0	70	10	10	306
17	490.654	1235.9565	216	0	0	0	0	70	5	15	306
18	490.654	1235.9565	216	0	0	0	0	70	0	20	306
19	493.933	1237.131	216	0	0	0	0	60	10	20	306
20	493.933	1237.131	216	0	0	0	0	60	0	30	306
21	500.002	1239.299	216	0	0	0	0	60	0	30	306

Figure 4.6: Modèle BI2.AU .R20 Sens y-y

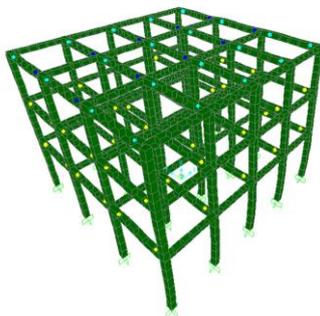


## SENS X-X

Localisation des rotules correspondant  
au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CptoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	1,67E+00	0,000	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	9,234	394,543	304	2	0	0	0	0	0	0	306
2	12,404	497,124	274	32	0	0	0	0	0	0	306
3	15,497	554,494	258	48	0	0	0	0	0	0	306
4	16,174	561,143	254	52	0	0	0	0	0	0	306
5	24,407	599,576	224	82	0	0	0	0	0	0	306
6	59,595	682,776	206	48	52	0	0	0	0	0	306
7	60,117	683,522	202	52	52	0	0	0	0	0	306
8	121,357	711,370	190	44	44	28	0	0	0	0	306
9	154,223	726,043	170	64	20	36	0	16	0	0	306
10	208,153	689,200	158	76	0	8	0	64	0	0	306



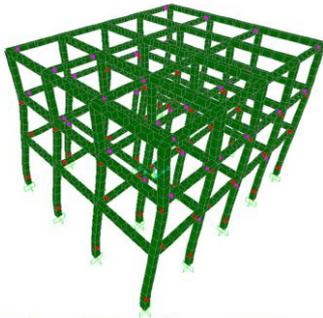
## SENS Y-Y

Localisation des rotules correspondant  
au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N° de pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CptoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.001865	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	10.767	297.652	303	3	0	0	0	0	0	0	306
2	15.529	392.0905	276	30	0	0	0	0	0	0	306
3	28.749	532.737	248	58	0	0	0	0	0	0	306
4	74.432	788.194	220	26	60	0	0	0	0	0	306
5	124.796	904.965	216	0	90	0	0	0	0	0	306
6	177.135	1025.8295	216	0	30	52	0	8	0	0	306
7	189.403	1050.1125	216	0	10	20	0	60	0	0	306
8	225.273	1092.096	216	0	0	10	0	80	0	0	306
9	227.051	1093.2915	216	0	0	0	0	90	0	0	306
10	277.051	1110.209	216	0	0	0	0	90	0	0	306
11	327.051	1127.1265	216	0	0	0	0	90	0	0	306
12	377.051	1144.044	216	0	0	0	0	90	0	0	306
13	427.051	1160.9615	216	0	0	0	0	90	0	0	306
14	477.051	1177.879	216	0	0	0	0	90	0	0	306
15	500.002	1185.6445	216	0	0	0	0	90	0	0	306

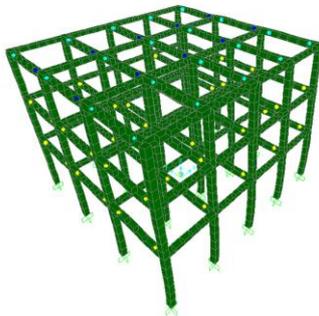
Figure 4.7 : Modèle BI2.AU .R15



SENS X-X  
Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CptoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	1,275	0,000	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	10,362	386,772	304	2	0	0	0	0	0	0	306
2	13,489	476,759	274	32	0	0	0	0	0	0	306
3	16,672	527,802	258	48	0	0	0	0	0	0	306
4	17,397	534,034	254	52	0	0	0	0	0	0	306
5	26,842	574,678	224	82	0	0	0	0	0	0	306
6	63,497	650,747	204	50	52	0	0	0	0	0	306
7	64,039	651,273	202	52	52	0	0	0	0	0	306
8	114,039	672,956	192	42	72	0	0	0	0	0	306
9	154,228	690,204	182	52	20	40	0	12	0	0	306
10	155,916	690,347	182	52	20	26	0	26	0	0	306



SENS Y-Y  
Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N° de pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CptoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-0.001423	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	12.156	293.653	303	3	0	0	0	0	0	0	306
2	17.065	379.5815	276	30	0	0	0	0	0	0	306
3	31.71	517.8	248	58	0	0	0	0	0	0	306
4	82.79	769.5265	218	28	60	0	0	0	0	0	306
5	133.19	873.393	216	0	74	16	0	0	0	0	306
6	184.933	977.956	216	0	30	30	0	30	0	0	306
7	234.656	1034.1235	216	0	0	10	0	80	0	0	306
8	236.202	1035.0425	216	0	0	0	0	90	0	0	306
9	286.202	1049.8765	216	0	0	0	0	90	0	0	306
10	336.202	1064.7105	216	0	0	0	0	90	0	0	306
11	386.202	1079.5445	216	0	0	0	0	90	0	0	306
12	436.202	1094.3785	216	0	0	0	0	90	0	0	306
13	486.202	1109.213	216	0	0	0	0	90	0	0	306
14	499.999	1113.306	216	0	0	0	0	90	0	0	306

Figure 4.8 : Modèle BI2.AU .R10

#### 4.2.1.6 Plastification des rotules

Selon les résultats de l'analyse présentée dans les tableaux et figures ci-dessus montrant la formation des rotules plastiques dans les cinq modèles, nous constatons :

- L'analyse pushover des cinq modèles auto-stables est caractérisée par la formation de rotules de flexion. Cela nous semble assez correct, car tous les éléments dans les deux directions X, Y, sont essentiellement des éléments élancés (en élévation),
- Pour le modèle parfait BI2.AU.R30, nous observons que l'apparition des rotules de plastification est à partir de 391.915 kN qui correspond à un déplacement de 7.282 mm dans le sens x-x et 296.33 kN correspond à un déplacement de 8.509 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 759.879 kN qui correspond à un déplacement de 158.04 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1185.42kN qui correspond à un déplacement 184.25 mm dans le sens y-y.

- Pour le modèle BI2.AU.R25 nous observons que l'apparition des rotules de plastification est à partir de 394.52 kN correspond à un déplacement de 7.789mm dans le sens x-x et 298.036 kN qui correspond à un déplacement de 9.094 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 752.857 kN qui correspond à un déplacement de 156.62 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1125.895kN qui correspond à un déplacement de 184.545 mm dans le sens y-y.

- Par contre pour le modèle BI2.AU.R20 nous observons que l'apparition des rotules de plastification à partir de 395.829kN correspond à un déplacement de 8.418 mm dans le sens x-x et 298.79 kN qui correspond à un déplacement de 9.820 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 743.549 kN qui correspond à un déplacement de 155.368 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1093.15 kN qui correspond à un déplacement de 186.920 mm dans le sens y-y.

- Pour le modèle BI2.AU.R15, nous observons que l'apparition des rotules de plastification a partir de 394.543 kN correspond à un déplacement de 9.234 mm dans le sens x-x et 297.652 kN correspond à un déplacement de 10.77 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 726.043 kN qui correspond à un déplacement de 154.223 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1025.82 kN qui correspond à un déplacement de 177.14 mm dans le sens y-y.

- Finalement, pour le modèle BI2.AU.R10 nous observons que l'apparition des rotules de plastification à partir de 386.772 kN correspond à un déplacement de 10.362 mm dans le sens x-x et 293.653 kN correspond à un déplacement de 12.156 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 690.204 kN qui correspond à un déplacement de 154.228 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 977.956 kN qui correspond à un déplacement de 184.93 mm dans le sens y-y.

#### 4.2.2. 2<sup>ème</sup> Série de modèle renforcement par des voiles latéraux

##### 4.2.2.1 Déplacements inter étages

Dans cette Série de modèles, les déplacements relatifs maximums et les déplacements inter étage des différents niveaux pour les cinq structures sont vérifiés car les modèles sont les mêmes que ceux de la première série avec un ajout de voiles de renforcements latéraux.

##### 4.2.2.2 Effort tranchant

La même remarque pourrait être faite concernant les résultats des efforts tranchant à la base pour les cinq modèles de structure qui vérifié largement la condition du RPA99 Ver. 2003 ( $F > 0,8V$  statique) pour les deux sens [15].

##### 4.2.2.3 Analyse pushover

Dans les tableaux et les figures présentés ci-dessous nous montons la propagation des rotules pour les différentes phases de l'analyse statique non linéaire et figures la localisation des rotules pour la dernière étape de chaque modèle dans les deux sens:

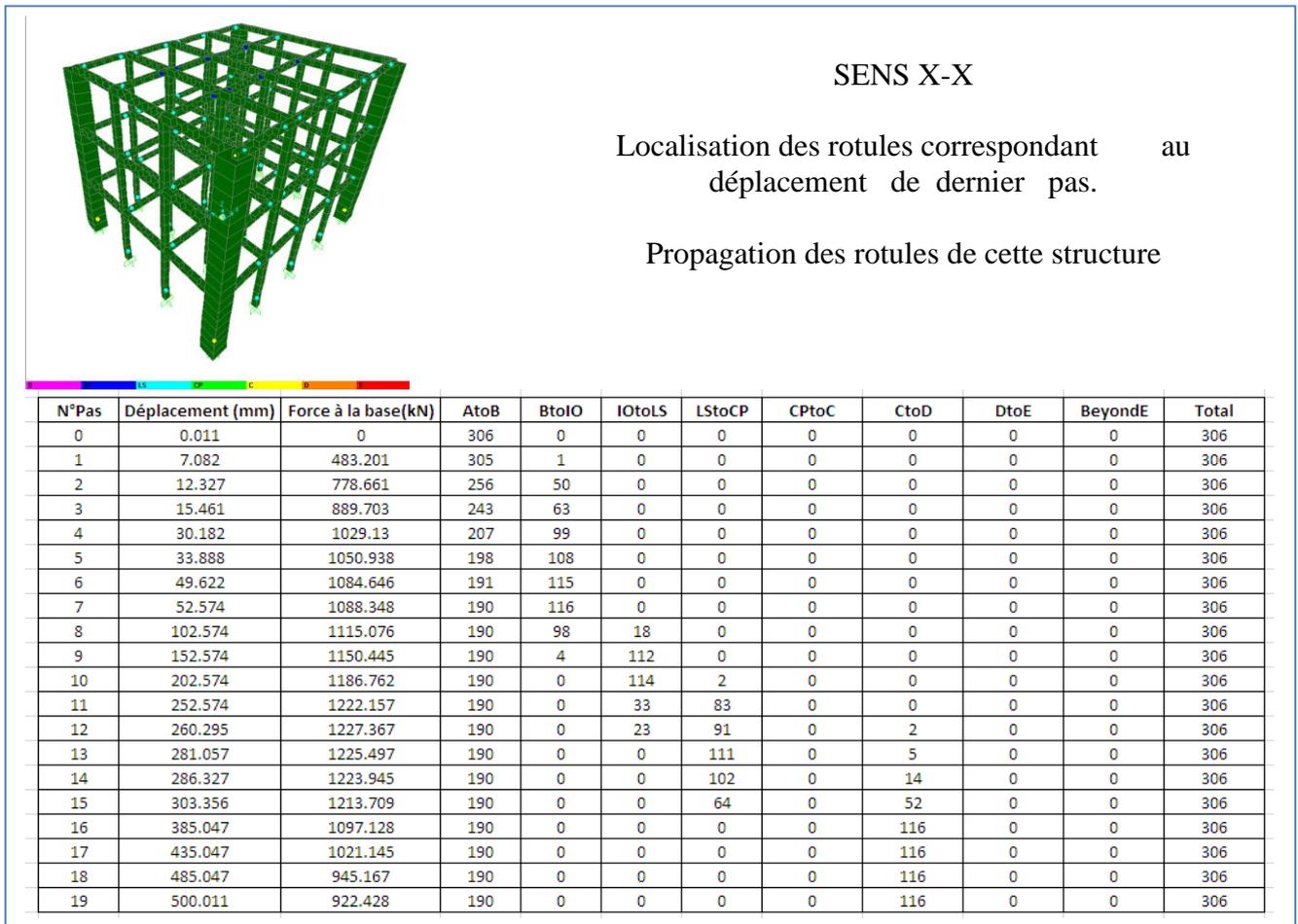


Figure 4.9 : Modèle BI2.VL .R30 - Sens X-X

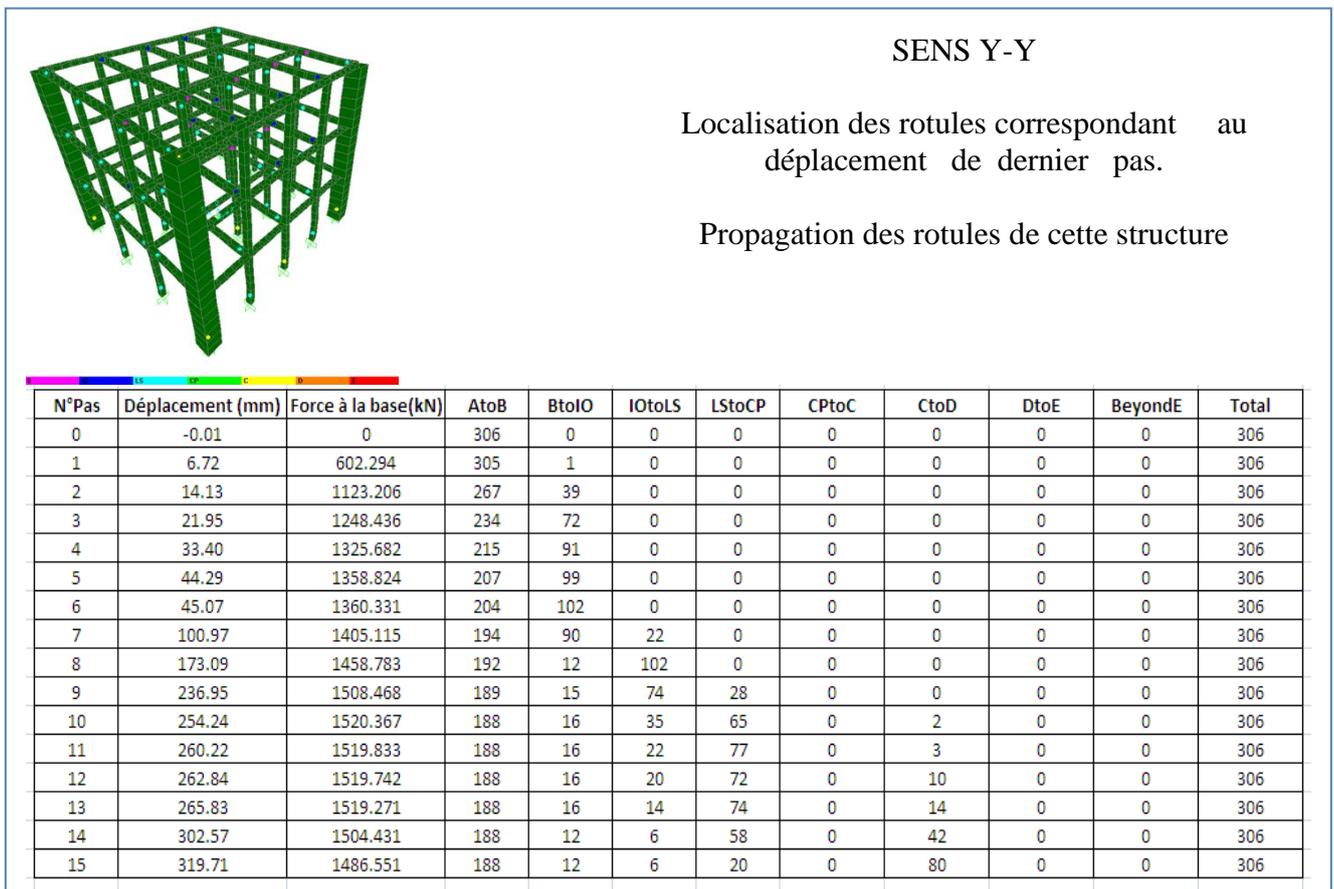
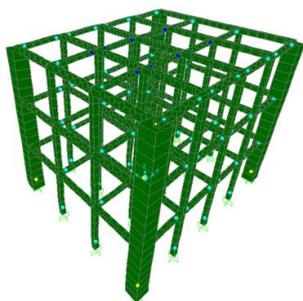


Figure 4.10 : Modèle BI2.VL .R30 - Sens Y-Y

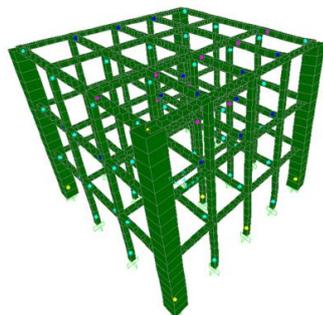


## SENS X-X

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.01	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	7.61	488.415	305	1	0	0	0	0	0	0	306
2	13.28	784.799	255	51	0	0	0	0	0	0	306
3	16.05	875.984	244	62	0	0	0	0	0	0	306
4	30.55	1008.16	207	99	0	0	0	0	0	0	306
5	34.08	1028.485	198	108	0	0	0	0	0	0	306
6	38.63	1041.223	192	114	0	0	0	0	0	0	306
7	50.46	1062.119	191	115	0	0	0	0	0	0	306
8	53.62	1065.725	190	116	0	0	0	0	0	0	306
9	103.62	1088.637	190	98	18	0	0	0	0	0	306
10	153.62	1114.151	190	4	112	0	0	0	0	0	306
11	203.62	1137.947	190	0	114	2	0	0	0	0	306
12	253.62	1161.742	190	0	32	84	0	0	0	0	306
13	260.16	1164.851	190	0	23	91	0	2	0	0	306
14	277.88	1161.402	190	0	0	104	0	12	0	0	306
15	303.80	1149.501	190	0	0	76	0	40	0	0	306
16	388.73	1041.694	190	0	0	0	0	116	0	0	306
17	438.73	973.241	190	0	0	0	0	116	0	0	306
18	488.73	904.794	190	0	0	0	0	116	0	0	306
19	500.01	889.355	190	0	0	0	0	116	0	0	306



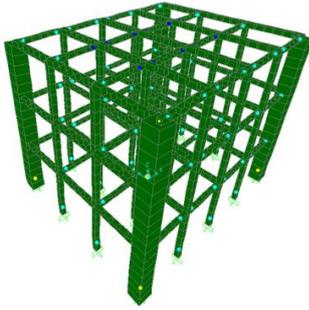
## SENS Y-Y

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-0.01	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	7.21	607.994	305	1	0	0	0	0	0	0	306
2	14.80	1112.722	268	38	0	0	0	0	0	0	306
3	22.49	1227.862	233	73	0	0	0	0	0	0	306
4	33.81	1299.595	215	91	0	0	0	0	0	0	306
5	44.16	1330.668	207	99	0	0	0	0	0	0	306
6	48.28	1338.242	201	105	0	0	0	0	0	0	306
7	50.57	1340.897	199	107	0	0	0	0	0	0	306
8	107.28	1379.605	195	86	25	0	0	0	0	0	306
9	160.39	1413.279	193	17	96	0	0	0	0	0	306
10	235.79	1462.586	191	13	74	28	0	0	0	0	306
11	254.34	1473.904	190	14	40	58	0	4	0	0	306
12	304.59	1432.867	188	16	2	56	0	44	0	0	306
13	326.12	1399.266	188	12	6	20	0	80	0	0	306

Figure 4.11 : Modèle BI2.VL .R25

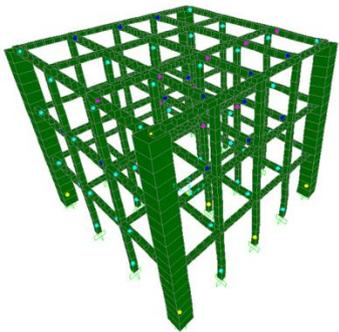


## SENS X-X

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.01	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	8.25	491.85	305	1	0	0	0	0	0	0	306
2	14.60	792.953	250	56	0	0	0	0	0	0	306
3	17.60	881.447	240	66	0	0	0	0	0	0	306
4	34.06	1010.898	206	100	0	0	0	0	0	0	306
5	35.28	1017.168	198	108	0	0	0	0	0	0	306
6	39.93	1029.706	192	114	0	0	0	0	0	0	306
7	52.14	1049.736	191	115	0	0	0	0	0	0	306
8	55.21	1052.974	190	116	0	0	0	0	0	0	306
9	105.21	1073.957	190	98	18	0	0	0	0	0	306
10	155.21	1094.961	190	6	110	0	0	0	0	0	306
11	205.21	1115.926	190	0	114	2	0	0	0	0	306
12	255.21	1136.932	190	0	32	84	0	0	0	0	306
13	261.52	1139.58	190	0	24	90	0	2	0	0	306
14	304.16	1121.082	190	0	0	79	0	37	0	0	306
15	391.13	1012.455	190	0	0	0	0	116	0	0	306
16	441.13	945.025	190	0	0	0	0	116	0	0	306
17	491.13	877.606	190	0	0	0	0	116	0	0	306
18	500.01	865.638	190	0	0	0	0	116	0	0	306



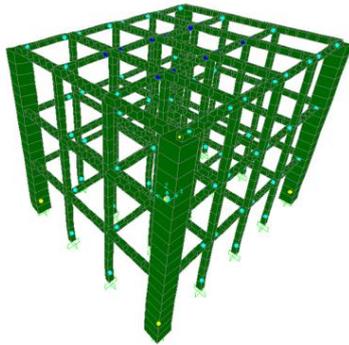
## SENS Y-Y

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-5.85E-03	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	7.81	611.606	305	1	0	0	0	0	0	0	306
2	15.63	1096.069	269	37	0	0	0	0	0	0	306
3	15.85	1104.745	265	41	0	0	0	0	0	0	306
4	23.34	1206.227	232	74	0	0	0	0	0	0	306
5	34.68	1273.289	213	93	0	0	0	0	0	0	306
6	49.90	1313.709	204	102	0	0	0	0	0	0	306
7	53.01	1317.772	198	108	0	0	0	0	0	0	306
8	117.36	1357.953	196	78	32	0	0	0	0	0	306
9	170.80	1393.834	194	14	98	0	0	0	0	0	306
10	255.38	1463.799	193	11	38	61	0	3	0	0	306
11	258.94	1463.741	192	12	30	65	0	7	0	0	306
12	264.33	1463.389	192	12	24	67	0	11	0	0	306
13	267.10	1463.067	192	12	22	67	0	13	0	0	306
14	302.89	1445.528	190	14	2	64	0	36	0	0	306
15	352.94	1375.624	190	10	6	4	0	96	0	0	306
16	403.67	1285.588	190	10	4	2	0	100	0	0	306
17	470.02	1167.48	190	10	4	2	0	100	0	0	306
18	499.99	1114.132	190	10	4	2	0	99	0	1	306

Figure 4.12 : Modèle BI2.VL .R20

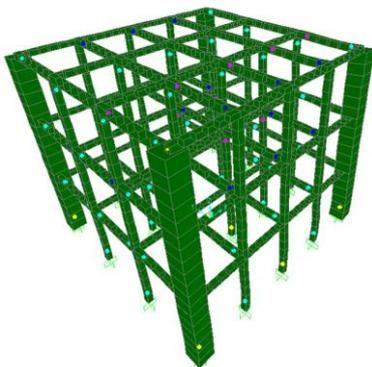


SENS X-X

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	6.97E-06	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	0.009073	491.729	305	1	0	0	0	0	0	0	306
2	0.015893	783.119	249	57	0	0	0	0	0	0	306
3	0.019116	868.519	240	66	0	0	0	0	0	0	306
4	0.036539	991.438	200	106	0	0	0	0	0	0	306
5	0.041696	1006.165	192	114	0	0	0	0	0	0	306
6	0.058463	1033.854	190	116	0	0	0	0	0	0	306
7	0.108463	1068.907	190	100	16	0	0	0	0	0	306
8	0.158463	1104.003	190	4	112	0	0	0	0	0	306
9	0.208463	1141.483	190	0	114	2	0	0	0	0	306
10	0.258463	1180.114	190	0	26	90	0	0	0	0	306
11	0.265162	1185.254	190	0	23	91	0	2	0	0	306
12	0.286072	1185.089	190	0	0	112	0	4	0	0	306
13	0.289818	1184.563	190	0	0	108	0	8	0	0	306
14	0.292412	1183.849	190	0	0	101	0	15	0	0	306
15	0.307576	1172.444	190	0	0	45	0	71	0	0	306
16	0.391222	1051.851	190	0	0	0	0	116	0	0	306
17	0.465302	940.198	190	0	0	0	0	116	0	0	306



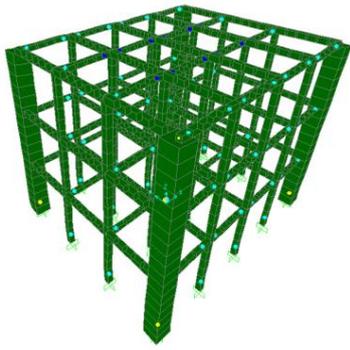
SENS Y-Y

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.00	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	8.59	611.044	305	1	0	0	0	0	0	0	306
2	15.35	1015.734	273	33	0	0	0	0	0	0	306
3	17.19	1088.194	264	42	0	0	0	0	0	0	306
4	24.12	1174.618	233	73	0	0	0	0	0	0	306
5	36.13	1244.476	212	94	0	0	0	0	0	0	306
6	52.60	1289.793	204	102	0	0	0	0	0	0	306
7	56.00	1295.335	199	107	0	0	0	0	0	0	306
8	131.94	1356.571	196	54	56	0	0	0	0	0	306
9	187.31	1401.119	194	10	102	0	0	0	0	0	306
10	237.31	1441.916	194	10	74	28	0	0	0	0	306
11	258.09	1459.317	193	11	32	68	0	2	0	0	306
12	263.96	1454.618	193	11	25	72	0	5	0	0	306
13	267.39	1453.313	193	11	24	68	0	10	0	0	306
14	308.38	1416.222	192	12	2	48	0	52	0	0	306
15	358.96	1326.663	189	15	0	6	0	96	0	0	306
16	441.81	1155.849	189	11	4	2	0	100	0	0	306
17	500.00	1026.25	188	12	4	0	0	102	0	0	306

Figure 4.13 : Modèle BI2.VL .R15

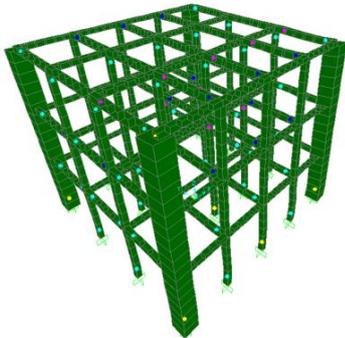


**SENS X-X**

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.01	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	10.19	482.717	305	1	0	0	0	0	0	0	306
2	17.87	764.293	252	54	0	0	0	0	0	0	306
3	21.49	847.123	236	70	0	0	0	0	0	0	306
4	39.43	956.381	205	101	0	0	0	0	0	0	306
5	44.66	971.181	193	113	0	0	0	0	0	0	306
6	63.92	1001.283	190	116	0	0	0	0	0	0	306
7	113.92	1041.224	190	100	16	0	0	0	0	0	306
8	163.92	1101.299	190	0	116	0	0	0	0	0	306
9	213.92	1141.565	190	0	114	2	0	0	0	0	306
10	263.92	1182.262	190	0	27	89	0	0	0	0	306
11	269.45	1186.717	190	0	23	91	0	2	0	0	306
12	295.14	1183.179	190	0	0	110	0	6	0	0	306
13	298.60	1182.375	190	0	0	103	0	13	0	0	306
14	301.64	1181.021	190	0	0	88	0	28	0	0	306
15	394.28	1059.386	190	0	0	0	0	116	0	0	306
16	444.28	987.789	190	0	0	0	0	116	0	0	306
17	494.28	916.214	190	0	0	0	0	116	0	0	306



**SENS Y-Y**

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.00	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	9.66	600.042	305	1	0	0	0	0	0	0	306
2	18.37	1030.894	266	40	0	0	0	0	0	0	306
3	19.56	1068.631	259	47	0	0	0	0	0	0	306
4	30.25	1166.347	224	82	0	0	0	0	0	0	306
5	46.27	1230.034	210	96	0	0	0	0	0	0	306
6	60.05	1260.143	201	105	0	0	0	0	0	0	306
7	124.69	1322.179	196	78	32	0	0	0	0	0	306
8	184.08	1373.729	194	13	99	0	0	0	0	0	306
9	238.13	1432.022	190	14	74	28	0	0	0	0	306
10	260.73	1454.545	189	15	34	66	0	2	0	0	306
11	272.31	1457.29	188	16	22	71	0	9	0	0	306
12	276.21	1457.271	187	17	17	72	0	13	0	0	306
13	283.62	1455.721	186	18	9	74	0	19	0	0	306
14	308.76	1440.456	184	16	8	50	0	48	0	0	306
15	367.95	1360.345	183	17	6	5	0	95	0	0	306
16	431.79	1258.494	183	17	6	0	0	100	0	0	306
17	481.79	1177.986	183	15	5	3	0	100	0	0	306
18	500.00	1148.587	183	15	4	4	0	100	0	0	306

Figure 4.14 : Modèle BI2.VL .R10

#### 4.2.2.4 Plastification des rotules

Selon les résultats de l'analyse présentée dans les tableaux et figures ci-dessus montrant la formation des rotules dans les cinq modèles, nous constatons :

- L'analyse pushover des cinq modèles renforcés par des voiles latéraux est caractérisée par la formation de rotules de flexion. Cela nous semble assez correct, car tous les éléments dans les deux directions X, Y, même pour les voiles sont essentiellement des éléments élancés en élévation (une largeur faible par rapport à la hauteur),
- Pour le BI2.VL.R30, nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 483.201 kN correspond à un déplacement de 7.082 mm dans le sens x-x et 602.294 kN correspond à un déplacement de 6.72 mm dans le sens y-y.  
Pour un effort tranchant de 1227.367 kN qui correspond à un déplacement de 260.295 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x ainsi que un effort tranchant de 1520.367 kN qui correspond à un déplacement de 254.24 mm dans le sens y-y.
- Pour le BI2.VL.R25, nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 488.415 kN correspond à un déplacement de 7.61 mm dans le sens x-x et 607.994 kN correspond à un déplacement de 7.21mm dans le sens y-y.  
Pour un effort tranchant de 1164.851kN qui correspond à un déplacement de 260.16 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1473.90 kN qui correspond à un déplacement de 254.34 mm dans le sens y-y.
- Par contre pour le modèle BI2.VL.R20, nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 491.85 kN correspond à un déplacement de 8.25 mm dans le sens x-x et 611.606 kN correspond à un déplacement de 7.81 mm dans le sens y-y.  
Pour un effort tranchant de 1139.58kN qui correspond à un déplacement de 261.52mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1463.799 kN qui correspond à un déplacement de 255.38 mm dans le sens y-y.
- Le modèle BI2.VL.R15, nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 491.729 kN correspond à un déplacement de 9.07mm dans le sens x-x ainsi que un effort tranchant de 611.04 kN qui correspond à un déplacement de 8.59 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 1185.254 kN qui correspond à un déplacement de 265.16mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x et 1459.317kN qui correspond à un déplacement de 258.09 mm dans le sens y-y.

- Le modèle BI2.VL.R10 nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 482.717 kN correspond à un déplacement de 10.19 mm dans le sens x-x et 600.042 kN correspond à un déplacement de 18.37 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 1186.717 kN qui correspond à un déplacement de 269.45mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x et 1454.545kN, 260.73 mm dans le sens y-y.

#### 4.2.3 3ème Série de modèle Renforcement par des voiles centraux

##### 4.2.3.1 Déplacements inter étages

Dans cette Série de modèles, les déplacements relatifs maximums et les déplacements inter étage des différents niveaux pour les cinq structures sont vérifiés car les modèle sont les mêmes que ceux de la première série avec un ajout de voiles de renforcements centraux.

##### 4.2.3.2 Effort tranchant

La même remarque pourrait être faite concernant les résultats des efforts tranchant à la base pour les trois modèles de structure qui vérifié largement la condition du RPA99 Ver. 2003 ( $F > 0,8V$  statique) pour les deux sens,

##### 4.2.3.3 Analyse pushover

Dans les tableaux et les figures présentés ci-dessous nous montons la propagation des rotules pour les différentes phases de l'analyse statique non linéaire et figure la localisation des rotules pour la dernière étape de chaque modèle dans les deux sens:

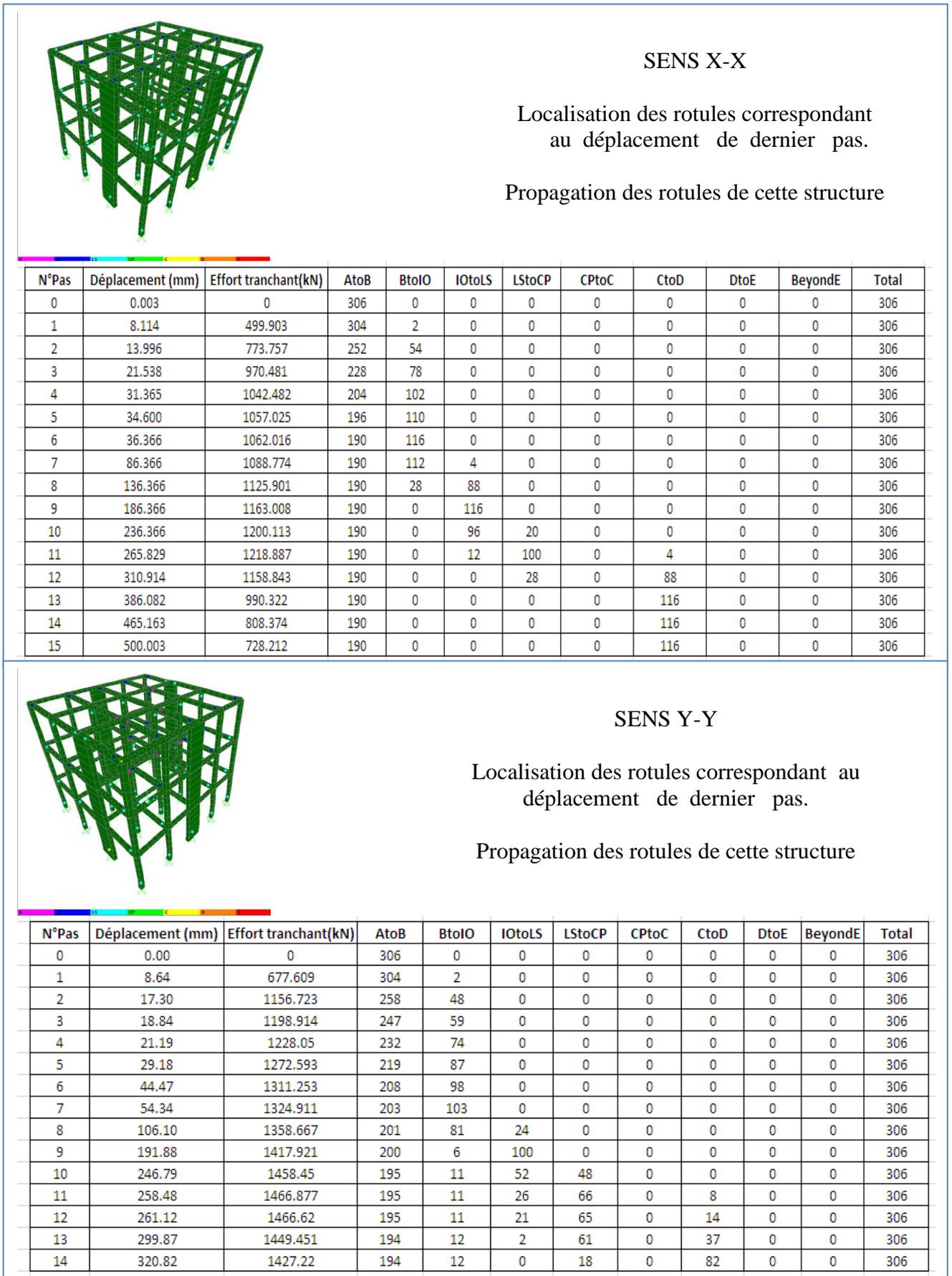
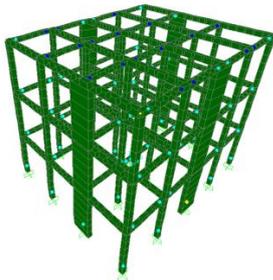


Figure 4.15 : Modèle BI2.VC .R30

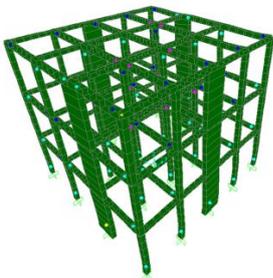


## SENS X-X

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Effort tranchant(kN)	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.00	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	8.74	506.639	304	2	0	0	0	0	0	0	306
2	14.28	755.395	254	52	0	0	0	0	0	0	306
3	22.45	960.313	228	78	0	0	0	0	0	0	306
4	30.67	1019.541	208	98	0	0	0	0	0	0	306
5	36.38	1042.875	194	112	0	0	0	0	0	0	306
6	36.98	1044.04	190	116	0	0	0	0	0	0	306
7	86.98	1065.379	190	112	4	0	0	0	0	0	306
8	136.98	1088.505	190	28	88	0	0	0	0	0	306
9	186.98	1111.634	190	0	116	0	0	0	0	0	306
10	236.98	1134.765	190	0	96	20	0	0	0	0	306
11	265.45	1147.935	190	0	20	92	0	4	0	0	306
12	315.52	1084.517	190	0	0	28	0	88	0	0	306
13	390.00	934.195	190	0	0	0	0	116	0	0	306
14	440.00	830.629	190	0	0	0	0	116	0	0	306
15	500.00	706.344	190	0	0	0	0	116	0	0	306



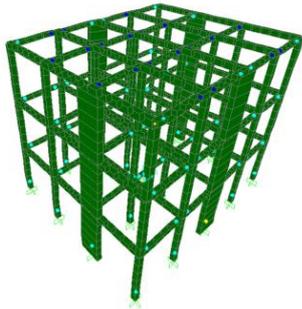
## SENS Y-Y

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Effort tranchant(kN)	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	3.42E-03	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	9.31	687.316	304	2	0	0	0	0	0	0	306
2	17.86	1134.932	262	44	0	0	0	0	0	0	306
3	19.82	1186.8	242	64	0	0	0	0	0	0	306
4	24.53	1226.198	226	80	0	0	0	0	0	0	306
5	30.00	1249.678	216	90	0	0	0	0	0	0	306
6	47.34	1289.022	206	100	0	0	0	0	0	0	306
7	56.37	1300.746	201	105	0	0	0	0	0	0	306
8	109.82	1331.377	200	82	24	0	0	0	0	0	306
9	159.82	1359.242	200	12	94	0	0	0	0	0	306
10	209.82	1387.357	200	6	80	20	0	0	0	0	306
11	256.32	1413.25	200	6	32	58	0	10	0	0	306
12	259.02	1413.864	200	6	30	56	0	14	0	0	306
13	266.95	1413.179	200	6	16	64	0	20	0	0	306
14	295.75	1406.989	199	7	4	64	0	32	0	0	306
15	305.03	1403.073	199	7	2	50	0	48	0	0	306

Figure 4.16 : Modèle BI2.VC.R25

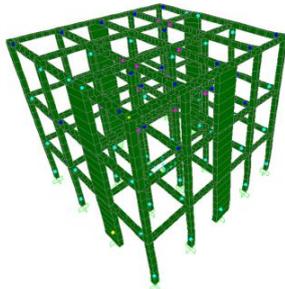


## SENS X-X

Localisation des rotules correspondant  
au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.00	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	9.50	511.507	304	2	0	0	0	0	0	0	306
2	15.12	746.359	252	54	0	0	0	0	0	0	306
3	23.37	937.01	228	78	0	0	0	0	0	0	306
4	30.18	984.909	210	96	0	0	0	0	0	0	306
5	37.32	1013.288	196	110	0	0	0	0	0	0	306
6	38.92	1015.058	190	116	0	0	0	0	0	0	306
7	88.92	1035.241	190	112	4	0	0	0	0	0	306
8	138.92	1055.401	190	28	88	0	0	0	0	0	306
9	188.92	1075.566	190	0	116	0	0	0	0	0	306
10	238.92	1095.728	190	0	96	20	0	0	0	0	306
11	265.70	1106.531	190	0	28	84	0	4	0	0	306



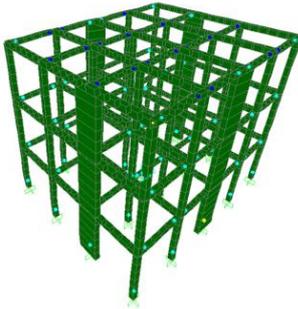
## SENS Y-Y

Localisation des rotules correspondant  
au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.00	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	10.13	694.611	304	2	0	0	0	0	0	0	306
2	19.20	1128.551	255	51	0	0	0	0	0	0	306
3	20.66	1161.889	243	63	0	0	0	0	0	0	306
4	24.18	1192.909	229	77	0	0	0	0	0	0	306
5	30.30	1219.858	217	89	0	0	0	0	0	0	306
6	50.60	1262.163	204	102	0	0	0	0	0	0	306
7	61.29	1274.269	201	105	0	0	0	0	0	0	306
8	114.30	1302.059	200	77	29	0	0	0	0	0	306
9	164.30	1330.427	200	12	94	0	0	0	0	0	306
10	214.30	1358.6	200	6	76	24	0	0	0	0	306
11	259.86	1383.286	200	6	30	58	0	12	0	0	306
12	262.64	1382.943	200	6	22	62	0	16	0	0	306
13	299.86	1372.149	199	7	2	64	0	34	0	0	306
14	317.57	1360.903	199	7	0	32	0	68	0	0	306
15	326.10	1351.656	199	7	0	19	0	81	0	0	306

Figure 4.17 : Modèle BI2.VC .R20

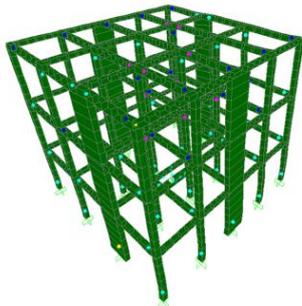


SENS X-X

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.00	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	10.48	512.641	304	2	0	0	0	0	0	0	306
2	16.66	741.966	250	56	0	0	0	0	0	0	306
3	25.20	921.691	232	74	0	0	0	0	0	0	306
4	30.07	954.787	210	96	0	0	0	0	0	0	306
5	38.87	989.385	196	110	0	0	0	0	0	0	306
6	41.84	993.48	190	116	0	0	0	0	0	0	306
7	91.84	1029.444	190	112	4	0	0	0	0	0	306
8	141.84	1065.375	190	28	88	0	0	0	0	0	306
9	191.84	1101.333	190	0	116	0	0	0	0	0	306
10	241.84	1137.271	190	0	94	22	0	0	0	0	306
11	270.45	1157.85	190	0	12	100	0	4	0	0	306
12	293.74	1147.613	190	0	0	98	0	18	0	0	306
13	392.87	994.453	190	0	0	0	0	116	0	0	306
14	442.87	909.028	190	0	0	0	0	116	0	0	306
15	492.87	823.604	190	0	0	0	0	116	0	0	306
16	500.00	811.419	190	0	0	0	0	116	0	0	306



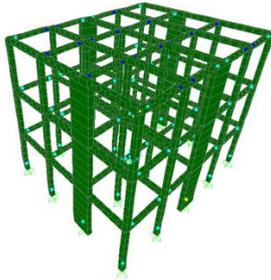
SENS Y-Y

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.00	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	11.19	697.078	304	2	0	0	0	0	0	0	306
2	20.29	1093.689	257	49	0	0	0	0	0	0	306
3	22.22	1134.472	245	61	0	0	0	0	0	0	306
4	24.37	1154.629	232	74	0	0	0	0	0	0	306
5	31.26	1186.231	216	90	0	0	0	0	0	0	306
6	55.29	1239.501	204	102	0	0	0	0	0	0	306
7	69.86	1257.243	200	104	2	0	0	0	0	0	306
8	119.86	1295.56	200	74	32	0	0	0	0	0	306
9	217.29	1372.742	199	7	82	18	0	0	0	0	306
10	261.03	1411.516	199	7	26	67	0	7	0	0	306
11	263.89	1412.968	199	7	20	71	0	9	0	0	306
12	267.30	1413.627	199	7	19	66	0	15	0	0	306
13	271.00	1413.445	199	7	18	64	0	18	0	0	306
14	279.02	1412.413	199	7	10	68	0	22	0	0	306
15	305.73	1402.226	199	7	2	52	0	46	0	0	306
16	335.41	1372.255	199	7	0	14	0	86	0	0	306

Figure 4.18 : Modèle BI2.VC.R15

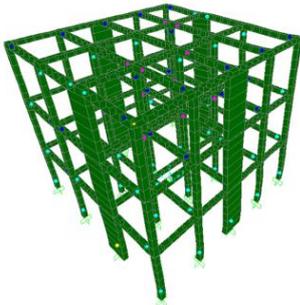


SENS X-X

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.00	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	11.81	504.436	304	2	0	0	0	0	0	0	306
2	18.73	724.539	250	56	0	0	0	0	0	0	306
3	27.89	891.432	232	74	0	0	0	0	0	0	306
4	31.83	915.467	212	94	0	0	0	0	0	0	306
5	41.70	950.508	200	106	0	0	0	0	0	0	306
6	45.78	956.246	192	114	0	0	0	0	0	0	306
7	96.25	992.529	190	112	4	0	0	0	0	0	306
8	146.25	1076.499	190	28	88	0	0	0	0	0	306
9	196.25	1114.683	190	0	116	0	0	0	0	0	306
10	246.25	1152.876	190	0	88	28	0	0	0	0	306
11	275.82	1175.47	190	0	12	100	0	4	0	0	306
12	300.58	1180.872	190	0	0	100	0	16	0	0	306
13	303.93	1181.161	190	0	0	80	0	36	0	0	306
14	308.01	1180.749	190	0	0	54	0	62	0	0	306
15	315.72	1176.644	190	0	0	30	0	86	0	0	306
16	393.76	1099.502	190	0	0	0	0	116	0	0	306
17	443.76	1047.68	190	0	0	0	0	116	0	0	306
18	493.76	995.858	190	0	0	0	0	116	0	0	306
19	500.00	989.396	190	0	0	0	0	116	0	0	306



SENS Y-Y

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°Pas	Déplacement (mm)	Force à la base(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.00	0	306	0	0	0	0	0	0	0	306
1	12.63	687.477	304	2	0	0	0	0	0	0	306
2	22.39	1053.697	256	50	0	0	0	0	0	0	306
3	25.19	1109.176	245	61	0	0	0	0	0	0	306
4	26.91	1122.174	232	74	0	0	0	0	0	0	306
5	33.71	1150.481	214	92	0	0	0	0	0	0	306
6	67.24	1217.033	202	104	0	0	0	0	0	0	306
7	126.76	1274.418	199	70	37	0	0	0	0	0	306
8	176.76	1341.634	199	13	94	0	0	0	0	0	306
9	226.76	1399.473	198	8	82	18	0	0	0	0	306
10	265.75	1439.564	195	11	21	76	0	3	0	0	306
11	273.02	1441.371	195	11	17	73	0	10	0	0	306
12	276.28	1441.697	195	11	11	77	0	12	0	0	306
13	278.96	1440.465	195	11	10	75	0	15	0	0	306
14	281.89	1439.985	195	11	9	73	0	18	0	0	306
15	305.49	1430.444	193	13	6	52	0	42	0	0	306
16	336.02	1400.721	192	14	0	13	0	87	0	0	306

Figure 4.19 : Modèle BI2.VC.R10

#### 4.2.3.4 Plastification des rotules

Selon les résultats de l'analyse présentée dans les tableaux et figures ci-dessus montrant la formation des rotules dans les trois modèles, on peut ressortir les observations suivantes :

- L'analyse pushover des cinq modèles renforcés par des voiles centraux est caractérisée par la formation de rotules de flexion. Cela nous semble assez correct, car tous les éléments dans les deux directions  $x$ ,  $y$ , même pour les voiles sont essentiellement des éléments élancés en élévation (une largeur faible par rapport à la hauteur),
- Pour le BI2.VC.R30 nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 499.903 kN correspond à un déplacement de 8.114 mm dans le sens  $x-x$  et 677.609 kN correspond à un déplacement de 8.64 mm dans le sens  $y-y$ . Pour un effort tranchant de 1218.887 kN qui correspond à un déplacement de 265.829 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens  $x-x$ , ainsi que un effort tranchant de 1466.877 kN qui correspond à un déplacement 258.48 mm dans le sens  $y-y$ .
- Pour le BI2.VC.R25 nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 506.639 kN correspond à un déplacement de 8.74 mm dans le sens  $x-x$  et 687.316 kN correspond à un déplacement de 9.31 mm dans le sens  $y-y$ . Pour un effort tranchant de 1147.935 kN qui correspond à un déplacement de 265.45mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens  $x-x$ , ainsi que un effort tranchant de 1413.25 kN qui correspond à un déplacement 256.32 mm dans le sens  $y-y$ .
- Par contre pour le modèle BI2.VC.R20 nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 511.507 kN correspond à un déplacement de 9.5mm dans le sens  $x-x$  et 694.611 kN correspond à un déplacement de 10.30 mm dans le sens  $y-y$ . Pour un effort tranchant de 1106.531 kN qui correspond à un déplacement de 265.70 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens  $x-x$ , ainsi que un effort tranchant de 1383.286 kN qui correspond à un déplacement 259.86 mm dans le sens  $y-y$ .
- Le modèle BI2.VC.R15 on a observé que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 512.641 kN correspond à un déplacement de 10.48 mm dans le sens  $x-x$  et 697.078 kN correspond à un déplacement de 11.19 mm dans le sens  $y-y$ .

Pour un effort tranchant de 1157.85 kN qui correspond à un déplacement de 270.45 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1411.516 kN qui correspond à un déplacement 261.03 mm dans le sens y-y.

- Le modèle BI2.VC.R10 on a observé que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 504.436 kN correspond à un déplacement de 11.81 mm dans le sens x-x et 687.477 kN correspond à un déplacement de 12.63 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 1175.47 kN qui correspond à un déplacement de 275.82 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1439.564 kN qui correspond à un déplacement 265.75 mm dans le sens y-y.

#### 4.3 Partie – B

Le but de cette étude comparative, est d'évaluer l'effet de la qualité du béton sur le comportement global de la structure, pour cela nous avons tracés les courbes de l'effort tranchant à la base de chaque modèle, en fonction du déplacement.

Nous avons aussi figuré le spectre de réponse dont l'intersection de ce dernier avec les courbes de capacité nous donne le point de performance.

##### 4.3.1 Résultats 1<sup>er</sup> série de modèle Portique Auto - stable

Les résultats de la 1<sup>ère</sup> Série de modèles sont présentés ci-dessous :

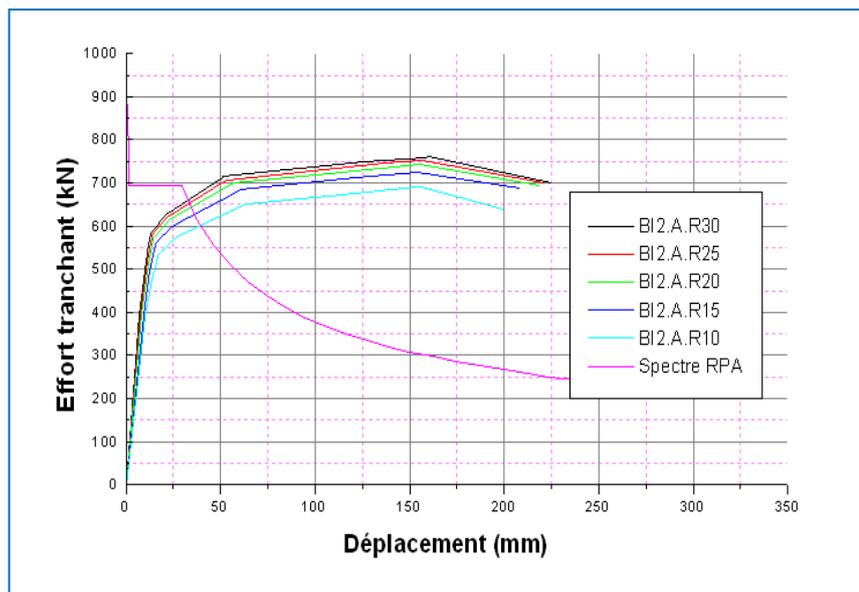


Figure 4.20 : Courbes de capacité sens x-x – Portique Auto - stable

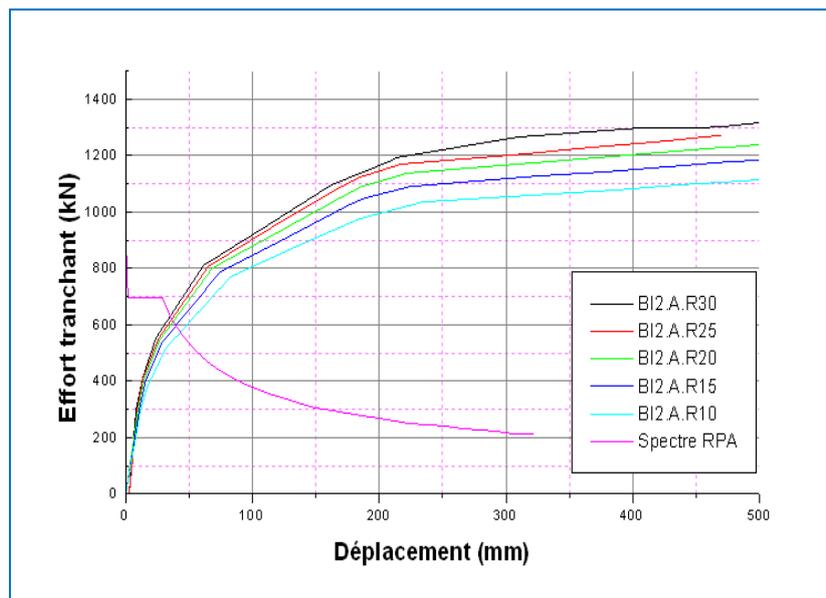


Figure 4.21 : Courbes de capacité sens y-y – Portique Auto - stable

Les valeurs des points de performances qui représentent le comportement global de chaque modèle sont données dans le tableau suivant :

Tableau 4.3 : Valeurs de point de performance -1<sup>er</sup> série de modèle-

Modèles	Réaction à la base (kN)	Déplacement (mm)	Réaction à la base (kN)	Déplacement (mm)
<b>Modèle parfait BI2.AU.R30</b>	474,06	12,08	542,98	15,21
<b>Modèle BI2.AU.R25</b>	474,02	13,10	541,82	16,32
<b>Modèle BI2.AU.R20</b>	473,98	14,86	539,76	17,10
<b>Modèle BI2.AU.R15</b>	473,96	16,12	538,97	18,31
<b>Modèle BI2.AU.R10</b>	473,95	18,26	538,32	19,43

Le tableau suivant nous donne les efforts tranchants à la base dans les deux sens, correspond à un déplacement donné de 150 mm cela pour voir l'influence de la démunissions de la qualité de béton en terme de résistance à la compression.

Tableau 4.4 : Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 150 mm

Modèles	Réaction à la base (kN) Sens x-x	Réaction à la base (kN) Sens y-y
<b>Modèle parfait BI2.AU.R30</b>	759.88	1095.35
<b>Modèle BI2.AU.R25</b>	752.85	1076.09
<b>Modèle BI2.AU.R20</b>	743.55	1052.172
<b>Modèle BI2.AU.R15</b>	726.04	1025.83
<b>Modèle BI2.AU.R10</b>	690.35	875.00

#### 4.3.1.1. Interprétation des résultats

- ✓ Pour les cinq modèles, nous observons que l'intersection des courbes de capacités avec la courbe du spectre de réponse se trouve toujours dans la zone élastique, ce qui nous donne un comportement élastique lors d'un séisme. Cela nous indique en fait que le niveau de dégâts est acceptable. Les dégâts seront de niveau 1 ou 2 (selon la classification de la fiche d'évaluation de dommage).
- ✓ D'après l'analyse suivant le sens x-x, nous remarquons qu'il y'a un écart entre effort tranchant du modèle parfait BI2.AU.R30 et le modèle BI2.AU.R10 de 69.43 kN (10%), pour un déplacement de 150 mm.
- ✓ Dans le sens y-y, un écart de 220.35 kN(20%) pour un déplacement de 150 mm entre le modèle parfait et le modèle BI2.A.R10.
- ✓ Ceci nous amène à conclure que pour une qualité de béton inférieure à 40% la variation de l'effort tranchant à la base est négligeable. Il y a lieu de noter que cette remarque n'exclue pas que la résistance des éléments n'est pas vérifié.

#### 4.3.2 Résultats 2<sup>ème</sup> série de modèle mixte portique voiles latéraux

Les résultats de la 2<sup>ème</sup> Série des modèles: (bâtiment individuel auto-stable renforcé avec des voiles latéraux) sont présentés ci-dessous :

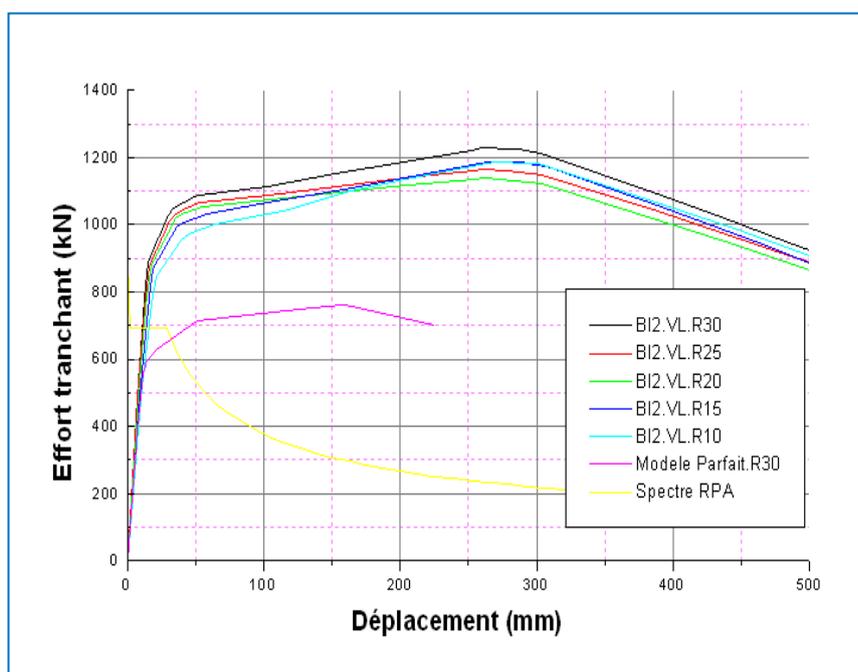


Figure 4.22 : Courbes de capacité sens x-x - voiles latéraux

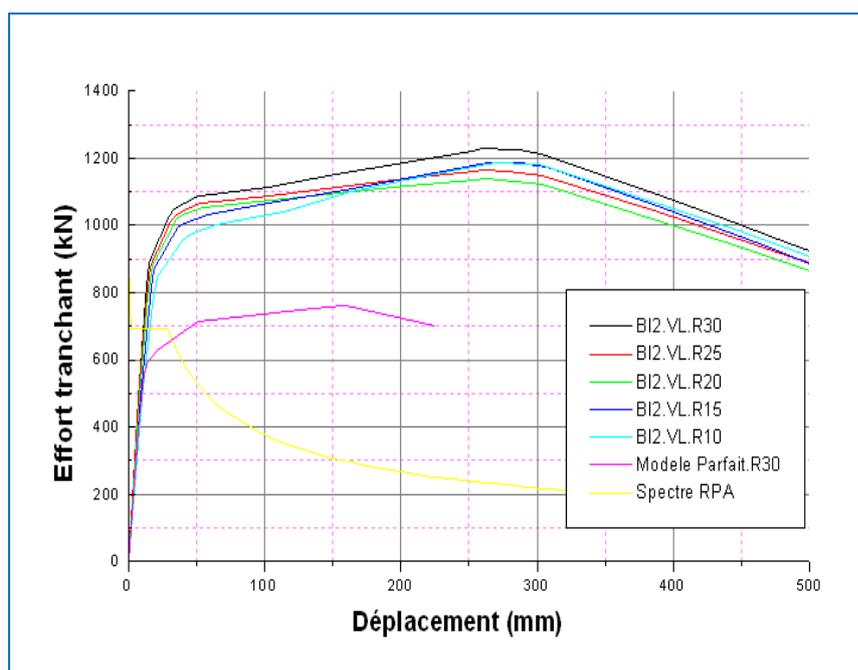


Figure 4.23 : Courbes de capacité sens-y-y - voiles latéraux

Les valeurs des points de performances qui représentent le comportement global pour chaque modèle sont données dans le tableau suivant :

Tableau 4.5 : Valeurs de point de performance -2<sup>ème</sup> série de modèle -

Modèles	Réaction à la base (kN)	Déplacement (mm)	Réaction à la base (kN)	Déplacement (mm)
<b>Modèle BI2.VL.R30</b>	492.21	7.07	490.12	6.98
<b>Modèle BI2.VL.R25</b>	494.44	7.10	491.24	7.08
<b>Modèle BI2.VL.R20</b>	495.66	7.63	494.66	7.64
<b>Modèle BI2.VL.R15</b>	498.84	8.36	495.73	8.42
<b>Modèle BI2.VL.R10</b>	500.06	8.41	498.91	8.45

Le tableau suivant nous donne les efforts tranchant à la base dans les deux sens, correspond à un déplacement donné de 300 mm pour voir l'influence de la démunitions de la qualité de béton en terme de résistance à la compression.

Tableau 4.6 : Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 300 mm

<b>Modèles</b>	<b>Réaction à la base (kN) Sens x-x</b>	<b>Réaction à la base (kN) Sens y-y</b>
<b>Modèle BI2.VL.R30</b>	1213.00	1504.45
<b>Modèle BI2.VL.R25</b>	1149.50	1432.86
<b>Modèle BI2.VL.R20</b>	1121.08	1445.53
<b>Modèle BI2.VL.R15</b>	1172.45	1416.22
<b>Modèle BI2.VL.R10</b>	1181.02	1440.45
<b>Modèle parfait BI2.A.R30</b>	759.88	1095.35

#### 4.3.2.1. Interprétation des résultats

- ✓ Pour les cinq modèles, nous observons que l'intersection des courbes de capacités avec la courbe du spectre de réponse se trouve toujours dans la zone élastique, ce qui nous donne un comportement élastique lors d'un séisme. Cela nous indique en fait que le niveau de dégâts est acceptable. Les dégâts seront de niveau 1 ou 2 (selon la classification de la fiche d'évaluation de dommage).
- ✓ De plus, nous remarquons que dans le modèle parfait on se trouve plus proche de la fin de ce comportement élastique, Cela confirme la résistance moins élevée de la structure renforcé par des voiles latéraux dans les deux directions.
- ✓ D'après l'analyse suivant le sens x-x, nous remarquons qu'il y' a un écart de 31.98 kN, (3%) pour un déplacement de 300 mm entre le modèle BI2.VL.R30 et le modèle BI2.VL.R10 dans le sens x-x.
- ✓ L'écart de l'effort tranchant entre le modèle BI2.VL.R30 et le modèle BI2.VL.R10 est de 64.00kN (5%) dans le sens y-y.
- ✓ Nous observons aussi une augmentation de l'effort tranchant de 30 à 40% du modèle parfait par rapport au modèles renforcés par voiles centraux dans le sens x-x.

- ✓ Dans le sens y-y , nous observons une augmentation de l'effort tranchant de 20 à 30% du modèle parfait par rapport au modèles renforcés par voiles centraux dans le sens y-y.

#### 4.3.3. Résultats 3<sup>ème</sup> série de modèle mixte portique voiles centraux

Les résultats de la 3<sup>ème</sup> Série de modèles sont présentés ci-dessous:

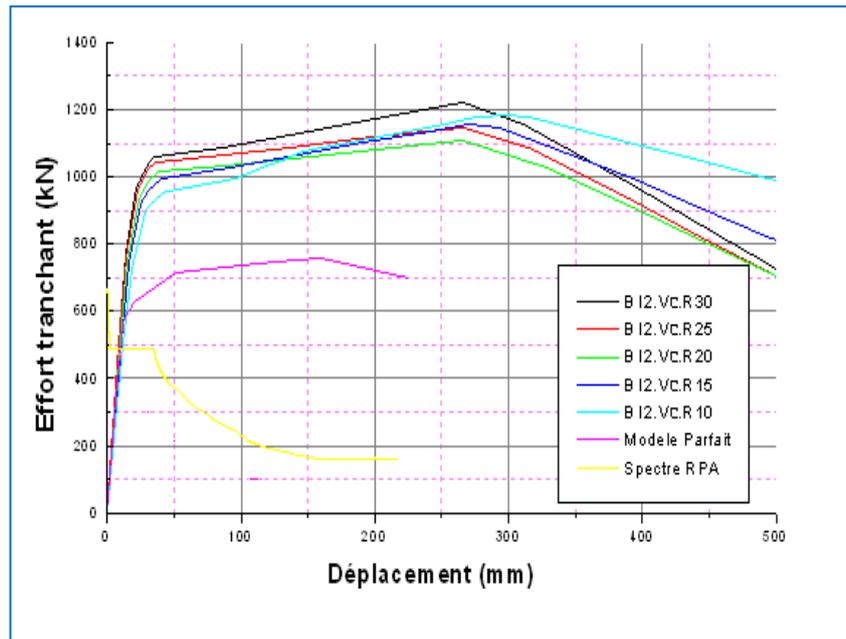


Figure 4.24 : Courbes de capacité sens x-x - voiles centraux

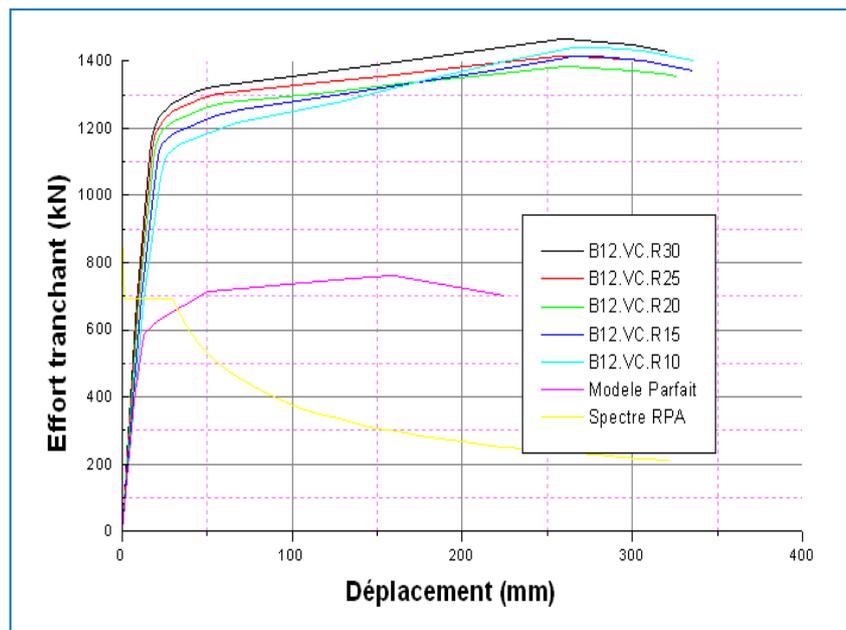


Figure 4.25 : Courbes de capacité sens y-y- voiles centraux

Le point de performance qui représente le comportement global pour chaque modèle est donné dans le tableau suivant :

Tableau 4.7 : Valeurs de point de performance -3<sup>ème</sup> série de modèle -

Les modèles	Réaction à la base (kN)	Déplacement (mm)	Réaction à la base (kN)	Déplacement (mm)
<b>Modèle BI2.VC.R30</b>	493.45	7.09	490.12	6.96
<b>Modèle BI2.VC.R25</b>	494.05	7.15	491.24	7.10
<b>Modèle BI2.VC.R20</b>	495.87	7.78	494.66	7.53
<b>Modèle BI2.VC.R15</b>	496.83	8.45	495.73	8.35
<b>Modèle BI2.VC.R10</b>	497.12	8.52	498.91	8.44

Le tableau suivant nous donne les efforts tranchant à la base dans les deux sens, correspond à un déplacement donné de 250 mm pour voir l'influence de la démunissions de la qualité de béton en terme de résistance à la compression.

Tableau 4.8: Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 300 mm

Modèles	Réaction à la base (kN) Sens x-x	Réaction à la base (kN) Sens y-y
<b>Modèle BI2.VC.R30</b>	1218.88	1466.88
<b>Modèle BI2.VC.R25</b>	1147.93	1413.25
<b>Modèle BI2.VC.R20</b>	1106.53	1383.28
<b>Modèle BI2.VC.R15</b>	1157.85	1411.52
<b>Modèle BI2.VC.R10</b>	1152.88	1439.56
<b>Modèle parfait BI2.A.R30</b>	759.88	1095.35

#### 4.3.3.1. Interprétation des résultats

- ✓ Pour les cinq modèles, nous observons que l'intersection des courbes de capacités avec la courbe du spectre de réponse se trouve toujours dans la zone élastique, ce qui nous donne un comportement élastique lors d'un séisme. Cela nous indique en fait que le niveau de dégâts est acceptable. Les dégâts seront de niveau 1 ou 2 (selon la classification de la fiche d'évaluation de dommage).

- ✓ De plus, nous remarquons que dans le modèle parfait on se trouve plus proche de la fin de ce comportement élastique. Cela confirme la résistance moins élevée de la structure renforcé par des voiles centraux dans les deux sens.
- ✓ D'après l'analyse suivant le sens x-x, nous remarquons qu'il y' a un écart de 66 kN, (5%) pour un déplacement de 300 mm entre le modèle BI2.VC.R30 et le modèle BI2.VC.R10 dans le sens x-x.
- ✓ L'écart de l'effort tranchant entre le modèle BI2.VC.R30 et le modèle BI2.VC.R10 est de 27.32 kN (2%) dans le sens y-y.
- ✓ Nous observons aussi une augmentation de l'effort tranchant de 30 à 40% du modèle parfait par rapport au modèles renforcés par voiles centraux dans le sens x-x.
- ✓ Dans le sens y-y , nous observons une augmentation de l'effort tranchant de 20 à 30% du modèle parfait par rapport au modèles renforcés par voiles centraux dans le sens y-y.

#### 4.4 Partie – C

Dans cette partie nous avons fait une étude comparative entre les trois systèmes constructifs pour une même qualité de béton, c-à-d  $f_{c28} = 30\text{MPa}$  et comparer les résultats des trois systèmes constructifs, définir leurs limites, et opté pour le système qui satisfait les conditions de résistance et d'économie.

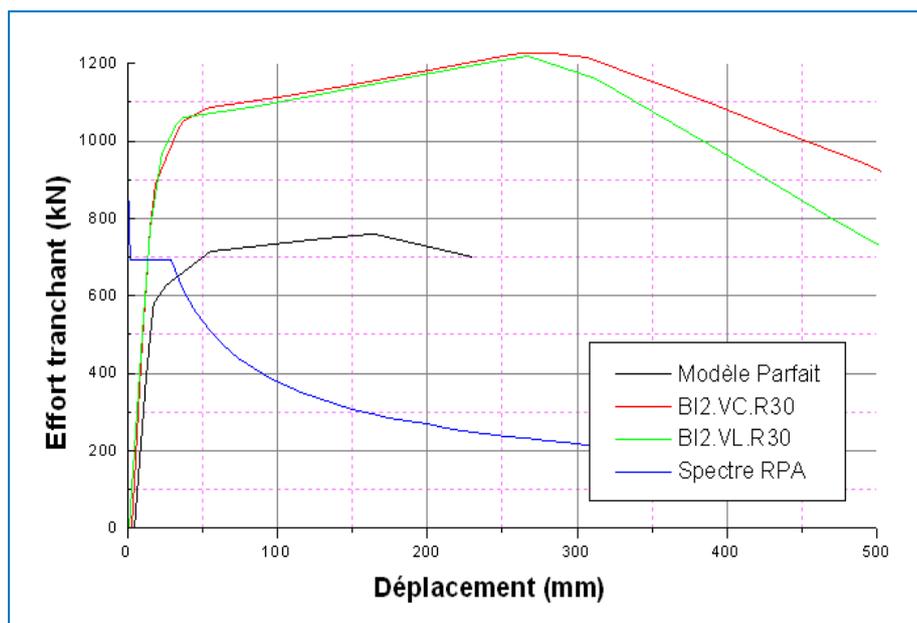


Figure 4.26 : Courbes de capacité sens x-x

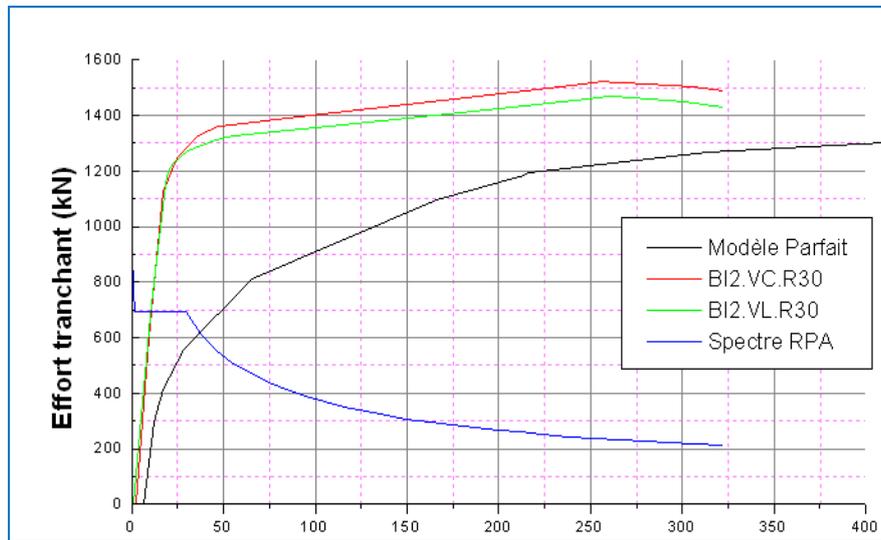


Figure 4.27 : Courbes de capacité sens y - y

Le tableau suivant regroupe les efforts tranchant à la base dans les deux sens, pour les trois modèles correspond à un déplacement donné de 150 mm pour voir l'importance de la disposition des voiles et de faire une étude comparative entre les trois systèmes constructifs (Auto-stable, Voile latéraux, Voile centraux),

Tableau 4.9 : Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 150 mm

Modèles	Réaction à la base x-x	Réaction à la base y-y
Modèle BI2.VL.R30	1150.445	1420.783
Modèle BI2.VC.R30	1130.90	1335.667
Modèle parfait BI2.AU.R30	759.88	1095.35

#### 4.4.1. Interprétation des résultats

- ✓ D'après ces valeurs l'effort tranchant à la base est plus important pour le modèle de la 1<sup>er</sup> série ou le modèle renforcé par des voiles latéraux.
- ✓ Alors le modèle renforcé par des voiles latéraux se trouve amplifier de 90% dans les deux sens, et le renforcement par des voiles centraux est amplifié de 70% pour le modèle parfait dans le sens x-x et dans le sens y-y.
- ✓ D'après ces résultats on constat que la disposition des voiles aux angles de la structure fait augmenter la résistance de la structure en moyen de 10% sur le comportement global de la structure.

## RESULTATS DE L'ANALYSE NUMERIQUE

### BATIMENT COLLECTIF

#### 5.1 Introduction

Nous présentons dans ce chapitre les résultats de l'analyse numérique des séries de modèles collectif comme suit :

- ✓ Dans la partie (A) nous exposerons les résultats de l'analyse numérique des cinq dernières séries de modèles ;
- ✓ Dans la partie (B) nous exposerons l'étude comparative entre les modèles de chaque série en termes de qualité de béton ;
- ✓ Dans la partie (C) nous exposerons l'étude comparative en terme de système de constructif entre les cinq systèmes (Auto-stable, Voile centraux, Voile latéraux).

#### 5.2 Partie – A

##### 5.2.1. 1<sup>er</sup> série de modèle Portique Auto - stable

###### 5.2.1.1 Déplacements inter étages

Pour la 1<sup>er</sup> Série des modèles, les déplacements relatifs maximums et les déplacements inter étage des différents niveaux pour les cinq structures sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 5.1 : Déplacements inter étages

	Niveau	Code	Déplacement horizontale (mm) sens x-x	Déplacement horizontale (mm) sens y-y	Déplacement relatif (mm) sens x-x	Déplacement relatif (mm) sens y-y	Déplacement Admissible (mm)
<b>Modèle parfait Structure avec un béton de <math>f_{c28}=30</math> MPa</b>	RDC	BC5.AU.R30	6.13	5.50	21.455	19.25	40.0
	1 <sup>er</sup>		14.00	12.10	27.545	23.10	30.6
	2 <sup>ème</sup>		21.63	18.44	26.705	22.19	30.6
	3 <sup>ème</sup>		28.11	23.67	22.68	18.305	30.6
	4 <sup>ème</sup>		33.47	27.44	18.76	13.195	30.6
	5 <sup>ème</sup>		36.32	30.48	9.975	10.64	30.6
<b>Structure avec un béton de <math>f_{c28}=25</math> MPa</b>	RDC	BC5.AU.R25	6.28	5.64	21.98	19.74	40.0
	1 <sup>er</sup>		14.10	12.27	27.37	23.205	30.6
	2 <sup>ème</sup>		21.86	18.54	27.16	21.945	30.6
	3 <sup>ème</sup>		28.46	23.84	23.10	18.55	30.6
	4 <sup>ème</sup>		33.54	28.00	17.78	14.56	30.6
	5 <sup>ème</sup>		37.00	30.65	12.11	9.275	30.6
<b>Structure avec un béton de <math>f_{c28}=20</math> MPa</b>	RDC	BC5.AU.R20	6.36	5.72	22.26	20.02	40.0
	1 <sup>er</sup>		14.2	12.31	27.44	23.065	30.6
	2 <sup>ème</sup>		21.92	18.67	27.02	22.26	30.6
	3 <sup>ème</sup>		28.56	24.05	23.24	18.83	30.6
	4 <sup>ème</sup>		33.62	28.1	17.71	14.175	30.6
	5 <sup>ème</sup>		37.10	30.74	12.18	9.24	30.6
<b>Structure avec un béton de <math>f_{c28}=15</math> MPa</b>	RDC	BC5.AU.R15	6.42	5.74	22.47	20.09	40.0
	1 <sup>er</sup>		14.34	12.38	27.72	23.24	30.6
	2 <sup>ème</sup>		22.14	18.78	27.30	22.40	30.6
	3 <sup>ème</sup>		28.85	24.21	23.485	19.005	30.6
	4 <sup>ème</sup>		34.00	28.3	18.025	14.315	30.6
	5 <sup>ème</sup>		37.54	31.00	12.39	9.45	30.6
<b>Structure avec un béton de <math>f_{c28}=10</math> MPa</b>	RDC	BC5.AU.R10	6.61	5.89	23.135	20.615	40.0
	1 <sup>er</sup>		14.77	12.70	28.56	23.835	30.6
	2 <sup>ème</sup>		22.82	19.27	28.175	22.995	30.6
	3 <sup>ème</sup>		29.76	24.86	24.29	19.565	30.6
	4 <sup>ème</sup>		35.10	29.09	18.69	14.805	30.6
	5 <sup>ème</sup>		38.80	31.88	12.95	9.765	30.6

### 5.2.1.2 Interprétation des résultats

D'après le tableau ci-dessus, nous constatons que les déplacements inter étage ne dépassent pas les déplacements admissibles pour le bâtiment collectif en R+5, même pour une mauvaise résistance du béton.

### 5.2.1.3 Effort tranchant

Le tableau ci-dessous présente les efforts tranchants à la base pour les cinq types de modèles de structures auto-stables :

Tableau 5.2 Effort tranchant à la base des cinq modèles

	<b>Modèles</b>	<b>Effort tranchant (kN) sens x-x</b>	<b>Effort tranchant (kN) sens y-y</b>	<b>0,8Vstatique (kN) sens x-x</b>	<b>0,8Vstatique (kN) sens y-y</b>
<b>f<sub>c28</sub>=30 MPa</b>	BC5.AU.R30	1777.15	1916.145	1770.38	1621.85
<b>f<sub>c28</sub>=25 MPa</b>	BC5.AU.R25	1658.075	1787.14	1634.44	1497.31
<b>f<sub>c28</sub>=20 MPa</b>	BC5.AU.R20	1535.40	1654.90	1498.67	1372.93
<b>f<sub>c28</sub>=15 MPa</b>	BC5.AU.R15	1407.44	1515.38	1363.10	1248.73
<b>f<sub>c28</sub>=10 MPa</b>	BC5.AU.R10	1266.51	1362.08	1227.21	1124.25

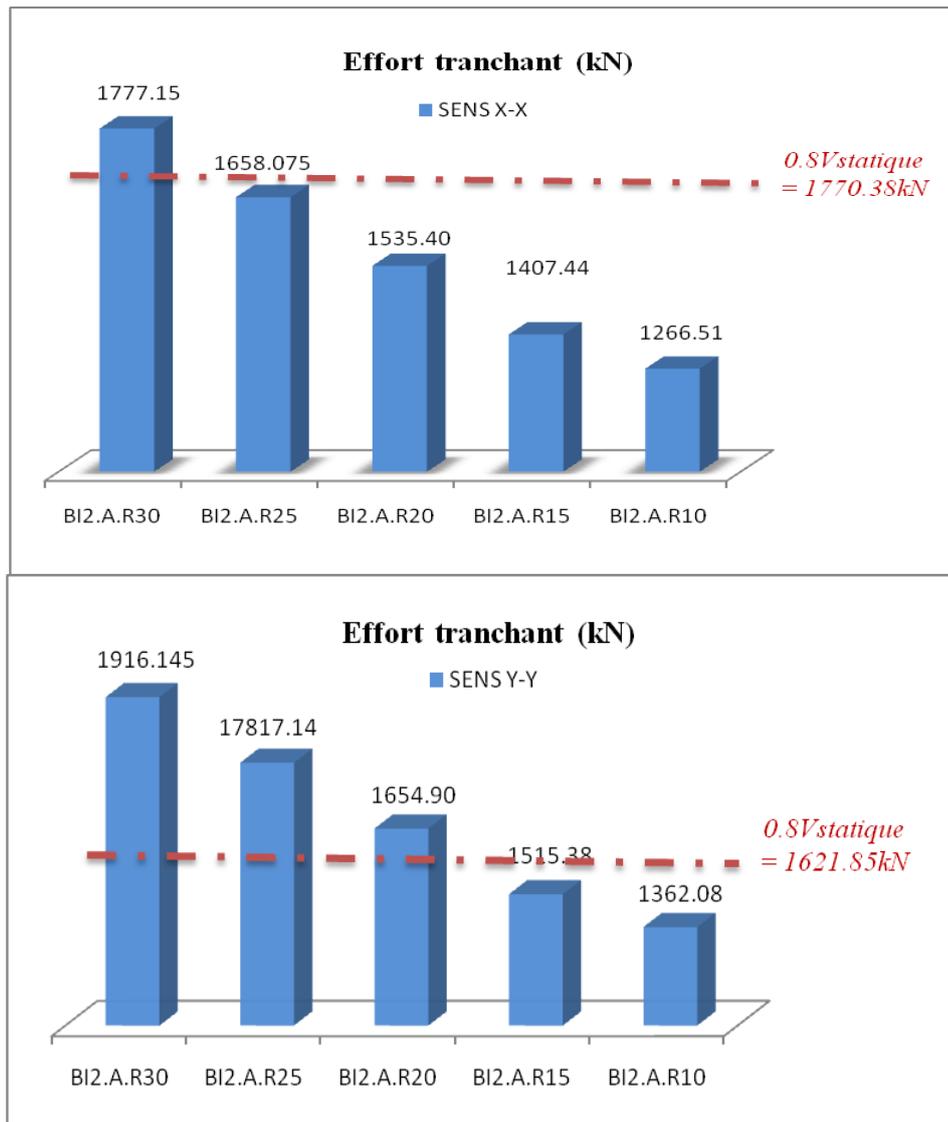


Figure 5.1 : Effort tranchant à la base des cinq modèles

#### 5.2.1.4 Interprétation des résultats

Nous remarquons que les efforts tranchant à la base pour les cinq modèles de structure vérifient la condition du règlement parasismique algérien [15] ( $F > 0,8V$  statique) pour les deux sens.

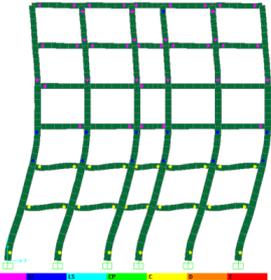
#### 5.2.1.3. Analyse pushover

Dans les tableaux et les figures présentés ci-dessous, nous montrons la propagation des rotules pour les différentes phases de l'analyse statique non linéaire et nous présentons la localisation des rotules pour la dernière étape de chaque modèle dans les deux sens:

## SENS X-X

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure



N° de pas	Déplacement (mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CptoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-0.012	0	540	0	0	0	0	0	0	0	540
1	7.829	552.798	539	1	0	0	0	0	0	0	540
2	13.984	870.39	476	64	0	0	0	0	0	0	540
3	18.924	986.823	430	110	0	0	0	0	0	0	540
4	21.177	1013.622	424	116	0	0	0	0	0	0	540
5	60.044	1153.468	357	183	0	0	0	0	0	0	540
6	69.253	1170.094	346	194	0	0	0	0	0	0	540
7	72.124	1172.745	345	195	0	0	0	0	0	0	540
8	162.853	1208.552	334	92	114	0	0	0	0	0	540
9	233.658	1236.398	317	97	108	18	0	0	0	0	540
10	279.874	1254	306	108	55	57	0	14	0	0	540
11	283.319	1254.088	305	109	44	64	0	18	0	0	540
12	338.772	1247.26	301	113	0	90	0	36	0	0	540
13	346.427	1244.667	300	114	0	60	0	66	0	0	540
14	371.282	1216.099	300	114	0	48	0	78	0	0	540
15	400	1200	300	114	0	48	0	78	0	0	540

Figure 5.2 : Modèle BC5.AU.R30 Sens X-X

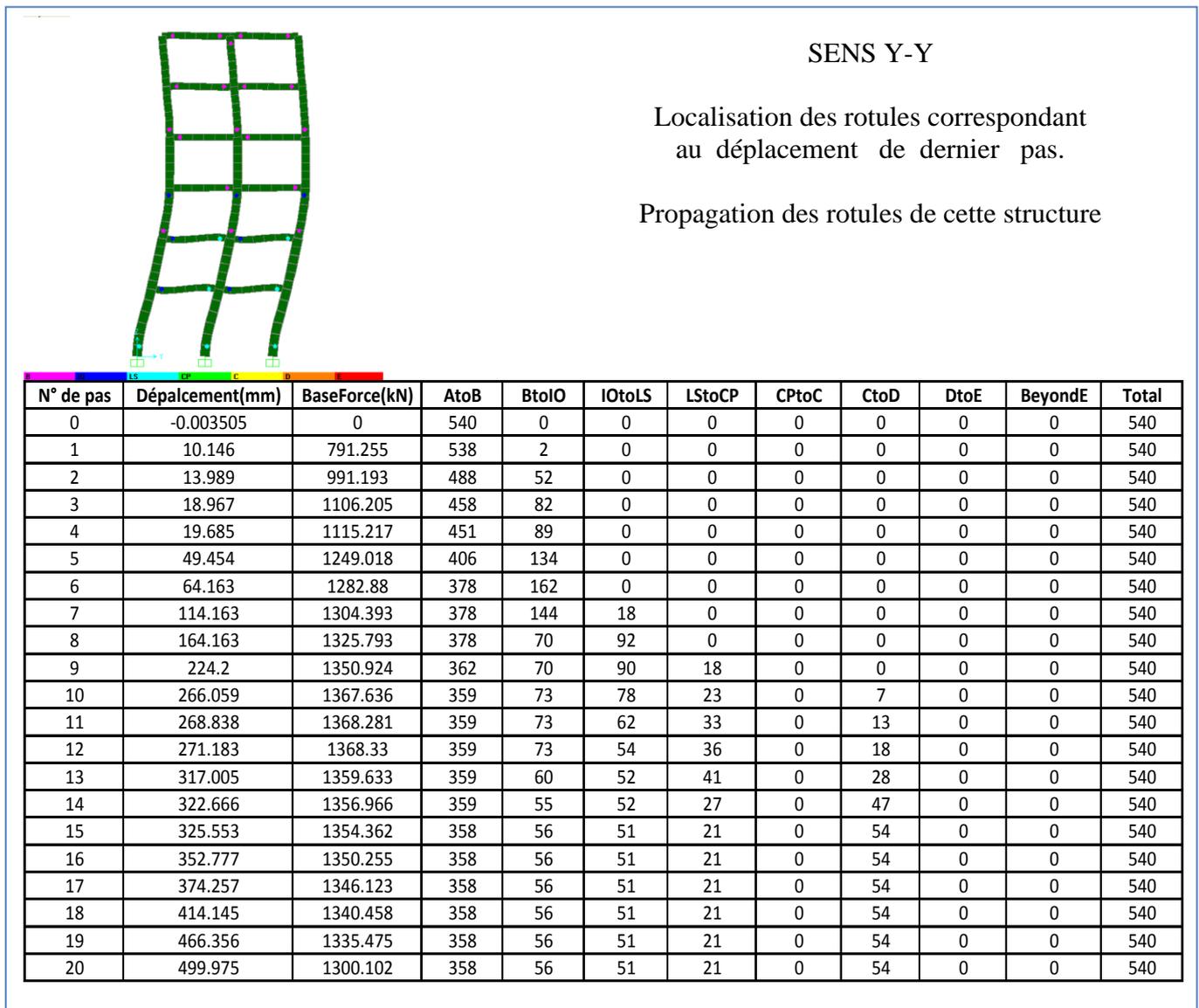
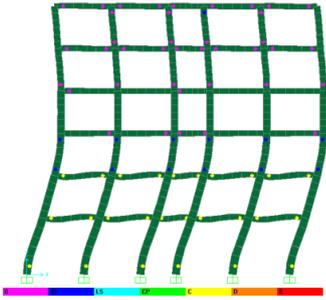


Figure 5.3 : modèle BC5.AU .R30 Sens Y-Y



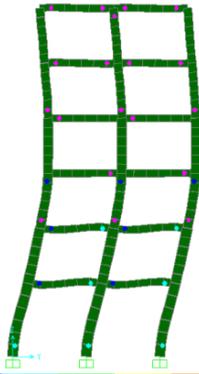
SENS X-X

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°de pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-0.01	0	540	0	0	0	0	0	0	0	540
1	8.325	553.08	539	1	0	0	0	0	0	0	540
2	14.567	860.852	475	65	0	0	0	0	0	0	540
3	18.321	943.611	442	98	0	0	0	0	0	0	540
4	20.55	970.414	427	113	0	0	0	0	0	0	540
5	58.693	1110.562	370	170	0	0	0	0	0	0	540
6	71.256	1134.361	342	198	0	0	0	0	0	0	540
7	73.29	1136.135	340	200	0	0	0	0	0	0	540
8	123.29	1155.207	336	186	18	0	0	0	0	0	540
9	173.29	1174.172	334	80	126	0	0	0	0	0	540
10	243.08	1200.624	327	87	108	18	0	0	0	0	540
11	276.129	1213.1	317	97	87	27	0	12	0	0	540
12	278.738	1213.309	315	99	57	52	0	17	0	0	540
13	281.772	1213.051	314	100	47	61	0	18	0	0	540
14	326.13	1203.023	312	102	24	66	0	36	0	0	540
15	332.103	1200.158	312	102	23	44	0	59	0	0	540
16	340.947	1191.481	312	102	23	25	0	78	0	0	540
17	366.427	1152.55	312	102	23	25	0	78	0	0	540
18	371.282	1148.23	312	102	23	25	0	78	0	0	540
19	400	1100.023	312	102	23	25	0	78	0	0	540

Figure 5.4 : modèle BC5.AU .R25 Sens X-X



## SENS Y-Y

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N° de pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-0.003103	0	540	0	0	0	0	0	0	0	540
1	10.886	798.838	538	2	0	0	0	0	0	0	540
2	14.477	974.703	492	48	0	0	0	0	0	0	540
3	18.589	1063.979	463	77	0	0	0	0	0	0	540
4	19.04	1069.895	458	82	0	0	0	0	0	0	540
5	48.656	1204.544	410	130	0	0	0	0	0	0	540
6	65.877	1244.966	392	148	0	0	0	0	0	0	540
7	67.291	1246.164	391	149	0	0	0	0	0	0	540
8	144.153	1279.099	372	100	68	0	0	0	0	0	540
9	194.153	1307.099	372	60	108	0	0	0	0	0	540
10	244.153	1336.494	372	60	90	18	0	0	0	0	540
11	262.229	1346.657	367	65	80	23	0	5	0	0	540
12	265.405	1347.686	367	65	71	26	0	11	0	0	540
13	267.997	1347.883	367	65	58	34	0	16	0	0	540
14	268.34	1347.798	367	65	56	36	0	16	0	0	540
15	268.341	1347.798	367	65	56	36	0	16	0	0	540
16	271.183	1340.157	367	65	50	40	0	18	0	0	540
17	317.005	1335.245	367	65	50	40	0	18	0	0	540
18	322.666	1335.785	367	65	50	40	0	18	0	0	540
19	325.553	1335.201	367	65	50	40	0	18	0	0	540
20	352.777	1335.741	367	65	50	40	0	18	0	0	540
21	374.257	1335.895	367	65	50	40	0	18	0	0	540
22	414.145	1320.099	367	65	50	30	0	28	0	0	540
23	466.356	1280.369	367	65	50	30	0	28	0	0	540
24	499.975	1250.786	367	65	50	30	0	28	0	0	540

Figure 5.5 : modèle BC5.AU .R25 Sens Y-Y

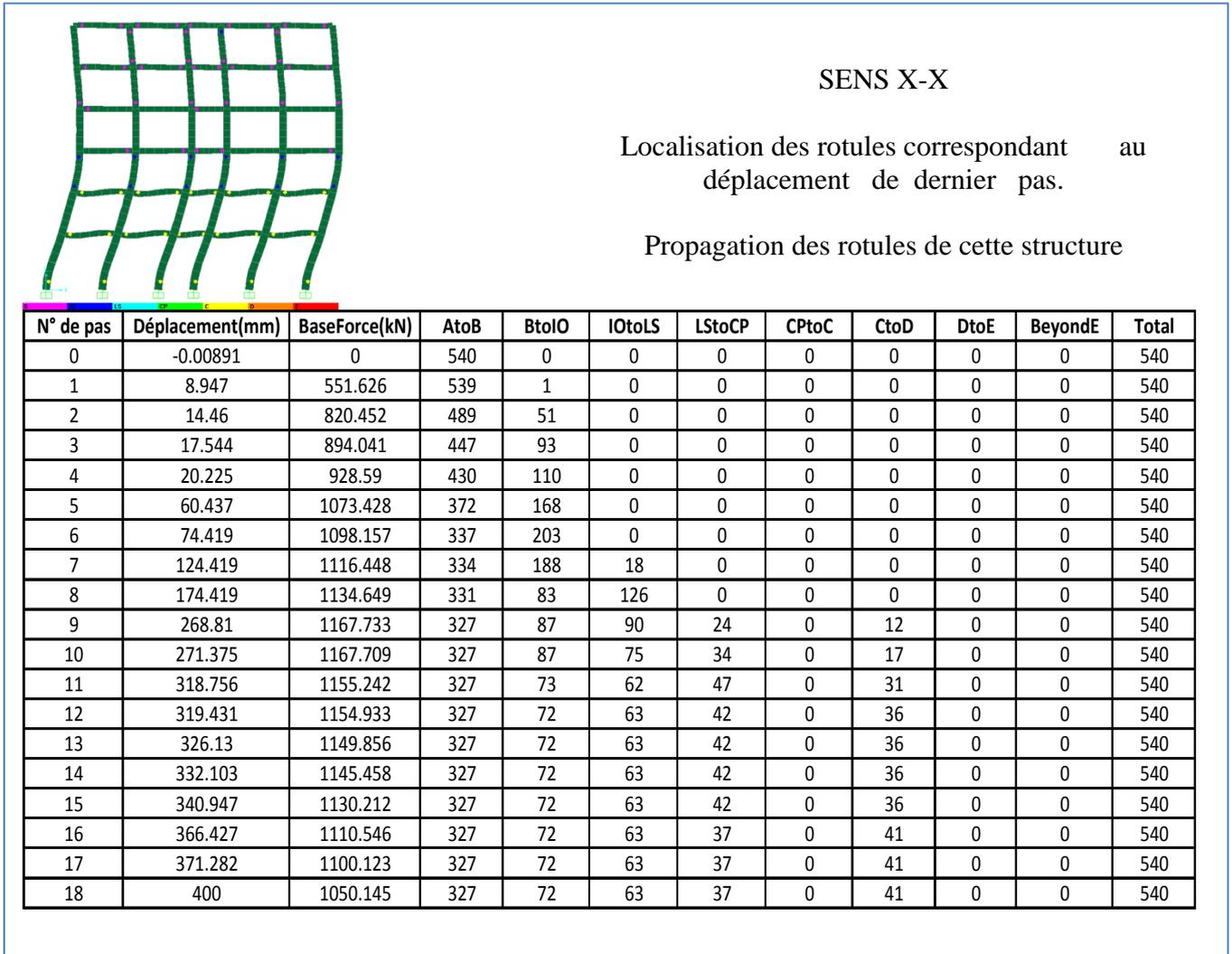
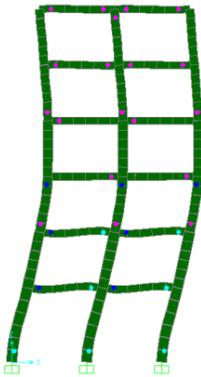


Figure 5.6 : modèle BC5.AU .R20 Sens X-X



SENS Y-Y  
Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N° de pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CptoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-0.002674	0	540	0	0	0	0	0	0	0	540
1	11.801	803.859	538	2	0	0	0	0	0	0	540
2	15.374	959.878	489	51	0	0	0	0	0	0	540
3	18.358	1018.625	466	74	0	0	0	0	0	0	540
4	19.246	1027.815	462	78	0	0	0	0	0	0	540
5	46.084	1152.499	415	125	0	0	0	0	0	0	540
6	69.514	1210.133	391	148	1	0	0	0	0	0	540
7	71.54	1212.057	388	145	7	0	0	0	0	0	540
8	121.54	1236.476	386	136	18	0	0	0	0	0	540
9	186.598	1275.508	369	87	84	0	0	0	0	0	540
10	256.827	1318.51	368	52	93	22	0	5	0	0	540
11	260.489	1320.237	367	53	83	26	0	11	0	0	540
12	263.164	1321.066	367	53	73	32	0	15	0	0	540
13	263.164	1321.066	367	53	73	32	0	15	0	0	540
14	263.272	1320.998	367	53	71	34	0	15	0	0	540
15	263.273	1320.998	367	53	71	34	0	15	0	0	540
16	271.183	1315.125	367	53	60	30	0	30	0	0	540
17	317.005	1310.022	367	53	60	30	0	30	0	0	540
18	322.666	1310.785	367	53	60	30	0	30	0	0	540
19	325.553	1310.142	367	53	60	30	0	30	0	0	540
20	352.777	1310.001	367	53	60	30	0	30	0	0	540
21	374.257	1310.909	367	53	60	30	0	30	0	0	540
22	414.145	1290.115	367	53	60	30	0	18	12	0	540
23	466.356	1250.786	367	53	60	30	0	18	12	0	540
24	499.975	1200.099	367	53	60	30	0	18	12	0	540

Figure 5.7 : modèle BC5.AU .R20 Sens y-y

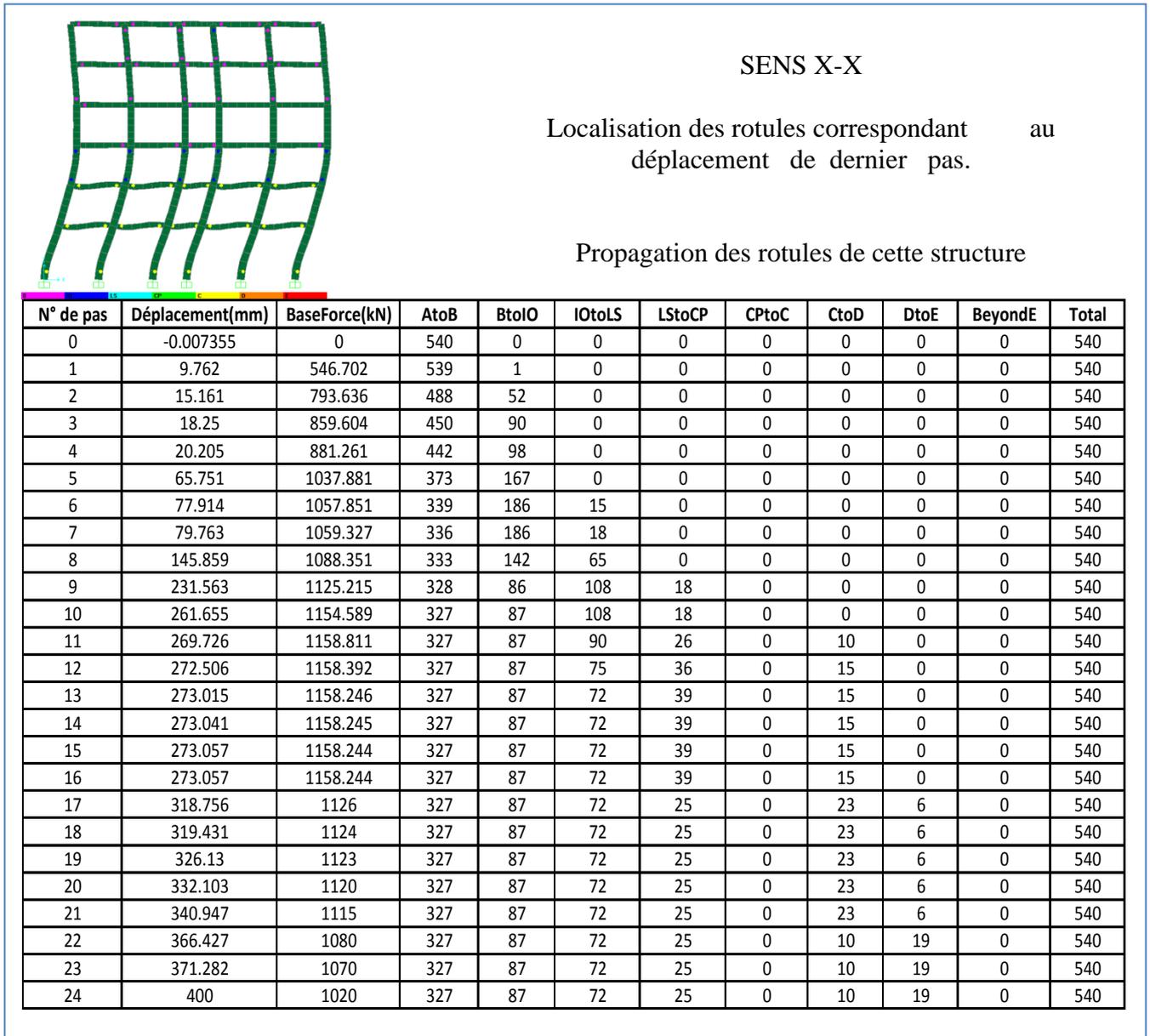


Figure 5.8 : Modèle BC5.AU .R15 Sens X-X

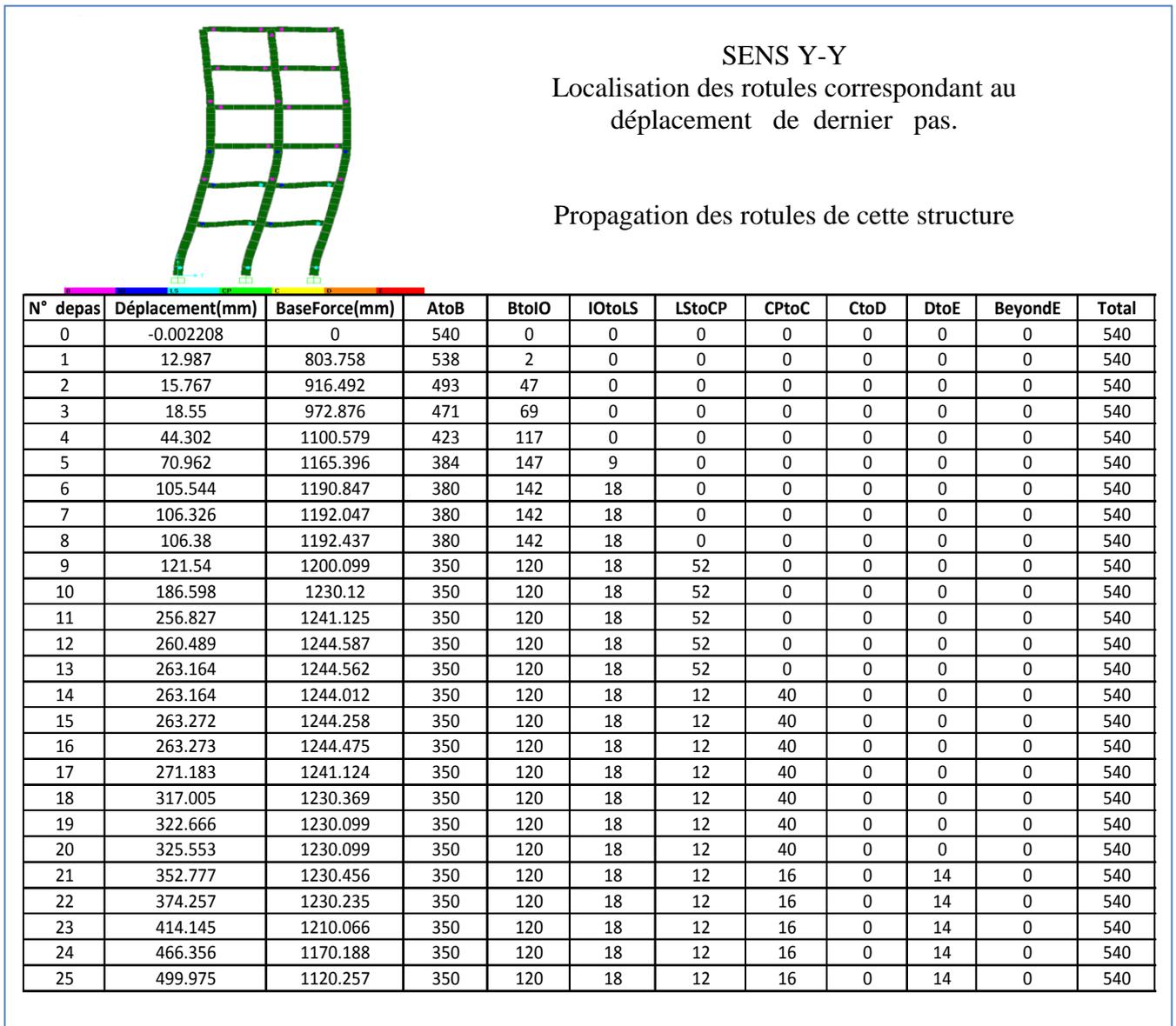


Figure 5.9 : modèle BC5.AU .R15 Sens Y-Y

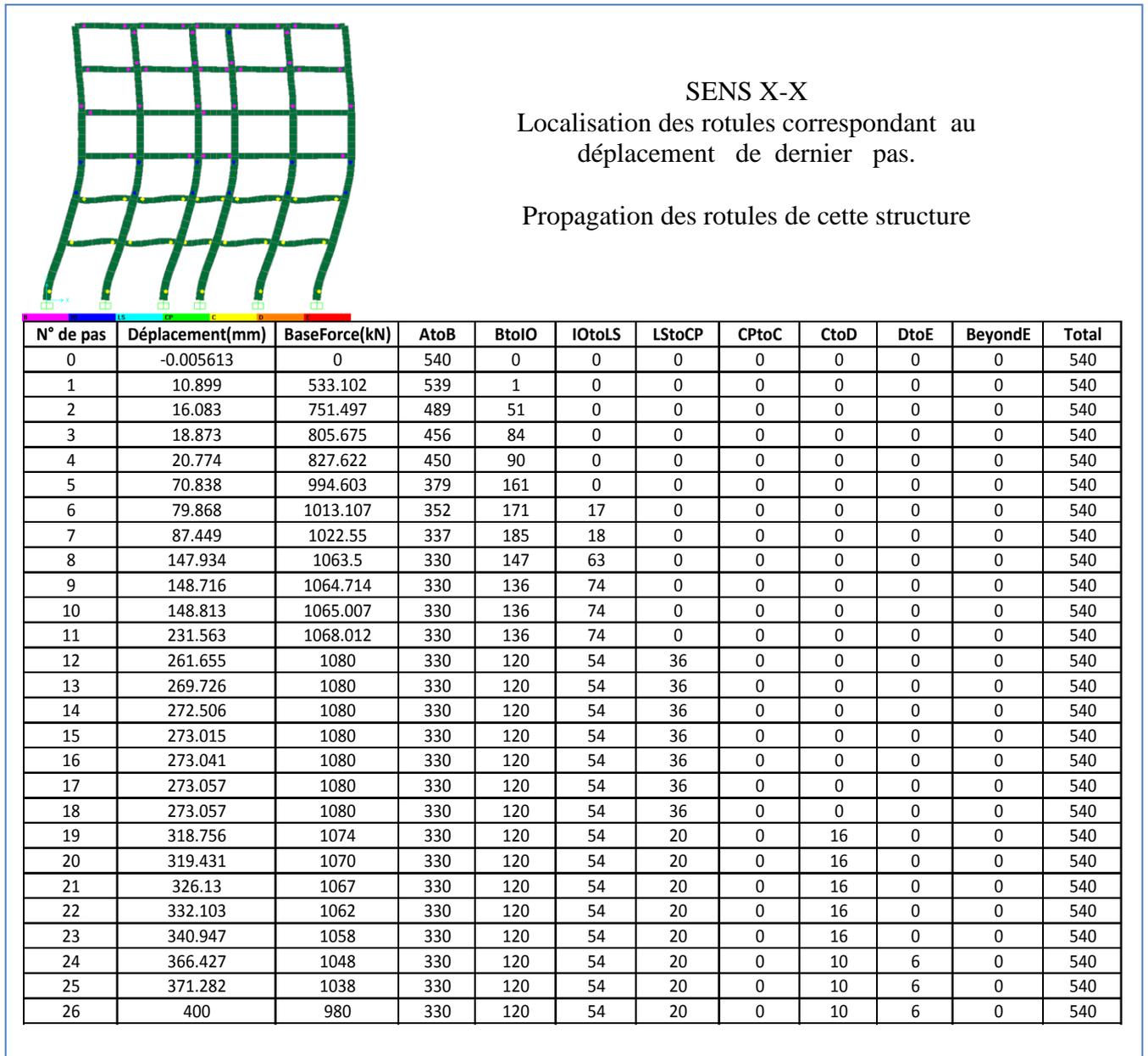


Figure 5.10 : modèle BC5.AU .R10 Sens X-X

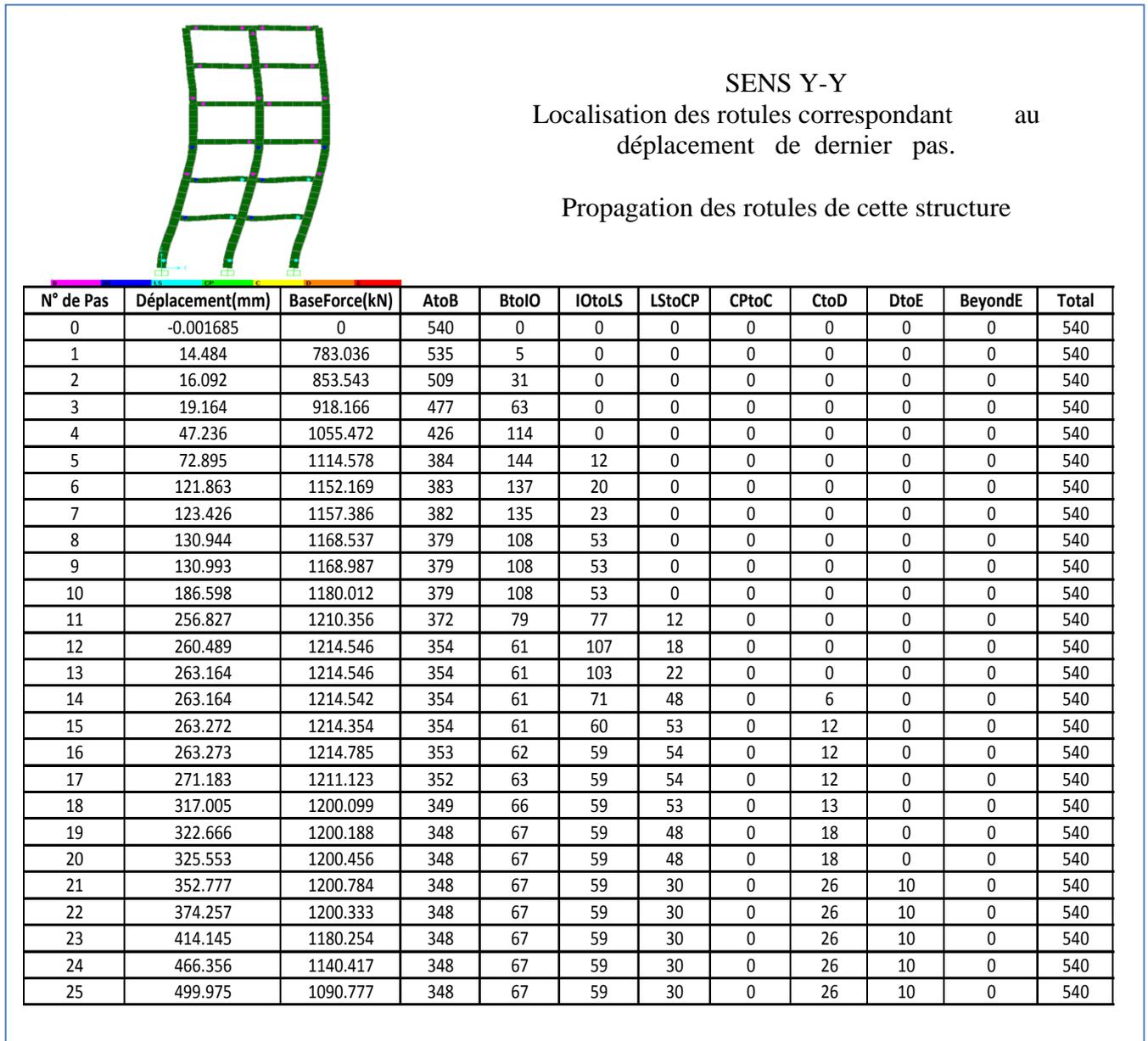


Figure 5.11 : modèle BC5.AU .R10 Sens Y-Y

#### 5.2.1.4 Plastification des rotules

Selon les résultats de l'analyse présentée dans les tableaux et figures ci-dessus montrant la formation des rotules plastiques dans les cinq modèles, nous constatons :

- L'analyse pushover des cinq modèles auto-stables est caractérisée par la formation de rotules de flexion. Cela nous semble assez correct, car tous les éléments dans les deux directions X, Y, sont essentiellement des éléments élancés (en élévation),
- Pour le modèle parfait BC5.AU.R30, nous observons que l'apparition des rotules de plastification est à partir de 552.798 kN qui correspond à un déplacement de 7.829 mm dans le sens x-x et 791.255 kN correspond à un déplacement de 10.146 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 1254 kN qui correspond à un déplacement de 279.874 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1367.636 kN qui correspond à un déplacement 266.059 mm dans le sens y-y.

- Pour le modèle BC5.AU.R25 nous observons que l'apparition des rotules de plastification est à partir de 553.08 kN correspond à un déplacement de 8.325 mm dans le sens x-x et 798.838 kN qui correspond à un déplacement de 10.886 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 1213.10 kN qui correspond à un déplacement de 276.129 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1346.657 kN qui correspond à un déplacement de 262.229 mm dans le sens y-y.

- Par contre pour le modèle BC5.AU.R20 nous observons que l'apparition des rotules de plastification à partir de 551.626 kN correspond à un déplacement de 8.947 mm dans le sens x-x et 803.859 kN qui correspond à un déplacement de 11.801 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 1167.733 kN qui correspond à un déplacement de 268.81 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1318.51 kN qui correspond à un déplacement de 256.827 mm dans le sens y-y.

- Pour le modèle BC5.AU.R15, nous observons que l'apparition des rotules de plastification à partir de 546.702 kN correspond à un déplacement de 9.762 mm dans

le sens x-x et 803.758 kN correspond à un déplacement de 12.987 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 1158.811 kN qui correspond à un déplacement de 269.726 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1230.456 kN qui correspond à un déplacement de 352.777 mm dans le sens y-y.

- Finalement, pour le modèle BC5.AU.R10 nous observons que l'apparition des rotules de plastification à partir de 533.102 kN correspond à un déplacement de 10.899 mm dans le sens x-x et 783.036 kN correspond à un déplacement de 14.484 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 1074.00 kN qui correspond à un déplacement de 318.756 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1200.784 kN qui correspond à un déplacement de 352.777 mm dans le sens y-y.

## 5.2.2. 2<sup>ème</sup> série de modèle Renforcement par des voiles latéraux

### 5.2.2.1 Déplacements inter étages

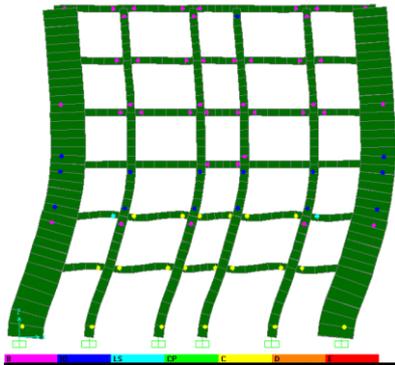
Dans cette Série de modèles, les déplacements relatifs maximums et les déplacements inter étage des différents niveaux pour les trois structures sont vérifiés car les modèles sont les mêmes que ceux de la première série avec un ajout de voiles de renforcements latéraux.

### 5.2.2.2 Effort tranchant

La même remarque pourrait être faite concernant les résultats des efforts tranchant à la base pour les trois modèles de structure qui vérifié largement t la condition du RPA99 Ver 2003 ( $F > 0,8V$  statique) pour les deux sens.

### 5.2.2.3 Analyse pushover

Dans les tableaux et les figures présentés ci-dessous nous montrons la propagation des rotules pour les différentes phases de l'analyse statique non linéaire et figures la localisation des rotules pour la dernière étape de chaque modèle dans les deux sens:



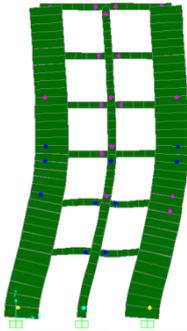
SENS X-X

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N° de pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-0.025	0	540	0	0	0	0	0	0	0	540
1	8.202	726.037	539	1	0	0	0	0	0	0	540
2	15.61	1225.798	460	80	0	0	0	0	0	0	540
3	23.683	1494.899	398	142	0	0	0	0	0	0	540
4	26.201	1541.077	382	158	0	0	0	0	0	0	540
5	28.866	1568.221	368	172	0	0	0	0	0	0	540
6	33.704	1598.388	361	179	0	0	0	0	0	0	540
7	46.241	1632.933	342	198	0	0	0	0	0	0	540
8	65.117	1665.549	341	199	0	0	0	0	0	0	540
9	74.257	1676.058	340	200	0	0	0	0	0	0	540
10	124.257	1696.72	340	198	2	0	0	0	0	0	540
11	174.257	1717.297	340	182	18	0	0	0	0	0	540
12	224.257	1737.95	339	26	175	0	0	0	0	0	540
13	274.257	1758.399	339	3	198	0	0	0	0	0	540
14	324.257	1778.915	339	3	187	11	0	0	0	0	540
15	374.257	1799.368	339	3	180	18	0	0	0	0	540
16	414.145	1815.734	339	3	31	161	0	6	0	0	540
17	466.356	1690.072	339	0	9	174	0	18	0	0	540
18	499.975	1598.211	339	0	9	63	0	129	0	0	540

Figure 5.12 : Modèle BC5.VL .R30 Sens X-X



## SENS Y-Y

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N° de Pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CptoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-7.75E-04	0	540	0	0	0	0	0	0	0	540
1	9.223	904.87	538	2	0	0	0	0	0	0	540
2	13.794	1253.136	489	51	0	0	0	0	0	0	540
3	21.966	1548.952	434	106	0	0	0	0	0	0	540
4	28.61	1691.26	415	125	0	0	0	0	0	0	540
5	43.695	1790.79	398	142	0	0	0	0	0	0	540
6	52.082	1821.903	389	151	0	0	0	0	0	0	540
7	72.451	1854.267	370	170	0	0	0	0	0	0	540
8	80.36	1860.734	367	173	0	0	0	0	0	0	540
9	140.132	1889.541	361	163	16	0	0	0	0	0	540
10	198.728	1917.376	357	127	56	0	0	0	0	0	540
11	248.728	1940.013	357	42	141	0	0	0	0	0	540
12	298.728	1962.468	355	29	156	0	0	0	0	0	540
13	348.728	1985.092	355	26	141	18	0	0	0	0	540
14	400.257	2007.986	355	24	77	76	0	8	0	0	540
15	413.626	2011.672	355	24	50	98	0	13	0	0	540
16	417.897	2011.011	355	24	42	105	0	14	0	0	540
17	469.783	1985.216	355	20	13	125	0	27	0	0	540
18	498.661	1960.308	355	20	11	60	0	94	0	0	540
19	499.999	1958.575	355	20	11	57	0	97	0	0	540

Figure 5.13 : Modèle BC5.VL .R30 Sens Y-Y

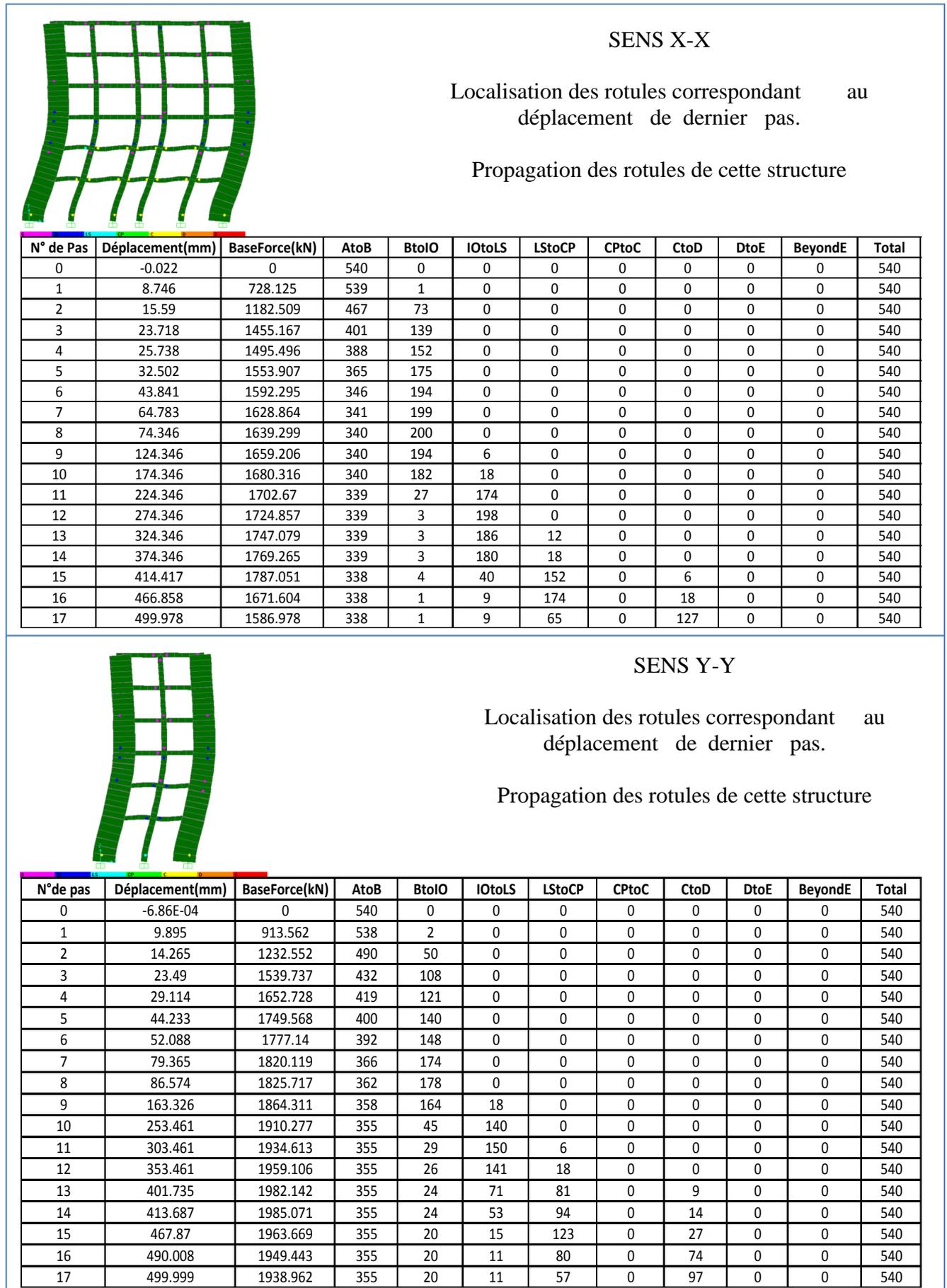


Figure 5.14 : modèle BC5.VL .R25

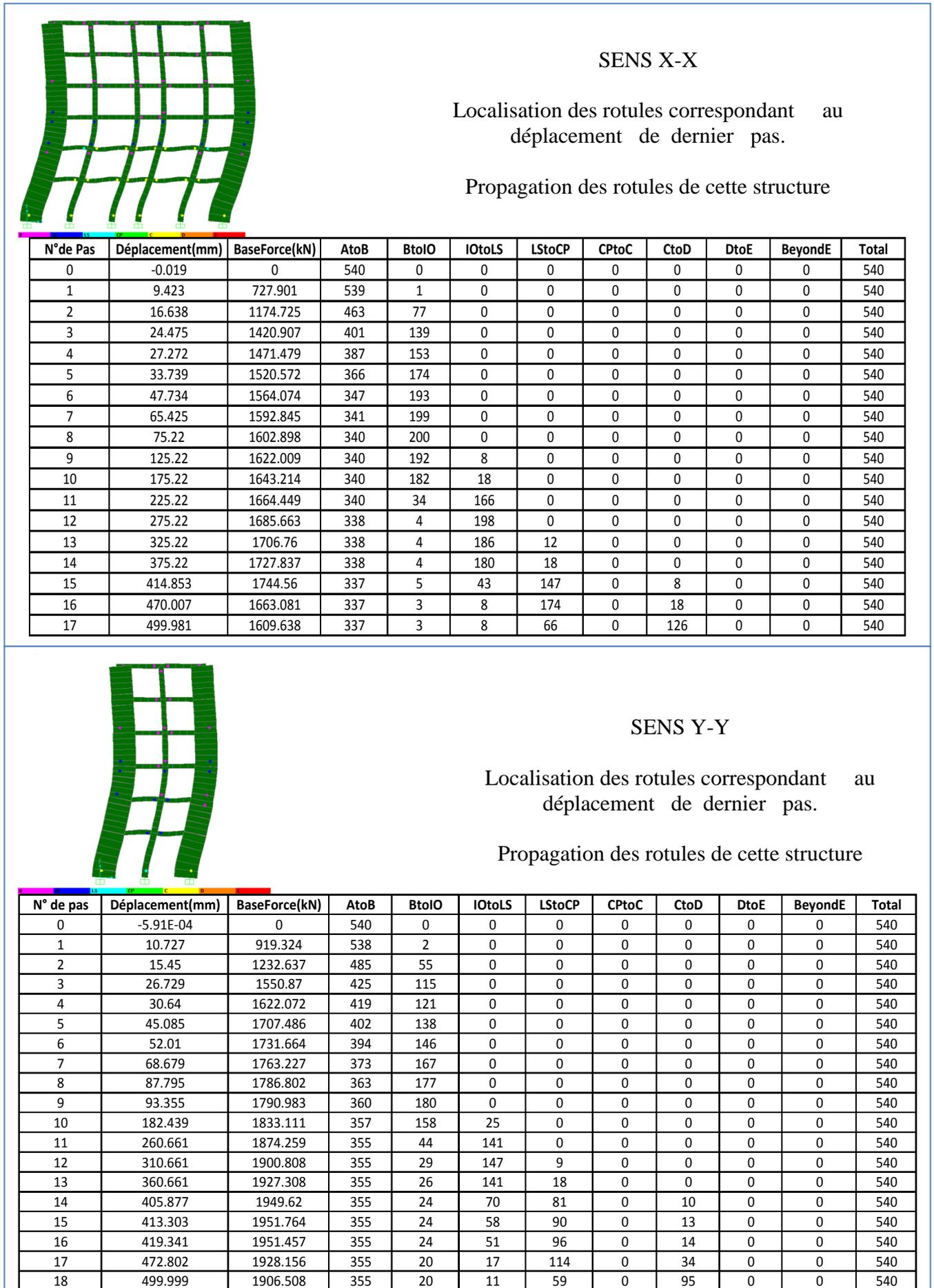


Figure 5.15 : modèle BC5.VL .R20

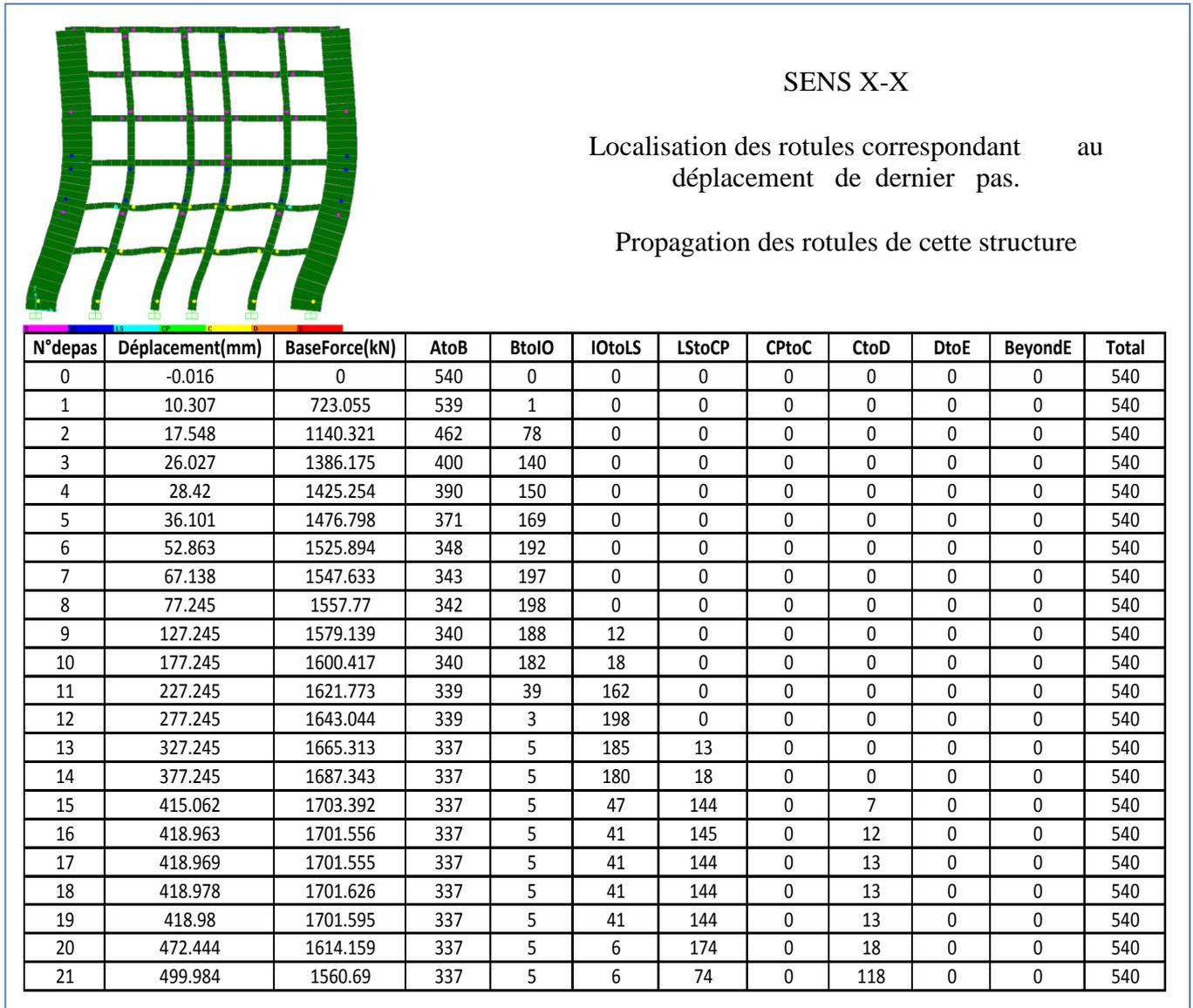


Figure 5.16 : modèle BC5.VL .R15 Sens X-X

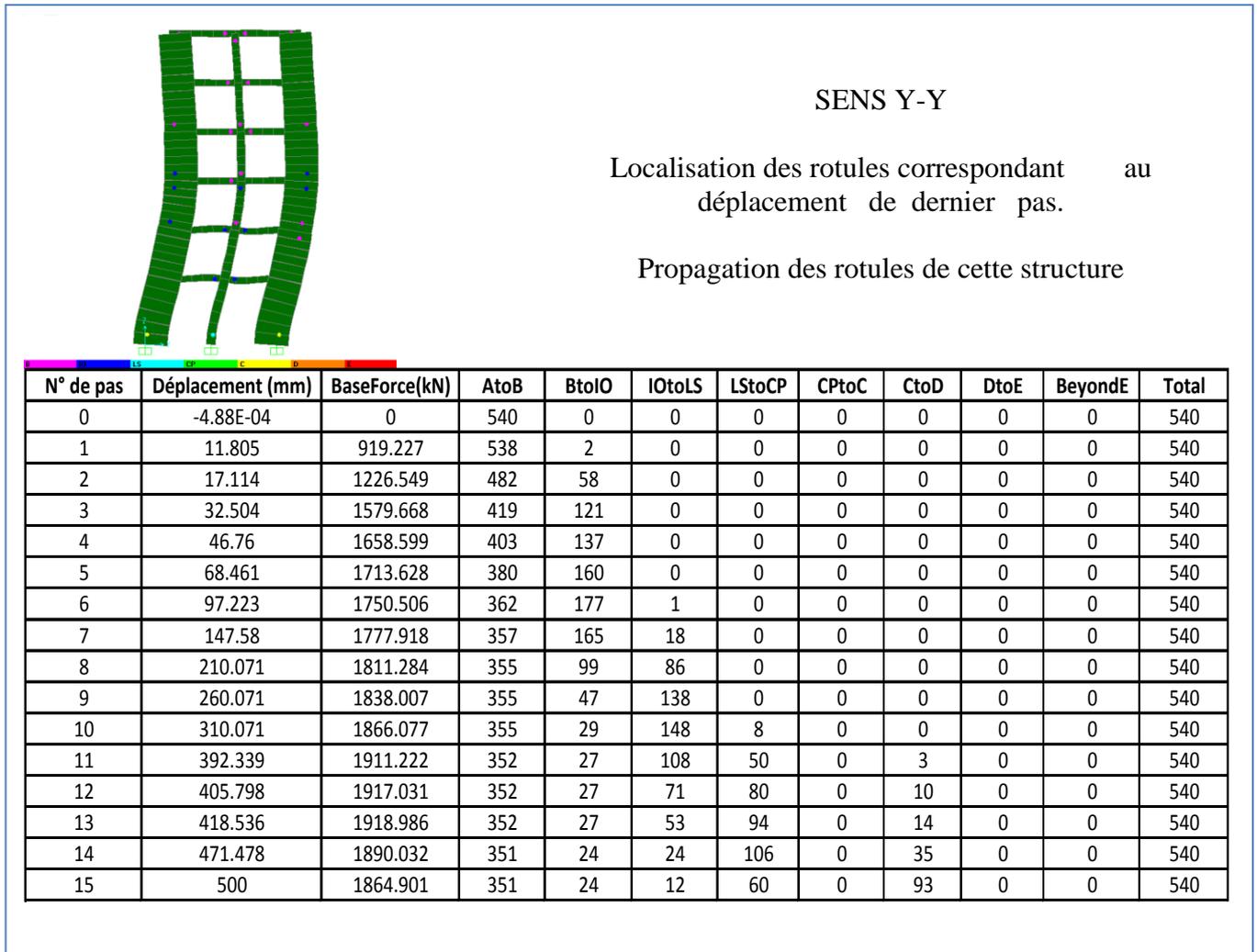


Figure 5.17 : modèle BC5.VL .R15 Sens Y-Y

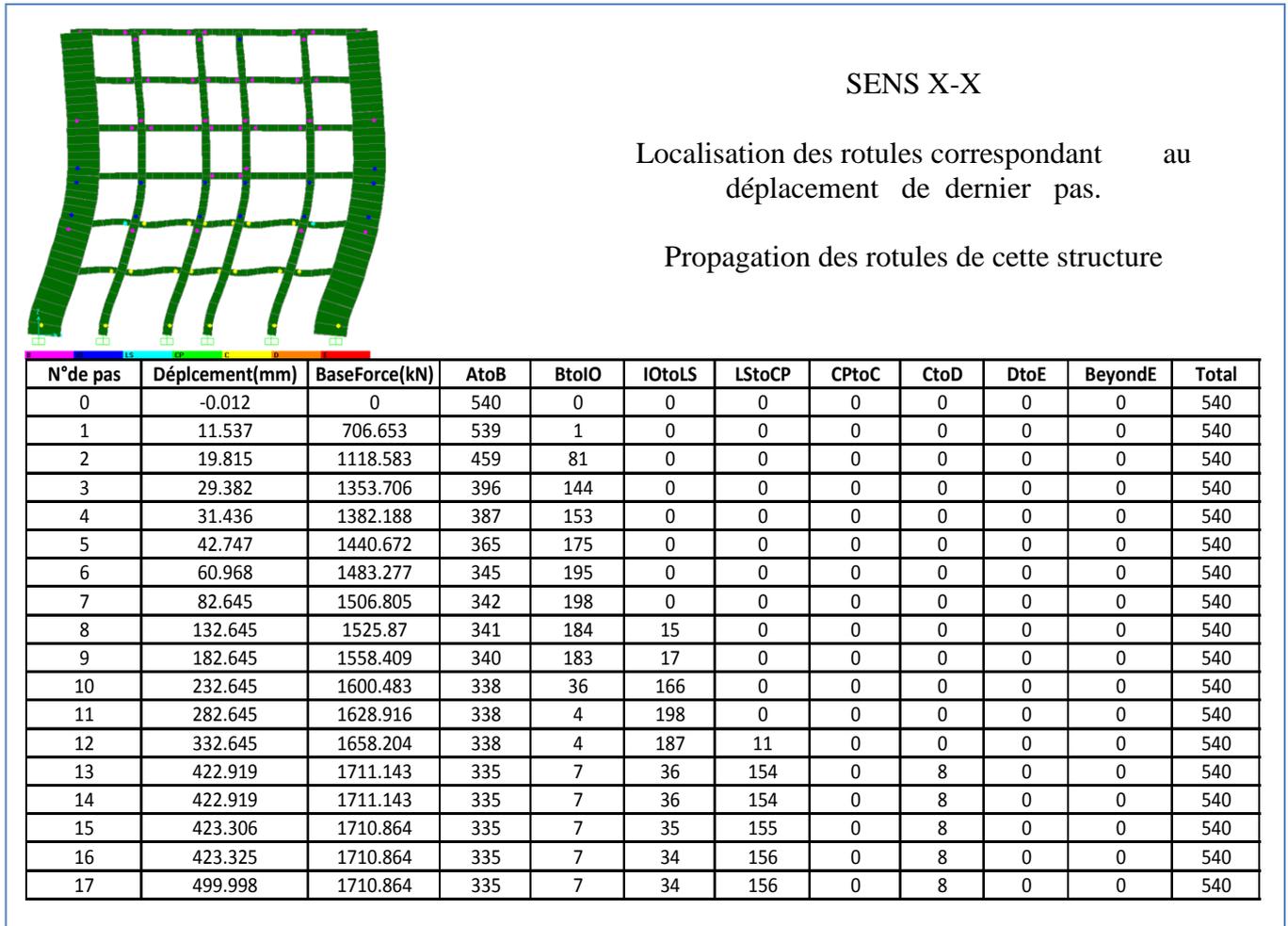


Figure 5.18 : modèle BC5.VL .R10 Sens X-X

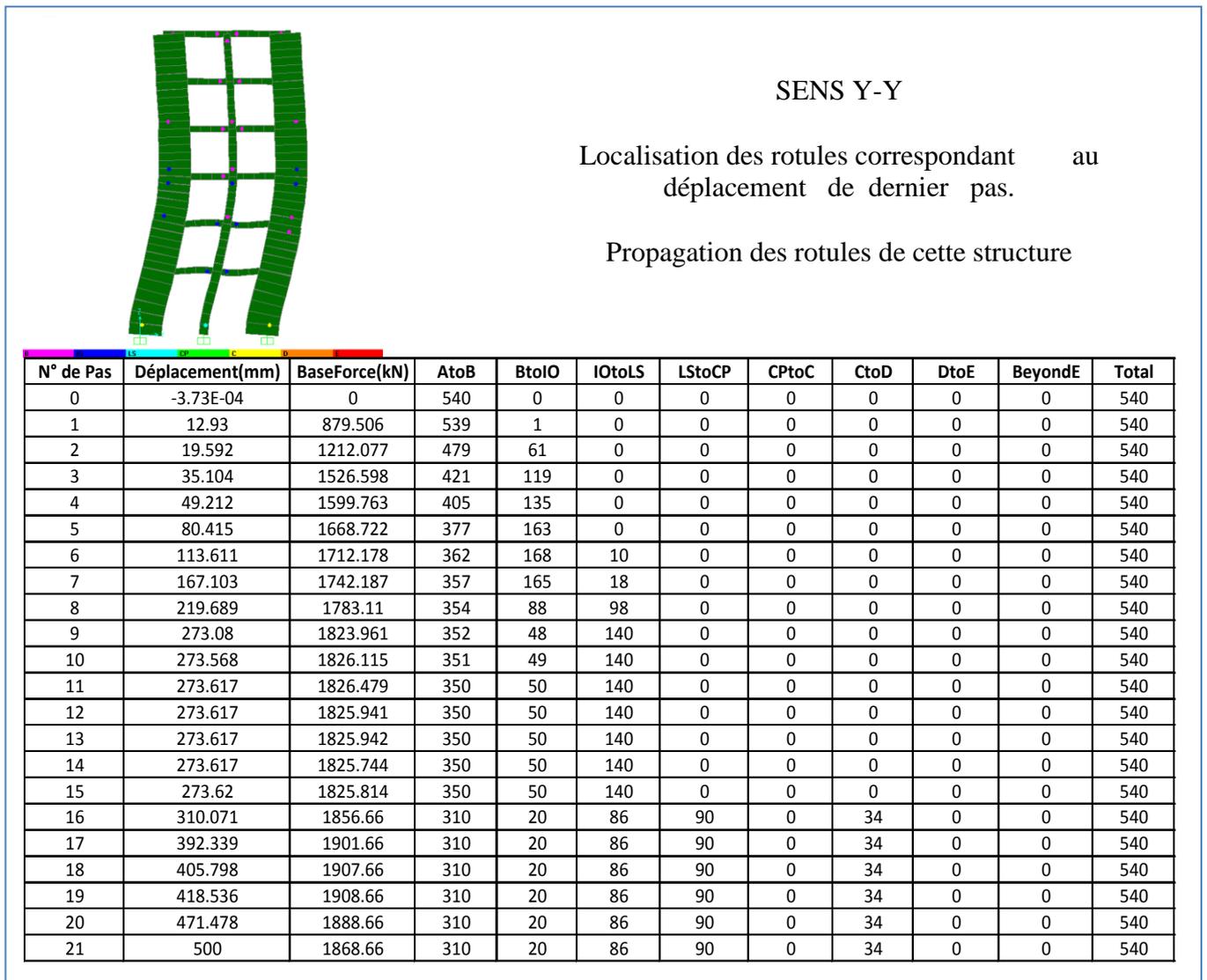


Figure 5.19 : modèle BC5.VL .R10 Sens Y-Y

#### 5.2.2.4 Plastification des rotules

Selon les résultats de l'analyse présentée dans les tableaux et figures ci-dessus montrant la formation des rotules dans les cinq modèles, nous constatons :

- L'analyse pushover des cinq modèles renforcés par des voiles latéraux est caractérisée par la formation de rotules de flexion. Cela nous semble assez correct, car tous les éléments dans les deux directions X, Y, même pour les voiles sont essentiellement des éléments élancés en élévation (une largeur faible par rapport à la hauteur),
- Pour le BC5.VL.R30, nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 726.037 kN correspond à un déplacement de 8.202 mm dans le sens x-x et 904.87 kN correspond à un déplacement de 9.233 mm dans le sens y-y. Pour un effort tranchant de 1815.734 kN qui correspond à un déplacement de 414.145 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x ainsi que un effort tranchant de 2007.986 kN qui correspond à un déplacement de 400.257 mm dans le sens y-y.
- Pour le BC5.VL.R25, nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 728.125 kN correspond à un déplacement de 8.746 mm dans le sens x-x et 913.562 kN correspond à un déplacement de 9.895 mm dans le sens y-y. Pour un effort tranchant de 1787.051kN qui correspond à un déplacement de 414.417 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1982.142 kN qui correspond à un déplacement de 401.735 mm dans le sens y-y.
- Par contre pour le modèle BC5.VL.R20, nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 727.901 kN correspond à un déplacement de 9.423 mm dans le sens x-x et 919.324 kN correspond à un déplacement de 10.727 mm dans le sens y-y. Pour un effort tranchant de 1744.560 kN qui correspond à un déplacement de 414.853 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1949.620 kN qui correspond à un déplacement de 405.877 mm dans le sens y-y.
- Le modèle BC5.VL.R15, nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 723.055 kN correspond à un déplacement de 10.307 mm dans le sens x-x ainsi que un effort tranchant de 919.227 kN qui correspond à un déplacement de 11.805 mm dans le sens y-y.

Pour un effort tranchant de 1703.392 kN qui correspond à un déplacement de 415.062 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x et 1911.222 kN qui correspond à un déplacement de 392.339 mm dans le sens y-y.

- Le modèle BC5.VL.R10 nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 706.653 kN correspond à un déplacement de 11.537 mm dans le sens x-x et 879.506 kN correspond à un déplacement de 12.93 mm dans le sens y-y. Pour un effort tranchant de 1711.143 kN qui correspond à un déplacement de 422.919 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x et 1856.66 kN, 310.071 mm dans le sens y-y.

### 5.2.3 3ème Série de modèle Renforcement par des voiles centraux

#### 5.2.3.1 Déplacements inter étages

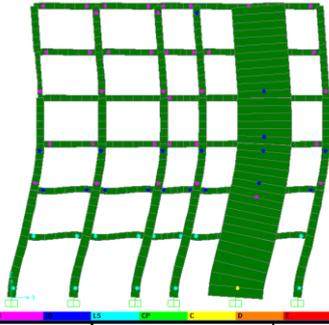
Dans cette Série de modèles, les déplacements relatifs maximums et les déplacements inter étage des différents niveaux pour les trois structures sont vérifiés car les modèle sont les mêmes que ceux de la première série avec un ajout de voiles de renforcements centraux.

#### 5.2.3.2 Effort tranchant

La même remarque pourrait être faite concernant les résultats des efforts tranchant à la base pour les trois modèles de structure qui vérifié largement la condition du RPA99 Ver 2003 ( $F > 0,8V$  statique) pour les deux sens,

#### 5.2.3.3 Analyse Pushover

Dans les tableaux et les figures présentés ci-dessous nous montons la propagation des rotules pour les différentes phases de l'analyse statique non linéaire et figures la localisation des rotules pour la dernière étape de chaque modèle dans les deux sens:

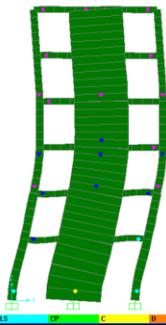


SENS X-X

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N° de Pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-0.033	0	540	0	0	0	0	0	0	0	540
1	8.731	753.179	539	1	0	0	0	0	0	0	540
2	15.992	1208.371	456	84	0	0	0	0	0	0	540
3	28.041	1555.848	377	163	0	0	0	0	0	0	540
4	32.802	1621.806	360	180	0	0	0	0	0	0	540
5	38.933	1633.434	345	195	0	0	0	0	0	0	540
6	45.968	1639.647	340	200	0	0	0	0	0	0	540
7	95.968	1659.358	340	200	0	0	0	0	0	0	540
8	145.968	1679.018	340	182	18	0	0	0	0	0	540
9	195.968	1698.709	340	162	38	0	0	0	0	0	540
10	245.968	1718.38	339	3	198	0	0	0	0	0	540
11	295.968	1737.931	339	3	198	0	0	0	0	0	540
12	345.968	1757.47	339	3	180	18	0	0	0	0	540
13	395.968	1777.022	339	3	126	72	0	0	0	0	540
14	416.791	1784.897	339	3	28	156	0	14	0	0	540
15	422.129	1783.765	339	3	21	159	0	18	0	0	540
16	472.129	1753.953	339	1	8	174	0	18	0	0	540
17	493.181	1738.139	339	0	9	80	0	112	0	0	540
18	499.967	1729.452	339	0	9	58	0	134	0	0	540



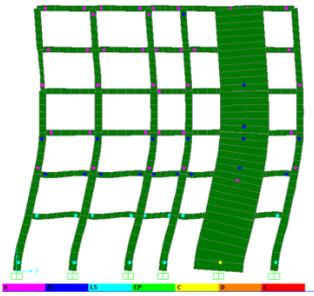
SENS Y-Y

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N° de Pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-3.88E-03	0	540	0	0	0	0	0	0	0	540
1	10.126	939.986	538	2	0	0	0	0	0	0	540
2	15.12	1274.298	479	61	0	0	0	0	0	0	540
3	24.115	1543.8	430	110	0	0	0	0	0	0	540
4	35.893	1721.182	409	131	0	0	0	0	0	0	540
5	39.294	1740.141	407	133	0	0	0	0	0	0	540
6	55.707	1784.647	388	152	0	0	0	0	0	0	540
7	74.456	1811.432	373	167	0	0	0	0	0	0	540
8	81.161	1816.458	369	171	0	0	0	0	0	0	540
9	131.161	1837.981	363	159	18	0	0	0	0	0	540
10	181.161	1859.256	361	153	26	0	0	0	0	0	540
11	231.161	1880.777	361	53	126	0	0	0	0	0	540
12	281.161	1902.266	357	27	156	0	0	0	0	0	540
13	331.161	1923.76	356	28	136	20	0	0	0	0	540
14	381.161	1945.225	356	28	125	29	0	2	0	0	540
15	405.771	1953.071	356	28	57	87	0	12	0	0	540
16	417.949	1955.556	356	28	38	102	0	16	0	0	540
17	421.795	1955.768	356	28	33	105	0	18	0	0	540
18	476.128	1941.813	356	28	4	112	0	40	0	0	540
19	493.109	1931.694	356	28	0	72	0	84	0	0	540
20	499.996	1925.23	356	28	0	54	0	102	0	0	540

Figure 5.20 : modèle BC5.VC .R30



## SENS X-X

Localisation des rotules correspondant au déplacement de dernier pas.

Propagation des rotules de cette structure

N°de Pas	Déplacement(mm)	BaseForce(kN)	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CptoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-0.029	0	540	0	0	0	0	0	0	0	540
1	9.287	753.449	539	1	0	0	0	0	0	0	540
2	17.127	1212.671	455	85	0	0	0	0	0	0	540
3	28.019	1512.266	380	160	0	0	0	0	0	0	540
4	33.673	1586.973	361	179	0	0	0	0	0	0	540
5	42.241	1602.831	347	193	0	0	0	0	0	0	540
6	48.436	1608.108	340	200	0	0	0	0	0	0	540
7	98.436	1627.295	340	200	0	0	0	0	0	0	540
8	148.436	1646.447	340	182	18	0	0	0	0	0	540
9	198.436	1665.615	340	155	45	0	0	0	0	0	540
10	248.436	1684.775	339	3	198	0	0	0	0	0	540
11	298.436	1703.808	339	3	198	0	0	0	0	0	540
12	348.436	1722.836	339	3	180	18	0	0	0	0	540
13	398.436	1741.869	339	3	113	85	0	0	0	0	540
14	415.337	1748.008	339	3	44	142	0	12	0	0	540
15	419.433	1747.071	339	3	30	150	0	18	0	0	540
16	469.433	1712.583	339	1	8	174	0	18	0	0	540
17	492.836	1693.662	339	0	9	89	0	103	0	0	540
18	499.971	1684.406	339	0	9	64	0	128	0	0	540

Figure 5.21 : Modèle BC5.VC .R25 Sens X-X

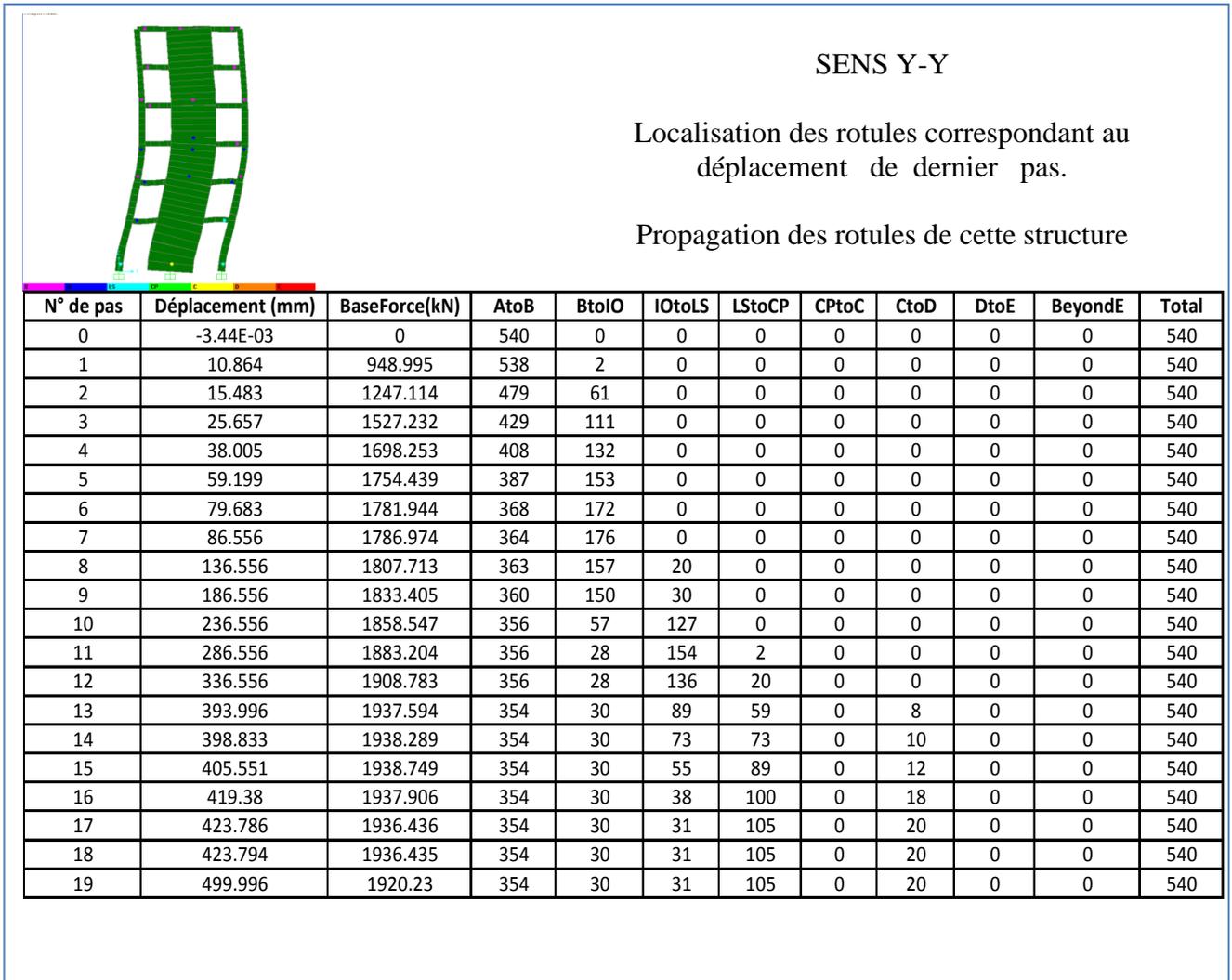


Figure 5.22 : modèle BC5.VC .R25 Sens Y-Y

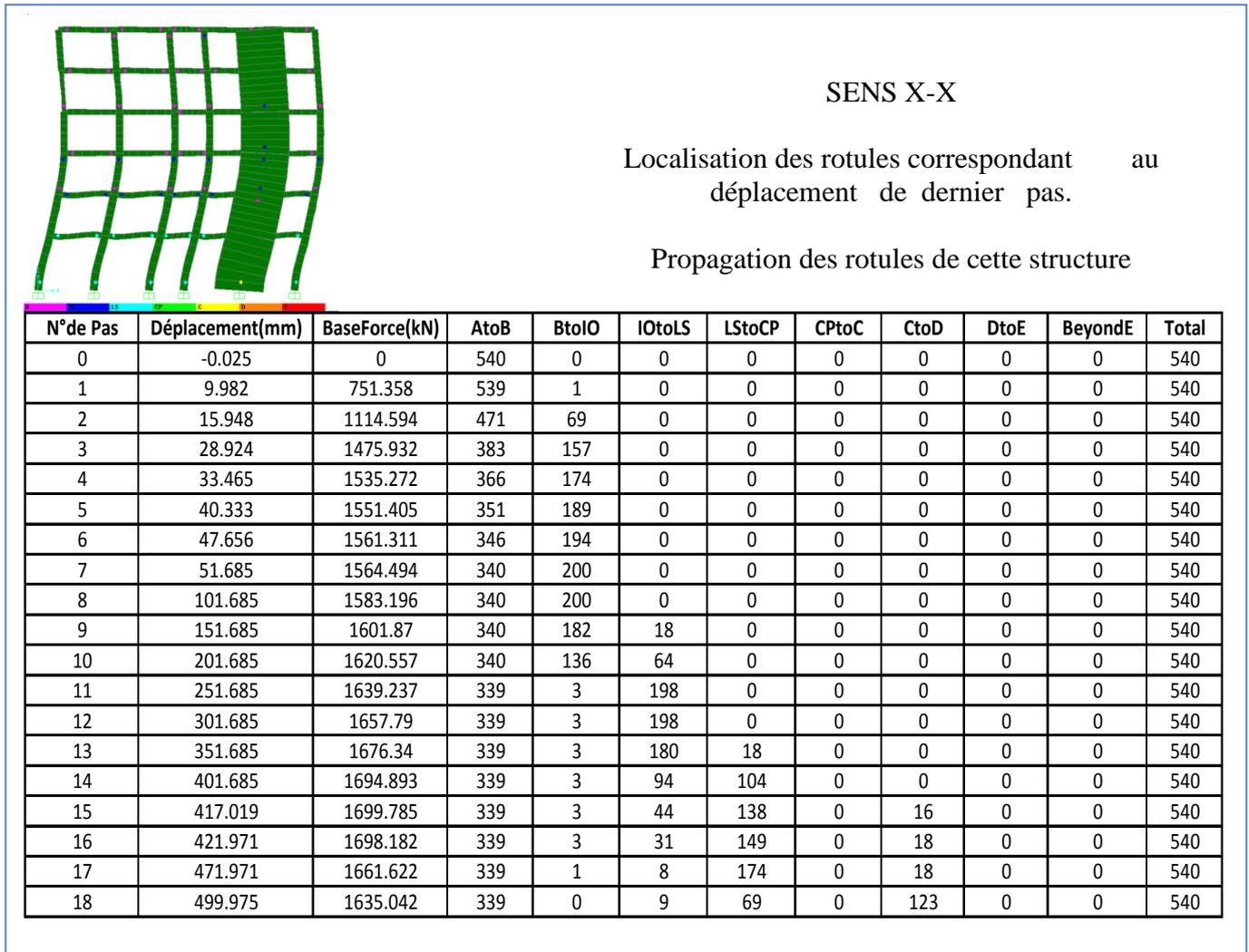


Figure 5.23 : modèle BC5.VC .R20 Sens X-X

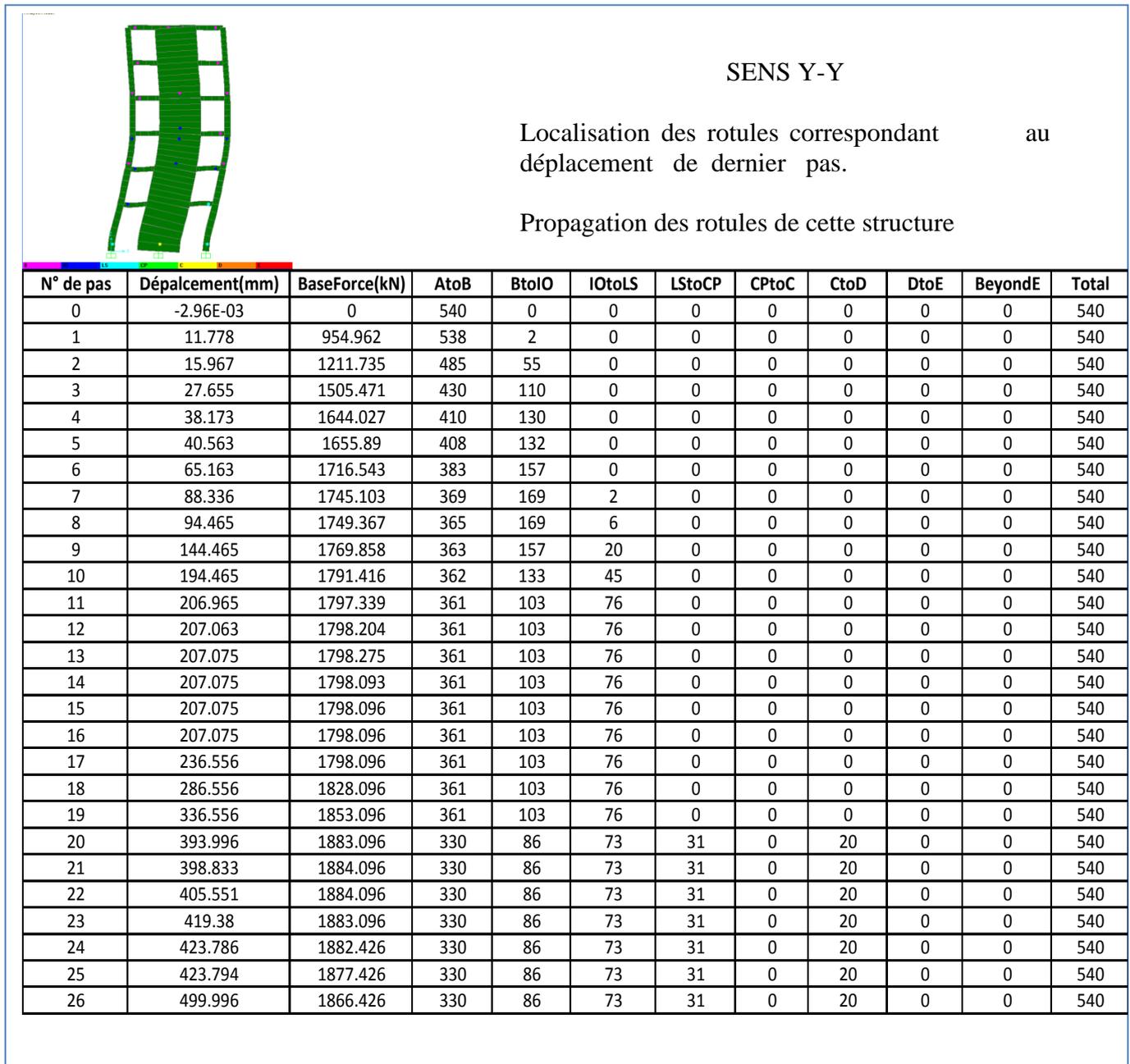


Figure 5.24 : modèle BC5.VC .R20 Sens Y-Y

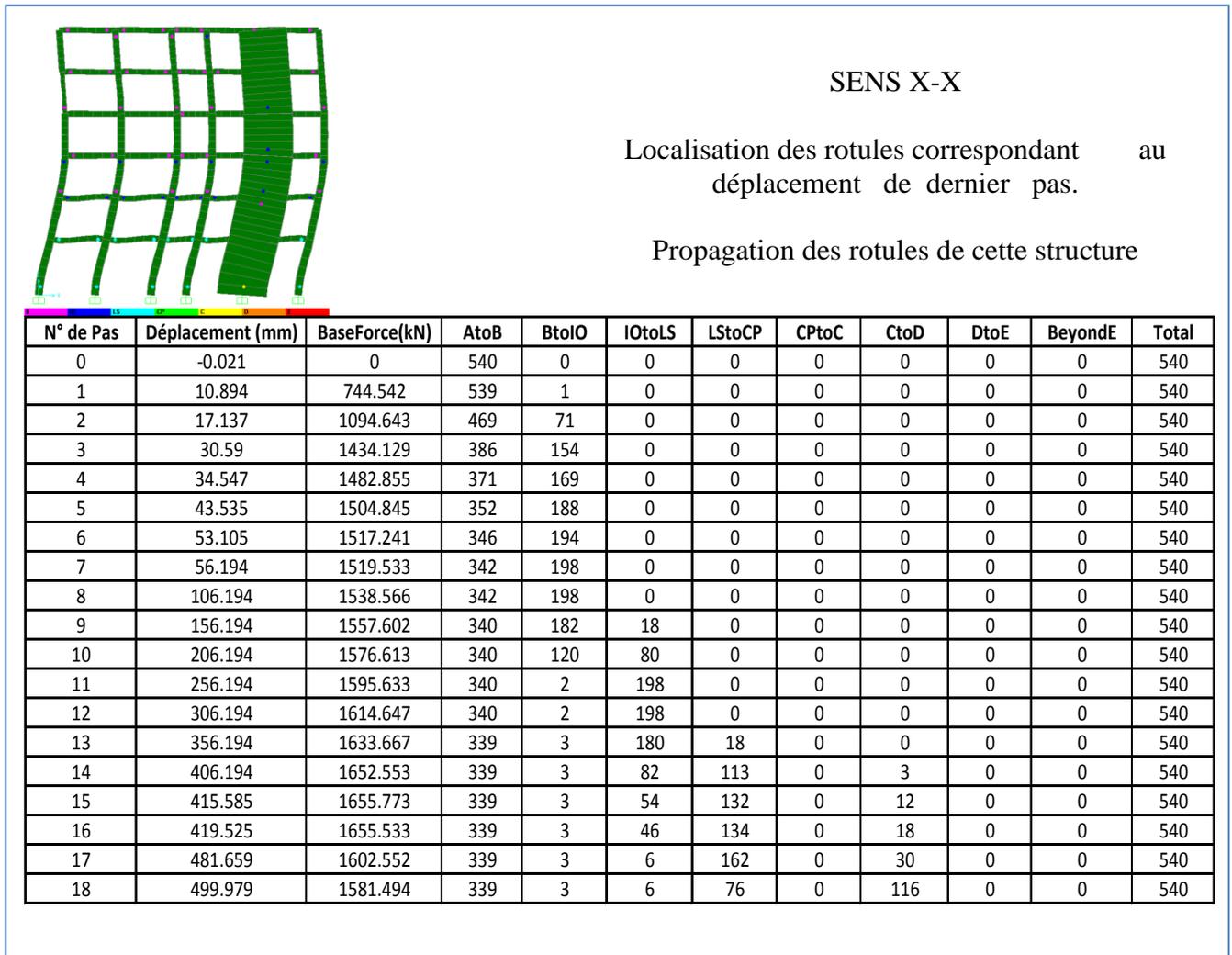


Figure 5.25 : modèle BC5.VC.R15 Sens X-X

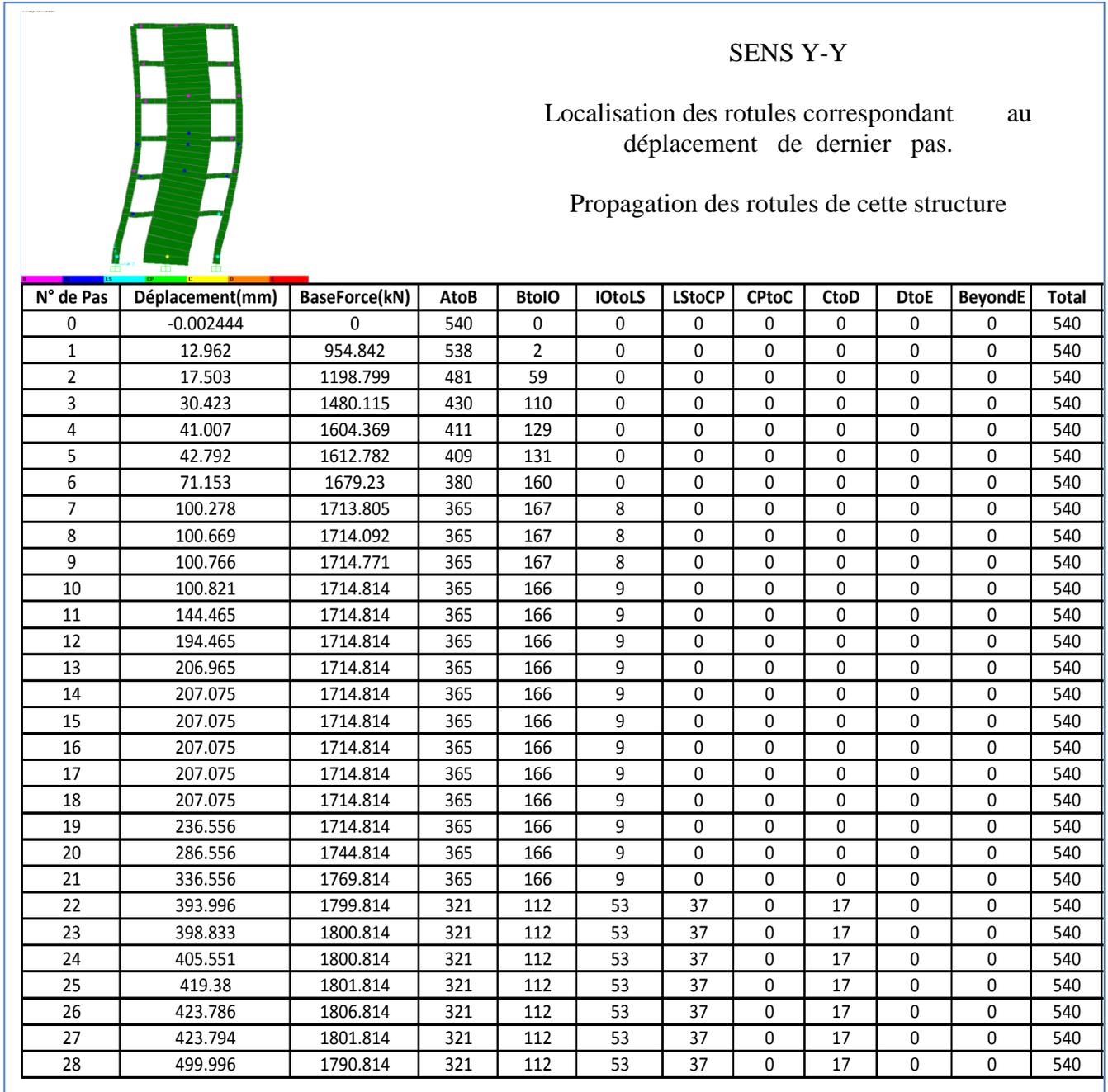


Figure 5.26 : modèle BC5.VC .R15 Sens Y-Y

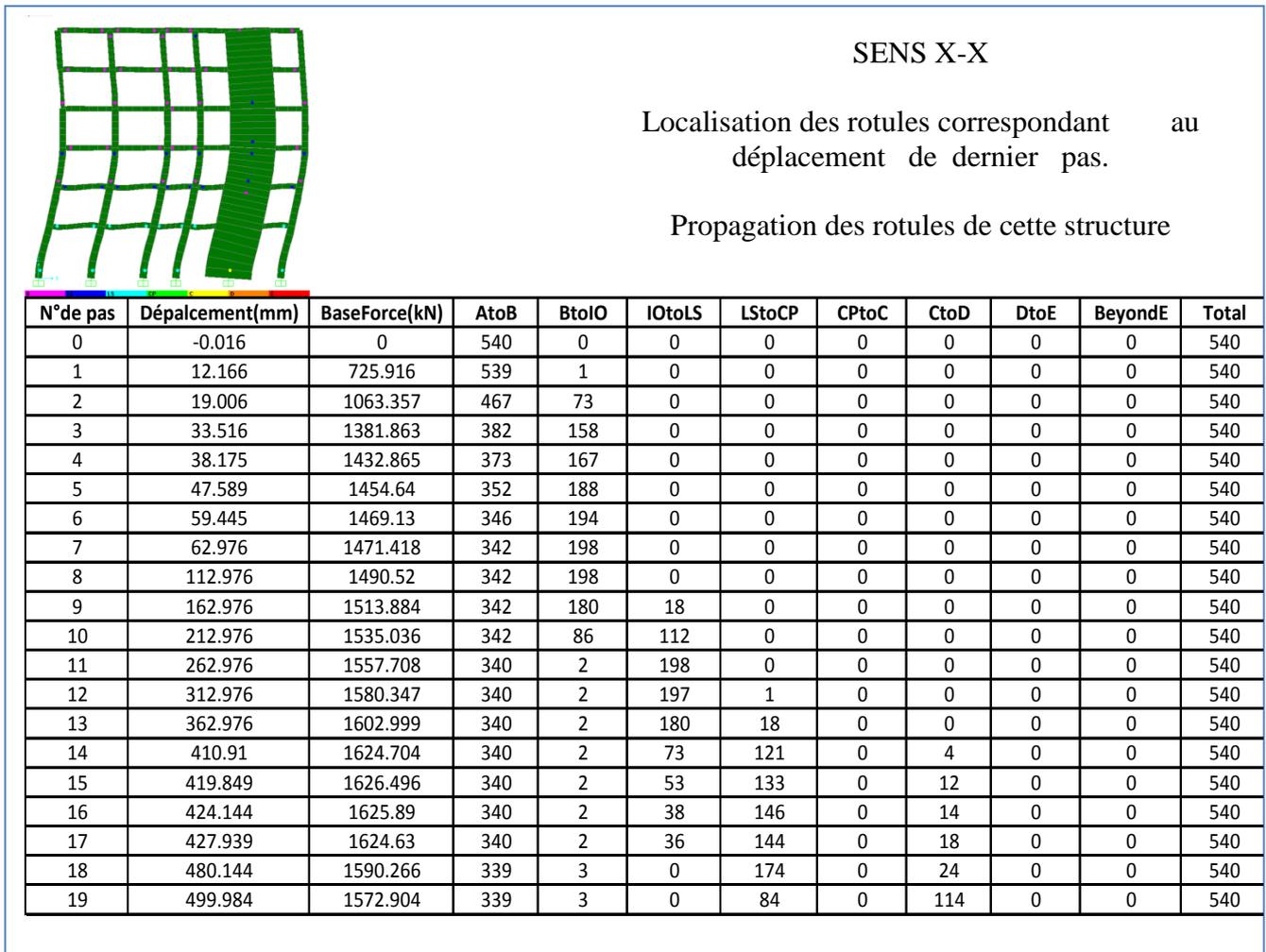


Figure 5.27 : modèle BC5.VC .R10 Sens X-X

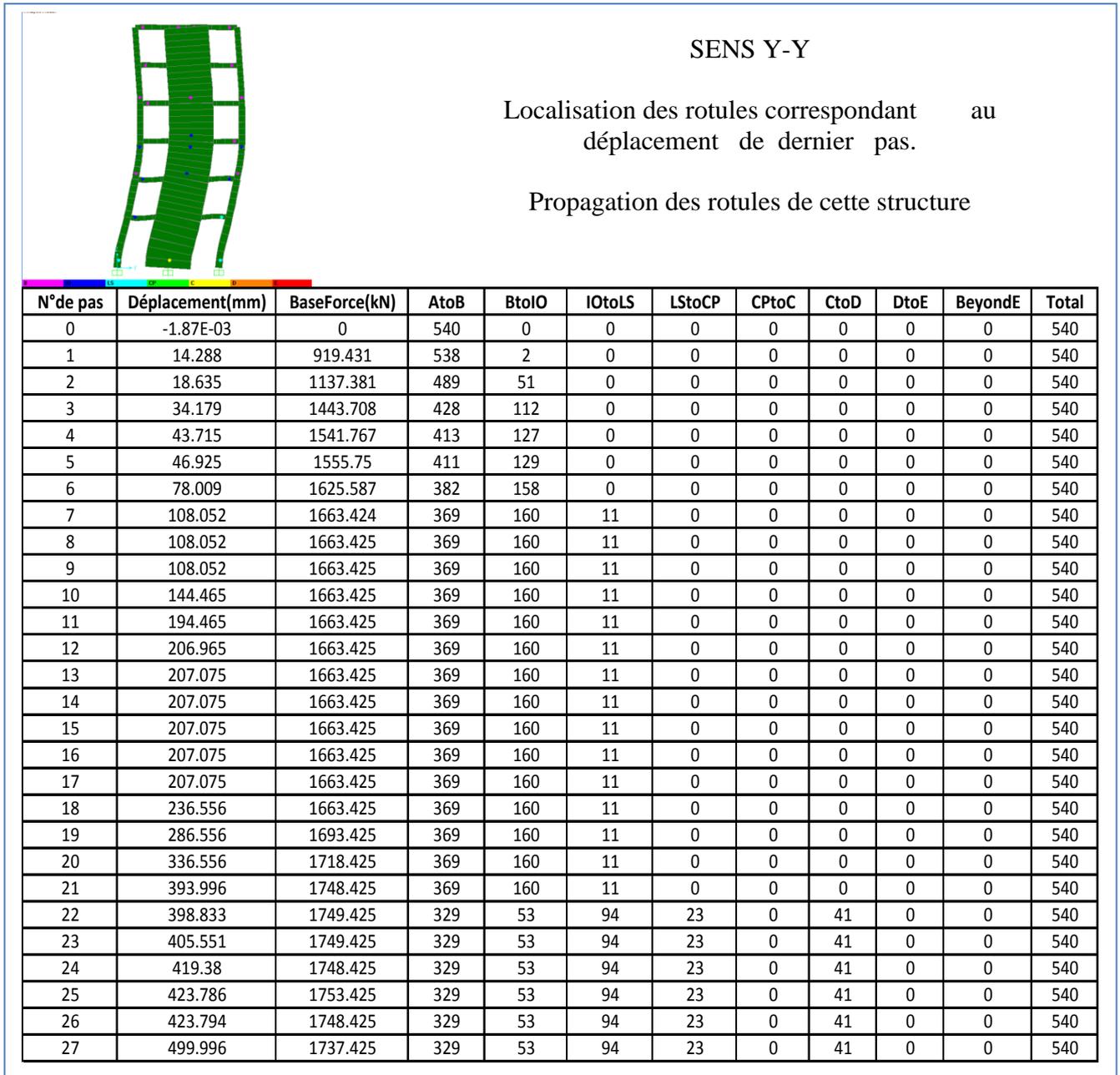


Figure 5.28 : modèle BC5.VC .R10 Sens Y-Y

### 5.2.3.3 Plastification des rotules

Selon les résultats de l'analyse présentée dans les tableaux et figures ci-dessus montrant la formation des rotules dans les cinq modèles, on peut ressortir les observations suivantes :

- L'analyse pushover des cinq modèles renforcés par des voiles centraux est caractérisée par la formation de rotules de flexion. Cela nous semble assez correct, car tous les éléments dans les deux directions  $x$ ,  $y$ , même pour les voiles sont essentiellement des éléments élancés en élévation (une largeur faible par rapport à la hauteur),
- Pour le BC5.VC.R30 nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 753.179 kN correspond à un déplacement de 8.731 mm dans le sens  $x$ - $x$  et 939.986 kN correspond à un déplacement de 10.126 mm dans le sens  $y$ - $y$ . Pour un effort tranchant de 1784.897kN qui correspond à un déplacement de 416.791 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens  $x$ - $x$ , ainsi que un effort tranchant de 1945.225 kN qui correspond à un déplacement 381.161 mm dans le sens  $y$ - $y$ .
- Pour le BC5.VC.R25 nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 753.449 kN correspond à un déplacement de 9.287 mm dans le sens  $x$ - $x$  et 948.995 kN correspond à un déplacement de 10.86 mm dans le sens  $y$ - $y$ . Pour un effort tranchant de 1748.008 kN qui correspond à un déplacement de 415.337 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens  $x$ - $x$ , ainsi que un effort tranchant de 1937.594 kN qui correspond à un déplacement 393.996mm dans le sens  $y$ - $y$ .
- Par contre pour le modèle BC5.VC.R20 nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 751.358 kN correspond à un déplacement de 9.982 mm dans le sens  $x$ - $x$  et 954.962 kN correspond à un déplacement de 11.778 mm dans le sens  $y$ - $y$ . Pour un effort tranchant de 1699.785 kN qui correspond à un déplacement de 417.019 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens  $x$ - $x$ , ainsi que un effort tranchant de 1853.096 kN qui correspond à un déplacement 336.556 mm dans le sens  $y$ - $y$ .

- Le modèle BC5.VC.R15 nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 744.542 kN correspond à un déplacement de 10.894 mm dans le sens x-x et 954.842 kN correspond à un déplacement de 12.96 mm dans le sens y-y. Pour un effort tranchant de 1652.553 kN qui correspond à un déplacement de 406.194 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1799.814 kN qui correspond à un déplacement 393.996 mm dans le sens y-y.
- Le modèle BC5.VC.R10 nous observons que l'apparition des rotules de plastification commence à partir de 725.916 kN correspond à un déplacement de 12.166 mm dans le sens x-x et 919.431 kN correspond à un déplacement de 14.28 mm dans le sens y-y. Pour un effort tranchant de 1624.704 kN qui correspond à un déplacement de 410.91 mm, provoque l'apparition des rotules plastique de ruine dans le sens x-x, ainsi que un effort tranchant de 1749.425 kN qui correspond à un déplacement 398.833 mm dans le sens y-y.

### Partie – B

Le but de cette étude comparative, est d'évaluer l'effet de la qualité du béton sur le comportement global de la structure, pour cela nous avons tracés les courbes de l'effort tranchant à la base de chaque modèle, en fonction du déplacement.

Nous avons aussi figuré le spectre de réponse dont l'intersection de ce dernier avec les courbes de capacité nous donne le point de performance.

#### 5.3.1 Résultats 1<sup>er</sup> série de modèle Portique Auto - stable

Les résultats de la 1<sup>ère</sup> Série de modèles sont présentés ci-dessous :

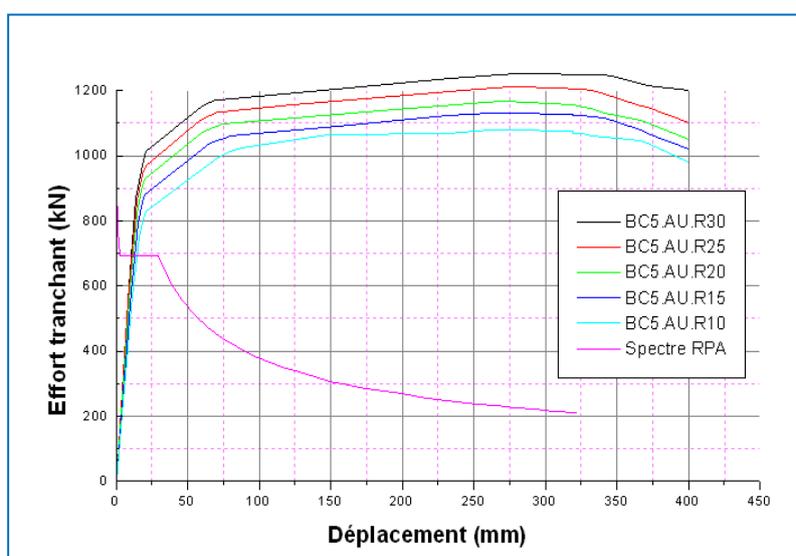


Figure. 5.29 : Courbes de capacité sens x-x – Portique auto stable

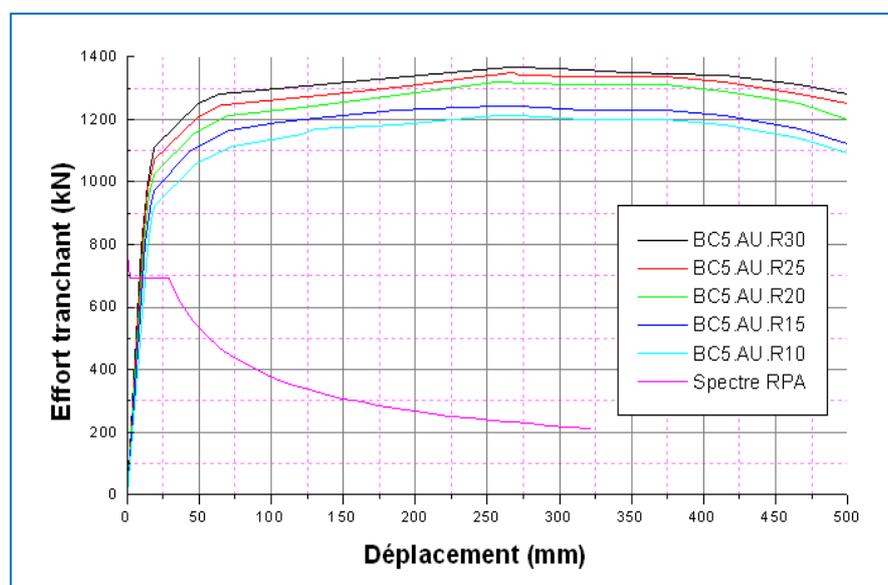


Figure. 5.30 : Courbes de capacité sens y-y – Portique auto stable

Les valeurs des points de performances qui représentent le comportement global de chaque modèle sont données dans le tableau suivant :

Tableau 5.3 : Valeurs de point de performance -1<sup>er</sup> série de modèle

Les modèles	Réaction à la base (kN)	Déplacement (mm)	Réaction à la base (kN)	Déplacement (mm)
<b>Modèle parfait BC5.AU.R30</b>	484,06	12,08	474,07	15,21
<b>Modèle BC5.AU.R25</b>	484,02	13,10	474,12	16,32
<b>Modèle BC5.AU.R20</b>	483,89	14,86	473,89	17,10
<b>Modèle BC5.AU.R15</b>	483,95	16,12	473,93	18,31
<b>Modèle BC5.AU.R10</b>	483,94	17,26	473,92	18,43

Le tableau suivant nous donne les efforts tranchant à la base dans les deux sens, correspond à un déplacement donné de 300 mm pour voir l'influence de la diminution de la qualité de béton en terme de résistance à la compression.

Tableau 5.4 : Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 300 mm

Les modèles	Réaction à la base x-x (kN)	Réaction à la base y-y (kN)
<b>Modèle parfait BC5.AU.R30</b>	1250.088	1351.633
<b>Modèle BC5.AU.R25</b>	1210.023	1335.245
<b>Modèle BC5.AU.R20</b>	1160.701	1310.022
<b>Modèle BC5.AU.R15</b>	1130.244	1230.369
<b>Modèle BC5.AU.R10</b>	1074.022	1200.099

### 5.3.1.1 Interprétation des résultats

- ✓ Pour les cinq modèles, nous observons que l'intersection des courbes de capacités avec la courbe du spectre de réponse se trouve toujours dans la zone élastique, ce qui nous donne un comportement élastique lors d'un séisme. Cela nous indique en fait que le niveau de dégâts est acceptable. Les dégâts seront de niveau 1 ou 2 (selon la classification de la fiche d'évaluation de dommage).
- ✓ D'après l'analyse suivant le sens x-x, nous remarquons qu'il y'a un écart entre effort tranchant du modèle parfait BC5.AU.R30 et le modèle BC5.AU.R10 de 176.066 kN (15%), pour un déplacement de 300 mm.
- ✓ Dans le sens y-y, un écart de 151.534 kN (11%) pour un déplacement de 300 mm entre le modèle parfait et le modèle BI2.A.R10.
- ✓ Ceci nous amène à conclure que pour une qualité de béton inférieure à 40% la variation de l'effort tranchant à la base est négligeable. Il y a lieu de noter que cette remarque n'exclue pas que la résistance des éléments n'est pas vérifié.

### 5.3.2 Résultats 2<sup>ème</sup> série de modèle mixte portique voile latéraux

Les résultats de la 2<sup>ème</sup> Série des modèles: (bâtiment collectif auto-stable renforcé avec des voiles latéraux) sont présentés ci-dessous :

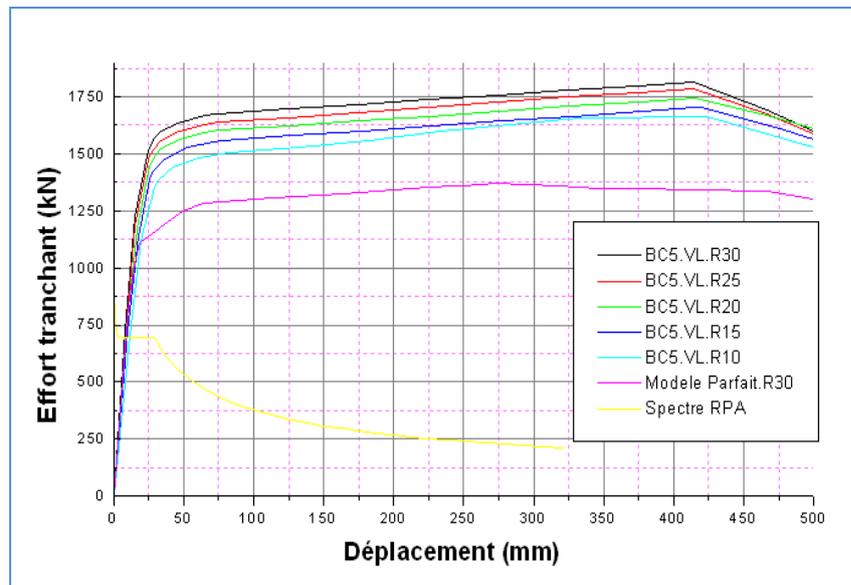


Figure. 5.31 : Courbes de capacité sens x-x - voile latéraux

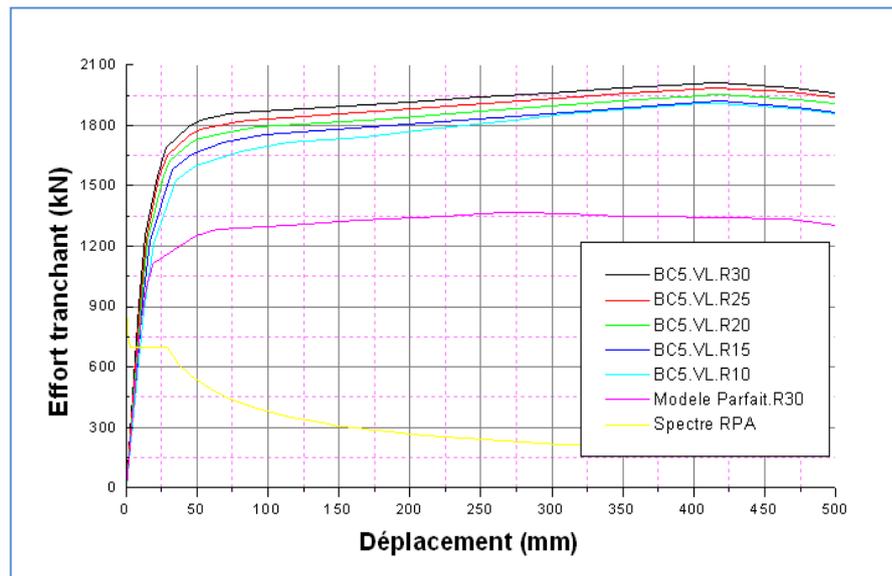


Figure. 5.32 : Courbes de capacité sens y-y - voile latéraux

Les valeurs des points de performances qui représentent le comportement global pour chaque modèle sont données dans le tableau suivant :

Tableau 5.5 : Valeurs de point de performance -2<sup>ème</sup> série de modèle -

Les modèles	Réaction à la base (kN)	Déplacement (mm)	Réaction à la base (kN)	Déplacement (mm)
<b>Modèle BC5.VL.R30</b>	370.09	8.10	363.10	7.95
<b>Modèle BC5.VL.R25</b>	370.24	8.42	363.45	8.13
<b>Modèle BC5.VL.R20</b>	370.32	8.56	363.63	8.37
<b>Modèle BC5.VL.R15</b>	370.74	8.65	363.84	8.54
<b>Modèle BC5.VL.R10</b>	370.92	8.86	362.98	8.67

Le tableau suivant nous donne les efforts tranchant à la base dans les deux sens, correspond à un déplacement donné de 400 mm pour voir l'influence de la diminution de la qualité de béton en terme de résistance à la compression :

Tableau 5.6 : Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 400 mm

Les modèles	Réaction à la base x-x (kN)	Réaction à la base y-y (kN)
<b>Modèle BC5.VL.R30</b>	1815.734	2007.986
<b>Modèle BC5.VL.R25</b>	1787.051	1982.142
<b>Modèle BC5.VL.R20</b>	1744.560	1949.62
<b>Modèle BC5.VL.R15</b>	1703.392	1917.031
<b>Modèle BC5.VL.R10</b>	1660.204	1907.66
<b>Modèle parfait BC5.AU.R30</b>	1250.088	1351.633

### 5.3.2.1 Interprétation des résultats

- ✓ Pour les cinq modèles, nous observons que l'intersection des courbes de capacités avec la courbe du spectre de réponse se trouve toujours dans la zone élastique, ce qui nous donne un comportement élastique lors d'un séisme. Cela nous indique en fait que le niveau de dégâts est acceptable. Les dégâts seront de niveau 1 ou 2 (selon la classification de la fiche d'évaluation de dommage).
- ✓ De plus, nous remarquons que dans le modèle parfait on se trouve plus proche de la fin de ce comportement élastique, Cela confirme la résistance moins élevée de la structure renforcé par des voiles latéraux dans les deux directions.

- ✓ D'après l'analyse suivant le sens x-x, nous remarquons qu'il y a un écart de 155.53 kN, (9%) pour un déplacement de 400 mm entre le modèle BC5.VL.R30 et le modèle BC5.VL.R10 dans le sens x-x.
- ✓ L'écart de l'effort tranchant entre le modèle BC5.VL.R30 et le modèle BC5.VL.R10 est de 100.326 kN (5%) dans le sens y-y.
- ✓ Nous observons aussi une augmentation de l'effort tranchant de 30 à 40% du modèle parfait par rapport au modèles renforcés par voiles latéraux dans le sens x-x.
- ✓ Dans le sens y-y, nous observons une augmentation de l'effort tranchant de 30% du modèle parfait par rapport au modèles renforcés par voiles latéraux dans le sens y-y.

### 5.3.3 Résultats 3<sup>ème</sup> série de modèle mixte portique voile centraux

Les résultats de la 3<sup>ème</sup> Série des modèles: (bâtiment collectif renforcé avec des voiles centraux) sont présentés ci-dessous:

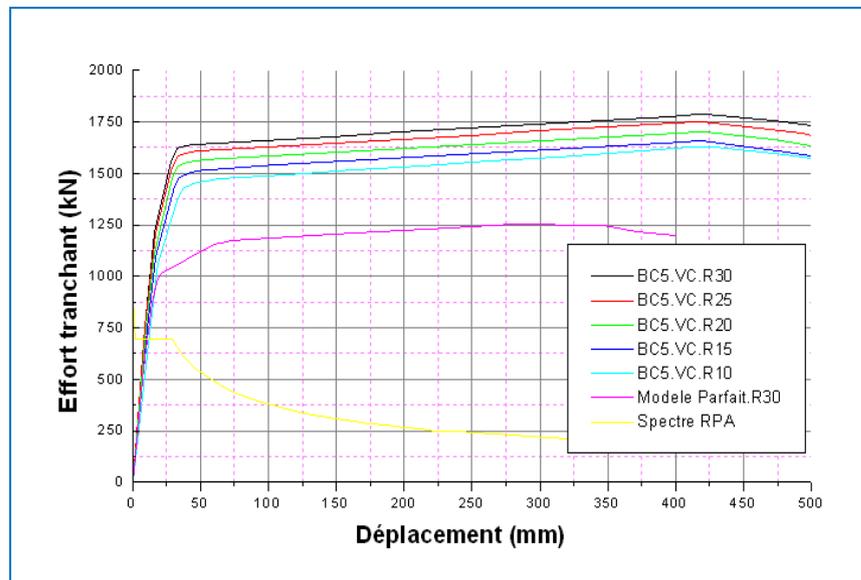


Figure 5.33 : Courbes de capacité sens x-x - voile centraux

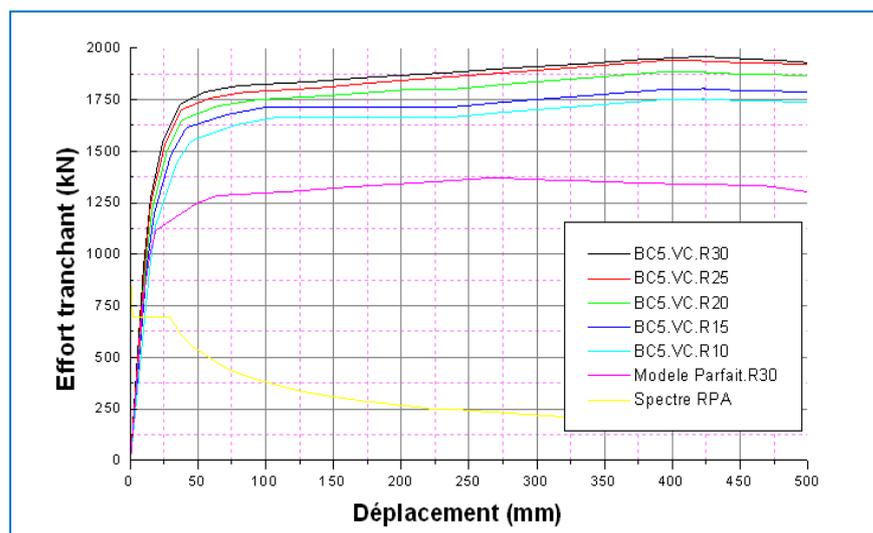


Figure 5.34 : Courbes de capacité sens y-y - voile centraux

Le point de performance qui représente le comportement global pour chaque modèle est donné dans le tableau suivant :

Tableau 5.7 : Valeurs de point de performance – 3<sup>ème</sup> série de modèle –

Les modèles	Réaction à la base (kN)	Déplacement (mm)	Réaction à la base (kN)	Déplacement (mm)
<b>Modèle BC5.VC.R30</b>	375.02	10.13	384.05	9.23
<b>Modèle BC5.VC.R25</b>	375.25	10.45	384.36	9.56
<b>Modèle BC5.VC.R20</b>	375.49	10.59	384.52	9.72
<b>Modèle BC5.VC.R15</b>	375.66	10.68	384.75	9.86
<b>Modèle BC5.VC.R10</b>	375.89	10.89	384.97	9.98

Le tableau suivant nous donne les efforts tranchant à la base dans les deux sens, correspond à un déplacement donné de 400 mm pour voir l'influence de la diminution de la qualité de béton en terme de résistance à la compression

Tableau 5.8 : Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 400 mm

Les modèles	Réaction à la base x-x (kN)	Réaction à la base y-y (kN)
<b>Modèle BI2.VC.R30</b>	1784.987	1953.071
<b>Modèle BI2.VC.R25</b>	1748.008	1938.289
<b>Modèle BI2.VC.R20</b>	1694.893	1884.096
<b>Modèle BI2.VC.R15</b>	1652.553	1800.814
<b>Modèle BI2.VC.R10</b>	1624.704	1749.425
<b>Modèle parfait BC5.AU.R30</b>	1250.088	1351.633

### 5.3.3.1 Interprétation des résultats

- ✓ Pour les cinq modèles, nous observons que l'intersection des courbes de capacités avec la courbe du spectre de réponse se trouve toujours dans la zone élastique, ce qui nous donne un comportement élastique lors d'un séisme. Cela nous indique en fait que le niveau de dégâts est acceptable. Les dégâts seront de niveau 1 ou 2 (selon la classification de la fiche d'évaluation de dommage).

- ✓ De plus, nous remarquons que dans le modèle parfait on se trouve plus proche de la fin de ce comportement élastique. Cela confirme la résistance moins élevée de la structure renforcé par des voiles latéraux dans les deux sens.
- ✓ D'après l'analyse suivant le sens x-x, nous remarquons qu'il y' a un écart de 160.28 kN, (9%) pour un déplacement de 400 mm entre le modèle BI2.VC.R30 et le modèle BI2.VC.R10 dans le sens x-x.
- ✓ L'écart de l'effort tranchant entre le modèle BI2.VC.R30 et le modèle BI2.VC.R10 est de 203.646 kN (10%) dans le sens y-y.
- ✓ Nous observons aussi une augmentation de l'effort tranchant de 30 % du modèle parfait par rapport au modèles renforcés par voiles centraux dans le sens x-x.
- ✓ Dans le sens y-y , nous observons une augmentation de l'effort tranchant 30% du modèle parfait par rapport au modèles renforcés par voiles centraux dans le sens y-y.

#### 5.4 Partie – C

Dans cette partie nous avons fait une étude comparative entre les trois systèmes constructifs pour une même qualité de béton, c-à-d  $f_{c28}=30\text{MPa}$  et comparer les résultats des trois systèmes constructifs, définir leurs limites, et opté pour le système qui satisfait les conditions de résistance et d'économie.

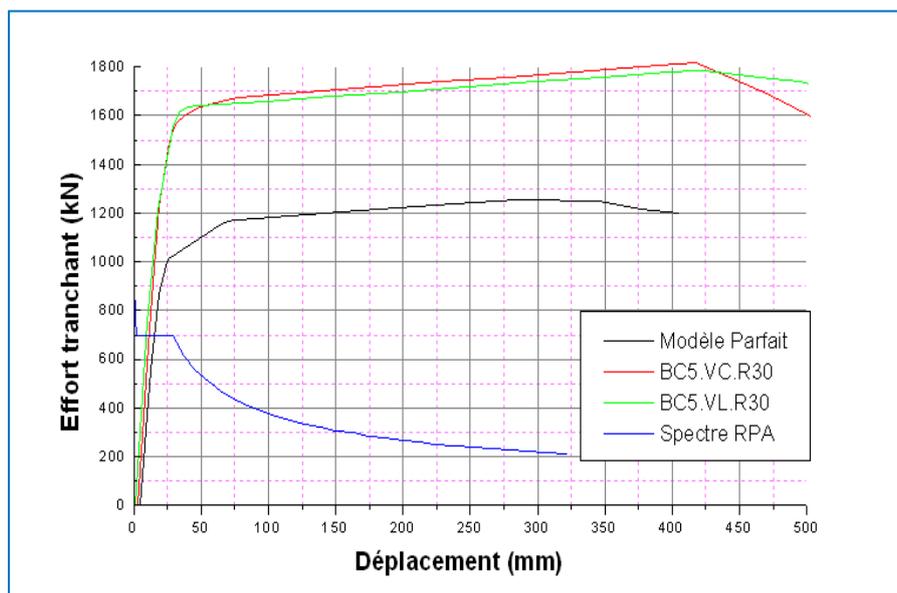


Figure. 5.35 : Courbes de capacité sens x-x

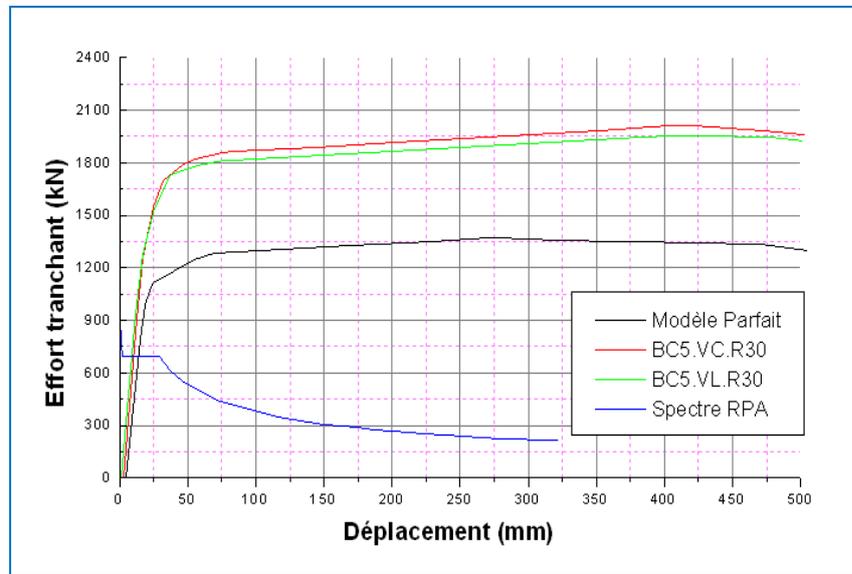


Figure. 5.36 : Courbes de capacité y-y

Tableau 5.9 : Valeurs des efforts tranchants pour un déplacement de 300 mm

Les modèles	Réaction à la base x-x (kN)	Réaction à la base y-y (kN)
<b>Modèle parfait BC5.AU.R30</b>	1250.088	1351.633
<b>Modèle BC5.VL.R30</b>	1778.915	1962.468
<b>Modèle BC5.VC.R30</b>	1747.47	1920.760

Le tableau suivant regroupe les efforts tranchant à la base dans les deux sens, pour les sept modèles correspond à un déplacement donné de 300 mm pour voir l'importance de la disposition des voiles et de faire une étude comparative entre les trois systèmes constructifs (Auto-stable, Voile centraux, Voile latéraux),

#### 5.4.1. Interprétation des résultats

- ✓ D'après ces valeurs l'effort tranchant à la base est plus important pour le modèle de la 2<sup>ème</sup> série ou le modèle renforcé par des voiles latéraux.
- ✓ Alors le modèle renforcé par des voiles latéraux se trouve amplifier de 71.53% dans le sens X-X et de 70.36% dans le sens Y-Y. Le renforcement par des voiles centraux est amplifié de 70.27% pour le modèle parfait dans le sens X-X et de 70.30% dans le sens Y-Y.
- ✓ D'après ces résultats nous constatons que la disposition des voiles aux extrémités ou au centre de la structure fait augmenter la résistance de la structure en moyen de 30% sur le comportement global de la structure.

## CONCLUSIONS

Ce travail nous a permis de consulter plusieurs règlements parasismiques et d'avoir une idée sur la philosophie de ces codes.

Il n'y a pas un seul mode de ruine des systèmes en portique auto stable, il y a plusieurs modes. Ce qui nous a permis de dire que ce n'est pas le système lui-même qui est destructif mais les facteurs influençant sur le comportement de ces structures qui sont les causes essentielles de la défaillance de ce dernier.

Le comportement du bâtiment R+2 auto-stable nous a offert des déplacements inélastiques avec des dommages limites de degré 1 et sans effondrement, ni perte de stabilité, face à un séisme majeur.

Le bâtiment R+5 auto-stable nous a offert un comportement assez faible relativement à celle de l'auto-stable avec une plasticité modérée.

La mauvaise qualité de béton fait diminuer le comportement global des constructions. Les règles parasismiques Algériennes (RPA 99 Ver. 2003) imposent aux ingénieurs concepteurs l'utilisation des voiles dans le contreventement de structures en béton armé sans aucune définition claire,

La meilleure disposition des voiles c'est de mettre des bouts de voiles aux extrémités de la structure, cela fait une amplification de l'effort tranchant de 5% à 10%.

Conformément à cette étude nous concluons que les constructions en portique auto-stable en béton armé peuvent souvent subir des dégâts importants lors du séisme, néanmoins ils ne sont pas plus vulnérables que les autres systèmes de constructions. Ces dégâts sont dus en général à une conception incorrecte du point de vue parasismique, à un ferrailage inadéquat ou à une mauvaise qualité d'exécution.

L'analyse pushover est un outil efficace et indispensable dans chaque étude, car elle permet de fournir à l'ingénieur concepteur des informations sur le comportement non-linéaire de la structure. Elle permet de prendre en compte de façon simple, les non-linéarités des matériaux (fissuration du béton et plastification de l'acier).

Nous avons eu l'occasion de se familiariser avec la modélisation parasismique des bâtiments dans un logiciel de calcul relativement complexe. Cela a été très profitable puisque quel que soit le logiciel travaillant par éléments finis, les problèmes et les pièges à éviter sont souvent les mêmes. D'autre part, cela nous a permis de mieux comprendre comment fonctionnent les calculs statiques non linéaires du Pushover.

D'après l'étude que nous avons faite, on peut constater que pour établir une analyse d'une structure, il faut toujours commencer par les critères de justifications des règlements appliqués ensuite passer à l'analyse statique non linéaire du comportement de la structure, enfin opter suivant les résultats obtenus une solution adéquate et économique de renforcement par une marge de sécurité recouvre les faiblesses de résistances et avoir un comportement élastique dans une excitation sismique.

Notre travail n'est que la première étape de l'étude du comportement des portiques auto-stable cette étude pourra faire l'objet de développement futur tels que l'utilisation d'un autre logiciel qui est de la série DRAIN, qui est efficace pour évaluer la performance et le comportement non linéaire des structures sur la base du rapport demande/capacité.

A noter qu'au début du projet, nous pensions effectuer une grande combinaison des modèles toutes en variant les épaisseurs et les largeurs avec des différents positions pour arriver à une disposition adéquate et une solution optimale, Malheureusement, étant donné les nombreux problèmes rencontrés et la complexité d'une telle étude dépassant largement le cadre de nos connaissances.

D'autre part, nous avons décidé de bien développer les étapes de modélisation pour permettre à d'autres chercheurs de reprendre notre travail et ainsi de bénéficier d'une prise en main plus aisée. Cela leur permettra de passer plus rapidement à la partie analytique des résultats et ainsi de poursuivre notre travail.

Dans ce qui suit voici quelques recommandations :

- ✓ Donner une grande importance à la conception architecturale en collaboration directe avec la conception parasismique.

- ✓ Revoir les systèmes de contreventement pour les structures en maçonneries et celles avec étage souple (soft-story) en introduisant obligatoirement des voiles de contreventement en interaction avec les portiques.
- ✓ Opter dans la conception des petits ouvrages d'habitations pour des structures en maçonnerie chaînée qui a un comportement meilleur comparativement à la maçonnerie insérée.
- ✓ Revoir le modèle de comportement des structures poteaux poutres avec la maçonnerie insérée, ces capacités de déformations ainsi que la modification des paramètres dynamiques en réduisant la valeur d'absorption sismique à celles prises par d'autres règles  $R = (1.5 - 2)$  et en terme de rigidité par des bielles de compressions diagonales ou par des corrections des périodes comparativement à celles déduites des méthodes empiriques.
- ✓ L'insertion des cadres au niveau des nœuds périphériques et intermédiaires doit être obligatoire et doit constituer un élément essentiel dans la stabilité des structures aussi une augmentation de la longueur de recouvrement dans les zones nodales afin de ne pas altérer l'adhérence par plastification de ces zones.
- ✓ La mission de conception et de contrôle de l'exécution doit être assurée avec rigueur par des personnes qualifiées et expérimentées.

En fin,

Nous souhaitons de reprendre notre projet par une analyse non linéaire qui est soutenu par un essai expérimental cela nous donne une approche mieux à la réalité.

Il est conseillé d'investiguer un peu plus le comportement des structures à portique auto-stable avant de les réprimandés ou de réduire leurs utilisations.

L'article (3.4-A-1.b) de l'RPA99 V.2003 est trop de peine sur la limitation de la hauteur, cet article doit être révisé.

## REFERENCES

[1]: Ashraf Habibullah, S.E, and Stephen, Pyle, SE, *Practical three dimensional Nonlinear Static Pushover analyse*, Structure magazine, Winter, 1998.

[2]: Boumekik Ahmed, *Analyse Push over des Structures en Béton Armé, Théorie de l'endommagement*, rapport annuel projet de recherche janvier 2005, Université de Batna, Algérie .

[3]: *Building performance in the Boumerdes, Algéria, Earthquake of May 21, 2003* Svetlana Brzev brithish Columbia Institute of technology, Burnaby, BC.

[4]: Conception parasismique des bâtiments - Principe de base à l'attention des ingénieurs, architectes, maitres d'ouvrages et autorités.

[5]: Département de G.Civil U.S.T, *Etablissement de la courbe de fragilité par la méthode pushover* , Colloque National AFPS 2007 - Ecole Centrale de Paris.

[6]: *Etude comparative des performances de résistance des différents systèmes constructifs*, ENTP Juin 2005.

[7]: M Belazougui, *Etude statistique sur les constructions endommagées suite au séisme de Boumerdes*, du 21 Mai 2003, Alger, Algérie.

[8]: MEDD/DPPR/SDPRM, *Rapport préliminaire de la mission AFPS sue séisme du 21 Mai 2003*, Juillet 2003.

[9] : Victor Davidovici, *Rapport préliminaire sur séisme du 21 Mai 2003*, Juin 2003, Ministère de l'habitat et de l'Urbanisme, Algérie.

[10] :Farid Bakhti, M.Inukai, T.Saito , T. Azuhata, *The capacity spectrum method (CSM) for seism performance evaluation of existng RC Building* ,2006, Beijing, China.

[11] :'SAP 2000 Version11,*CSI Analysis reference Manual computers and Structures*, university of Berkely, California.

[12] :'Règlement parasismique Algérien', *version 1983*, Centre National De Recherche Appliquée En Génie Parasismique. Algérie.

[13] :'Règlement parasismique Algérien', *version 1988*, Centre National De Recherche Appliquée En Génie Parasismique. Algérie.

[14] :'Règlement parasismique Algérien', *version 1999*, Centre National De Recherche Appliquée En Génie Parasismique. Algérie.

[15] : Règlement parasismique Algérien, *version 1999 révision 2003*, Centre National De Recherche Appliquée En Génie Parasismique. Algérie.

[16] : Base de donnée sur les constructions expertisé lors su séisme du 21 Mai 2003 sur la wilaya de Boumerdes et Alger, *version 1999 révision 2003*, Algérie.

[17] :Static pushover analysis watch learn series, *SAP 2000 VII*, university of Berkely, California.

[18] :Milan Zaek, *Conception parasismique, niveau avant projet*, Cahier Numéro 1 ,2004, Collection Conception parasismique.

[19] : Kadid Abdelkrim, *Analyse Sismique Tri Dimensionnelle des Structures en Béton Armé*, Décembre 2006, Université de Batna.

[20] : EERT, *The Boumerdes, Algeria, Earthquake of May 21, 2003*, Octobre 2003, Algérie.

[21] : Enrico Spacone, Russel Martino, *Nonlinear Pushover Analysis Of Reinforced Concrete Structures*, University of Colorado, Boulder.

[22] : Y. Menasri, M.S. Nouaouria, M. Guenfoud, **2010**, *Evaluation De La Vulnérabilité Sismique A L'échelle D'une Structure En Béton Arme Par L'analyse Statique Non Linéaire*, Symposium International Sur La Construction En Zone Sismique, Université Hassiba Benbouali De Chlef (Algérie), 26 - 27 Octobre 2010.

[23] Pierre Mouroux, Caterina Negulescu, **2007**, *Comparaison pratique entre les méthodes en déplacement de l'ATC 40 (en amortissement) et de l'Eurocode 8 (en ductilité)*, 7ème Colloque National AFPS 2007 - Ecole Centrale Paris.

[24] Applied Technology Council, **1996**, *The seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*, ATC40 volumes 1 and 2, Redwood City, California.

[25] FEMA, **2005**, *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*, Prepared by Applied Technology Council (ATC-55 Project), Redwood City, California .

# ANNEXE I

Tableau d'analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système constructif  
(Portique auto-stable et mixte portique voile)

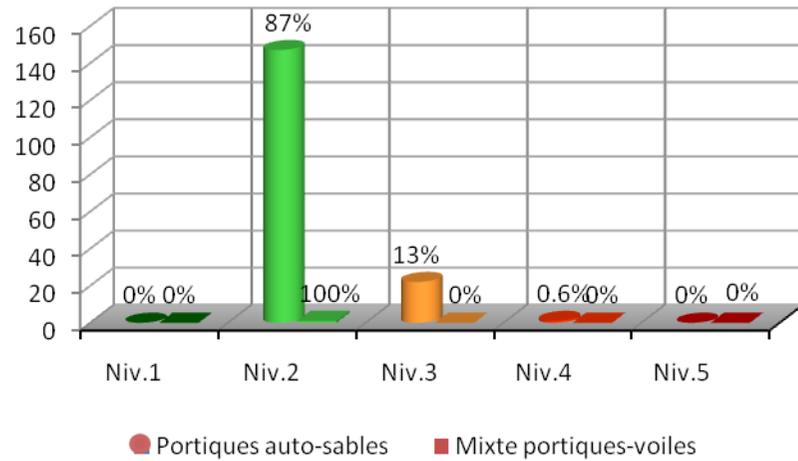
Tableau 2.2 : Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système portique auto stable

COMMUNE	Nbre total de Constructions Expetisées	Nbre de Constructions portique auto stable Expertisées					Taux en %			Total (1,2,3,4,5)
		Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Niv 1,2	Niv 3	Niv 4,5	
AFIR	791	0	257	39	11	4	83%	13%	5%	311
AMMAL	698	0	347	37	5	0	89%	10%	1%	389
BAGHLIA	2393	2	969	325	38	17	72%	24%	4%	1351
BENCHOUD	887	0	378	85	18	3	78%	18%	4%	484
BENI AMARANE	2160	0	919	183	44	9	80%	16%	5%	1155
BORDJ MENAEL	5079	20	1413	738	238	38	59%	30%	11%	2447
BOUDOUAOU	4730	5	1818	632	249	100	65%	23%	12%	2804
BORJ EL BAHRI	526	0	143	55	32	7	60%	23%	16%	237
BOUMERDES	1831	1	375	296	273	107	36%	28%	36%	1052
CHABET EL AMER	1978	0	672	198	10	0	76%	23%	1%	880
CORSO	1809	1	561	215	110	61	59%	23%	18%	948
DELLYS	2924	2	921	274	141	20	68%	21%	12%	1358
CAP DJINET	2378	2	634	178	64	1	72%	21%	7%	879
KHAROUBA	616	0	259	42	7	0	84%	14%	2%	308
LEGATA	1328	3	543	175	86	22	66%	22%	13%	829
OULED AISSA	472	0	141	24	1	0	85%	15%	1%	166
OULED HEDADJ	2021	3	875	318	151	29	64%	23%	13%	1376
SIDI DAUD	1759	1	652	188	52	24	71%	21%	8%	917
SI MUSTAPHA	692	0	160	78	27	2	60%	30%	11%	267
SOUK EL HAD	424	2	87	20	8	1	75%	17%	8%	118
TAOUERGA	730	0	238	103	12	2	67%	29%	4%	355
THENIA	1975	34	529	179	69	7	69%	22%	9%	818
TIDJELABINE	1411	1	550	201	79	17	65%	24%	11%	848
TIMEZIRT	422	0	147	22	1	0	86%	13%	1%	170
ZEMMOURI	2041	7	727	330	160	49	58%	26%	16%	1273
ISSER	2428	0	796	264	62	10	70%	24%	6%	1132
NACERIA	983	8	321	171	3	2	65%	34%	1%	505
BOUZEGZA	522	0	346	78	11	0	80%	18%	3%	435
KHEMIS EL KHECHNA	3155	0	1124	251	33	2	80%	18%	2%	1410
HAMADI	1006	0	432	115	33	2	74%	20%	6%	582
OULED MOUSSA	1475	0	571	166	56	8	71%	21%	8%	801
LARBATACHE	857	0	345	65	25	0	79%	15%	6%	435
<b>Total</b>	<b>52501</b>	<b>92</b>	<b>18250</b>	<b>6045</b>	<b>2109</b>	<b>544</b>	<b>71%</b>	<b>21%</b>	<b>8%</b>	<b>27040</b>

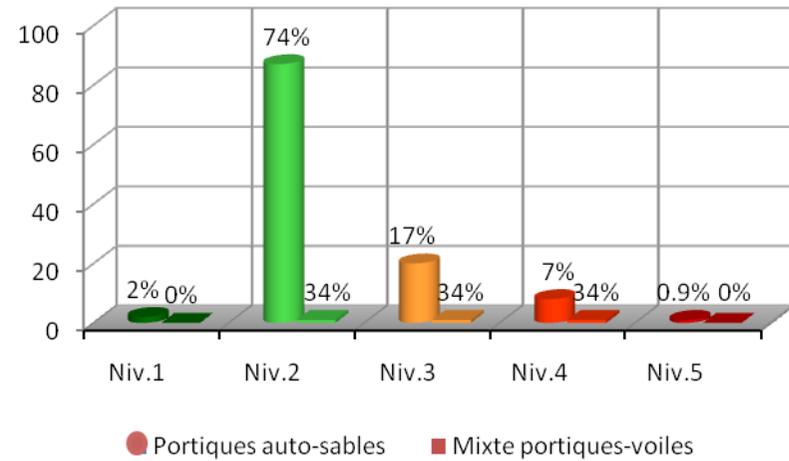
Tableau 2.3 : Analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système mixte portique voile

COMMUNE	Nbre total de Constructions Expetisées	Nbre de Constructions mixte portique voiles Expertisées					Taux en %			Total (1,2,3,4,5)
		Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Niv 1,2	Niv 3	Niv 4,5	
AFIR	791	0	5	0	0	0	100%	0%	0%	5
AMMAL	698	0	5	0	0	0	100%	0%	0%	5
BAGHLIA	2393	0	6	13	0	1	30%	65%	5%	20
BENCHOUD	887	0	6	0	0	0	100%	0%	0%	6
BENI AMARANE	2160	0	21	8	1	1	70%	26%	6%	31
BORDJ MENAEL	5079	0	50	38	8	0	55%	48%	0%	96
BOUDOUAOU	4730	0	49	12	12	2	65%	16%	19%	75
BORJ EL BAHRI	526	0	2	0	0	0	100%	0%	0%	2
BOUMERDES	1831	0	72	46	21	8	50%	46%	6%	147
CHABET EL AMER	1978	0	20	2	1	0	87%	13%	0%	23
CORSO	1809	0	20	12	2	0	59%	35%	9%	34
DELLYS	2924	0	20	20	21	1	33%	33%	35%	62
CAP DJINET	2378	0	12	9	2	0	53%	39%	9%	23
KHAROUBA	616	0	4	3	1	2	40%	30%	30%	10
LEGATA	1328	0	21	17	2	0	53%	48%	0%	40
OULED AISSA	472	0	0	2	0	0	0%	100%	0%	2
OULED HEDADJ	2021	0	19	11	8	2	48%	28%	23%	40
SIDI DAUD	1759	0	7	2	1	2	59%	17%	25%	12
SI MUSTAPHA	692	0	4	3	0	0	57%	43%	0%	7
SOUK EL HAD	424	0	1	1	1	0	34%	34%	34%	3
TAOUERGA	730	0	5	2	0	1	63%	25%	13%	8
THENIA	1975	1	16	3	12	0	50%	10%	38%	32
TIDJELABINE	1411	0	20	5	3	0	72%	18%	11%	28
TIMEZIRT	422	0	1	0	0	0	100%	0%	0%	1
ZEMMOURI	2041	0	6	34	12	0	12%	66%	23%	52
ISSER	2428	0	13	16	0	1	44%	54%	4%	30
NACERIA	983	0	4	14	0	0	23%	78%	0%	18
BOUZEGZA	522	0	6	2	1	0	67%	23%	11%	9
KHEMIS EL KHECHNA	3155	0	47	5	1	0	83%	16%	21%	57
HAMADI	1006	0	4	0	0	0	100%	0%	0%	4
OULED MOUSSA	1475	0	61	8	2	0	86%	11%	3%	71
LARBATACHE	857	0	12	3	1	0	75%	19%	6%	16
Total	52501	0	539	291	113	21	62%	29%	10%	969

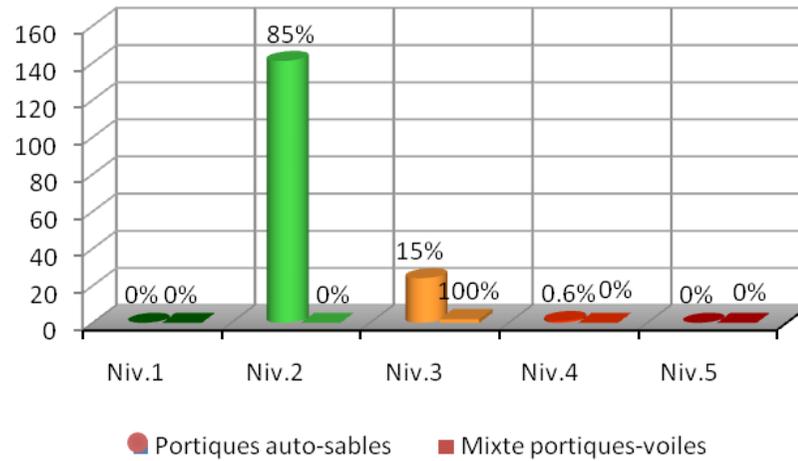
**Commune - TIMEZIRT (422 Constructions )**



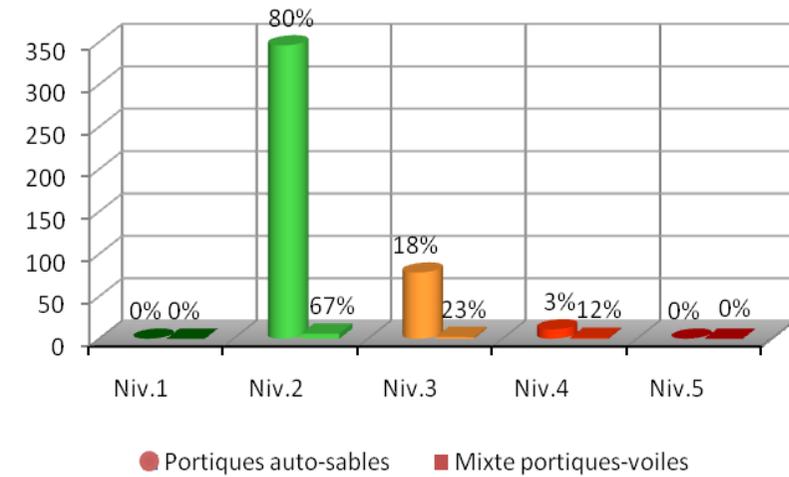
**Commune - SOUK EL HAD (424 Constructions )**



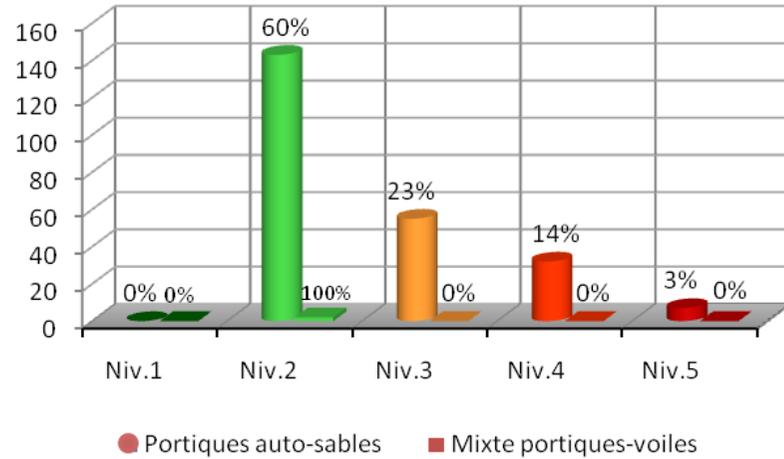
**Commune - OULED AISSA (472 Constructions )**



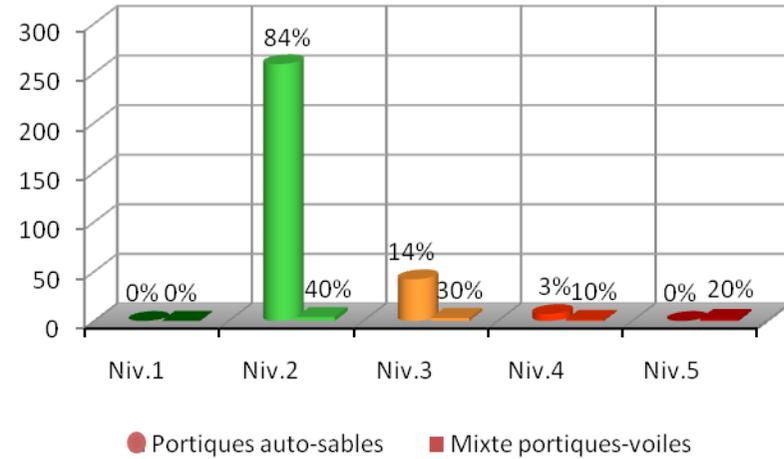
**Commune - BOUZEGZA (522 Constructions )**



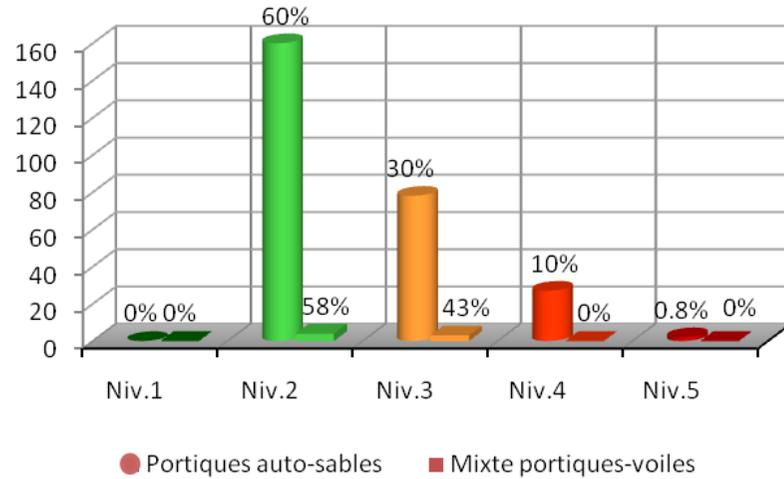
**Commune - BORDJ EL BAHRI (526 Constructions )**



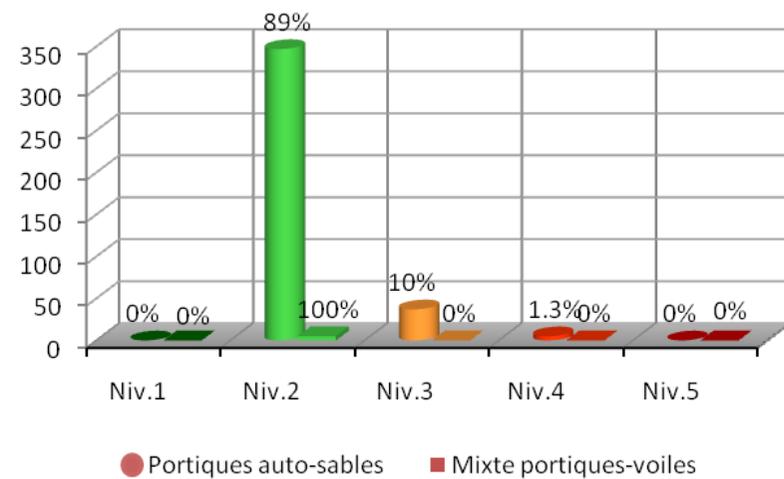
**Commune -KHAROUBA (616 Constructions )**



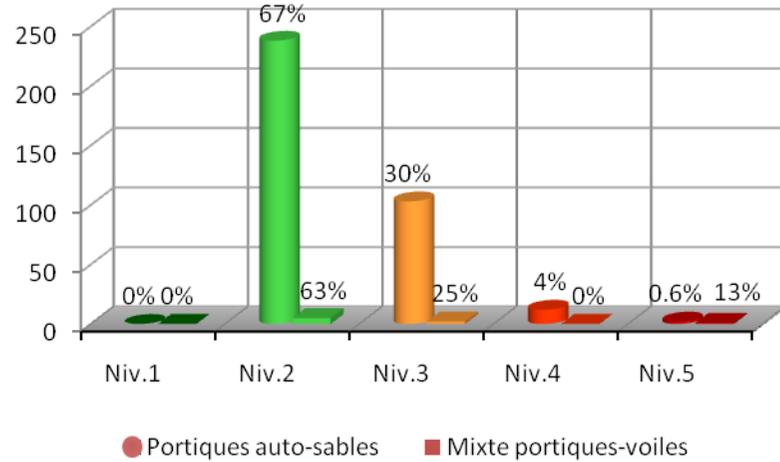
**Commune - SI MUSTAPHA (692 Constructions)**



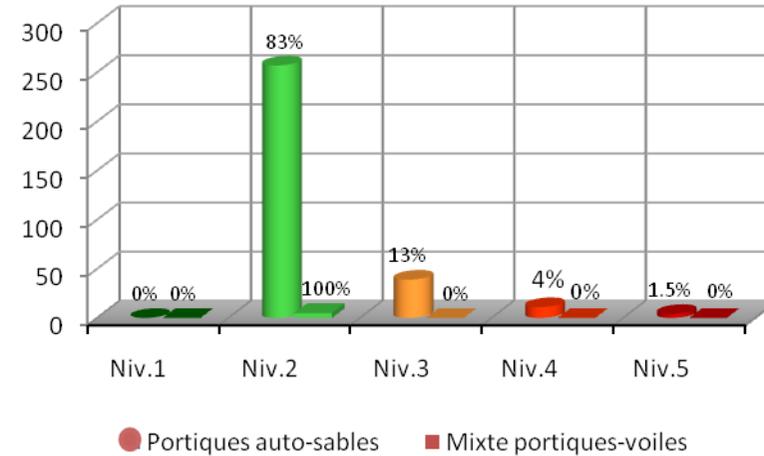
**Commune -AMMAL (698 Constructions )**



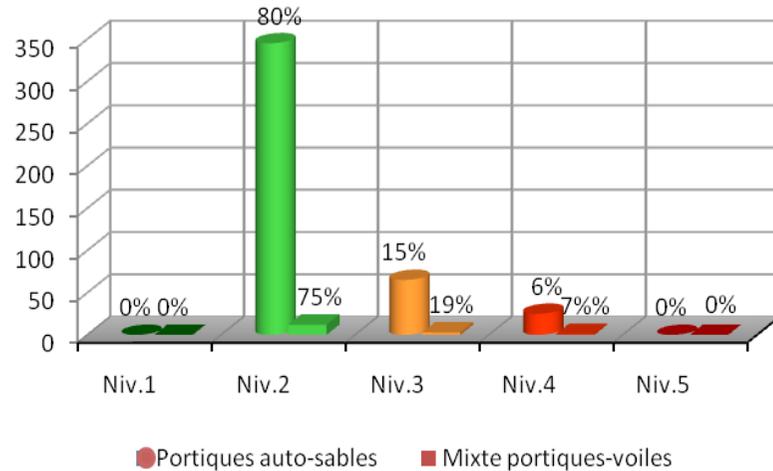
**Commune - TAOUERGA (730 Constructions )**



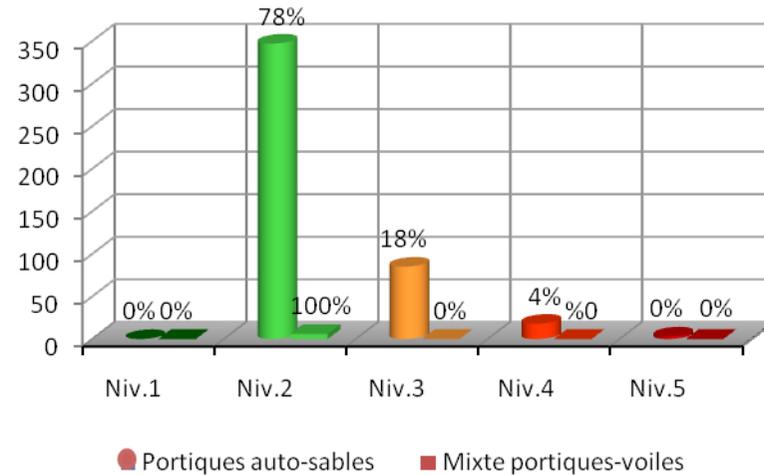
**Commune - Afir (791 Constructions )**



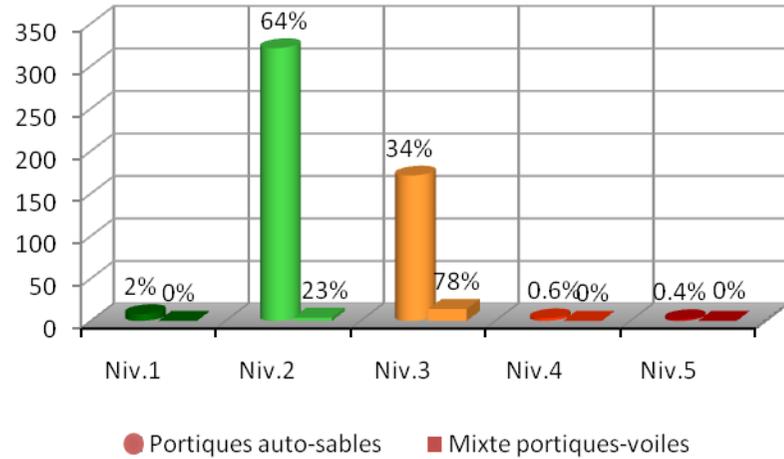
**Commune -LARBATACHE (857 Constructions )**



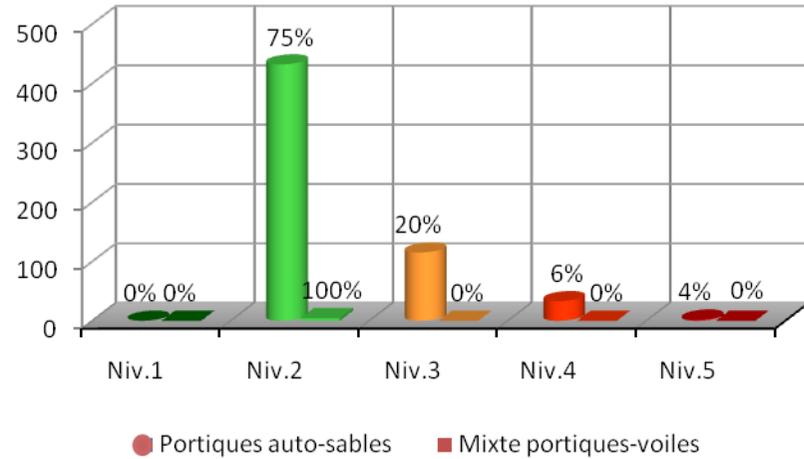
**Commune -BENCOUD (887 Constructions )**



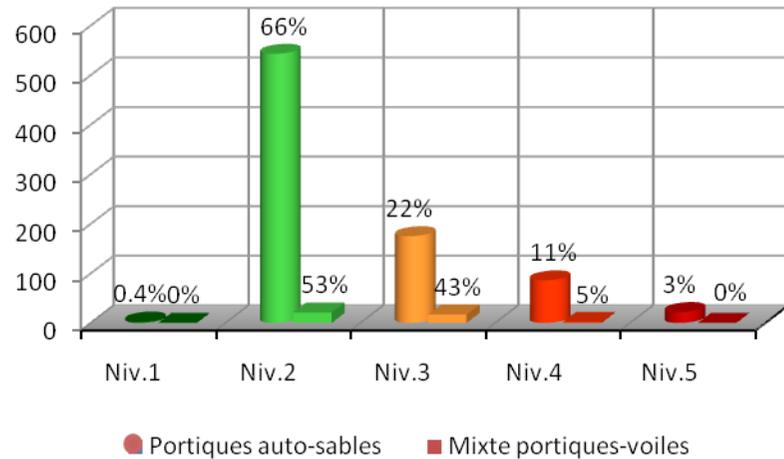
**Commune - NACERIA (983 Constructions )**



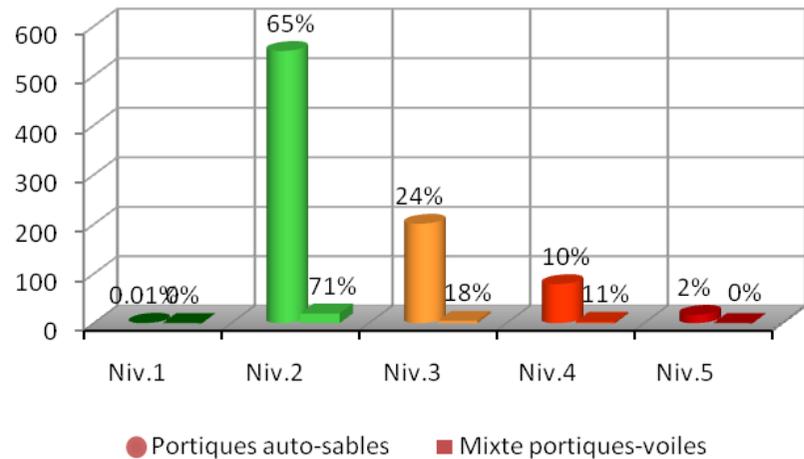
**Commune - HAMADI (1006 Constructions )**



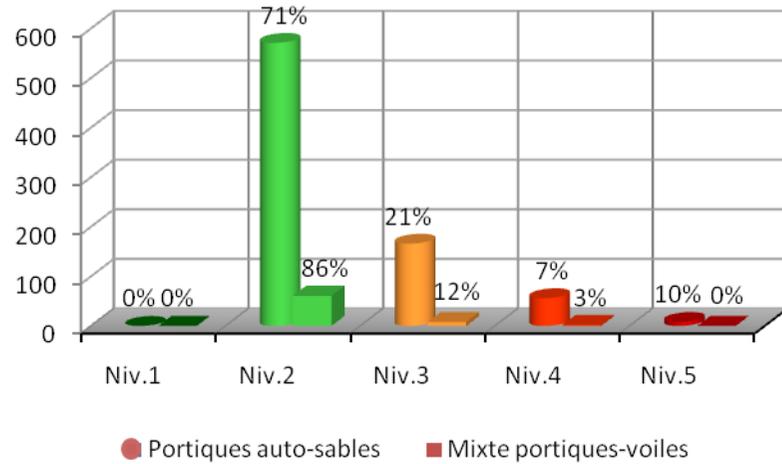
**Commune - LEGATA (1328 Constructions )**



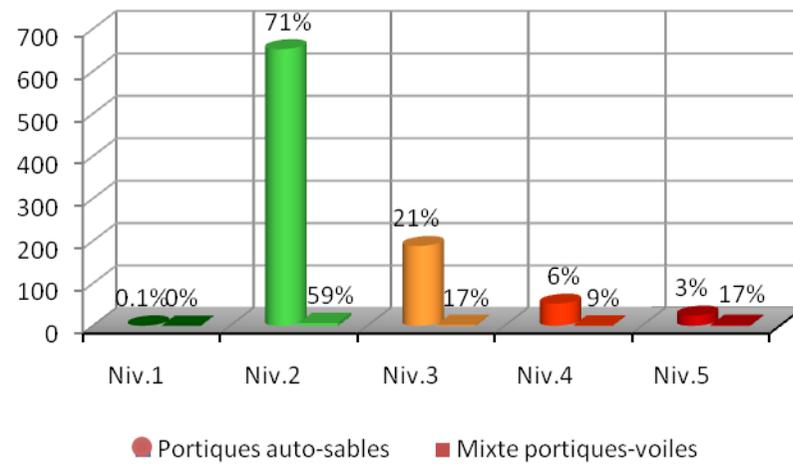
**Commune - TEDJELABINE (1411 Constructions )**



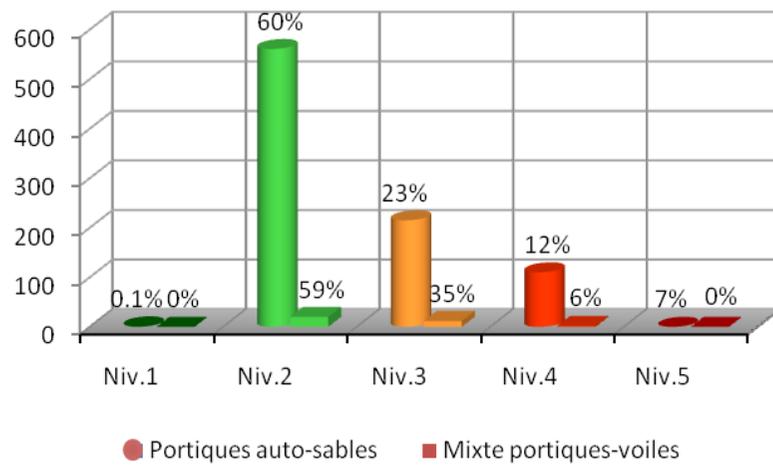
**Commune - OULED MOUSSA (1475 Constructions )**



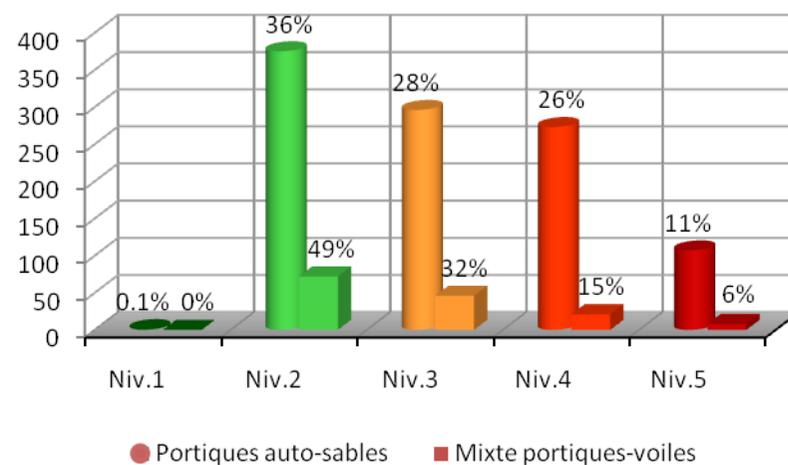
**Commune - SIDI DAOUD (1759 Constructions )**



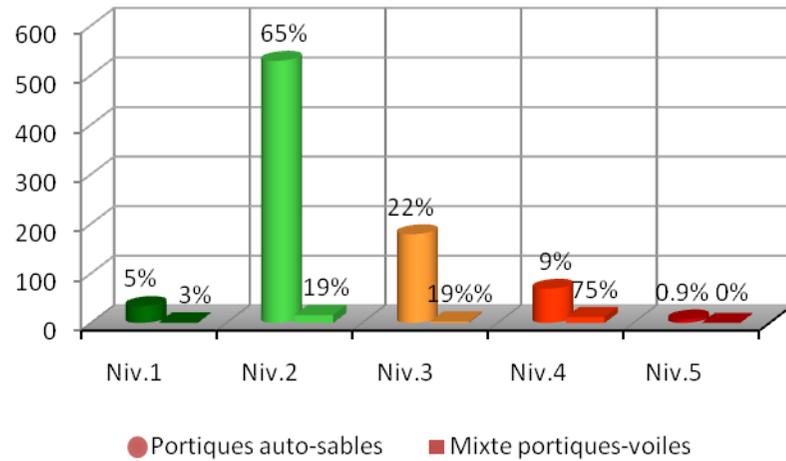
**Commune - CORSO (1809 Constructions )**



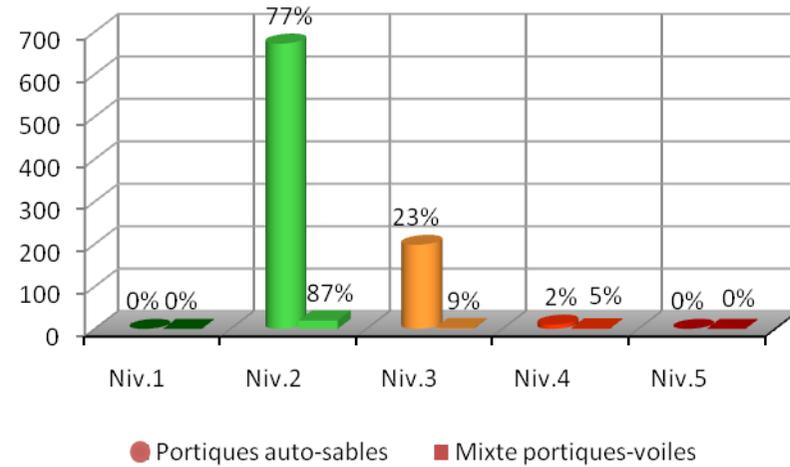
**Commune - BOUMERDES (1831 Constructions )**



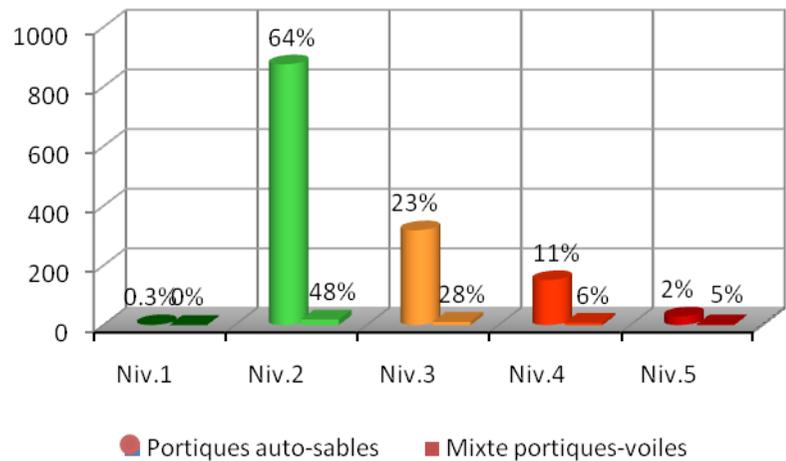
**Commune - THENIA (1975 Constructions )**



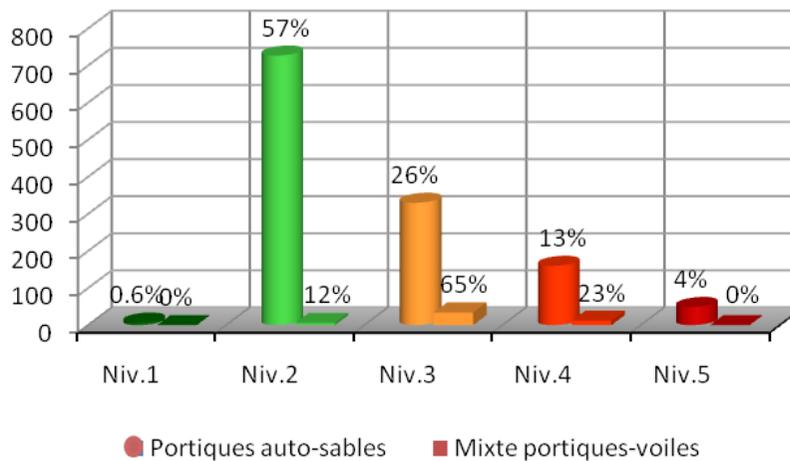
**Commune - CHABET EL AMER (1978 Constructions )**



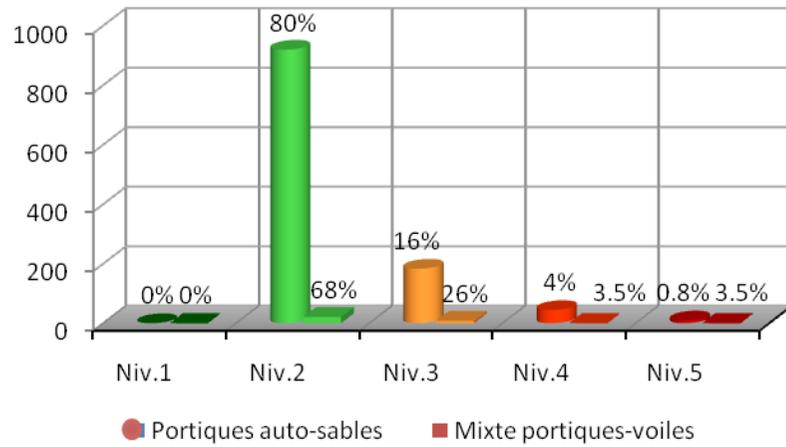
**Commune - OULED HEDADJ (2021 Constructions )**



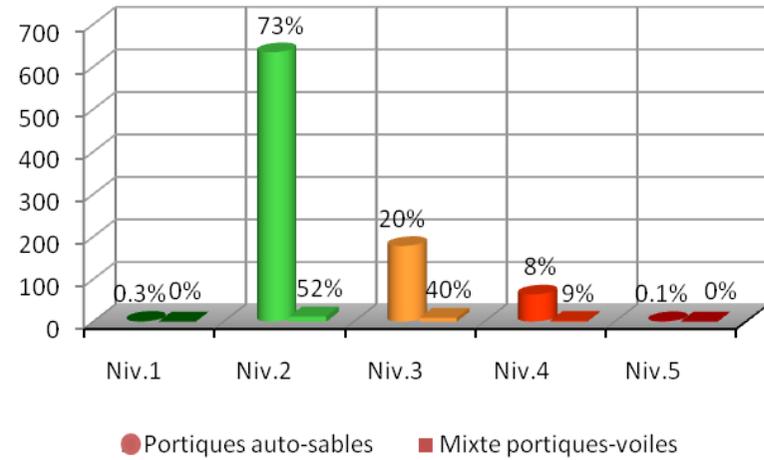
**Commune - ZEMMOURI (2041 Constructions )**



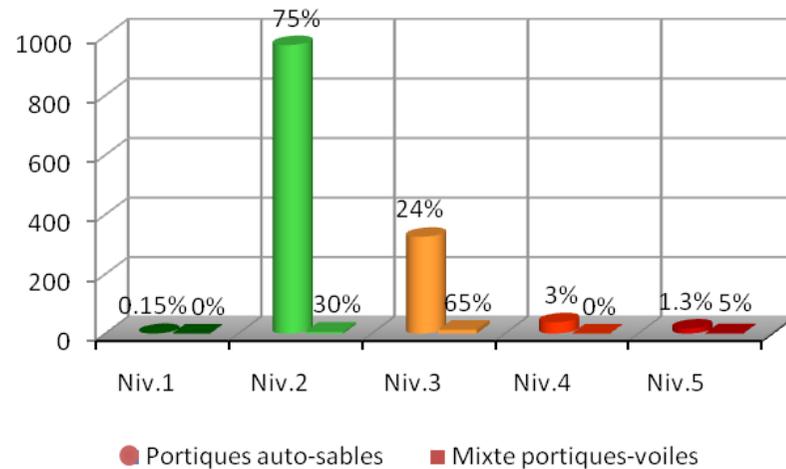
**Commune - BENI AMARANE (2160 Constructions )**



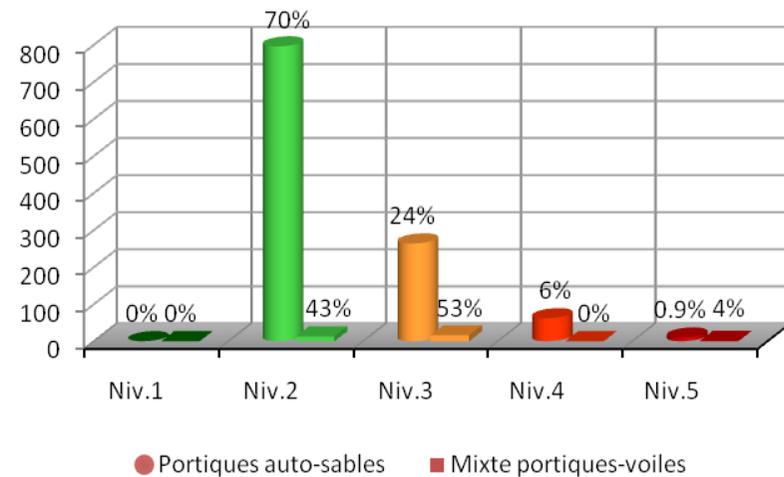
**Commune -CAP DJENET (2378 Constructions )**



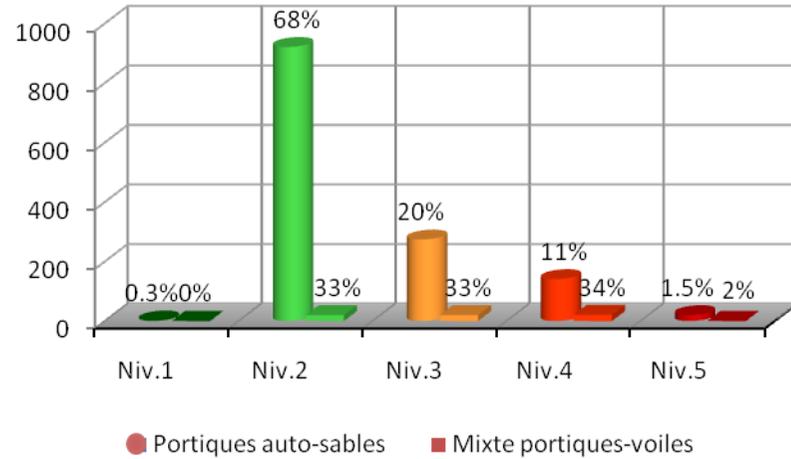
**Commune -BAGHLIA (2393 Constructions )**



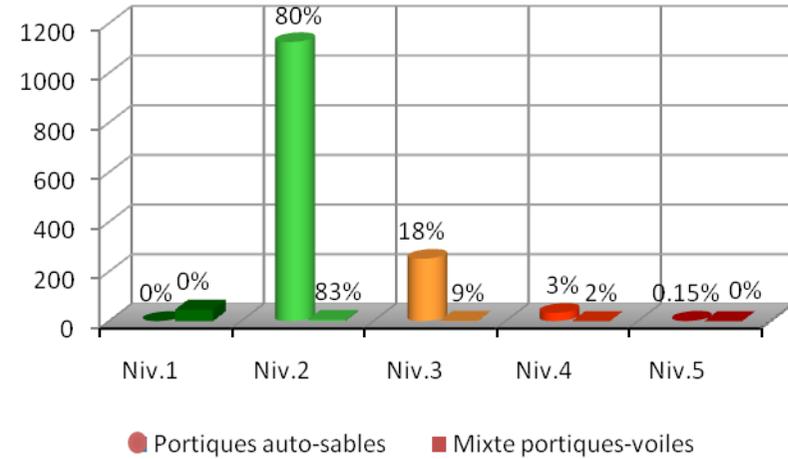
**Commune - ISSER (2428 Constructions )**



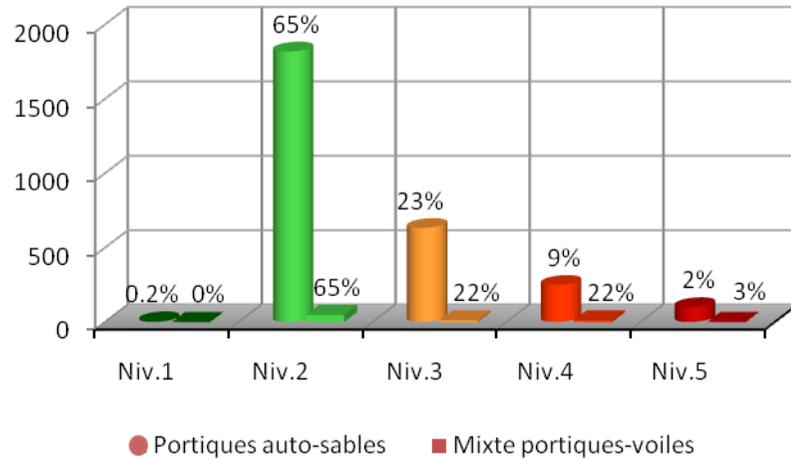
**Commune -DELLYS (2924 Constructions )**



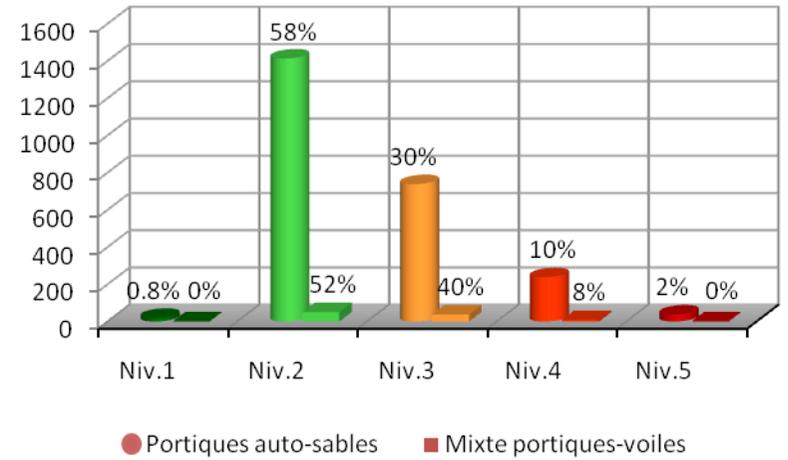
**Commune-KHEMIS KHECHENA(3155 Constructions )**



**Commune - BOUDOUAOU (4730 Constructions )**



**Commune - BORDJ MENAEL 5079Constructions )**



# ANNEXE II

Tableau d'analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le système constructif  
(Portique auto stable et Mixte portique voile)

Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le système portique auto stable

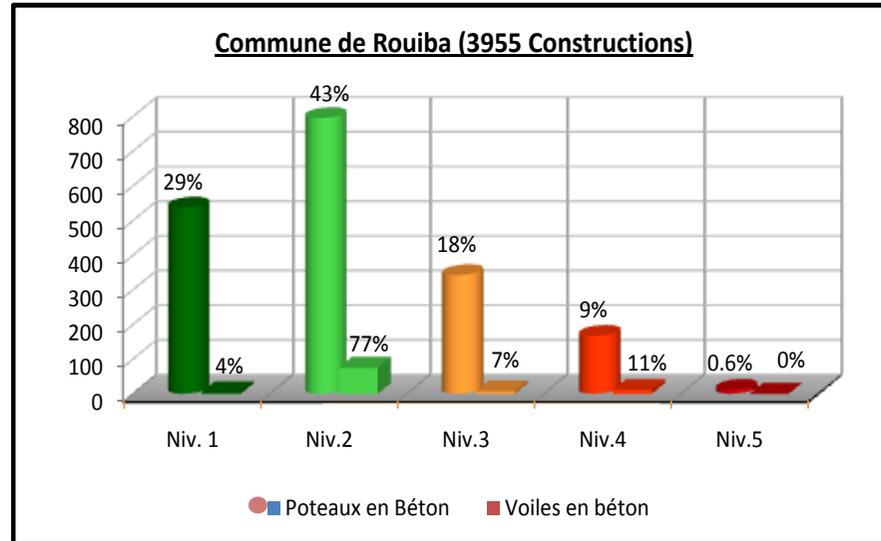
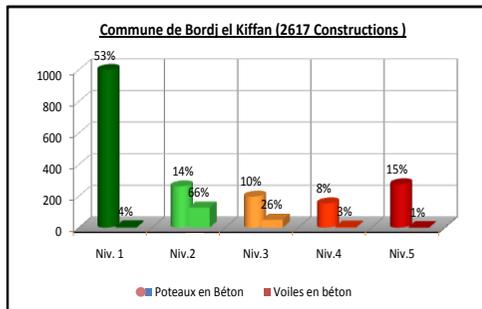
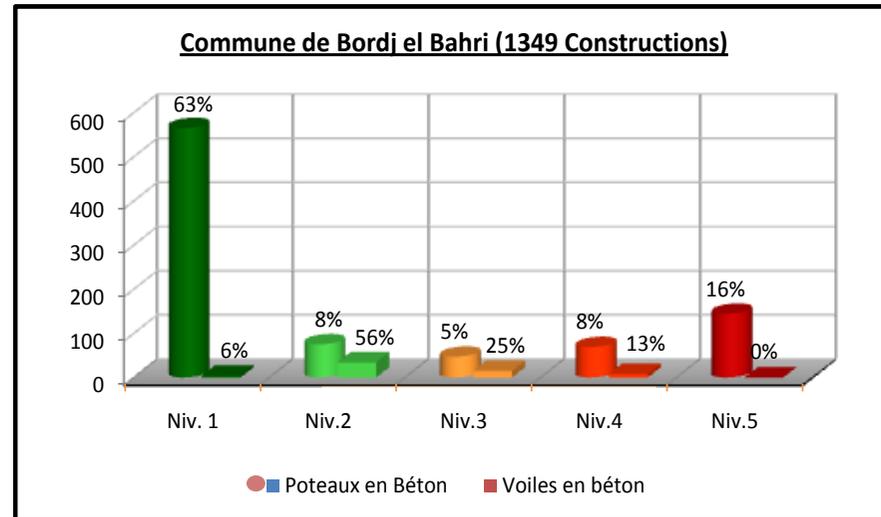
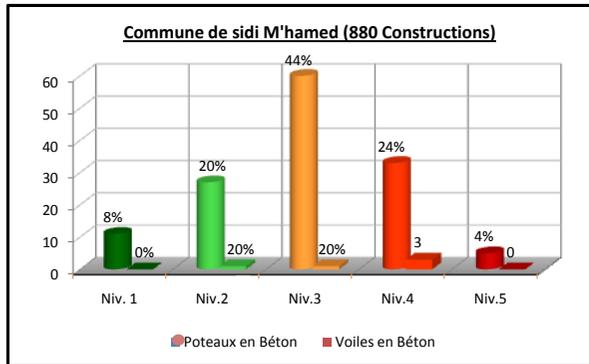
COMMUNE	Nbre total de Constructions Expertisées	Nbre de Constructions mixte portique voiles Expertisées					Taux en %			Total (1,2,3,4,5)
		Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Niv 1,2	Niv 1,2,3	Niv 4,5	
SIDI M'HAMED	880	11	27	60	33	5	28%	72%	28%	136
BAB EZZOUAR	835	18	113	81	55	7	48%	77%	23%	274
BORDJ ELBAHRI	1349	565	75	47	69	144	71%	76%	24%	900
BORDJ EL KIFFAN	2617	998	261	196	153	274	67%	77%	23%	1882
ROUIBA	3955	537	795	342	167	11	72%	90%	10%	1852
REGHAIA	2195	448	332	339	372	59	50%	72%	28%	1550
HARAOUA	2898	386	540	180	173	72				1351
EL MARSA	20	6	3	0	1	0	90%	90%	10%	10
CASBAH	481	1	13	13	16	14	25%	47%	53%	57
OUED KORICHE	231	1	4	5	21	14	11%	22%	78%	45
BOLOGHINE	140	1	5	9	1	2	33%	83%	17%	18
RAIS HAMIDOU	71	0	0	5	9	3	0%	29%	71%	17
HUSSEIN-DEY	547	4	27	43	59	10	22%	52%	48%	143
MOHAMED BELOUZDAD	818	9	27	62	57	12	22%	59%	41%	167
KOUBA	184	4	48	24	7	1	62%	90%	10%	84
EL-MOURADIA	67	3	7	7	0	1	56%	94%	6%	18
EL-MAGHARIA	177	9	24	35	5	6	42%	86%	14%	79
EL-HARRACH	121	15	1	4	0	14	47%	59%	41%	34
BOUROUBA	303	75	1	3	27	13	64%	66%	34%	119
BACHDJARAH	52	8	0	4	0	25	22%	32%	68%	37
OUED SMAR	30	12	0	1	0	0	92%	100%	0%	13
BARAKI	118	2	29	11	19	2	49%	67%	33%	63
EUCALYPTUS	228	23	43	55	32	9	41%	75%	25%	162
SIDI MOUSSA	9	0	2	3	0	1	33%	83%	17%	6
BIR MOURAD RAIS	80	0	14	6	2	0	64%	91%	9%	22
JASR KASANTINA	86	6	19	2	4	1	78%	84%	16%	32
HYDRA	71	7	18	16	0	0	61%	100%	0%	41
BIRKHADEM	91	4	8	7	1	0	60%	95%	5%	20
SAOULA	240	2	10	9	7	4	38%	66%	34%	32
DAR EL BEIDA	656	72	122	55	73	17	57%	73%	27%	339
MOHAMMADIA	335	27	104	37	12	5	71%	91%	9%	185
BOUZAREAH	186	18	18	12	8	2	62%	83%	17%	58
EL BIAR	252	17	31	14	5	6	66%	85%	15%	73
BENI MESSOUS	5	0	1	0	0	0	100%	100%	0%	1
BEN AKNOUN	64	3	9	4	0	0	75%	100%	0%	16
CHERAGA	275	16	22	23	18	5	45%	73%	27%	84

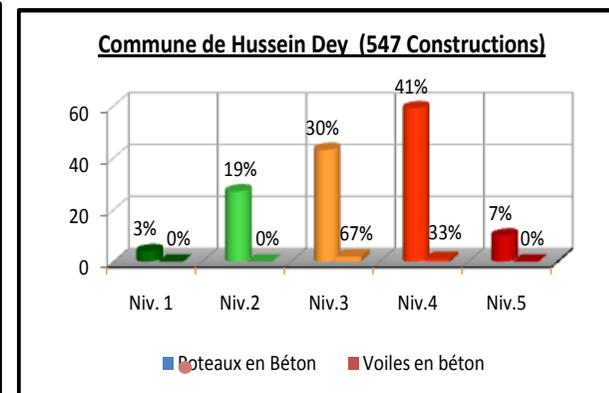
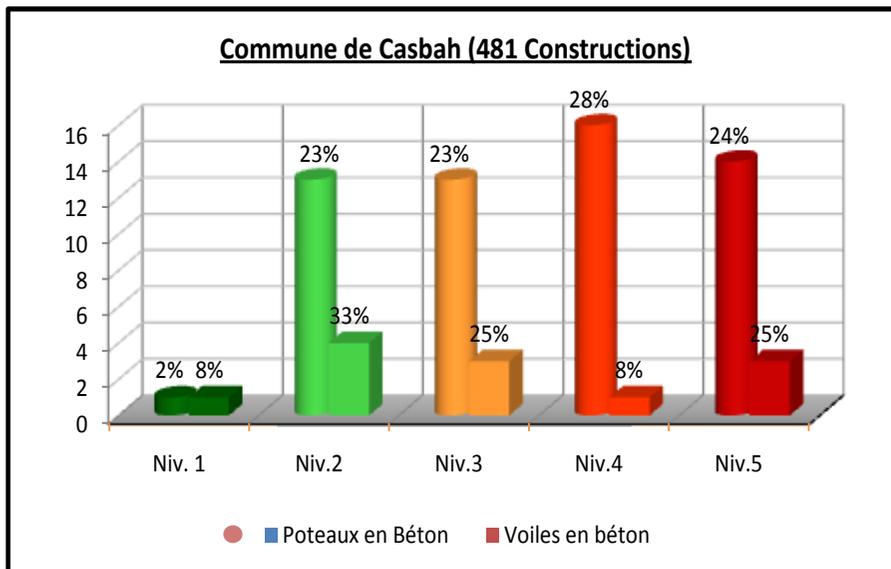
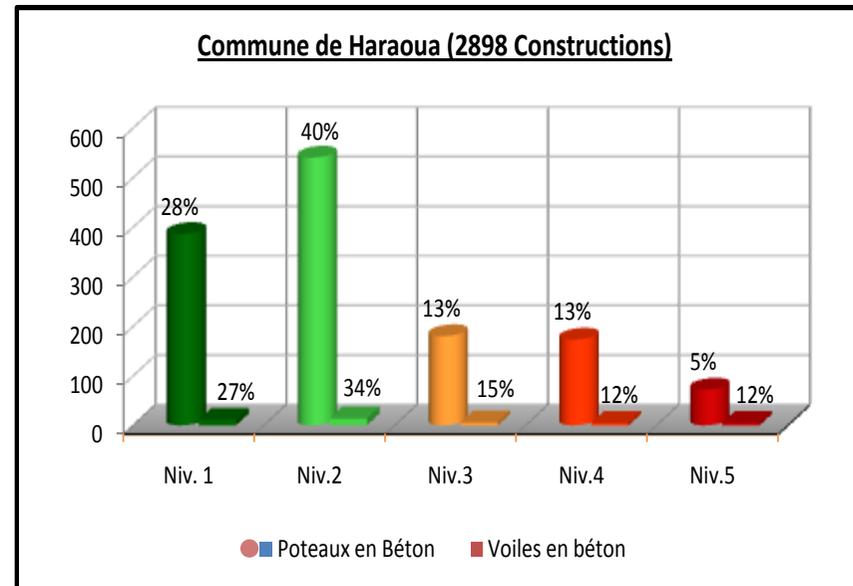
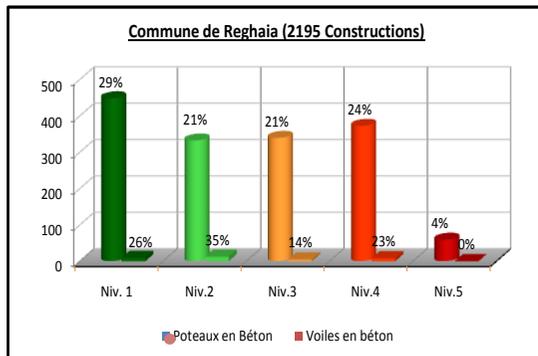
DELY IBRAHIM	27	0	1	6	1	2	10%	70%	30%	10
EL -HAMMAMET	40	0	2	1	5	5	15%	23%	77%	13
OULED FAYET	47	1	6	4	8	0	37%	58%	42%	19
AIN BENIAN	93	1	1	7	3	3	13%	60%	40%	15
ZERALDA	143	31	11	1	0	0	98%	100%	0%	43
STAOUELI	240	21	21	7	2	2	79%	92%	8%	53
SOUIDANIA	67	6	4	5	3	0	56%	83%	17%	18
MAHELMA	127	10	14	3	0	0	89%	100%	0%	27
RAHMANIA	53	5	2	1	3	0	64%	73%	27%	11
DRAIRIA	149	63	8	7	1	0	90%	99%	1%	79
DOUERA	183	10	62	3	9	0	86%	89%	11%	84
KHRAICIA	102	5	29	22	4	0	57%	93%	7%	60
HASSEN BABA	110	43	7	1	0	0	98%	100%	0%	51
EL ACHOUR	136	10	8	2	1	0	86%	95%	5%	21
BIRTOUTA	223	14	32	7	1	0	85%	98%	2%	54
OULED CHEBEL	144	6	21	2	3	0	84%	91%	9%	32
<b>Total</b>	<b>21673</b>	<b>3137</b>	<b>2415</b>	<b>1553</b>	<b>1244</b>	<b>674</b>	<b>64%</b>	<b>84%</b>	<b>16%</b>	<b>9023</b>

Analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le système mixte portique voile

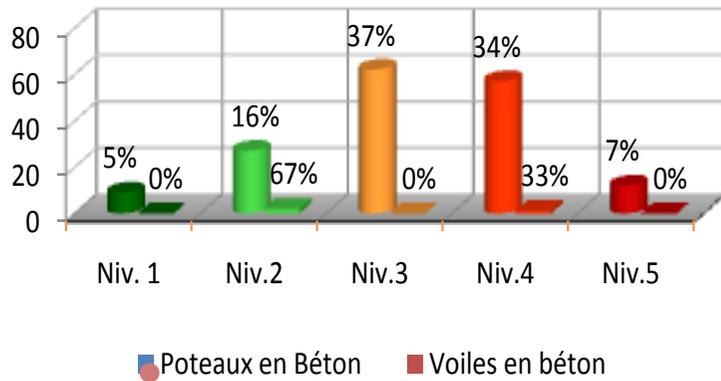
COMMUNE	Nbre total de Constructions Expertisées	Nbre de Constructions mixte portique voiles Expertisées					Taux en %			Total (1,2,3,4,5)
		Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Niv 1,2	Niv 1,2,3	Niv 4,5	
SIDI M'HAMED	880	0	1	1	3	0	20%	10%	60%	5
BAB EZZOUAR	835	144	118	135	36	0	61%	92%	8%	433
BORDJ ELBAHRI	1349	4	34	15	8	0	62%	87%	13%	61
BORDJ EL KIFFAN	2617	7	127	50	5	2	70%	96%	4%	191
ROUIBA	3955	4	75	7	11	0	81%	89%	11%	97
REGHAIA	2195	9	12	5	8	0	62%	76%	24%	34
HARAOUA	2898	11	14	6	5	5	61%	76%	24%	41
EL MARSА	20	1	0	0	0	0	100%	100%	0%	1
CASBAH	481	1	4	3	1	3	42%	67%	33%	12
OUED KORICHE	231	/	/	/	/	/	/	/	/	/
BOLOGHINE	140	/	/	/	/	/	/	/	/	/
RAIS HAMIDOU	71	/	/	/	/	/	/	/	/	/
HUSSEIN-DEY	547	0	0	2	1	0	0%	67%	33%	3
MOHAMED BELOUZDAD	818	0	2	0	1		67%	67%	33%	3
KOUBA	184	0	3	1	0	0	75%	100%	0%	4
EL-MOURADIA	67	0	0	1	0	0	0%	100%	0%	1
EL-MAGHARIA	177	1	1	0	0	1	67%	67%	33%	3
EL-HARRACH	121	0	0	0	0	1	0%	0%	100%	1
BOUROUBA	303	1	0	0	0	1	50%	50%	50%	2
BACHDJARAH	52	/	/	/	/	/	/	/	/	/
OUED SMAR	30	13	0	0	0	0	100%	100%	0%	13
BARAKI	118	0	1	0	0	0	100%	100%	0%	1
EUCALYPTUS	228	2	0	0	0	0	100%	100%	0%	2
SIDI MOUSSA	9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
BIR MOURAD RAIS	80	4	5	0	0	0	100%	100%	0%	9
JASR KASANTINA	86	5	5	1	0	0	91%	100%	0%	11
HYDRA	71	0	0	1	0	0	0%	100%	0%	1
BIRKHADEM	91	1	0	1	0	0	50%	100%	0%	2

SAOULA	240	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
DAR EL BEIDA	656	2	89	61	0	3	59%	98%	2%	155	
MOHAMMADIA	335	5	23	11	3	2	64%	89%	11%	44	
BOUZAREAH	186	1	1	0	1	0	67%	67%	33%	3	
EL BIAR	252	5	0	0	0	0	100%	100%	0%	5	
BENI MESSOUS	5	0	1	0	0	0	100%	100%	0%	1	
BEN AKNOUN	64	0	0	1	0	0	0%	100%	0%	1	
CHERAGA	275	2	5	3	1	0	64%	91%	9%	11	
DELY IBRAHIM	27	1	0	0	0	0	100%	100%	0%	1	
EL -HAMMAMET	40	0	2	1	5	5	15%	23%	77%	13	
OULED FAYET	47	0	1	1	0	0	50%	100%	0%	2	
AIN BENIAN	93	1	0	1	0	0	50%	100%	0%	2	
ZERALDA	143	1	0	1	0	0	50%	100%	0%	2	
STAOUELI	240	2	0	0	0	2	50%	50%	50%	4	
SOUIDANIA	67	/	/	/	/	/	/	/	/		
MAHELMA	127	0	1	1	0	0	50%	100%	0%	2	
RAHMANIA	53	/	/	/	/	/					
DRAIRIA	149	5	0	0	0	0	100%	100%	0%	5	
DOUERA	183	7	0	0	0	0	100%	100%	0%	7	
KHRAICIA	102	/	/	/	/	/					
HASSEN BABA	110	17	3	0	0	0	100%	100%	0%	20	
EL ACHOUR	136	57	1	0	0	0	100%	100%	0%	58	
BIRTOUTA	223	1	1	0	0	0	100%	100%	0%	2	
OULED CHEBEL	144	0	1	0	0	0	100%	100%	0%	1	
Total	21673	315	530	309	86	25	67%	91%	9%	1265	

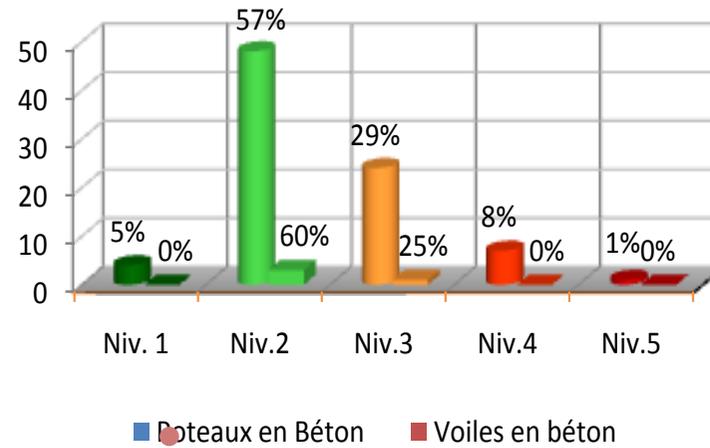




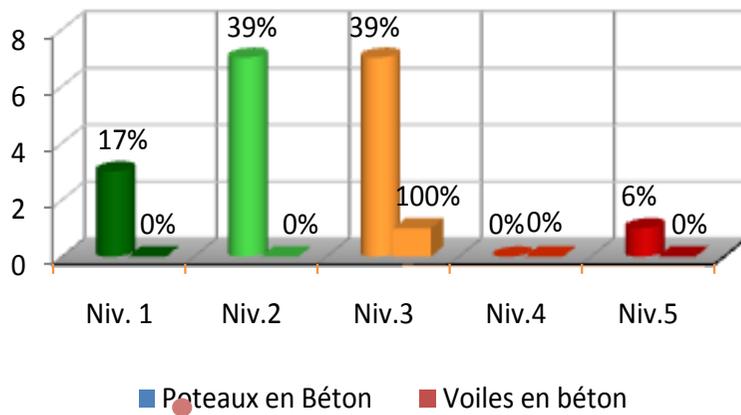
**Commune de Mouhamed Belouizdada (818  
Constructions)**



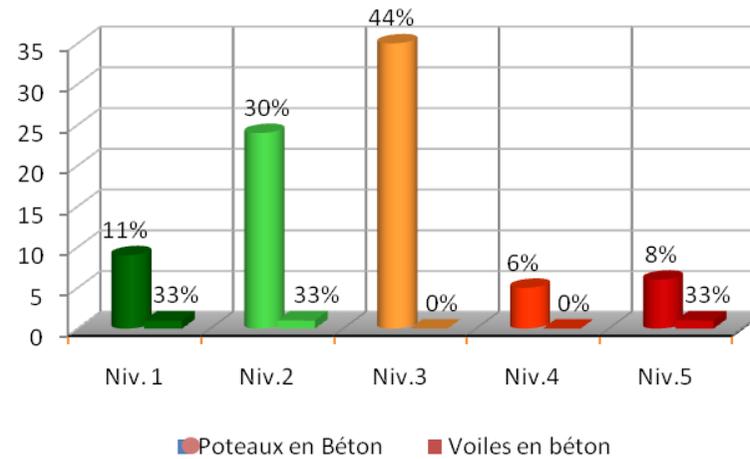
**Commune de Kouba (184 Constructions)**



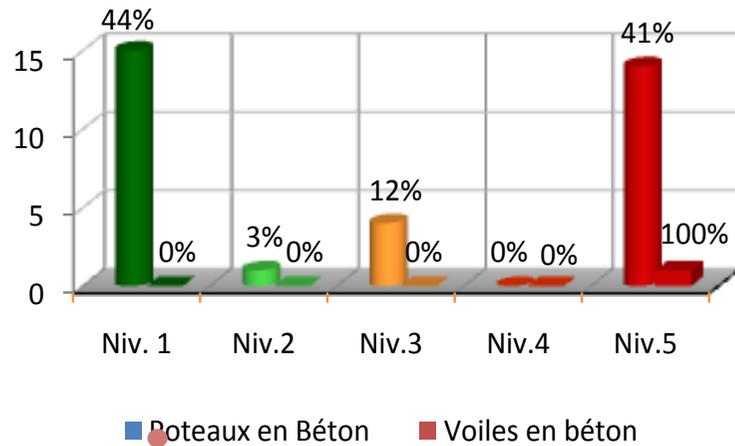
**Commune de El Mouradia (67 constructions)**



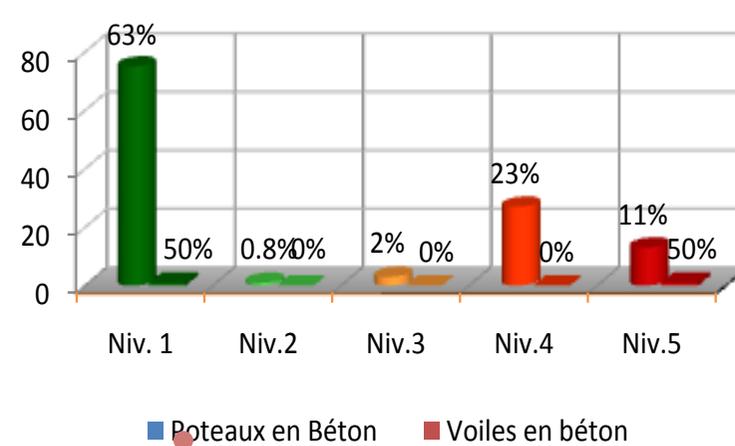
**Commune de El Magharia (177 Constructions)**



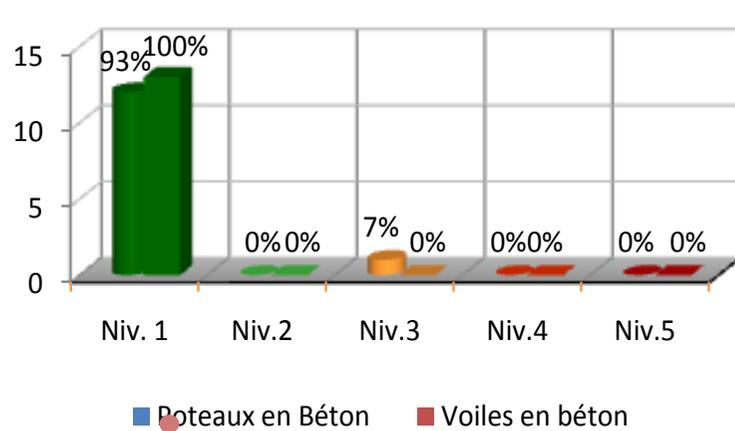
**Commune de El Harrach (121 Constructions)**



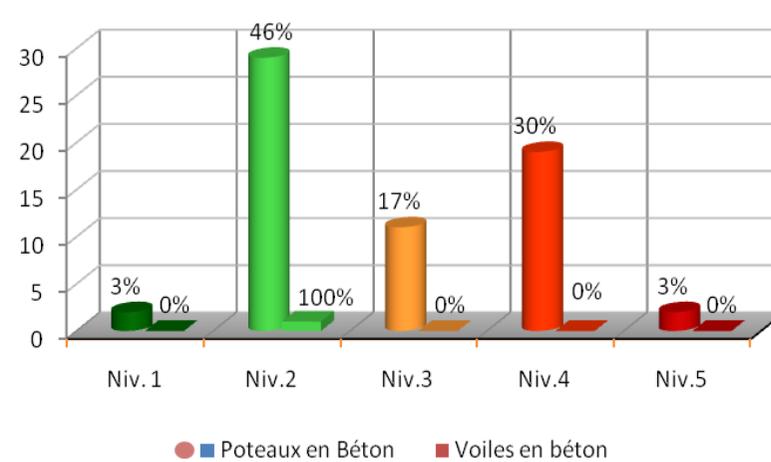
**Commune de Bourouba (303 Constructions)**



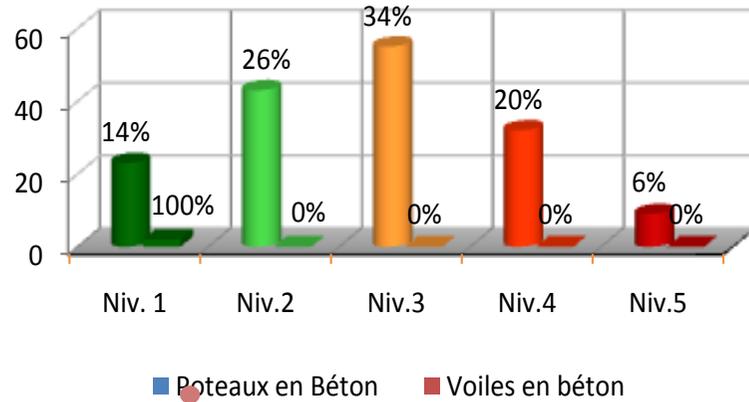
**Commune Oued Smar (30 Constructions)**



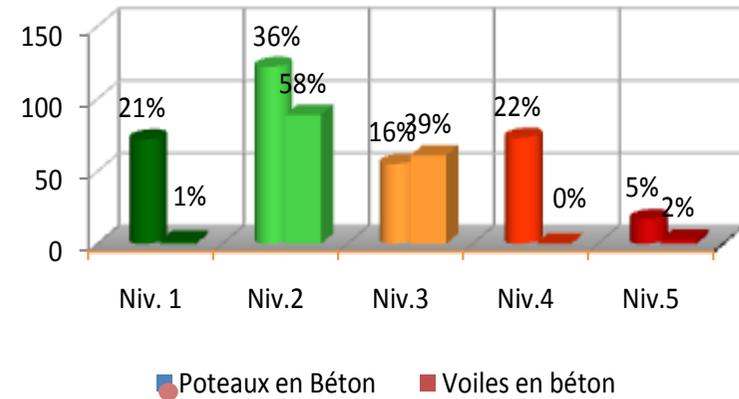
**Commune de Baraki (118 Constructions)**



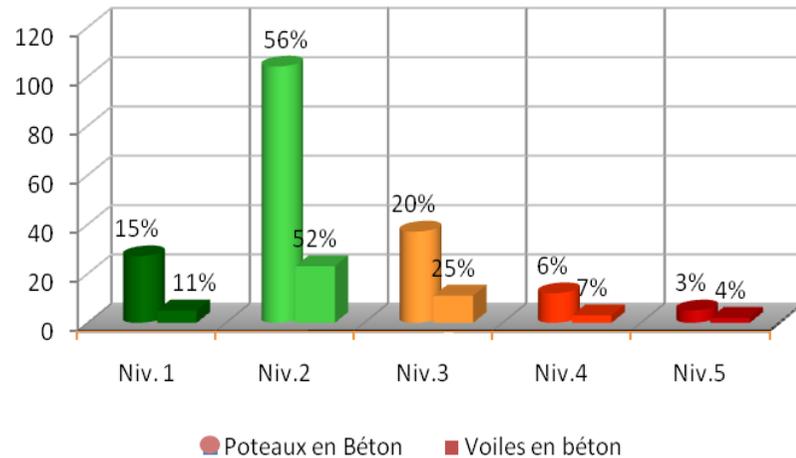
**Commune de Eucalyptus (162Constructions)**



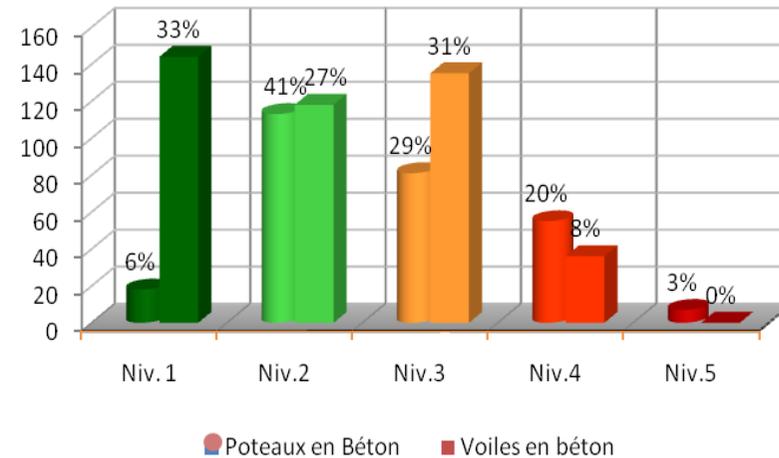
**Commune de Dar El Beida (656 Constructions)**



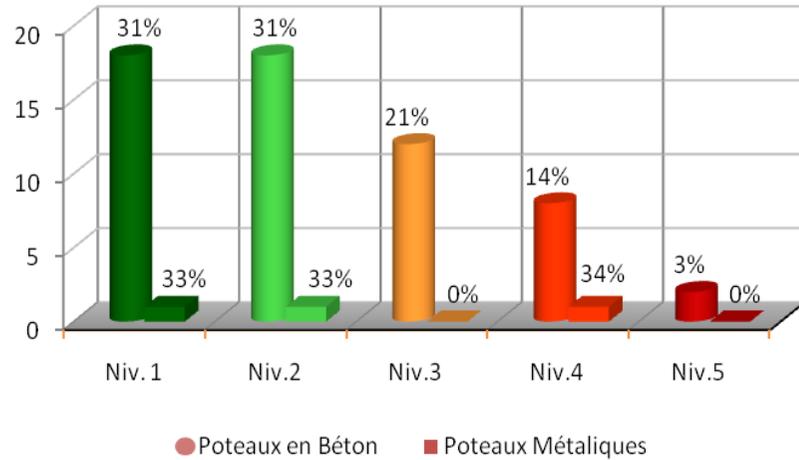
**Commune de Mohamadia (335Constructions)**



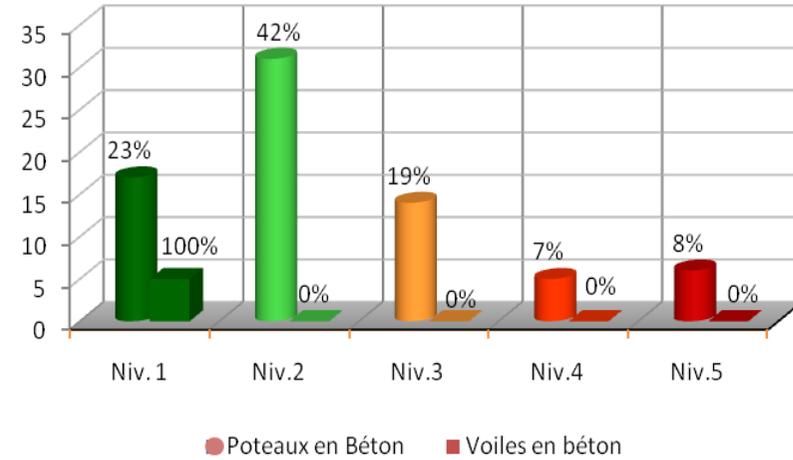
**Commune de Bab Ezzouar(835 Constructions)**



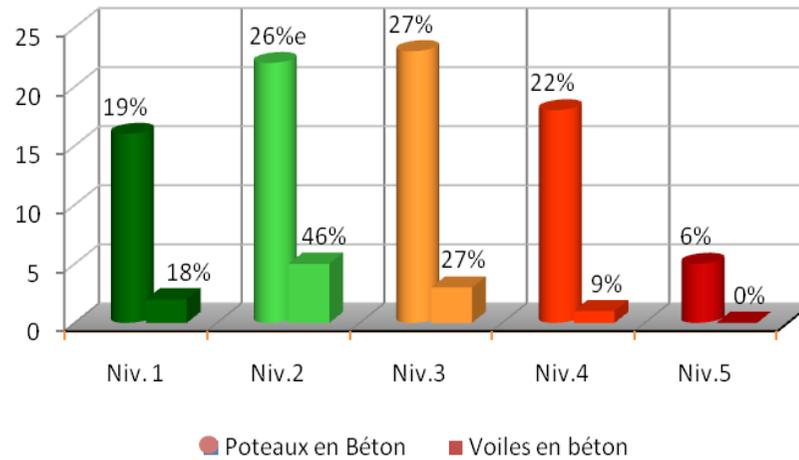
**Commune de Bouzareha(186 Constructions)**



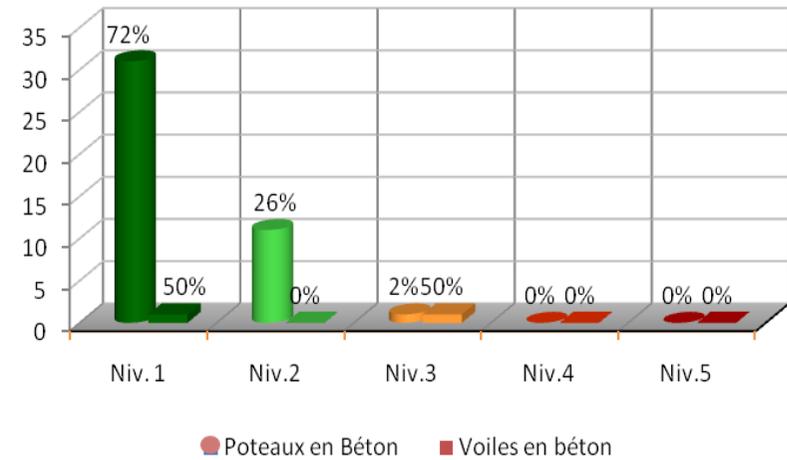
**Commune d'El Biar (252 Constructions)**



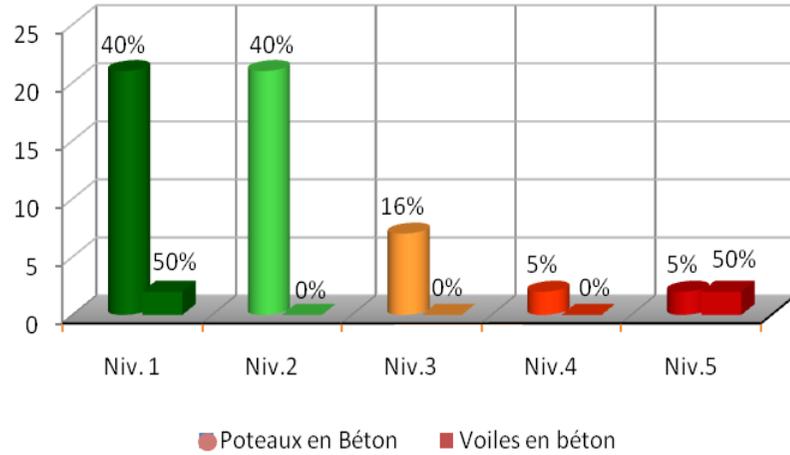
**Commune de Chéraga(275 Constructions)**



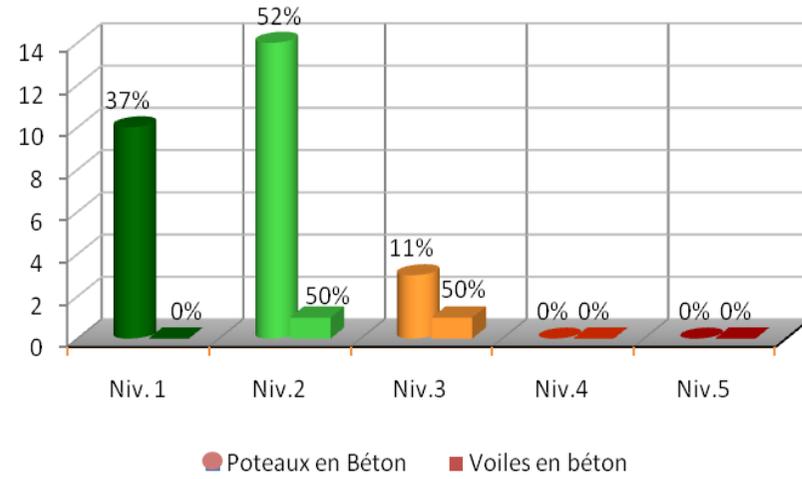
**Commune de Zéralda(143 Constructions)**



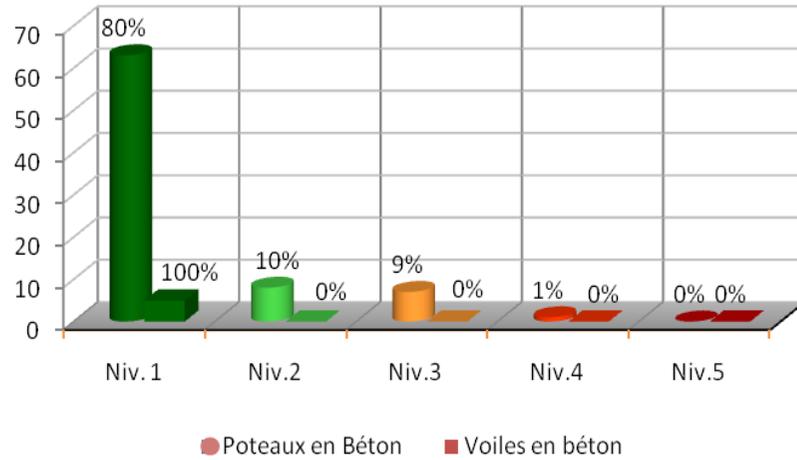
**Commune de Staouali (240Constructions)**



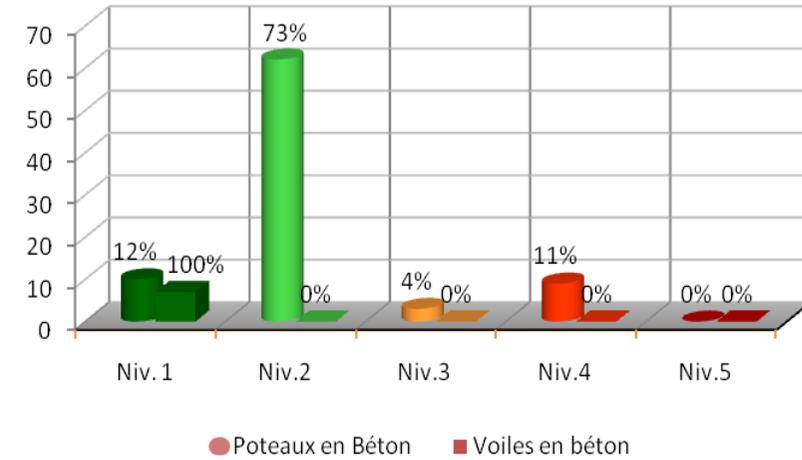
**Commune de Mahelma (127Constructions)**



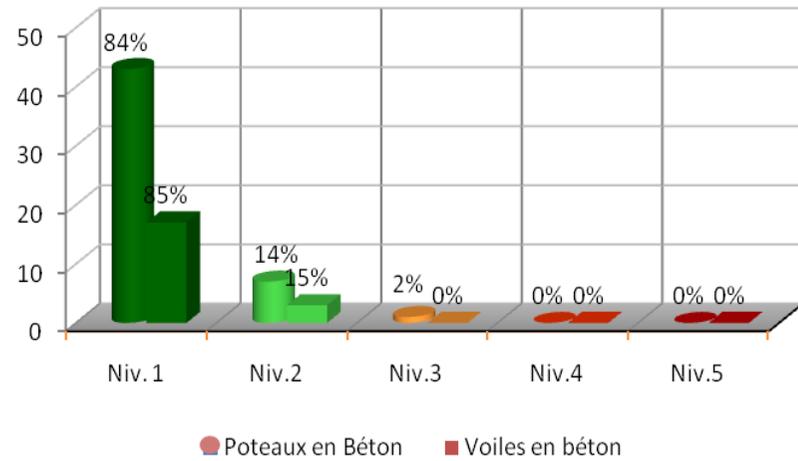
**Commune de DRARIA(149Constructions)**



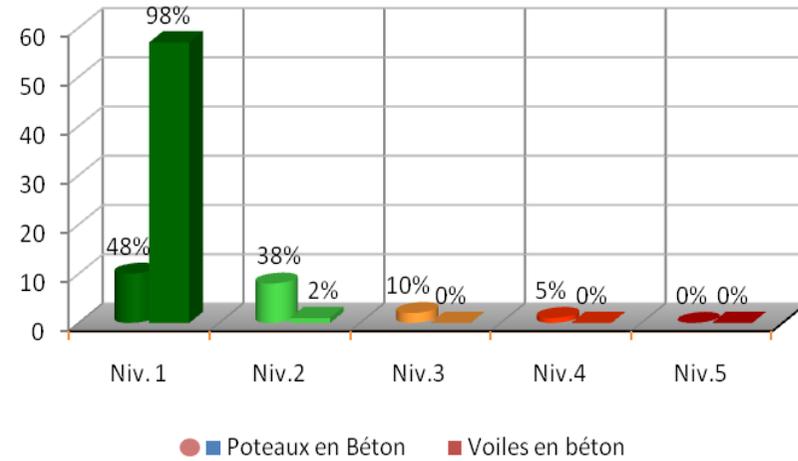
**Commune de Douera(183 Constructions)**



**Commune de Baba Hassen (110 Constructions)**



**Commune de El Achour (136 Constructions)**



# ANNEXE III

Tableau d'analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon l'âge de la construction

<b>Commune de : Afir</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	72	7	2	2	83
Age de 11 à : 20	0	148	25	11	5	189
Age de 21 à : 30	0	97	43	14	16	170
Age de 31 à : 40	0	12	27	13	29	81
Age de 41 à : 50	0	7	12	6	20	45
Age de 51 à : 60	0	4	3	4	6	17
Age de 61 à : 70	0	0	2	0	1	3
Age de 71 à : 80	0	1	1	0	0	2
Age de 81 à : 90	0	0	0	0	3	3
Age de 91 à : 100	0	0	0	0	2	2
<b>Commune de : Ammal</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	37	7	1	0	45
Age de 11 à : 20	0	156	13	5	0	174
Age de 21 à : 30	0	168	48	22	3	241
Age de 31 à : 40	0	27	10	23	7	67
Age de 41 à : 50	1	13	44	21	6	85
Age de 51 à : 60	0	1	4	3	2	10
Age de 61 à : 70	0	2	12	1	1	16
Age de 71 à : 80	0	1	1	0	0	2
Age de 81 à : 90	0	0	0	5	0	5
Age de 91 à : 100	0	0	0	1	0	1
<b>Commune de : Baghlia</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	1	224	67	11	8	311
Age de 11 à : 20	2	442	139	17	8	608
Age de 21 à : 30	0	265	154	36	20	475
Age de 31 à : 40	0	59	42	17	28	146
Age de 41 à : 50	0	14	21	14	20	69
Age de 51 à : 60	0	3	4	3	4	14
Age de 61 à : 70	0	1	5	2	15	23
Age de 71 à : 80	0	18	14	4	14	50
Age de 81 à : 90	0	4	8	0	4	16
Age de 91 à : 100	0	4	2	2	2	10
<b>Commune de : Benchoud</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	125	33	7	1	166
Age de 11 à : 20	0	261	40	15	5	321
Age de 21 à : 30	0	267	62	10	5	344
Age de 31 à : 40	0	9	10	8	11	38
Age de 41 à : 50	0	6	4	1	4	15
Age de 51 à : 60	0	3	3	1	1	8

Age de 71 à : 80	0	4	0	5	1	10
Age de 81 à : 90	0	0	0	0	7	7
Age de 91 à : 100	0	1	1	0	0	2
<b>Commune de : Beni Amrane</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	226	33	10	4	273
Age de 11 à : 20	0	420	83	26	4	533
Age de 21 à : 30	0	265	94	48	11	418
Age de 31 à : 40	0	51	31	42	27	151
Age de 41 à : 50	0	31	86	101	28	246
Age de 51 à : 60	0	9	12	58	12	91
Age de 61 à : 70	0	6	1	25	13	45
Age de 71 à : 80	0	6	5	12	11	34
Age de 81 à : 90	0	2	3	2	1	8
Age de 91 à : 100	0	3	9	51	4	67
<b>Commune de : Bordj meniel</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	3	439	169	90	23	751
Age de 11 à : 20	4	669	317	123	34	1147
Age de 21 à : 30	14	578	345	117	39	1093
Age de 31 à : 40	11	138	110	109	35	403
Age de 41 à : 50	0	86	161	102	52	401
Age de 51 à : 60	0	11	35	20	14	80
Age de 61 à : 70	0	11	34	15	0	60
Age de 71 à : 80	0	17	35	34	6	92
Age de 81 à : 90	0	1	7	7	4	19
Age de 91 à : 100	0	17	29	50	31	127
<b>Commune de : Boudouaou</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	3	596	352	132	72	1155
Age de 11 à : 20	0	714	250	88	45	1097
Age de 21 à : 30	1	356	130	36	20	543
Age de 31 à : 40	0	88	61	17	42	208
Age de 41 à : 50	0	44	52	17	33	146
Age de 51 à : 60	0	12	9	6	6	33
Age de 61 à : 70	0	31	12	4	0	47
Age de 71 à : 80	0	32	12	13	2	59
Age de 81 à : 90	0	5	24	4	4	37
Age de 91 à : 100	0	22	12	7	35	76
<b>Commune de : Boudouaou El Bahri</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	46	17	14	6	83

Age de 11 à : 20	0	85	27	9	2	123
Age de 21 à : 30	0	48	8	6	1	63
Age de 31 à : 40	0	9	6	1	0	16
Age de 41 à : 50	0	39	29	10	4	82
Age de 51 à : 60	0	9	4	10	0	23
Age de 61 à : 70	0	8	2	0	0	10
Age de 71 à : 80	0	6	1	0	0	7
Age de 81 à : 90	0	1	0	0	0	1
Age de 91 à : 100	0	2	1	0	3	6
<b>Commune de : Boumerdes</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	1	269	201	169	83	723
Age de 11 à : 20	1	223	132	60	23	439
Age de 21 à : 30	0	74	41	45	9	169
Age de 31 à : 40	0	17	7	7	1	32
Age de 41 à : 50	0	14	6	11	6	37
Age de 51 à : 60	0	4	2	6	0	12
Age de 61 à : 70	0	2	2	2	0	6
Age de 71 à : 80	0	6	8	8	2	24
Age de 81 à : 90	0	1	0	1	2	4
Age de 91 à : 100		3	4	4	3	14
<b>Commune de : Chabet El Amer</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	259	91	3	1	354
Age de 11 à : 20	0	390	127	8	2	527
Age de 21 à : 30	0	185	99	26	4	314
Age de 31 à : 40	0	76	58	10	5	149
Age de 41 à : 50	0	18	37	9	2	66
Age de 51 à : 60	0	6	12	2	0	20
Age de 61 à : 70	0	12	7	2	0	21
Age de 71 à : 80	0	27	59	22	0	108
Age de 81 à : 90	0	25	8	0	1	34
Age de 91 à : 100	0	8	19	0	0	27
<b>Commune de : Corso</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	329	137	68	45	579
Age de 11 à : 20	0	167	69	39	15	290
Age de 21 à : 30	0	101	40	10	5	156
Age de 31 à : 40	1	39	22	8	5	75
Age de 41 à : 50	0	83	36	17	27	163
Age de 51 à : 60	0	5	4	11	1	21
Age de 61 à : 70	0	11	17	5	2	35
Age de 71 à : 80	0	11	35	32	0	78
Age de 81 à : 90	0	3	3	0	0	6

Age de 91 à : 100	0	4	16	1	25	46
<b>Commune de : Dellys</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	1	329	85	43	8	466
Age de 11 à : 20	1	439	130	130	17	643
Age de 21 à : 30	0	214	101	101	9	384
Age de 31 à : 40	0	68	54	54	13	165
Age de 41 à : 50	0	140	66	66	18	245
Age de 51 à : 60	0	7	12	12	7	35
Age de 61 à : 70	0	3	3	3	2	12
Age de 71 à : 80	0	25	43	43	8	133
Age de 81 à : 90	0	5	4	4	4	14
Age de 91 à : 100	0	11	25	25	78	162
<b>Commune de : Djinet</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	226	86	36	1	349
Age de 11 à : 20	2	464	176	91	1	734
Age de 21 à : 30	0	198	82	61	3	344
Age de 31 à : 40	0	44	49	139	0	232
Age de 41 à : 50	0	139	41	34	2	216
Age de 51 à : 60	0	0	1	1	0	2
Age de 61 à : 70	0	0	0	1	0	1
Age de 71 à : 80	0	1	1	1	0	3
Age de 91 à : 100	0	4	0	0	0	4
<b>Commune de : El Kharouba</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	70	13	2	0	85
Age de 11 à : 20	1	274	35	35	0	315
Age de 21 à : 30	0	31	3	3	0	36
Age de 31 à : 40	0	0	0	0	0	1
Age de 41 à : 50	0	10	2	2	0	14
Age de 51 à : 60	0	6	0	0	0	26
Age de 61 à : 70	0	0	1	1	0	1
Age de 71 à : 80	0	2	0	0	0	2
Age de 91 à : 100	0	0	0	0	0	1
<b>Commune de : Lagata</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	1	129	30	25	8	193
Age de 11 à : 20	1	311	94	41	10	457
Age de 21 à : 30	1	109	103	28	6	274
Age de 31 à : 40	0	23	21	11	6	61
Age de 41 à : 50	0	14	16	12	5	47
Age de 51 à : 60	0	3	8	5	4	20
Age de 61 à : 70	0	0	3	3	1	7

Age de 71 à : 80	0	0	8	4	0	12
Age de 81 à : 90	0	1	1	1	0	3
Age de 91 à : 100	0	0	0	3	0	3
<b>Commune de : Ouled Aissa</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	43	6	1	0	50
Age de 11 à : 20	0	119	14	0	0	133
Age de 21 à : 30	0	82	23	0	0	105
Age de 31 à : 40	0	4	7	2	0	13
Age de 41 à : 50	0	36	108	0	0	144
Age de 51 à : 60	0	0	3	1	0	4
Age de 61 à : 70	0	1	0	0	0	1
Age de 71 à : 80	0	6	23	0	0	29
<b>Commune de : Ouled Hedadj</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	2	202	116	58	14	392
Age de 11 à : 20	0	371	150	80	22	623
Age de 21 à : 30	1	261	80	33	17	392
Age de 31 à : 40	0	36	17	5	15	73
Age de 41 à : 50	0	8	5	2	2	17
Age de 51 à : 60	0	0	1	1	2	4
Age de 61 à : 70	0	4	0	1	2	7
Age de 71 à : 80	0	0	1	29	0	30
Age de 81 à : 90	0	0	5	3	11	19
Age de 91 à : 100	0	0	1	0	4	5
<b>Commune de : Sidi Daoud</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	129	47	19	15	210
Age de 11 à : 20	0	353	78	20	16	467
Age de 21 à : 30	1	191	106	35	15	348
Age de 31 à : 40	1	51	28	10	24	114
Age de 41 à : 50	0	24	32	17	23	96
Age de 51 à : 60	0	0	3	4	4	11
Age de 61 à : 70	0	7	4	2	29	42
Age de 71 à : 80	0	7	22	30	63	122
Age de 81 à : 90	0	3	3	5	3	14
Age de 91 à : 100	0	10	6	9	9	34
<b>Commune de : Si Mustapha</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	86	43	14	1	144
Age de 11 à : 20	0	64	37	9	1	11
Age de 21 à : 30	0	97	27	11	0	135
Age de 31 à : 40	0	12	7	4	3	26
Age de 41 à : 50	0	6	5	2	0	13

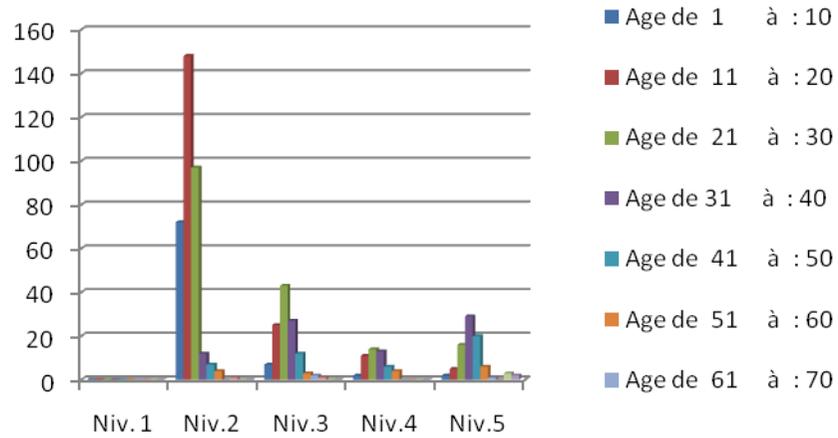
Age de 51 à : 60	0	1	2	1	0	4
Age de 61 à : 70	0	3	3	3	0	9
Age de 71 à : 80	0	16	6	3	0	25
Age de 81 à : 90	0	0	4	0	0	4
Age de 91 à : 100	0	7	33	1	1	42
<b>Commune de : Souk El had</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	24	6	4	0	34
Age de 11 à : 20	2	54	17	2	1	76
Age de 21 à : 30	0	25	12	3	2	42
Age de 31 à : 40	0	2	2	1	0	5
Age de 41 à : 50	0	15	3	2	1	21
Age de 51 à : 60	0	36	2	3	1	42
Age de 61 à : 70	0	3	5	1	4	13
Age de 71 à : 80	0	8	14	10	4	36
Age de 81 à : 90	0	0	4	0	0	4
Age de 91 à : 100	0	5	24	15	2	46
<b>Commune de : Taouerga</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	64	12	2	2	80
Age de 11 à : 20	0	107	39	6	3	155
Age de 21 à : 30	0	48	41	5	6	100
Age de 31 à : 40	0	17	21	10	11	59
Age de 41 à : 50	0	3	20	12	9	44
Age de 51 à : 60	0	1	4	3	7	15
Age de 61 à : 70	0	1	1	0	12	14
Age de 71 à : 80	0	12	11	9	46	78
Age de 81 à : 90	0	8	7	1	0	16
Age de 91 à : 100	0	6	7	4	3	20
<b>Commune de : Thenia</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	32	231	49	24	15	351
Age de 11 à : 20	1	230	62	30	9	338
Age de 21 à : 30	0	131	76	18	2	227
Age de 31 à : 40	0	38	33	21	12	104
Age de 41 à : 50	0	24	16	28	14	82
Age de 51 à : 60	0	8	5	3	1	17
Age de 61 à : 70	0	21	17	6	19	63
Age de 71 à : 80	1	93	62	32	22	210
Age de 81 à : 90	0	18	18	9	5	50
Age de 91 à : 100	0	29	26	36	6	97
<b>Commune de : Tidjelabine</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	271	121	50	10	452

Age de 11 à : 20	0	245	100	32	4	381
Age de 21 à : 30	1	113	38	26	1	179
Age de 31 à : 40	1	22	14	7	5	49
Age de 41 à : 50	0	8	8	5	1	22
Age de 51 à : 60	0	1	3	0	6	10
Age de 61 à : 70	0	3	2	2	0	7
Age de 71 à : 80	0	3	4	11	0	18
Age de 81 à : 90	0	0	0	1	1	2
Age de 91 à : 100	0	1	2	4	10	17
<b>Commune de : Timezrit</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	47	7	0	0	54
Age de 11 à : 20	0	109	18	7	0	134
Age de 21 à : 30	0	51	18	19	0	88
Age de 31 à : 40	0	11	13	12	0	36
Age de 41 à : 50	0	2	10	18	0	30
Age de 51 à : 60	0	4	2	3	0	9
Age de 61 à : 70	0	1	0	0	0	1
Age de 71 à : 80	0	2	2	3	0	7
Age de 81 à : 90	0	1	2	0	0	3
<b>Commune de : Zemmouri</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	3	318	170	110	17	618
Age de 11 à : 20	2	293	179	70	25	569
Age de 21 à : 30	2	170	61	39	7	279
Age de 31 à : 40	0	27	27	27	4	85
Age de 41 à : 50	0	13	10	9	22	54
Age de 51 à : 60	0	0	11	4	4	19
Age de 61 à : 70	0	14	4	8	1	27
Age de 71 à : 80	0	7	9	8	4	28
Age de 81 à : 90	0	0	2	0	1	3
Age de 91 à : 100	0	8	16	15	16	55
<b>Commune de : Isser</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	334	78	23	12	447
Age de 11 à : 20	0	310	106	19	15	450
Age de 21 à : 30	0	245	102	18	3	368
Age de 31 à : 40	0	56	42	10	3	111
Age de 41 à : 50	0	46	64	57	7	174
Age de 51 à : 60	0	30	26	1	1	58
Age de 61 à : 70	0	8	10	0	1	19
Age de 71 à : 80	0	52	32	7	2	93
Age de 81 à : 90	0	12	18	1	2	33
Age de 91 à : 100	0	36	26	5	4	71

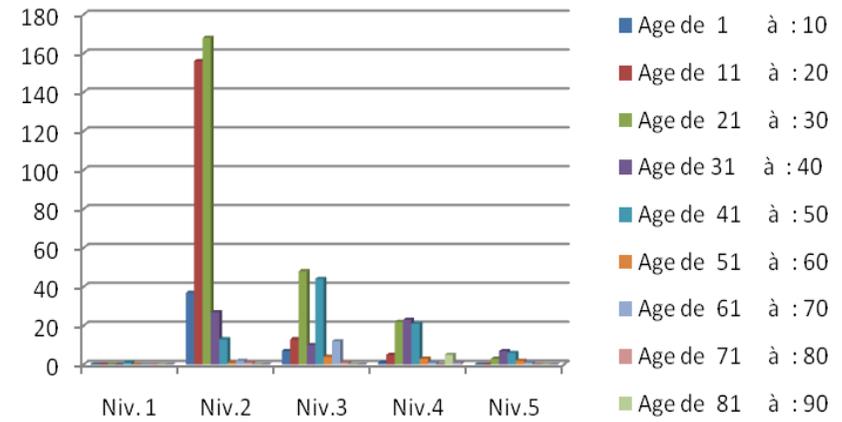
<b>Commune de : Naciria</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	6	142	36	0	1	185
Age de 11 à : 20	8	228	89	2	1	328
Age de 21 à : 30	4	266	148	1	7	426
Age de 31 à : 40	1	52	42	0	5	100
Age de 41 à : 50	0	11	40	0	3	54
Age de 51 à : 60	0	5	5	0	0	10
Age de 61 à : 70	0	1	4	0	0	5
Age de 71 à : 80	0	11	3	0	1	15
Age de 81 à : 90	0	1	1	0	0	2
Age de 91 à : 100	0	10	12	0	1	23
<b>Commune de : Bouzegza Keddara</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	50	6	0	0	56
Age de 11 à : 20	0	254	63	9	1	327
Age de 21 à : 30	0	35	9	4	1	49
Age de 31 à : 40	0	3	4	3	0	10
Age de 41 à : 50	0	2	1	2	2	7
Age de 81 à : 90	0	0	0	1	0	1
Age de 91 à : 100	0	0	0	0	1	1
<b>Commune de : Khemis El Khechna</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age de 1 à : 10	0	296	130	23	2	451
Age de 11 à : 20	2	236	165	29	3	835
Age de 21 à : 30	0	502	136	23	1	662
Age de 31 à : 40	0	130	65	27	4	226
Age de 41 à : 50	0	51	47	27	1	126
Age de 51 à : 60	0	17	22	8	1	48
Age de 61 à : 70	0	9	10	10	1	30
Age de 71 à : 80	0	25	29	17	1	72
Age de 81 à : 90	0	5	9	6	0	20
Age de 91 à : 100	0	4	14	26	3	47
<b>Commune de : Hamadi</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age non renseigné	0	11	79	42	7	239
Age de 1 à : 10	0	115	49	5	1	210
Age de 11 à : 20	2	183	41	5	1	230
Age de 21 à : 30	0	112	32	4	1	249
Age de 31 à : 40	0	24	13	2	1	40
Age de 41 à : 50	0	28	15	10	3	56
Age de 51 à : 60	0	4	6	0	0	10
Age de 61 à : 70	0	3	2	2	0	7

Age de 71 à : 80	0	3	7	2	1	13
Age de 81 à : 90	0	3	4	3	2	12
Age de 91 à : 100	0	3	2	7	0	12
<b>Commune de : Larbaatache</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age non renseigné	0	42	8	14	2	66
Age de 1 à : 10	0	101	12	13	2	128
Age de 11 à : 20	2	194	45	16	3	258
Age de 21 à : 30	0	93	50	18	4	165
Age de 31 à : 40	0	29	24	23	2	78
Age de 41 à : 50	0	19	16	13	2	50
Age de 51 à : 60	0	3	3	9	1	16
Age de 61 à : 70	0	1	2	1	0	4
Age de 71 à : 80	0	5	3	0	1	9
Age de 81 à : 90	0	0	0	1	0	1
Age de 91 à : 100	0	0	0	3	0	3
<b>Commune de : Ouled Moussa</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
Age non renseigné	0	48	23	13	5	89
Age de 1 à : 10	0	279	160	62	6	507
Age de 11 à : 20	2	213	52	29	1	295
Age de 21 à : 30	0	140	27	6	1	174
Age de 31 à : 40	0	36	7	3	1	47
Age de 41 à : 50	0	70	24	7	3	104
Age de 51 à : 60	0	2	3	6	3	14
Age de 61 à : 70	0	8	0	5	0	13
Age de 71 à : 80	0	14	10	1	0	25
Age de 81 à : 90	0	1	0	0	0	1
Age de 91 à : 100	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>128</b>	<b>23776</b>	<b>10910</b>	<b>5199</b>	<b>2168</b>	<b>42613</b>

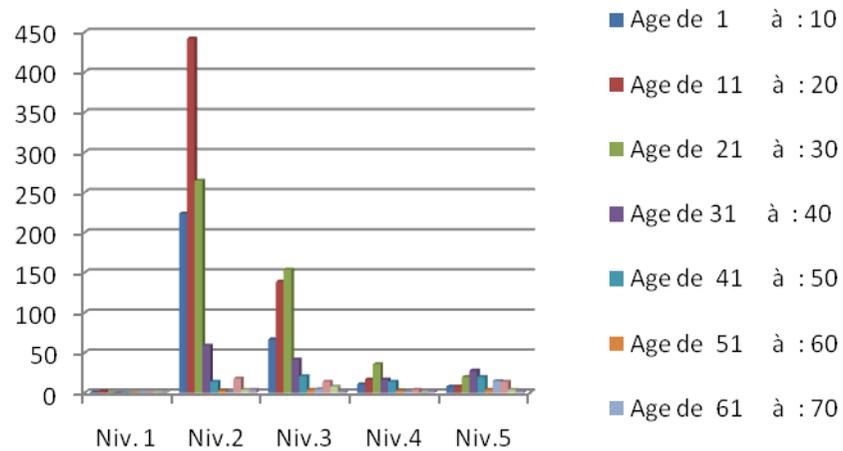
### Commune de Afir



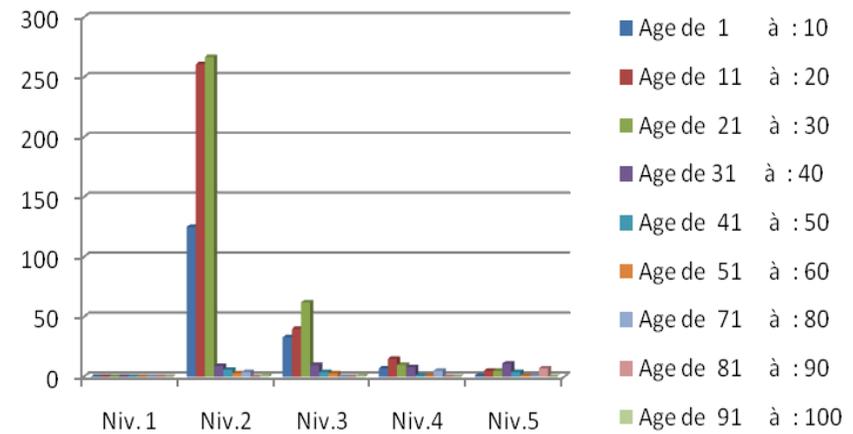
### Commune de Ammal



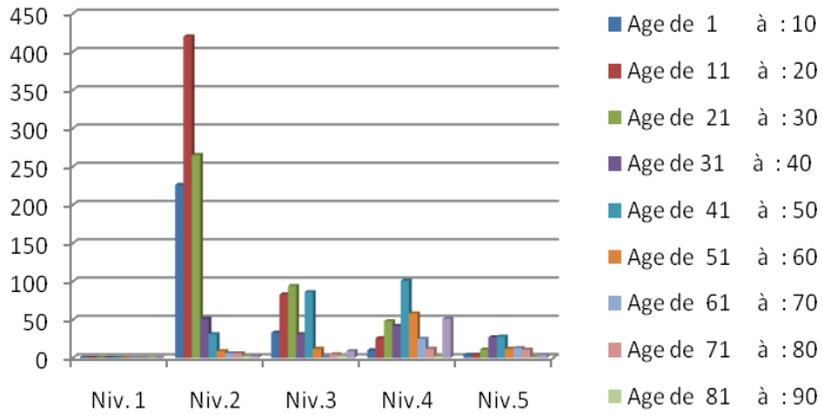
### Commune de Baghlia



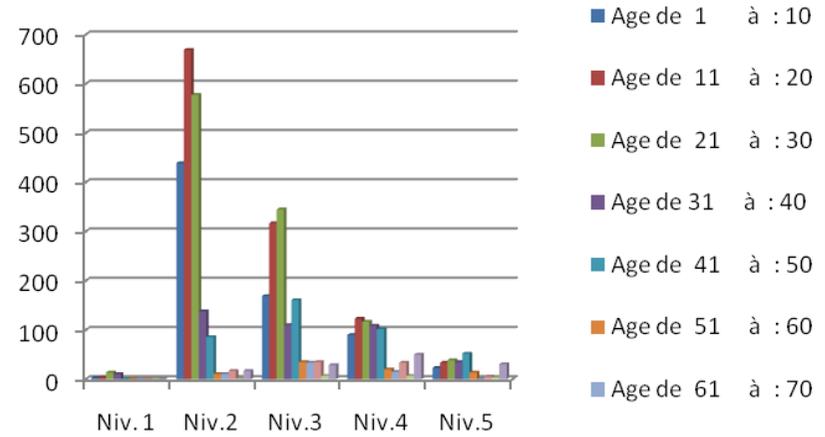
### Commune de Benchoud



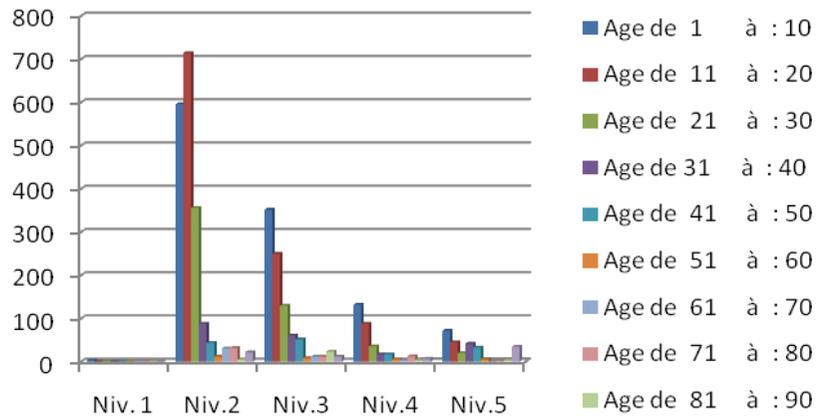
### Commune de Beni Amrane



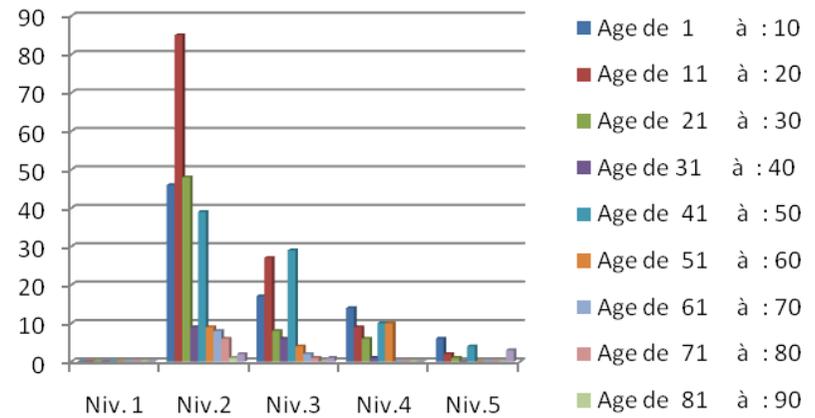
### Commune de Bordj Meneil



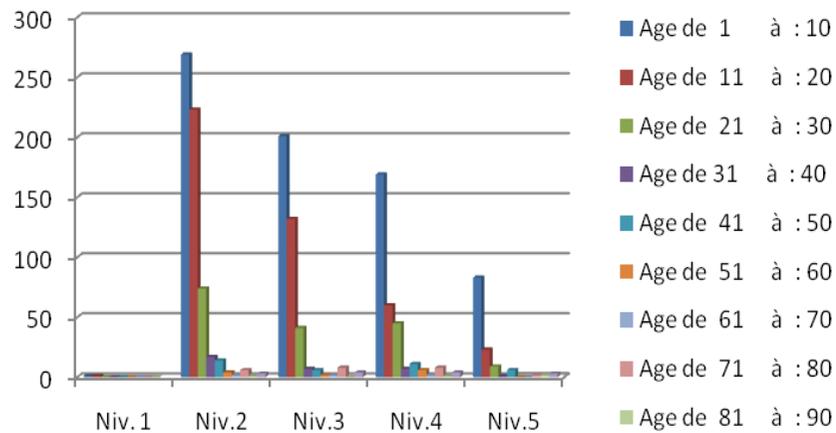
### Commune de Boudouaou



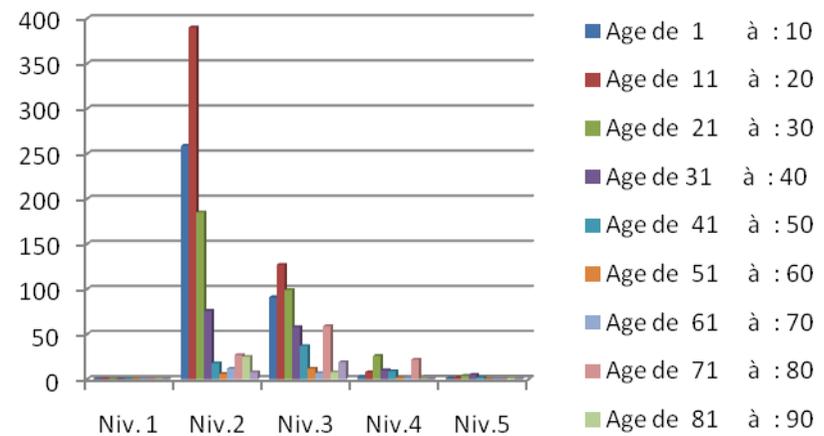
### Commune Boudouaou El Bahri



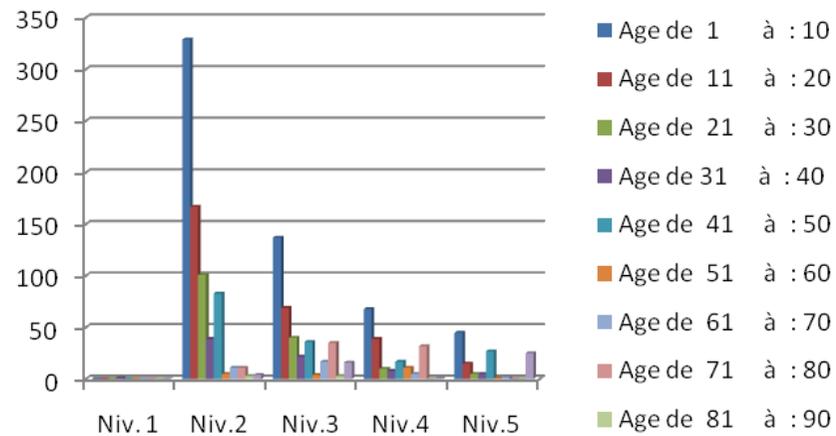
### Commune de Boumerdes



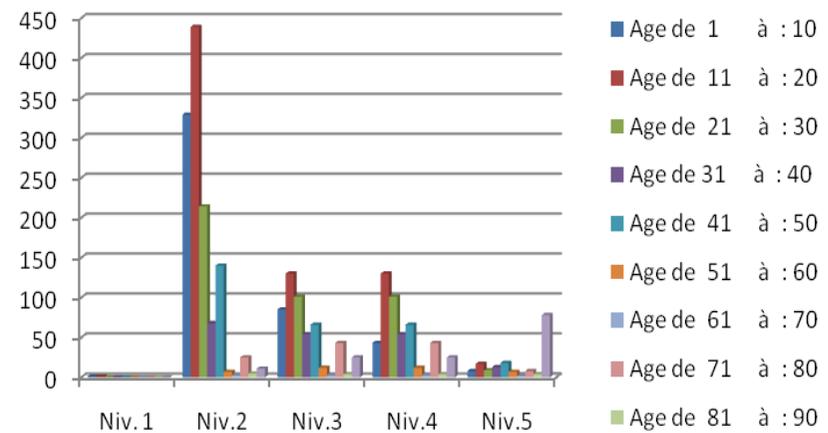
### Commune de Chabet El Amer



### Commune de Corso

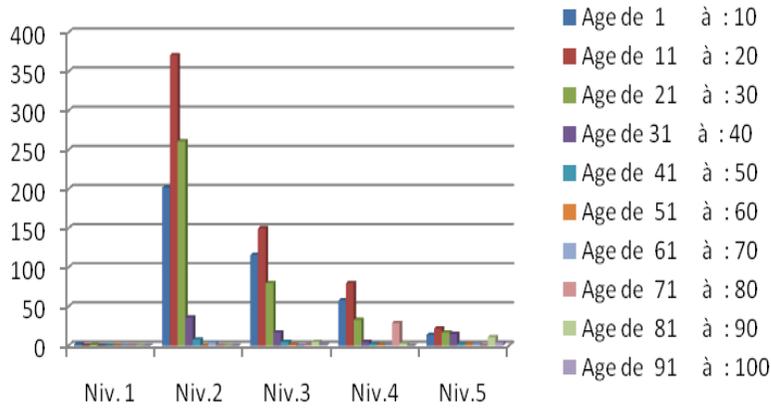


### Commune de Dellys

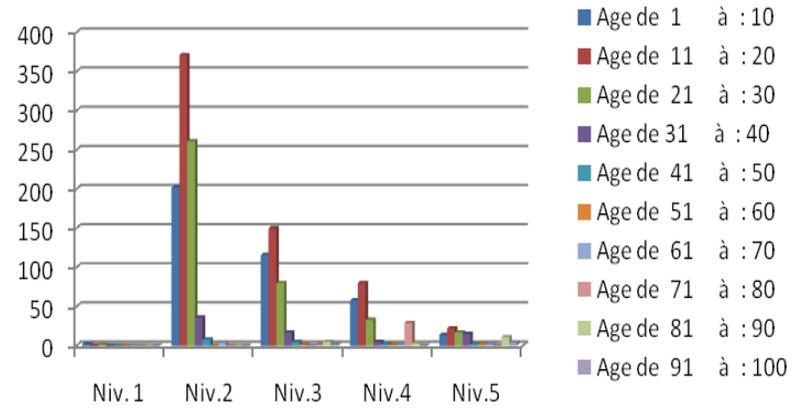




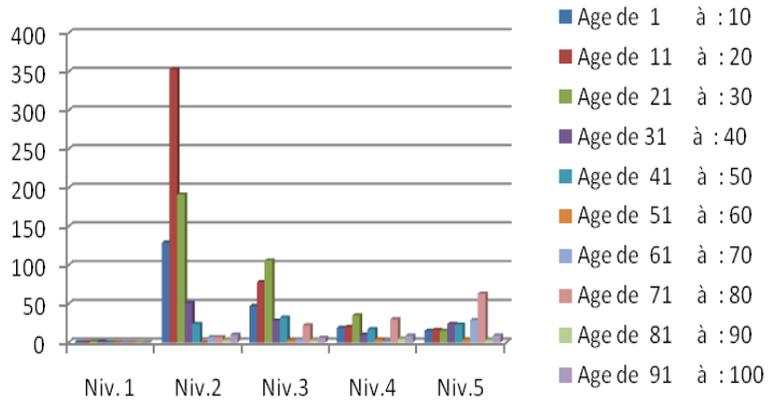
### Commune de Ouled Hedadj



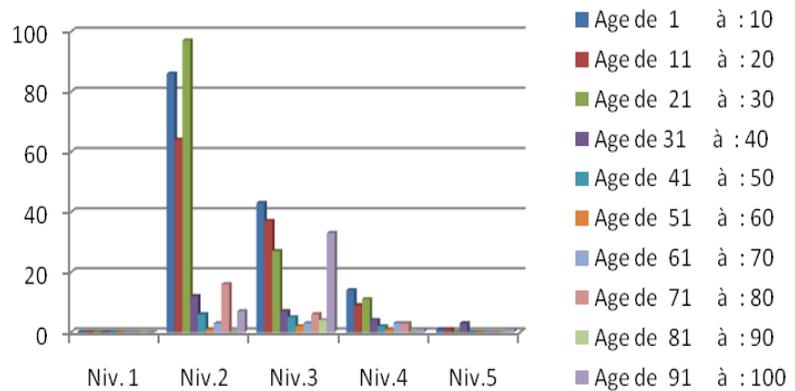
### Commune de Ouled Hedadj



### Commune de Sidi Daoud



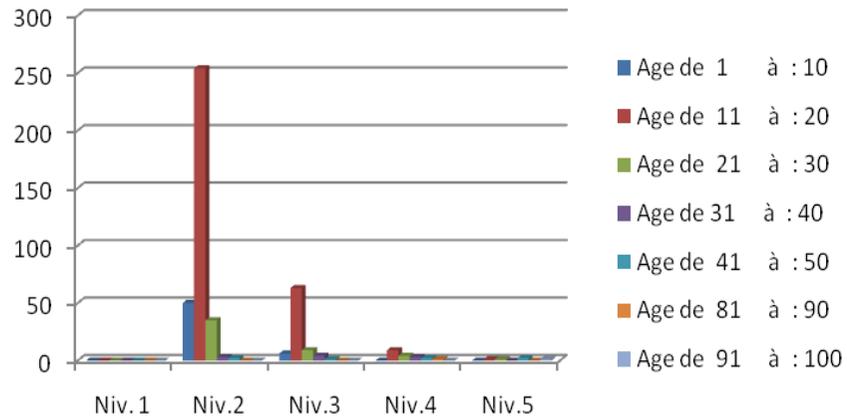
### Commune de Si Mustapha



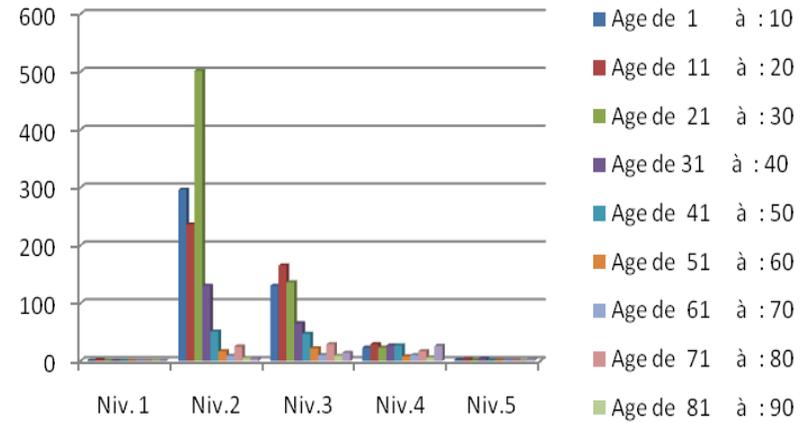




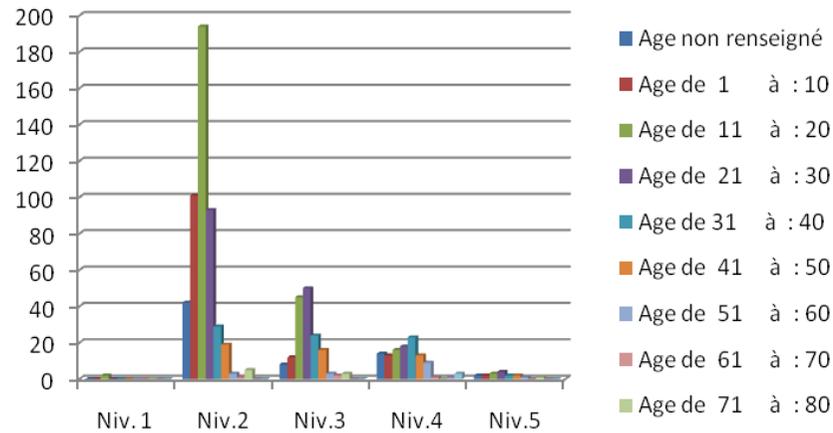
### Commune de Bouzegza Keddara



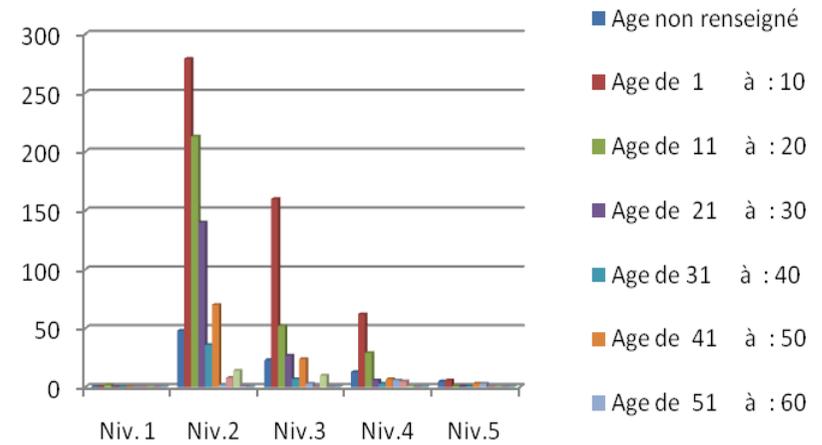
### Commune de Khemis el Khechna



### Commune de Larbaatache



### Commune de ouled Moussa



# ANNEXE IV

Tableau d'analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon l'âge de la construction

<b>Commune de : Sidi M'Hamed</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	3	1	3	0	0	
11 20	2	3	2	3	1	
21 -30	0	3	0	1	0	
31 -40	1	2	4	4	0	
41 -50	0	8	19	11	1	
51 -60	4	14	8	8	2	
61 -70	3	18	55	27	13	
71 -80	10	22	112	118	18	
81 -90	9	17	13	24	10	
91 -100	0	10	39	33	15	
101 -110	0	0	0	6	10	
111 -120	0	1	4	3	7	
121 -130	0	0	0	0	2	
131 -140	0	0	0	1	0	
141 -150	0	0	0	0	1	
171 -180	0	0	0	0	2	
191 -200	0	0	1	0	0	
<b>Commune de : Alger Centre</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	0	1	1	0	0	
11 20	0	2	2	0	0	
31 -40	0	1	0	0	0	
41 -50	0	6	8	1	0	
51 -60	0	4	6	0	0	
61 -70	2	14	18	9	4	
71 -80	1	23	85	58	3	
81 -90	0	1	9	4	0	
91 -100	1	6	14	4	2	
111 -120	0	0	1	1	0	
131 -140	0	0	1	0	0	
<b>Commune de : El-Madania</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	3	1	0	0	0	
11 20	2	1	1	0	0	
21 -30	0	2	0	1	0	
31 -40	0	0	1	0	0	
41 -50	1	19	0	0	0	
51 -60	0	1	0	0	0	
61 -70	0	1	4	3	0	
71 -80	0	0	1	1	1	
91 -100	0	0	2	1	0	
181 -190	0	0	1	0	0	

<b>Commune de : Bab el Oued</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	0	0	2	0	0	
11 20	0	0	1	0	0	
51 -60	0	1	0	1	0	
61 -70	0	0	0	81	0	
71 -80	3	25	115	7	36	
81 -90	0	0	0	1	1	
91 -100	0	0	28	0	0	
<b>Commune de : Casbah</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	1	1	0	0	0	
31 -40	0	0	1	0	0	
71 -80	0	4	26	78	23	
81 -90	0	0	0	3	8	
91 -100	7	23	83	50	40	
111 -120	0	6	0	0	1	
141 -150	0	0	0	0	2	
191 -200	0	0	0	0	17	
201 -210	0	0	0	0	4	
241 -250	0	0	0	0	1	
<b>Commune de : Oued Koriche</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	0	0	1	0	1	
21 -30	1	0	0	2	1	
41 -50	0	2	2	3	1	
51 -60	0	2	2	12	1	
61 -70	0	1	0	6	2	
71 -80	3	34	21	28	17	
81 -90	0	2	1	4	5	
91 -100	0	5	9	16	18	
191 -200	0	0	0	1	0	
<b>Commune de : Bologhine</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	0	0	0	1	0	
21 -30	0	0	1	0	0	
31 -40	1	1	0	0	0	
61 -70	0	0	1	2	5	
71 -80	24	18	50	17	6	
<b>Commune de : Rai Hamidou</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	0	0	0	1	0	
71 -80	0	8	19	16	13	
81 -90	0	0	0	0	1	

91 -100	0	0	0	2	0
191 -200	0	0	0	0	1
<b>Commune de : Hussein -Dey</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	0	11	1	0	0
11 20	0	3	1	0	0
21 -30	0	1	1	0	0
31 -40	2	6	0	0	0
41 -50	2	2	2	0	0
51 -60	2	1	0	3	0
61 -70	3	35	47	16	4
71 -80	0	22	52	18	4
81 -90	0	1	1	1	1
91 -100	0	1	9	24	6
<b>Commune de : Mohamed Belouizdad</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	1	1	2	2	0
11 20	1	1	0	2	1
21 -30	0	4	1	1	0
31 -40	0	0	2	0	0
41 -50	1	1	6	10	3
51 -60	4	11	44	6	2
61 -70	3	10	16	47	7
71 -80	6	12	78	70	24
81 -90	4	1	6	20	10
91 -100	2	9	30	86	61
101 -110	0	0	0	5	5
111 -120	0	0	0	3	3
141 -150	0	0	0	3	8
<b>Commune de : Kouba</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	2	5	7	0	0
11 20	2	14	4	0	0
21 -30	2	15	6	2	0
31 -40	0	1	2	0	0
41 -50	1	6	4	5	1
51 -60	0	4	0	0	0
61 -70	0	6	15	13	2
71 -80	0	8	14	8	9
81 -90	0	0	1	1	1
91 -100	0	2	1	3	4
141 -150	0	0	1	0	0
<b>Commune de : El-Mouradia</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5

01	10	0	1	0	0	0
11	20	1	0	0	0	0
31	-40	1	1	0	0	0
41	-50	1	7	0	0	0
61	-70	1	5	8	1	0
71	-80	1	3	6	1	2
81	-90	1	0	3	0	0
91	-100	0	1	4	1	2
101	-150	0	0	1	0	0
<b>Commune de : El- Magharia</b>						
		Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01	10	4	4	0	0	0
11	20	1	1	1	0	0
21	-30	1	2	1	0	0
31	-40	2	2	3	0	1
41	-50	1	2	4	1	2
51	-60	0	3	0	0	0
61	-70	1	19	20	11	6
71	-80	0	6	38	3	2
81	-90	0	1	4	2	1
91	-100	0	0	1	0	4
141	-150	0	0	0	0	1
<b>Commune de : El- Harrach</b>						
		Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01	10	7	0	1	0	0
11	20	2	0	0	0	2
21	-30	0	1	1	0	0
31	-40	0	0	0	0	1
41	-50	2	0	0	0	0
51	-60	4	0	0	0	5
61	-70	7	2	4	4	30
71	-80	5	3	6	14	12
81	-90	0	0	0	0	2
91	-100	1	0	0	2	3
101	-110	0	0	0	0	1
<b>Commune de : Bourouba</b>						
		Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01	10	5	0	0	0	0
11	20	9	0	0	0	0
21	-30	12	0	1	1	0
31	-40	2	1	1	2	0
41	-50	20	0	0	6	1
51	-60	1	0	1	10	1
61	-70	3	0	0	2	40

71 -80	54	0	0	17	1
81 -90	2	0	0	14	3
91 -100	0	0	0	1	0
<b>Commune de : Bachdjarah</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	1	0	0	0	0
11 20	2	0	0	0	0
21 -30	3	0	0	0	0
31 -40	0	0	0	0	3
41 -50	2	0	0	0	25
51 -60	0	0	0	0	3
61 -70	0	0	0	0	1
71 -80	0	0	3	0	0
81 -90	0	0	1	0	0
<b>Commune de : oued smar</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
11 20	9	0	1	0	0
41 -50	10	0	0	1	0
71 -80	0	0	1	0	0
91 -100	0	0	0	0	1
161 -170	0	0	0	0	1
<b>Commune de : Baraki</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	0	5	1	2	0
11 20	0	14	4	8	3
21 -30	1	6	2	6	0
31 -40	1	4	2	2	1
41 -50	0	1	4	3	2
51 -60	0	0	0	1	1
61 -70	0	1	0	0	4
71 -80	0	0	1	16	9
81 -90	0	1	0	4	1
<b>Commune de : Eucalyptus</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	12	12	7	2	0
11 20	2	11	25	12	0
21 -30	11	13	13	10	3
31 -40	0	5	4	6	1
41 -50	0	0	4	2	1
51 -60	0	0	0	0	1
61 -70	0	0	0	0	13
71 -80	0	1	11	11	3
81 -90	0	0	0	2	3
<b>Commune de : Sidi Moussa</b>					

	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
11 20	0	1	3	0	0
21 -30	0	1	0	0	0
61 -70	0	0	2	0	1
<b>Commune de : Bir Mourad Rais</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	0	3	0	1	1
11 20	0	3	0	0	0
21 -30	0	2	1	1	3
31 -40	0	1	2	0	0
41 -50	0	3	1	0	1
51 -60	0	0	0	0	1
61 -70	3	0	4	1	7
71 -80	0	3	0	0	3
81 -90	0	1	1	0	2
91 -100	0	0	0	0	4
111 -120	0	0	0	0	2
121 -130	0	0	0	0	1
<b>Commune de : Jsr Kasantina</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	3	9	2	1	2
11 20	4	9	2	1	1
21 -30	1	3	1	0	0
31 -40	4	0	0	0	2
41 -50	0	1	0	0	4
51 -60	0	0	0	0	1
61 -70	1	0	0	0	1
71 -80	0	0	0	0	3
81 -90	0	0	0	0	1
91 -100	0	0	1	1	7
101 -110	0	0	0	1	2
111 -120	0	0	0	0	2
<b>Commune de : hydra</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	2	1	3	1	0
11 20	0	1	3	0	0
21 -30	1	4	0	0	0
31 -40	0	2	0	0	0
41 -50	2	0	2	1	0
61 -70	0	0	3	0	0
71 -80	0	0	3	2	4
81 -90	0	0	0	0	1
91 -100	0	3	3	6	22
111 -120	0	0	0	0	0

<b>Commune de : Saoula</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	0	3	2	4	6	
11 20	1	5	3	2	2	
21 -30	0	0	6	0	0	
31 -40	0	0	0	1	0	
41 -50	0	0	0	1	0	
51 -60	0	0	1	0	2	
61 -70	0	1	0	0	3	
71 -80	0	1	2	0	3	
81 -90	0	0	0	0	33	
91 -100	1	0	7	2	36	
<b>Commune de : Dar El Bida</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	41	101	47	32	21	
11 20	41	23	9	14	0	
21 -30	2	19	36	3	1	
31 -40	3	5	8	3	0	
41 -50	2	20	5	19	1	
51 -60	0	1	2	2	0	
61 -70	0	1	3	5	1	
71 -80	2	3	0	4	1	
81 -90	0	0	0	1	0	
91 -100	0	0	0	2	6	
101 -110	0	0	0	0	1	
111 -120	0	0	0	0	1	
151 -160	0	0	0	0	1	
161 -170	0	0	0	0	2	
181 -190	0	0	0	0	2	
191 -200	0	0	0	0	1	
<b>Commune de : El Mouhamadia</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	12	59	18	8	1	
11 20	10	5	3	4	0	
21 -30	2	7	2	0	0	
31 -40	0	1	0	1	0	
41 -50	1	14	11	0	1	
51 -60	0	1	0	0	0	
61 -70	0	0	0	0	4	
71 -80	3	1	4	3	2	
81 -90	1	2	0	0	0	
91 -100	0	2	3	0	0	
<b>Commune de : Bab Ezzouar</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	

01	10	40	64	26	27	6
11	20	89	77	32	15	8
21	-30	32	48	114	29	0
31	-40	0	0	0	0	2
41	-50	0	1	1	4	5
51	-60	0	5	0	2	10
61	-70	0	4	2	3	2
71	-80	2	10	12	7	16
81	-90	0	0	0	1	0
91	-100	0	0	0	1	0

**Commune de :Bordj El Bahri**

		Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01	10	322	49	39	63	108
11	20	111	24	12	6	17
21	-30	48	24	9	4	10
31	-40	18	23	1	0	0
41	-50	52	7	1	5	1
51	-60	23	13	2	2	2
61	-70	49	1	0	2	2
71	-80	27	5	9	4	3
91	-100	0	0	0	0	1
101	-110	0	0	0	0	1

**Commune de :Bordj El Kiffan**

		Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01	10	491	190	113	118	202
11	20	298	120	102	23	81
21	-30	42	31	6	5	8
31	-40	7	3	0	0	5
41	-50	25	3	9	4	6
51	-60	7	5	5	3	18
61	-70	7	3	3	1	6
71	-80	14	16	14	9	32
81	-90	0	0	0	0	1
91	-100	0	2	1	1	0

**Commune de : Ain Taya**

		Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01	10	91	86	47	42	9
11	20	28	28	81	8	2
21	-30	4	19	0	1	0
31	-40	1	3	0	1	0
41	-50	10	12	9	2	3
51	-60	2	11	12	7	22
61	-70	5	54	2	12	4
71	-80	28	37	32	37	61

81 -90	0	0	1	2	6
91 -100	0	1	0	1	3
101 -110	0	0	0	1	0
161 -170	0	0	0	1	1
171 -180	0	0	0	0	1
<b>Commune de : El Marsa</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	0	0	0	1	0
11 20	1	0	0	0	0
21 -30	2	0	0	0	0
41 -50	0	0	0	2	0
51 -60	0	2	0	1	0
61 -70	0	3	0	1	0
71 -80	1	0	0	0	0
91 -100	0	0	0	1	0
<b>Commune de : Bouzareah</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	1	0	2	0	0
11 20	5	5	0	1	0
21 -30	9	4	2	0	0
31 -40	0	4	1	0	0
41 -50	4	4	3	1	0
51 -60	0	0	2	0	0
61 -70	3	4	7	7	3
71 -80	2	12	5	4	5
81 -90	1	0	1	0	0
91 -100	3	9	14	15	1
<b>Commune de : El Biar</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	2	4	0	1	0
11 20	0	4	0	0	1
21 -30	1	3	3	0	0
31 -40	0	3	0	0	0
41 -50	6	8	0	2	0
61 -70	11	13	8	13	1
71 -80	9	20	22	16	16
81 -90	0	2	3	0	14
91 -100	0	0	7	0	2
191 -200	0	0	1	0	0
<b>Commune de : Ben aknoun</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	2	0	1	0	0
11 20	1	0	2	0	0
21 -30	1	1	0	0	0

31 -40	0	2	0	0	0
41 -50	2	5	2	0	0
51 -60	0	1	0	0	0
61 -70	0	3	3	4	0
71 -80	1	2	6	9	0
81 -90	0	0	0	1	1
91 -100	0	1	0	3	1

**Commune de : Cheraga**

	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	1	2	5	0	2
11 20	4	4	3	3	3
21 -30	4	6	6	2	2
31 -40	3	0	1	0	0
41 -50	0	2	0	1	5
61 -70	3	11	6	39	5
71 -80	2	2	7	21	21
91 -100	1	0	0	9	18
111 -120	0	0	0	0	3
151 -160	0	0	0	0	4

**Commune de : Dely Ibrahim**

	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	1	1	3	0	0
21 -30	0	0	3	0	2
61 -70	0	1	1	4	1
71 -80	0	0	1	0	0
81 -90	0	0	1	0	0
91 -100	0	0	0	0	3

**Commune de :El -Hammamet**

	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
21 -30	0	1	1	0	0
31 -40	0	0	0	0	1
51 -60	0	0	0	0	1
61 -70	0	1	2	11	8
71 -80	0	0	1	0	0
91 -100	0	0	0	0	5

**Commune de : Ouled fayet**

	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	1	2	2	1	0
11 20	0	5	2	2	0
21 -30	0	0	0	4	0
51 -60	0	0	0	0	4
61 -70	0	1	1	6	5
71 -80	0	0	1	0	0
91 -100	0	0	0	0	5

<b>Commune de : Ain Benian</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	1	0	0	0	0	
11 20	1	0	1	0	0	
21 -30	0	0	1	0	0	
41 -50	0	1	0	0	0	
51 -60	0	0	1	0	0	
61 -70	0	3	2	23	5	
71 -80	0	4	8	4	18	
81 -90	0	0	0	0	2	
91 -100	0	0	0	0	3	
101 -110	0	0	0	0	1	
141 -150	0	0	0	0	1	
<b>Commune de : Zeralda</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	6	0	1	0	0	
11 20	12	7	1	0	0	
21 -30	10	4	0	0	0	
31 -40	2	1	0	0	0	
41 -50	1	1	2	0	0	
51 -60	0	0	0	0	5	
61 -70	0	6	12	6	0	
71 -80	6	11	24	1	1	
81 -90	0	0	1	0	0	
91 -100	0	1	0	0	0	
<b>Commune de : Staoueli</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	7	5	2	0	0	
11 20	8	14	3	1	0	
21 -30	6	1	1	0	2	
31 -40	1	3	2	0	0	
41 -50	1	0	0	0	1	
51 -60	1	0	0	0	0	
61 -70	2	4	19	6	0	
71 -80	4	19	45	11	25	
91 -100	1	1	5	4	2	
<b>Commune de : Souidania</b>						
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5	
01 10	2	2	1	1	0	
11 20	2	2	1	3	0	
21 -30	1	0	1	1	0	
31 -40	0	0	1	1	0	
41 -50	1	0	4	0	4	
51 -60	0	0	0	0	1	

61 -70	0	0	4	4	0
71 -80	0	2	5	3	1
91 -100	0	0	0	0	3
<b>Commune de :Mahelma</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	3	1	1	0	0
11 20	2	7	4	0	0
21 -30	5	6	5	0	0
31 -40	0	0	2	1	4
41 -50	1	1	4	0	0
51 -60	0	2	3	0	1
61 -70	0	3	2	9	0
71 -80	0	13	15	0	0
91 -100	0	1	2	0	9
191 -200	0	1	0	0	0
<b>Commune de :Rahmania</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	0	2	0	0	0
11 20	5	0	0	0	0
21 -30	0	0	3	3	0
41 -50	0	0	1	0	0
51 -60	0	0	2	0	1
61 -70	0	1	6	3	0
71 -80	0	1	3	0	0
91 -100	1	2	0	1	2
<b>Commune de : Draria</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	30	3	2	0	0
11 20	18	5	1	0	0
21 -30	11	0	0	0	0
41 -50	0	0	1	0	0
71 -80	15	9	11	10	15
81 -90	1	0	0	0	0
91 -100	0	0	0	0	1
<b>Commune de : Douera</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	11	11	4	6	0
11 20	8	41	0	0	0
21 -30	0	12	1	1	0
31 -40	0	0	0	1	0
41 -50	0	0	0	0	1
51 -60	0	3	1	0	0
61 -70	0	0	1	0	0
71 -80	0	0	3	0	53

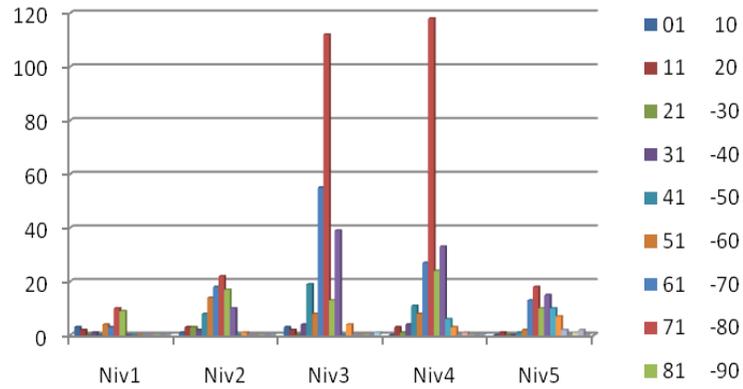
81 -90	0	2	0	0	0
91 -100	2	5	17	10	1
101 -110	0	0	0	1	0
<b>Commune de : Khraicia</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	2	14	14	8	1
11 20	2	16	14	1	0
21 -30	2	7	3	0	0
41 -50	1	1	0	0	0
71 -80	0	8	11	6	4
81 -90	0	2	0	0	0
91 -100	0	0	0	2	10
<b>Commune de : Baba Hassen</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	30	4	1	0	0
11 20	17	5	0	0	0
21 -30	9	1	0	0	0
31 -40	1	1	0	0	0
41 -50	0	1	0	0	0
51 -60	0	0	0	0	1
71 -80	1	10	8	2	4
91 -100	0	7	0	2	0
<b>Commune de : El Achour</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	4	5	3	0	0
11 20	3	4	1	1	0
21 -30	57	1	0	0	0
31 -40	2	0	0	0	0
41 -50	1	0	2	0	0
51 -60	0	1	0	0	0
71 -80	2	10	10	8	14
81 -90	2	15	0	0	4
<b>Commune de : Birtouta</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	5	17	2	0	0
11 20	7	10	1	1	0
21 -30	2	13	3	3	0
31 -40	4	18	2	2	1
41 -50	0	8	1	3	1
51 -60	2	15	4	5	1
61 -70	0	1	9	12	0
71 -80	0	2	0	4	0
91 -100	0	5	1	9	1
<b>Commune de : Ouled Chebel</b>					

	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	4	7	1	4	0
11 20	3	11	0	1	0
21 -30	3	23	3	2	0
31 -40	3	17	5	0	0
41 -50	1	10	3	1	1
51 -60	0	4	3	1	1
61 -70	0	1	0	7	0
71 -80	0	0	0	2	0
91 -100	0	0	0	2	3
<b>Commune de : Rouiba</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
01 10	303	376	276	130	22
11 20	206	399	123	97	17
21 -30	145	215	86	42	2
31 -40	41	68	58	51	8
41 -50	27	107	79	55	35
51 -60	6	17	36	55	8
61 -70	33	15	50	42	16
71 -80	21	32	45	57	67
81 -90	53	41	7	19	22
91 -100	1	6	7	31	33
101 -110	1	0	2	6	2
111 -120	0	0	1	1	8
<b>Commune de : Reghaia</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
Age non renseigne	42	22	24	37	11
01 10	217	95	133	210	42
11 20	143	152	181	136	22
21 -30	59	126	60	39	12
31 -40	21	22	33	19	8
51 -60	0	3	1	14	5
61 -70	1	1	6	1	2
71 -80	4	30	12	6	15
81 -90	3	7	0	5	0
91 -100	1	1	1	4	1
101 -110	0	0	1	0	0
<b>Commune de : Haraoua</b>					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
Age non renseigne	40	26	31	31	89
01 10	207	222	137	106	96
11 20	90	136	72	103	41
21 -30	64	173	66	48	39

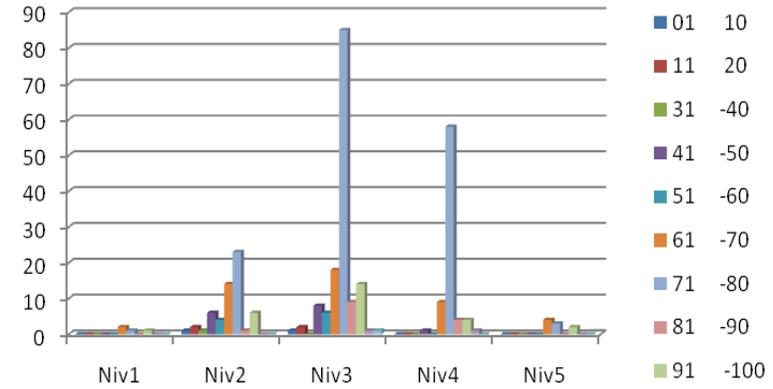
31 -40	23	37	17	17	13
51 -60	22	16	25	45	180
61 -70	1	8	26	7	120
71 -80	2	59	8	19	15
81 -90	3	10	0	1	7
91 -100	1	0	1	1	7
Total	4570	5032	4326	3591	2850



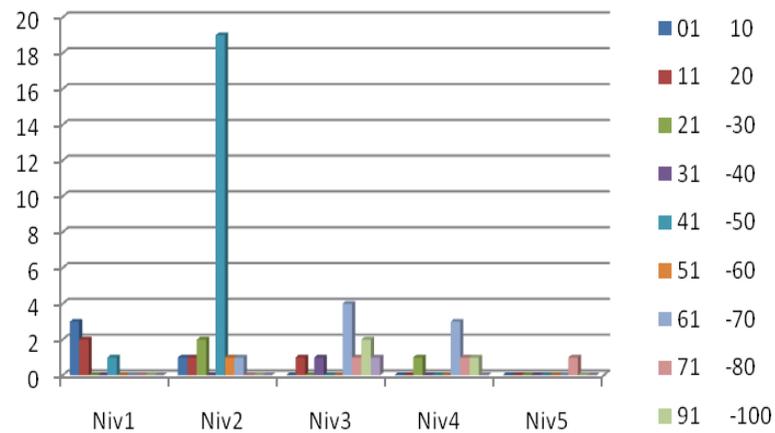
### Commune de Sidi M'hamed



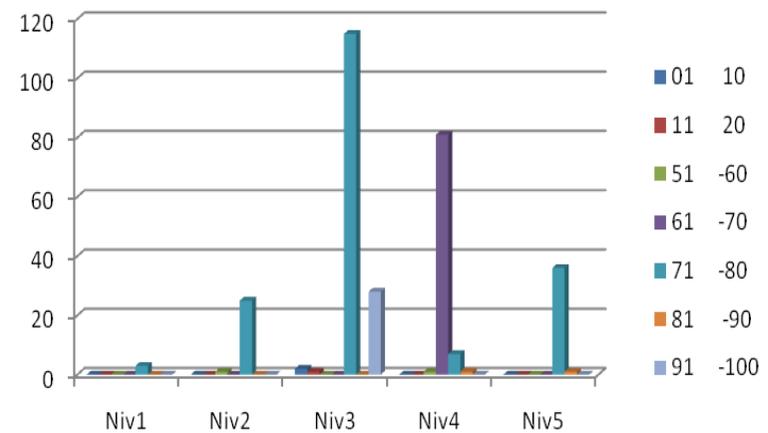
### Commune de Alger Centre



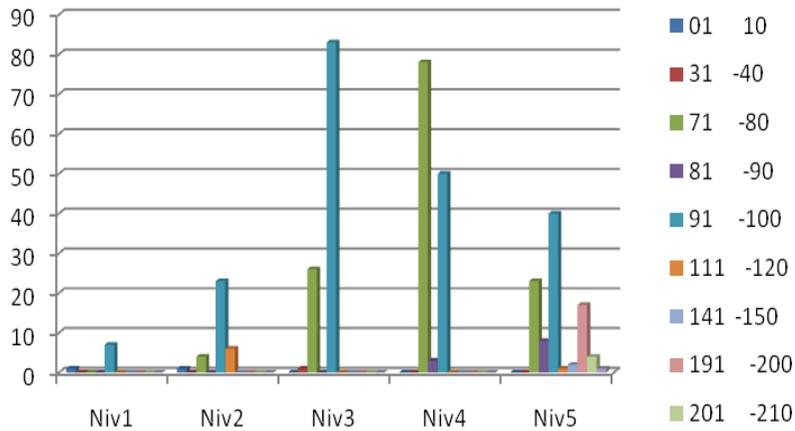
### Commune de El -Madania



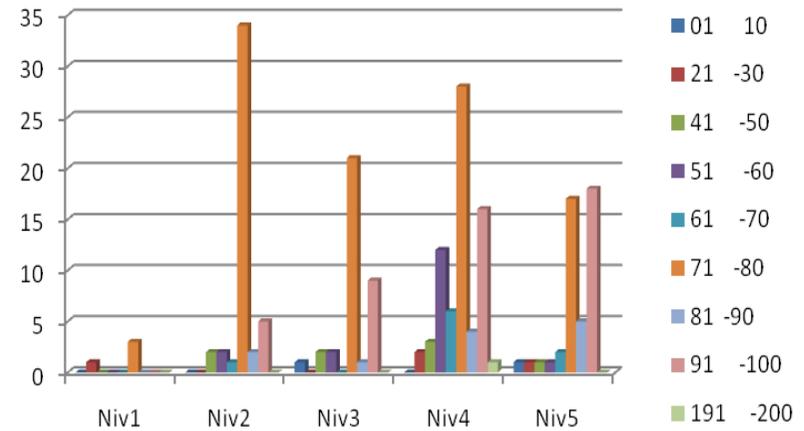
### Commune de Bab el Oued



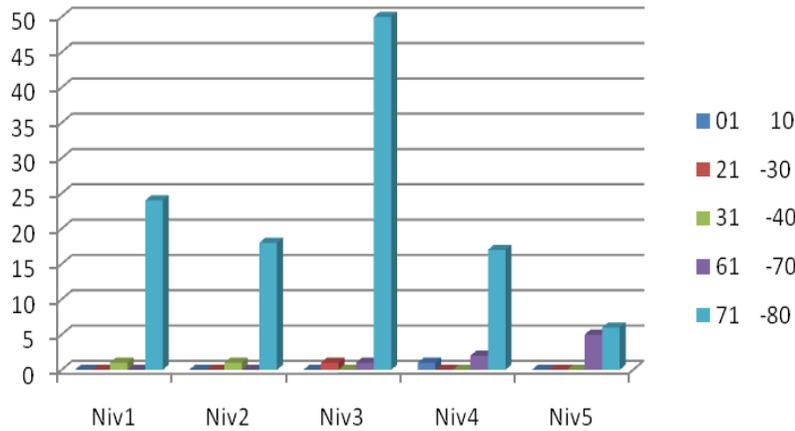
### Commune de Casbah



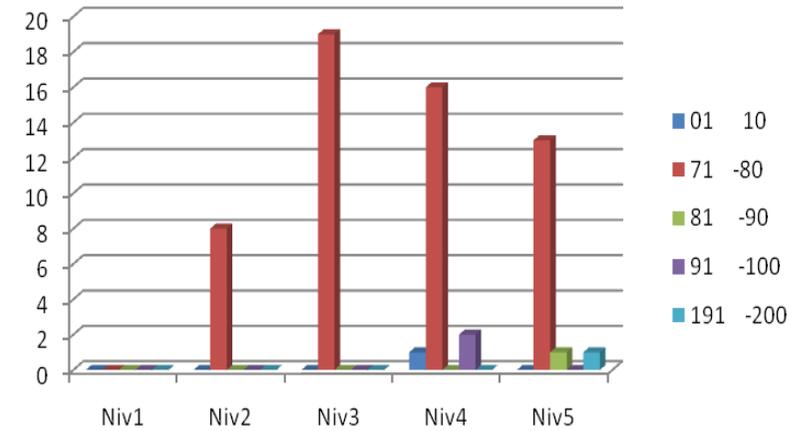
### Commune de Oued Koriche



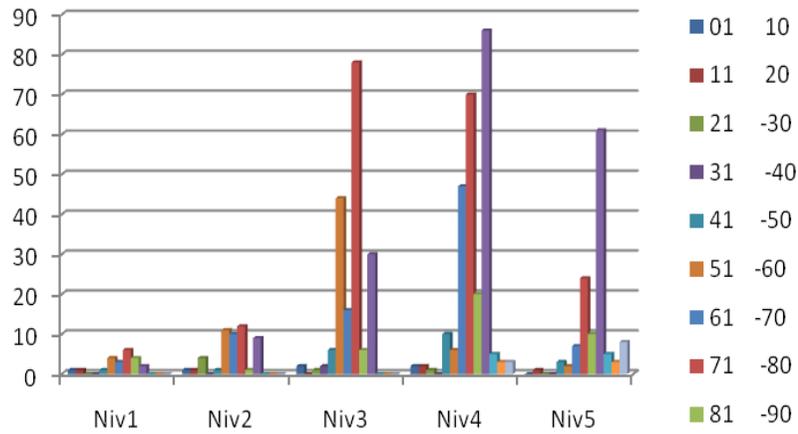
### Commune de Bologhine



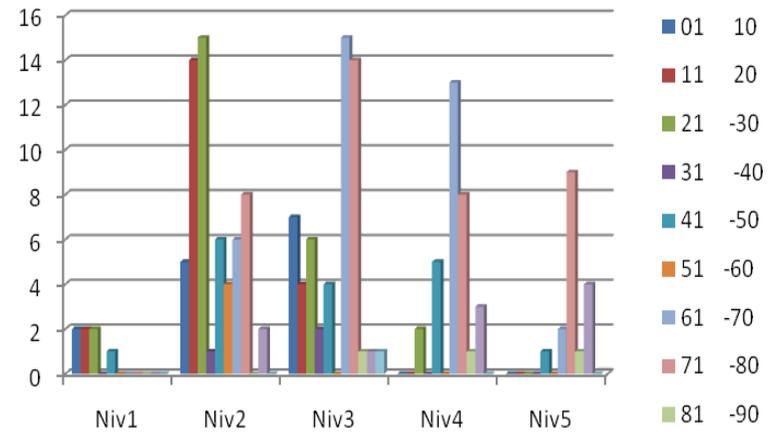
### Commune de Rai Hamidou



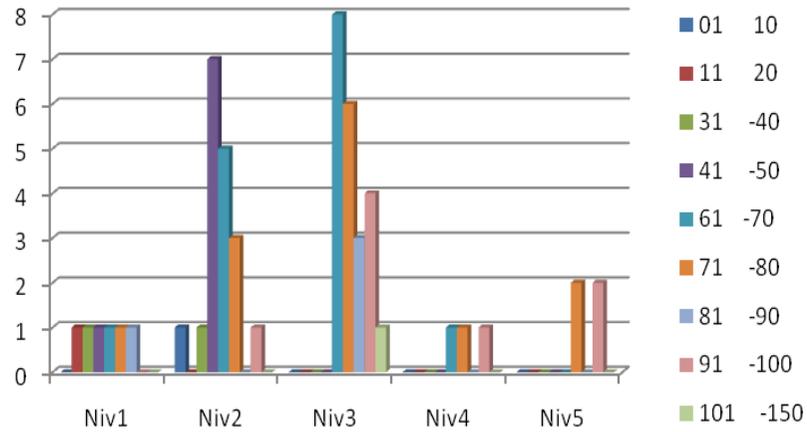
### Commune de Belouizdad



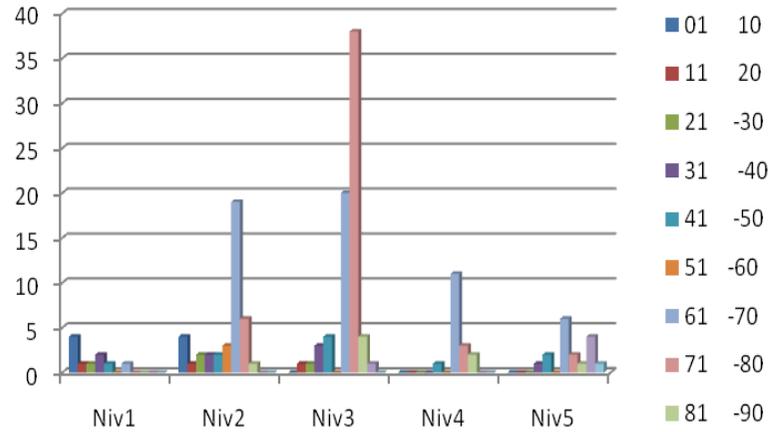
### Commune de Kouba



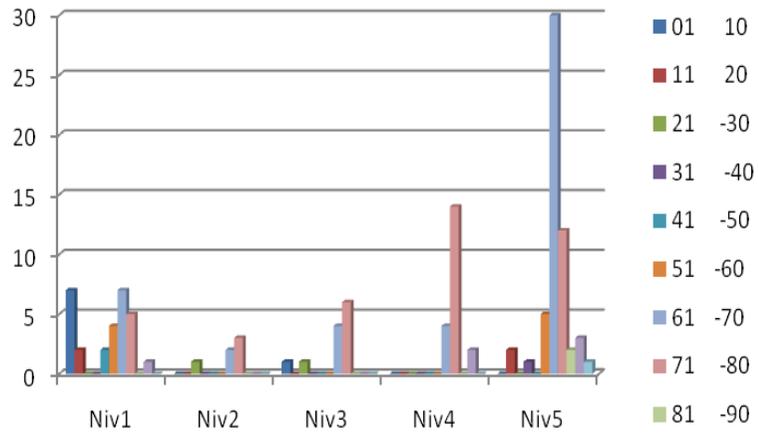
### Commune de El Mouradia



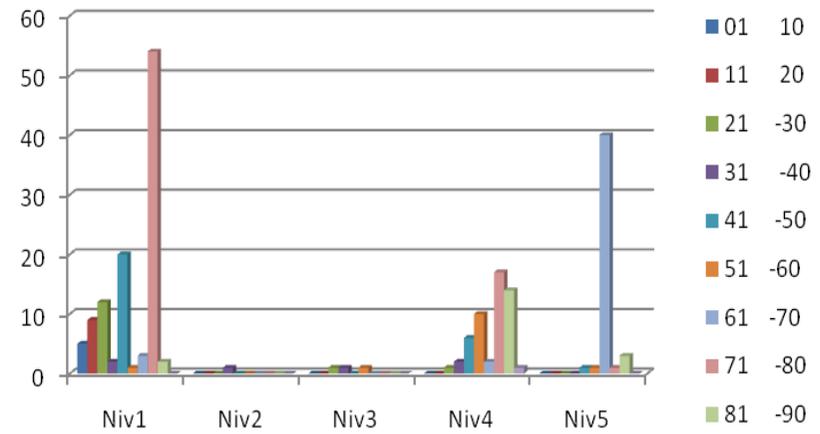
### Commune El Magharia



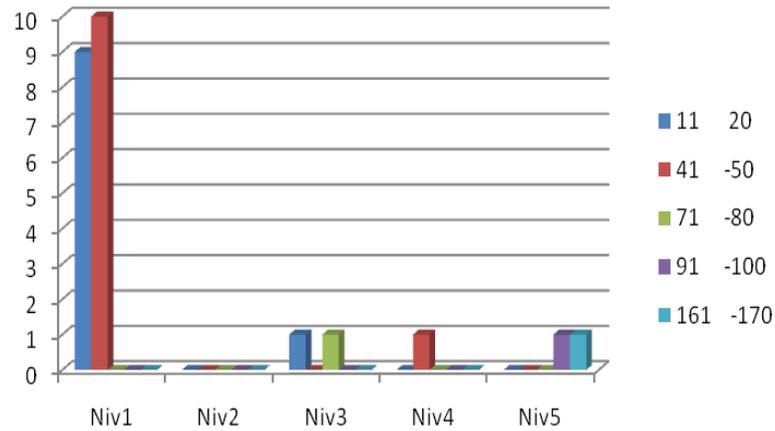
### Commune de El Harrach



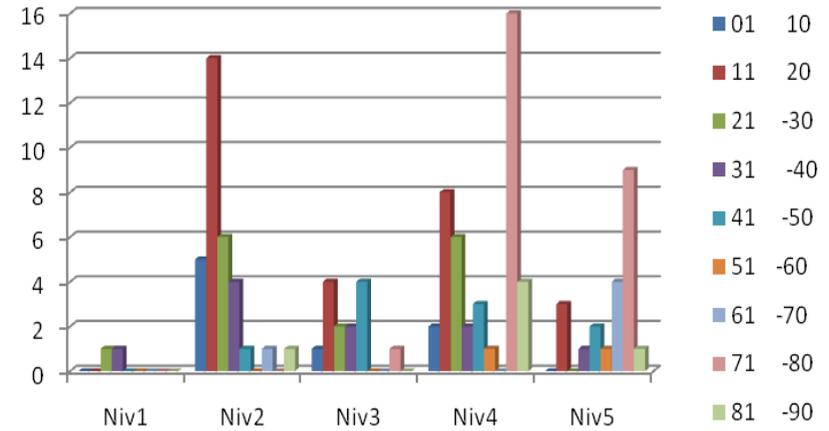
### Commune de Bourouba



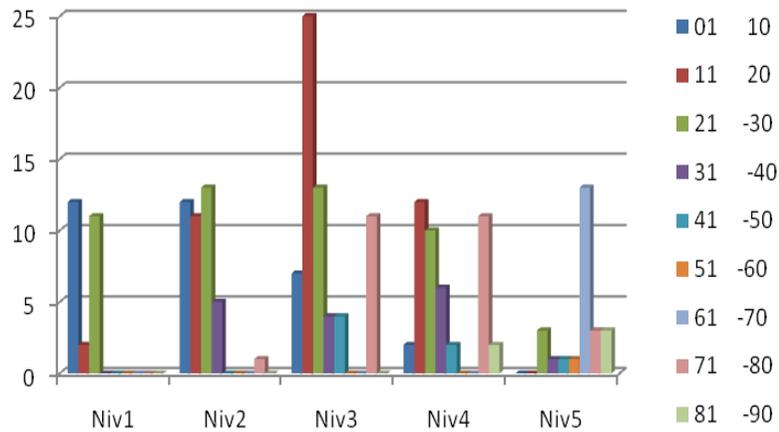
### Commune de Oued Smar



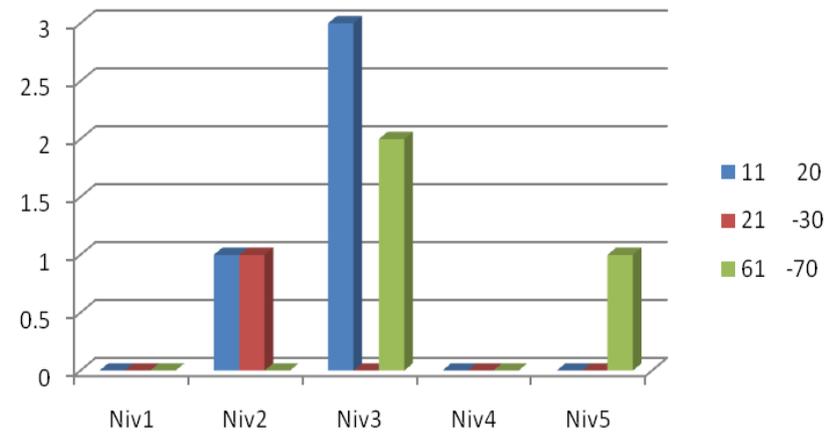
### Commune de Baraki



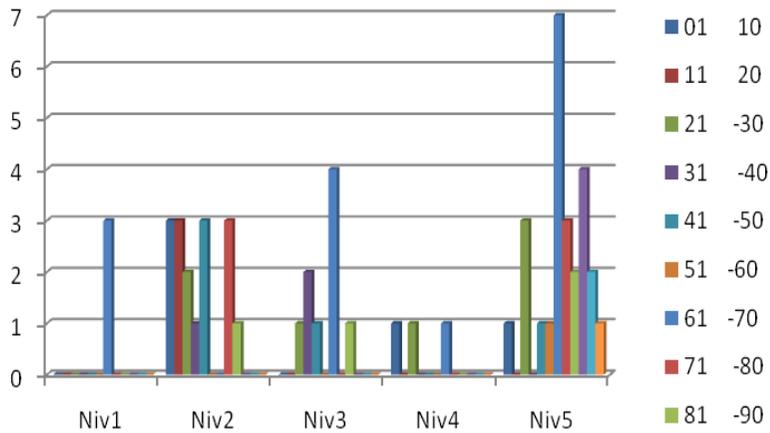
### Commune de Eucalyptus



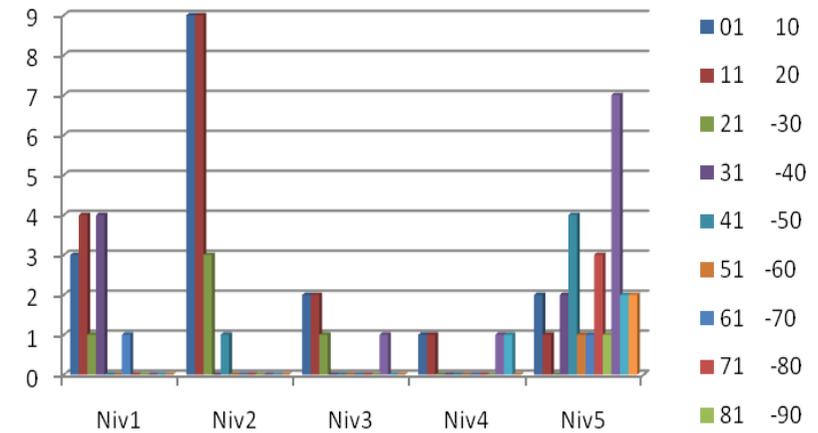
### Commune de Sidi Moussa



### Commune de Bir Mourad Rais

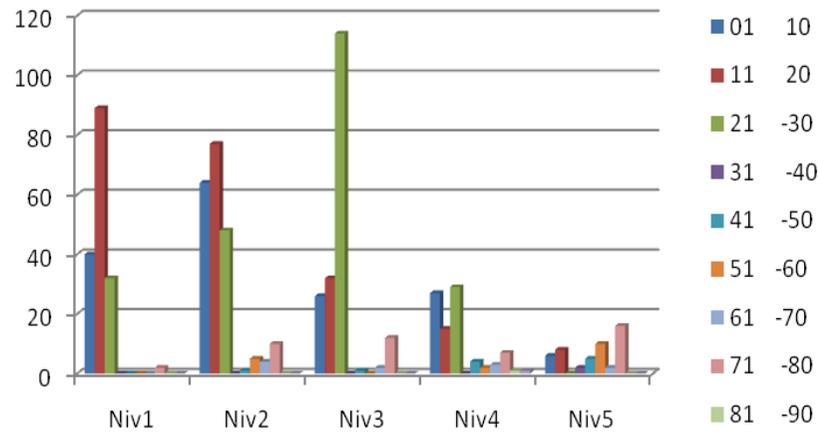


### Commune de Jaser Kansantina

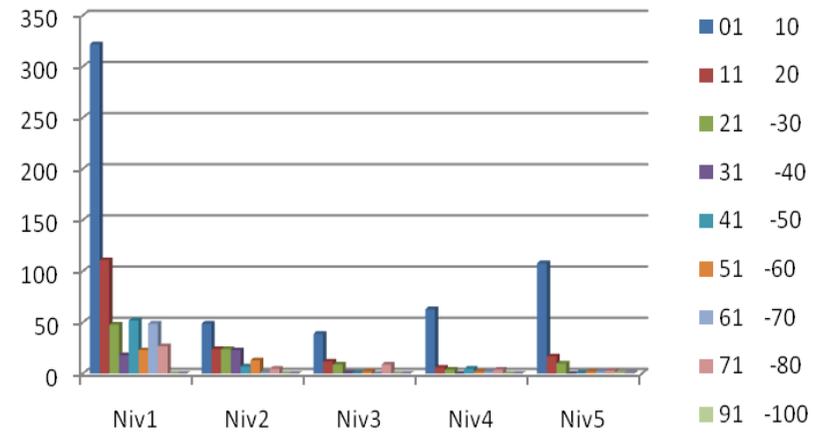




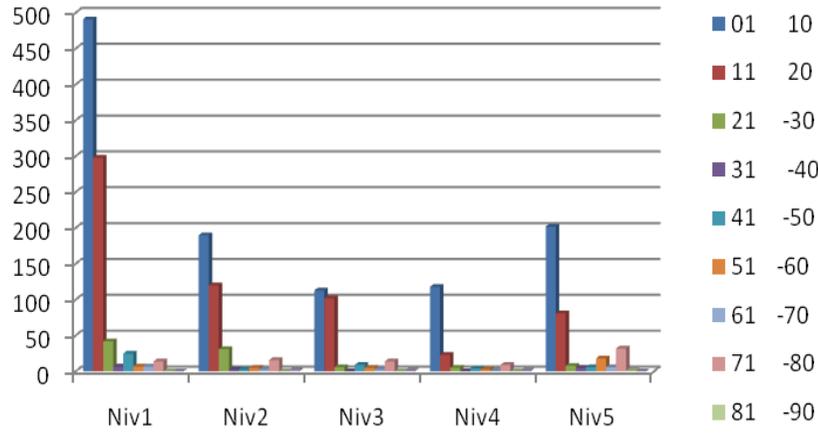
### Commune de Bab Azzouar



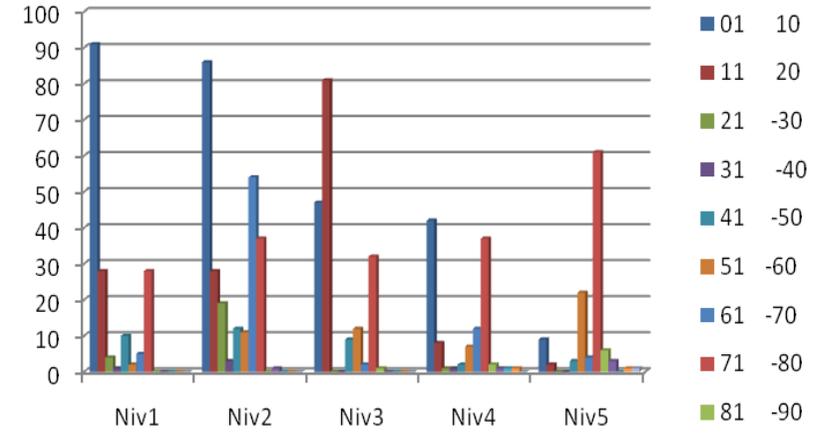
### Commune de Bordj El Bahri



### Commune de Ain Taya

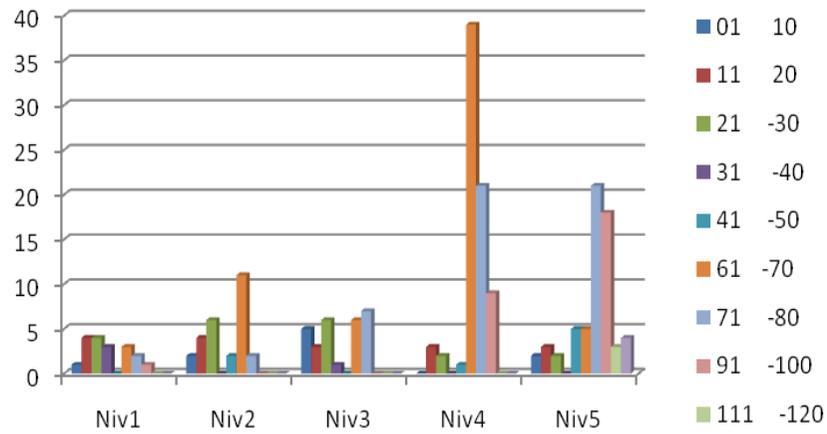


### Commune de Ain Taya

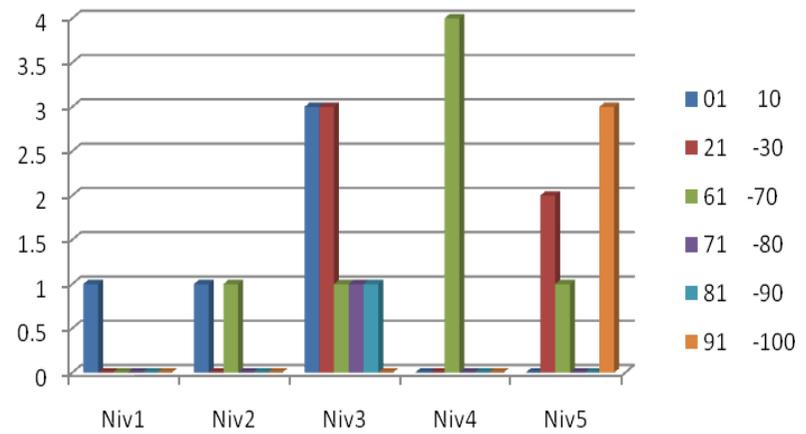




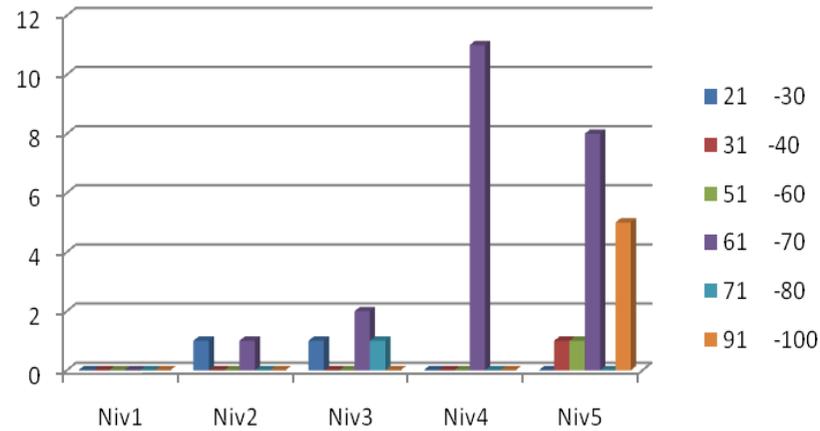
### Commune de Cheragaa



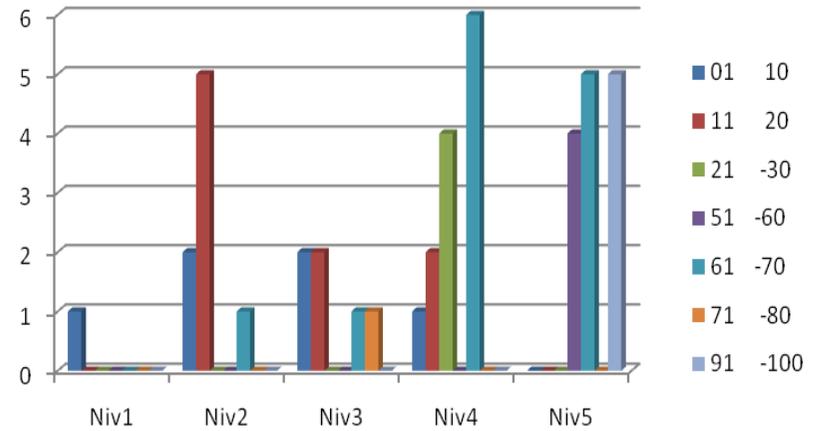
### Commune de Dely Ibrahim



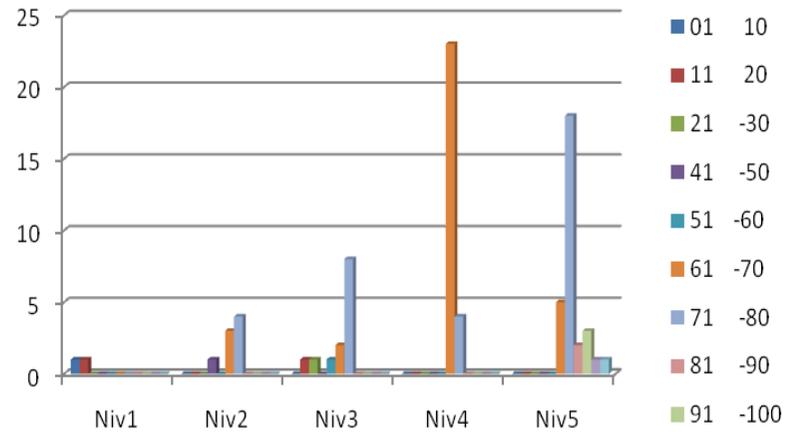
### Commune de Hammamet



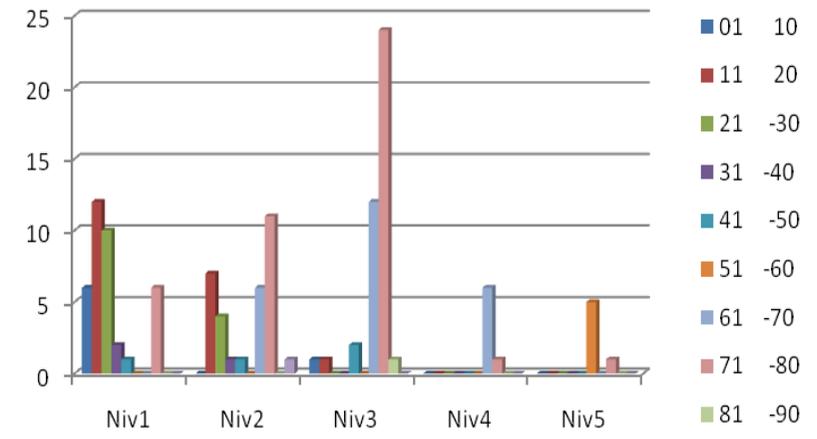
### Commune de Ouled Fayet



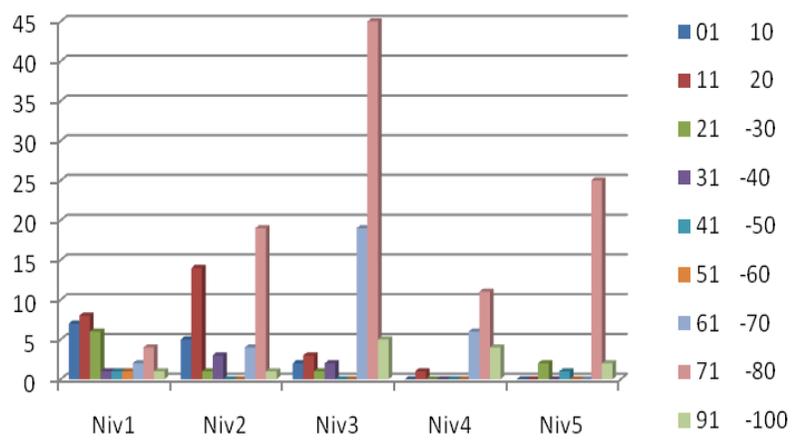
### Commune de Ain Benian



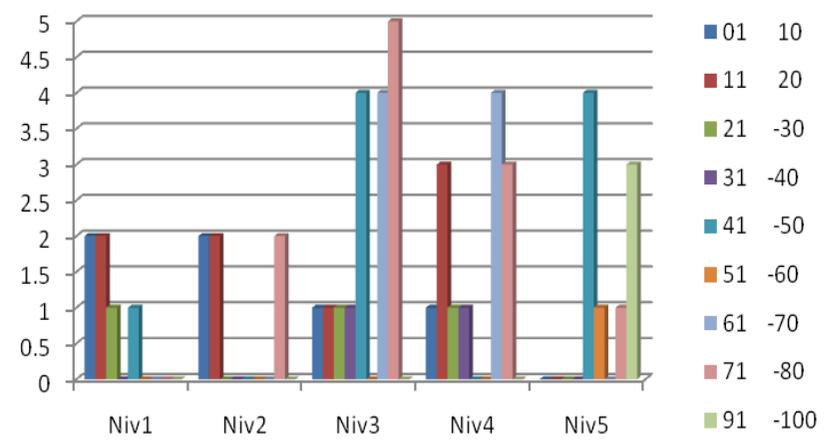
### Commune de Zeralda



### Commune de Staoueli

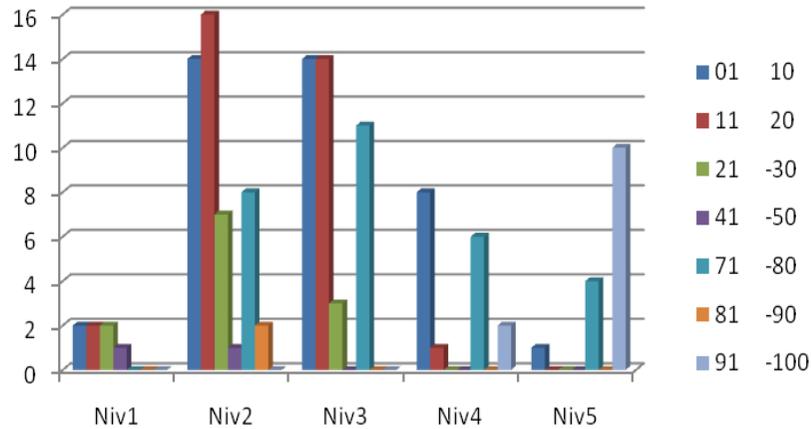


### Commune de Souidania

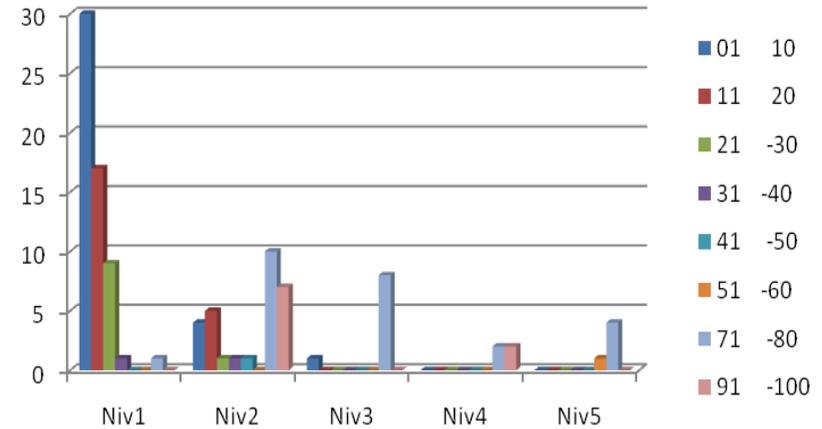




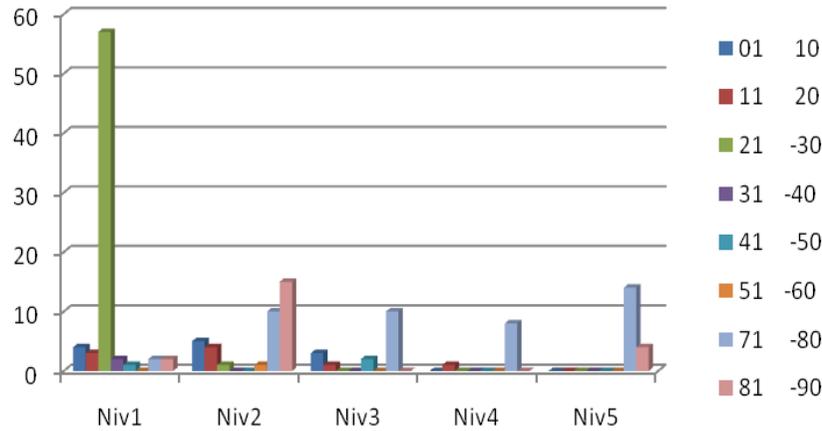
### Khraicia



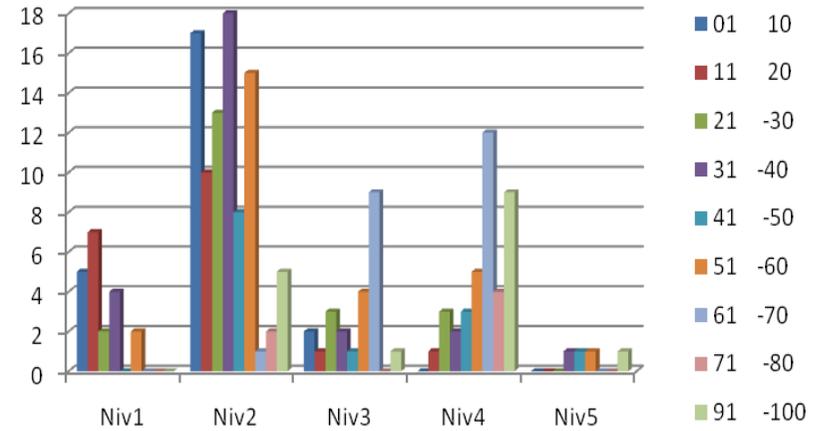
### Commune de Baba Hassen



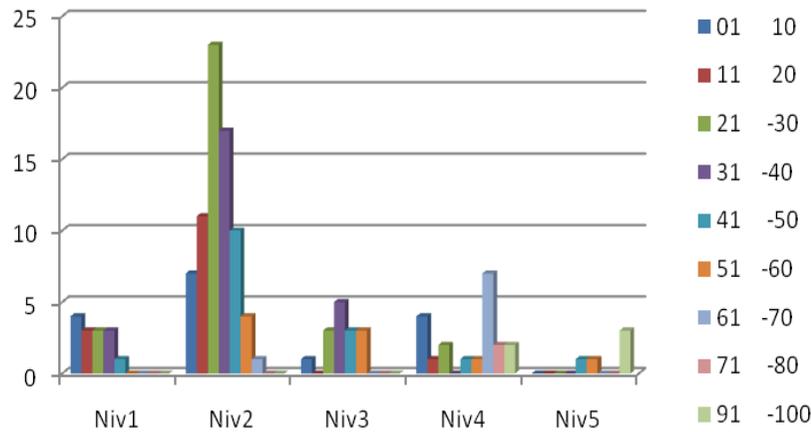
### Commune de El Achour



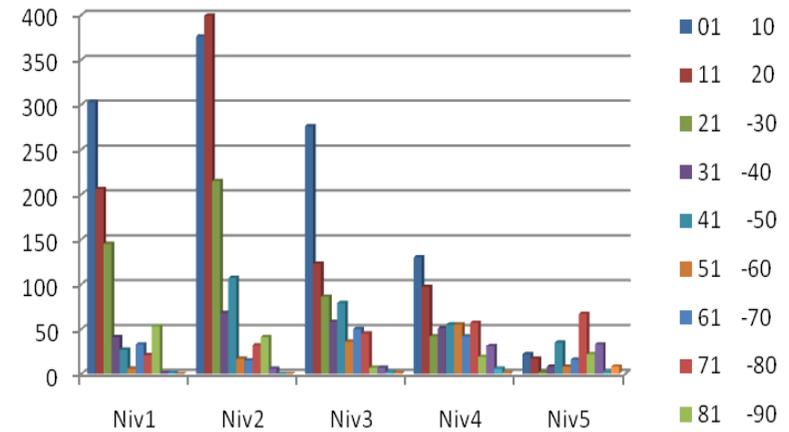
### Commune de Birtouta



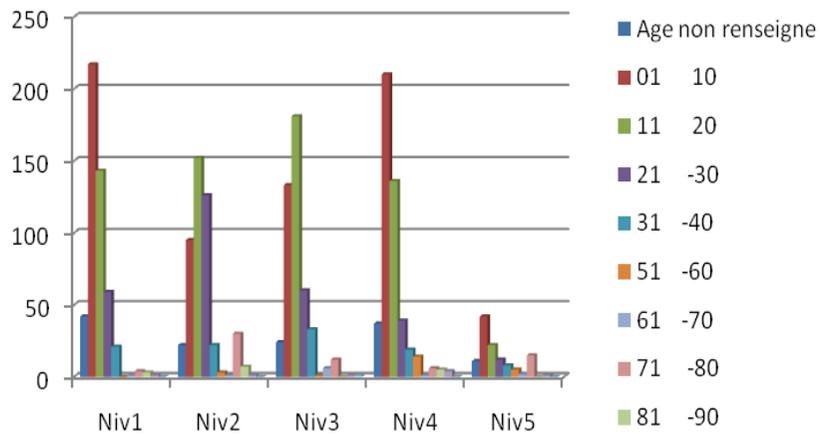
### Commune de Ouled Chebel



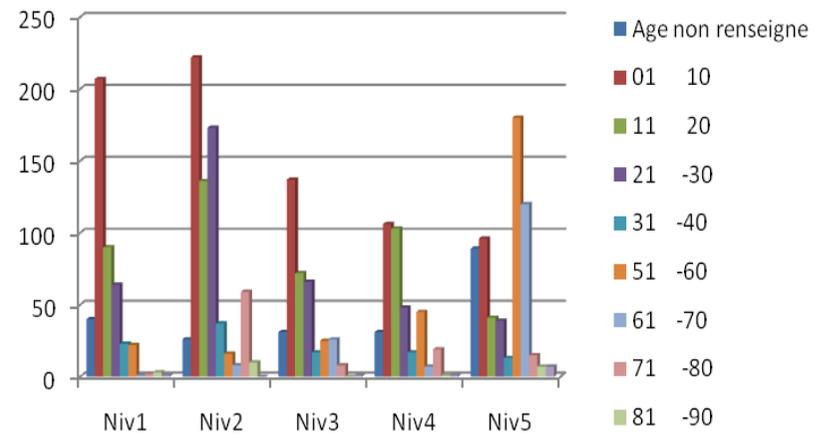
### Commune de Rouiba



### Commune de Reghaia



### Commune de Haraoua



# ANNEXE V

Tableau d'analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le nombre  
D'étage

<b>Commune de : Afir</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	0	321	106	42	68	537
3-4 étages	0	8	1	2	0	11
5-6 étages	0	2	0	0	0	2
<b>Commune de : Ammal</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	1	366	366	127	75	576
3-4 étages	0	10	0	0	0	10
5-6 étages	0	1	0	0	0	1
7-8 étages	0	1	0	0	0	1
<b>Commune de : Baghlia</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	2	915	374	81	97	1469
3-4 étages	1	70	34	9	3	117
5-6 étages		2	0	1	0	3
<b>Commune de : Ben choud</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	0	651	151	38	28	868
3-4 étages	0	25	8	7	0	40
5-6 étages	0	1	4	1	1	7
<b>Commune de : Beni amrane</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	0	939	315	280	106	1640
3-4 étages	0	66	17	11	2	96
5-6 étages	0	3	1	0	0	4
7-8 étages	0	2	0	0	0	2
<b>Commune de : Bordj menail</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	24	1676	1040	534	208	3482
3-4 étages	4	211	125	67	20	427
5-6 étages	3	12	11	9	2	37
<b>Commune de : Boudeouaou</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	4	1885	772	264	214	3139
3-4 étages	2	142	123	96	62	425
5-6 étages	0	11	27	7	1	46
7-8 étages	0	0	0	1	0	1
9-10 étages	0	1	0	0	0	1

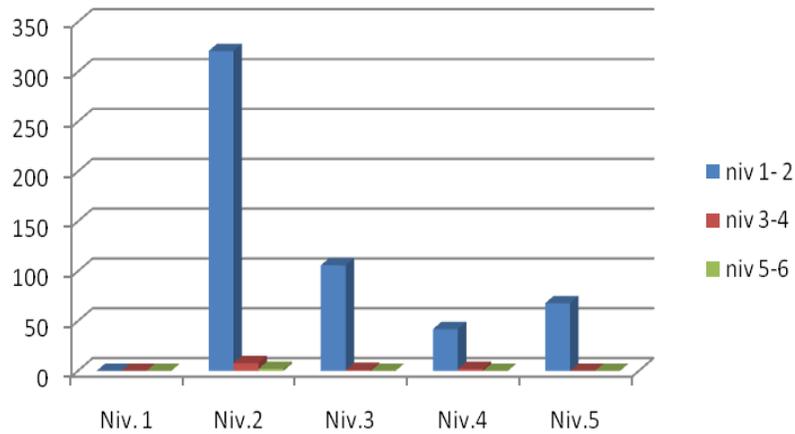
<b>Commune de : Boudeouaou el bahri</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	0	207	63	26	5	301
3-4 étages	0	35	12	13	4	64
5-6 étages	0	2	1	0	0	3
<b>Commune de : Boumerdes</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	2	494	283	177	66	1022
3-4 étages	0	61	69	104	55	289
5-6 étages	0	52	30	42	7	131
7-8 étages	0	6	9	8	0	23
9-10 étages	0	2	4	1	0	7
<b>Commune de : Chabet el Amer</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	1	918	419	44	13	1395
3-4 étages	0	26	2	0	0	28
5-6 étages	0	1	0	0	0	1
<b>Commune de : Corso</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	1	722	330	169	91	1313
3-4 étages	0	17	21	21	26	85
5-6 étages	0	0	0	1	0	1
<b>Commune de : Dellys</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	0	1059	410	239	139	1847
3-4 étages	1	122	81	67	14	285
5-6 étages	0	16	14	24	2	57
7-8 étages	0	2	0	0	0	2
9-10 étages	0	4	0	0	0	4
<b>Commune de : Djinet</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	2	1009	409	352	6	1778
3-4 étages	0	14	5	4	1	24
<b>Commune de : El kharouba</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	1	390	59	31	0	481
3-4 étages	0	1	2	2	0	5
<b>Commune de : Legata</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	3	583	272	125	37	1020
3-4 étages	0	12	9	12	5	38

5-6 étages	0	0	1	0	0	1
<b>Commune de : Ouled aissa</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	0	294	180	2	0	476
3-4 étages	0	5	2	1	0	8
<b>Commune de : Ouled Hedadj</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	2	828	268	152	63	1313
3-4 étages	0	74	91	58	23	246
5-6 étages	0	0	2	1	2	5
7-8 étages	0	0	1	1	0	2
<b>Commune de : Sidi Daoud</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	2	703	298	122	170	1295
3-4 étages	0	40	19	18	11	88
5-6 étages	0	0	3	4	1	8
<b>Commune de : Si Moustafa</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	0	261	142	36	6	445
3-4 étages	0	20	10	9	2	41
5-6 étages	0	1	0	4	0	5
<b>Commune de : Souk el had</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	2	168	86	39	14	309
3-4 étages	0	3	1	0	0	4
5-6 étages	0	4	0	0	0	4
<b>Commune de : Taourga</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	0	243	135	42	74	494
3-4 étages	0	28	7	2	0	37
5-6 étages	0	5	0	0	0	5
7-8 étages	0	0	0	1	0	1
<b>Commune de : Thenia</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	33	729	330	170	112	1374
3-4 étages	0	74	32	19	1	126
5-6 étages	0	10	4	6	0	20
9-10 étages	1	1	1	1	0	4
<b>Commune de :Tidjelabine</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	2	568	227	90	25	912
3-4 étages	0	15	28	19	6	68

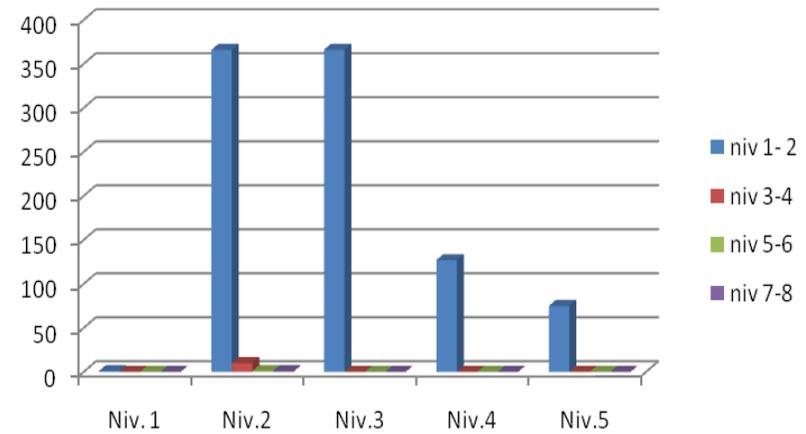
5-6 étages	0	5	2	1	0	8
7-8 étages	0	0	0	1	0	1
<b>Commune de : Timezrit</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	0	199	61	58	0	318
3-4 étages	0	8	2	0	0	10
5-6 étages	0	1	0	0	0	1
7-8 étages	0	1	0	0	0	1
<b>Commune de : Zemmouri</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	9	836	441	239	73	1598
3-4 étages	0	53	45	46	21	165
5-6 étages	0	0	20	13	0	33
<b>Commune de : Isser</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	1	975	399	93	49	1517
3-4 étages	0	87	26	18	6	137
5-6 étages	0	11	4	10	0	25
<b>Commune de : Naciria</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	20	642	357	2	19	1040
3-4 étages	1	64	21	1	1	88
5-6 étages	0	3	2	0	1	6
<b>Commune de : Bouzegza keddara</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	0	335	78	19	3	435
3-4 étages	0	6	2	0	0	8
5-6 étages	0	2	0	0	0	2
<b>Commune de : Hamadi</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	0	468	160	48	13	689
3-4 étages	0	58	38	18	0	114
5-6 étages	0	3	0	0	0	3
<b>Commune de : Khemis El khechna</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	1	1525	558	160	14	2258
3-4 étages	0	46	27	8	0	81
5-6 étages	0	37	3	0	0	40
<b>Commune de : Larbbatache</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	0	436	146	87	13	682
3-4 étages	0	15	3	7	0	25

5-6 étages	0	2	0	0	0	2
<b>Commune de : Ouled Moussa</b>						
Désignation	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5	Total ligne
1- 2 étages	0	739	263	103	12	1117
3-4 étages	0	33	30	18	4	85
5-6 étages	0	14	0	2	0	16

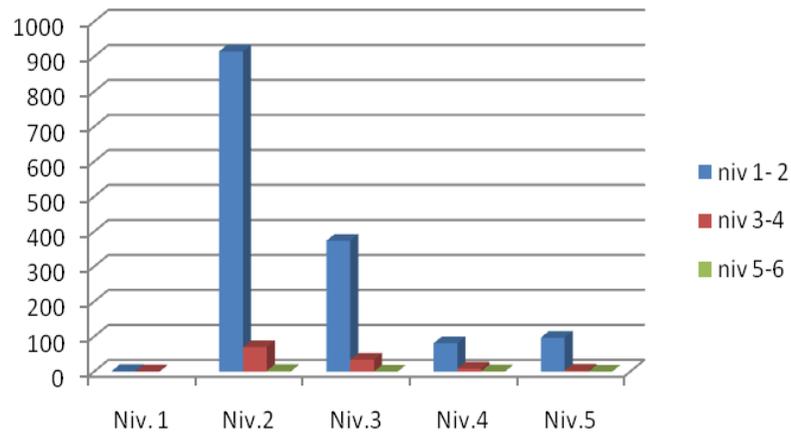
### Commune de Afir



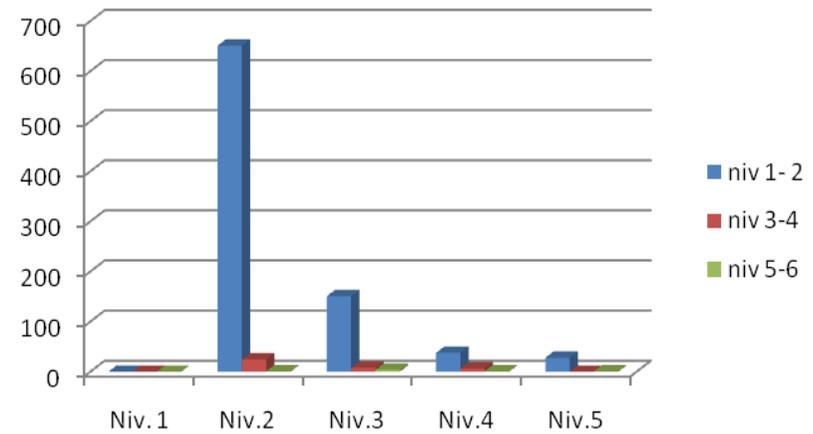
### Commune de Ammal



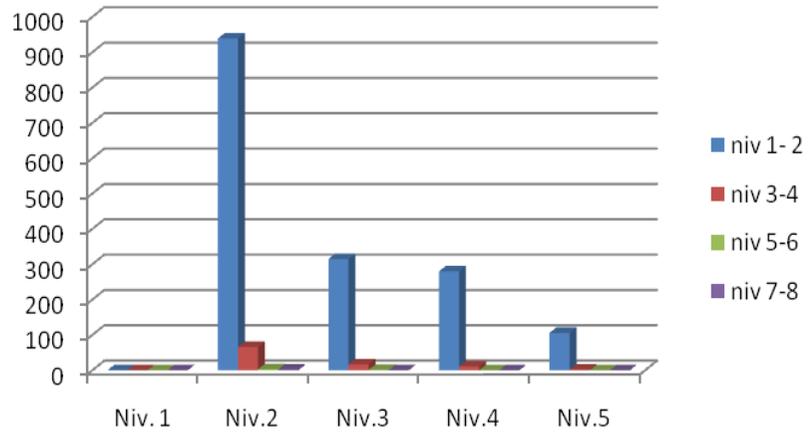
### Commune Baghlia



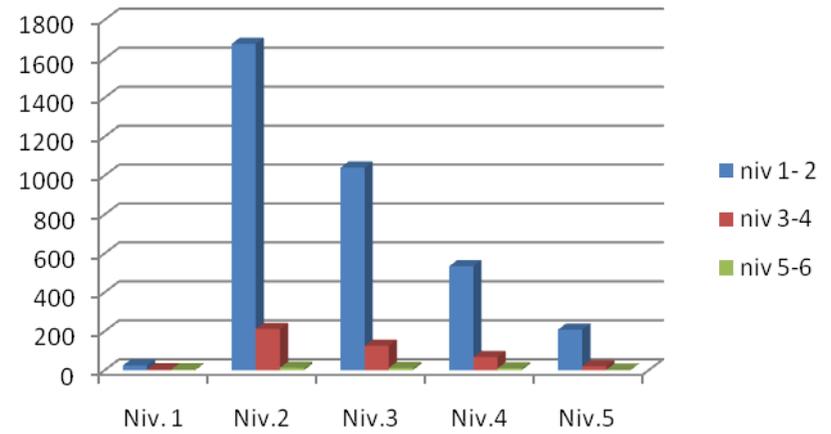
### Commune de Ben choud



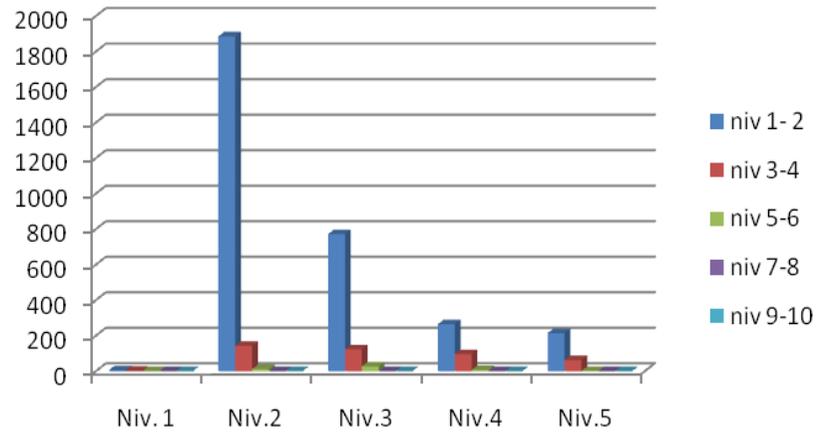
### Commune de Beni Amrane



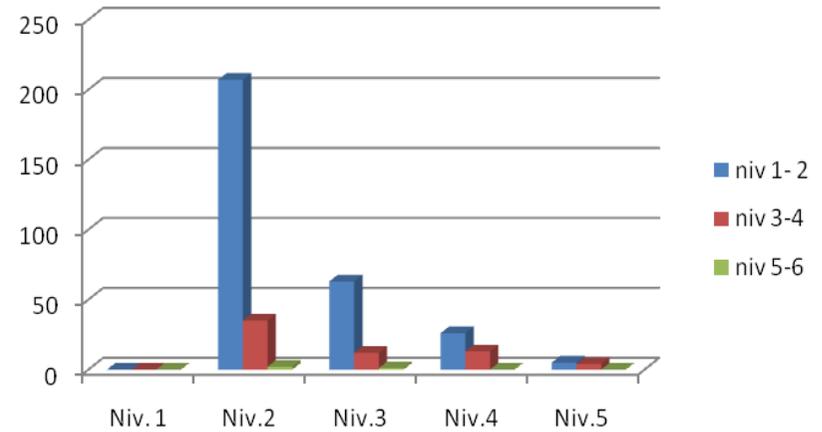
### Commune de Bordj manail



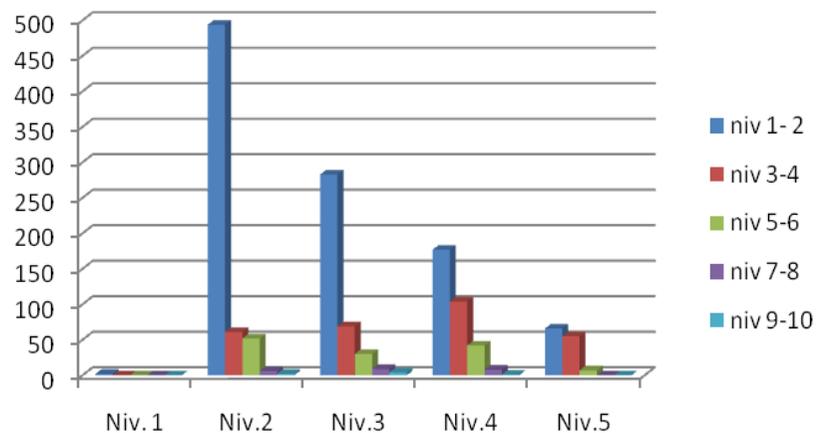
### Commune de Boudeouaou



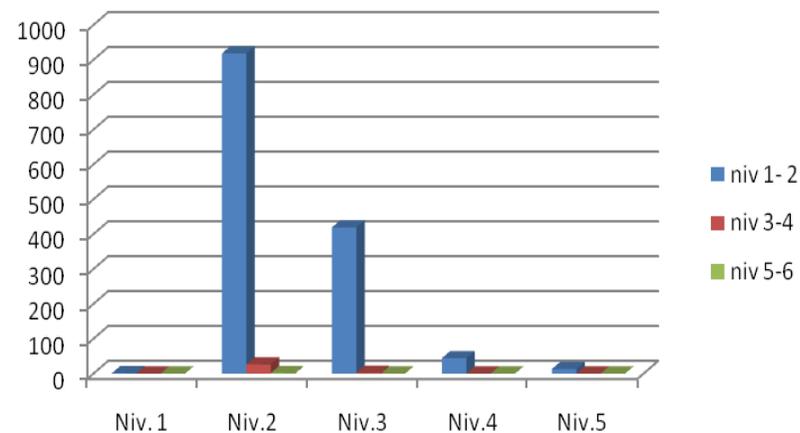
### Commune de Boudeouaou el bahri



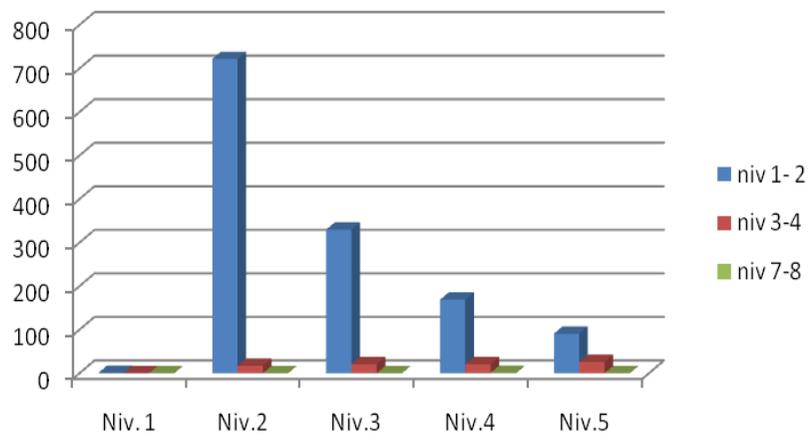
### Commune de Boumerdes



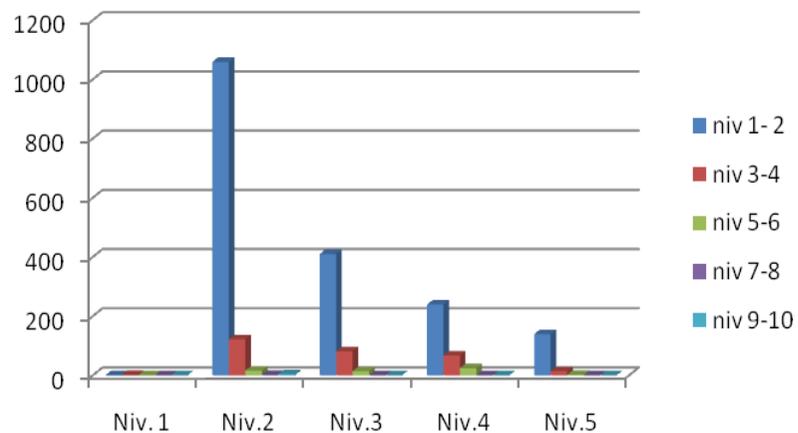
### Commune de Chabet el Amer



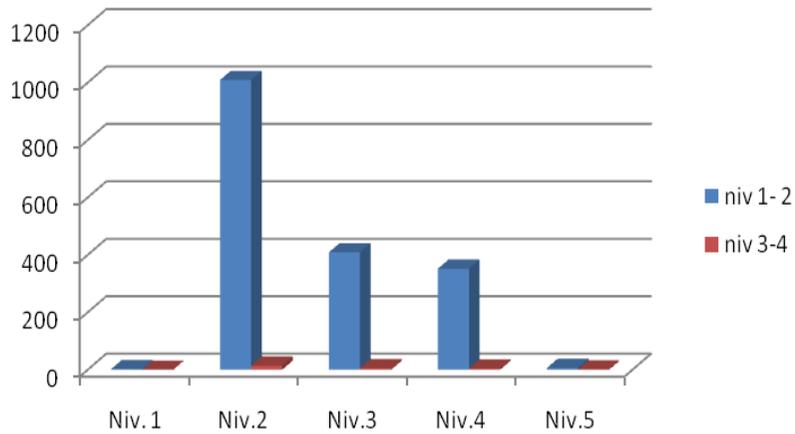
### Commune de Corso



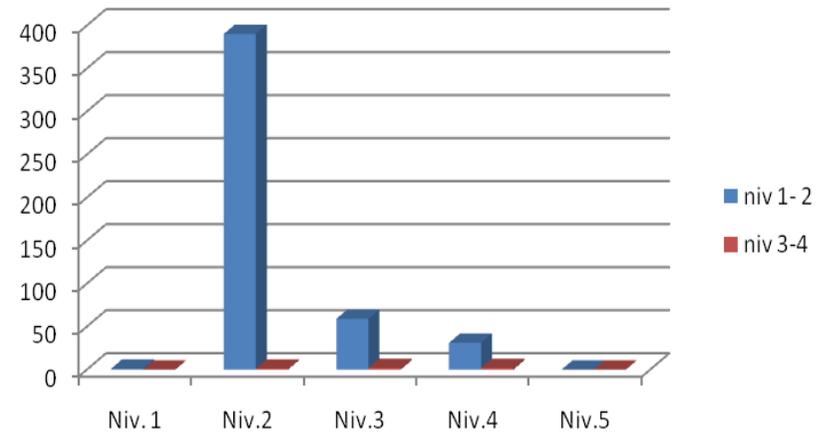
### Commune de Dellys



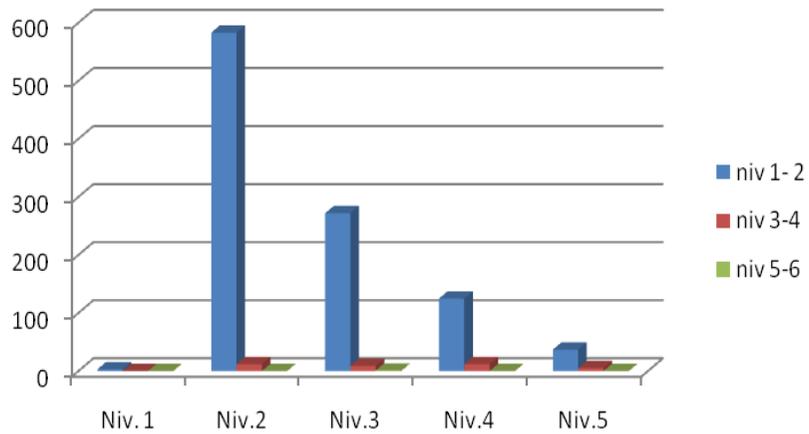
### Commune de Djinet



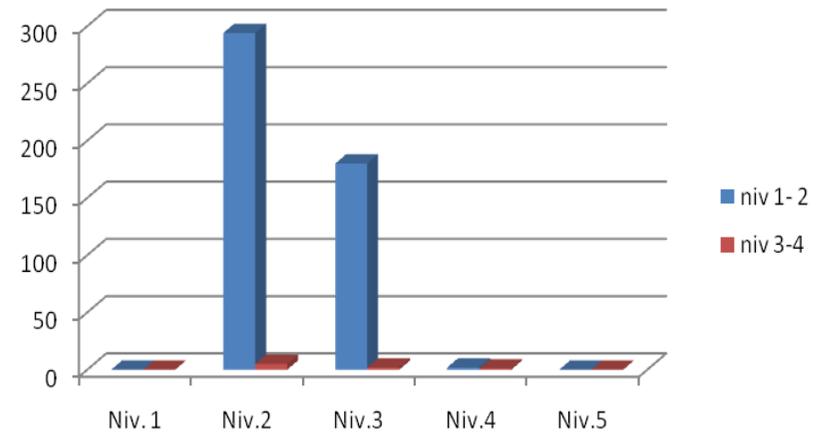
### Commune de El Kharouba



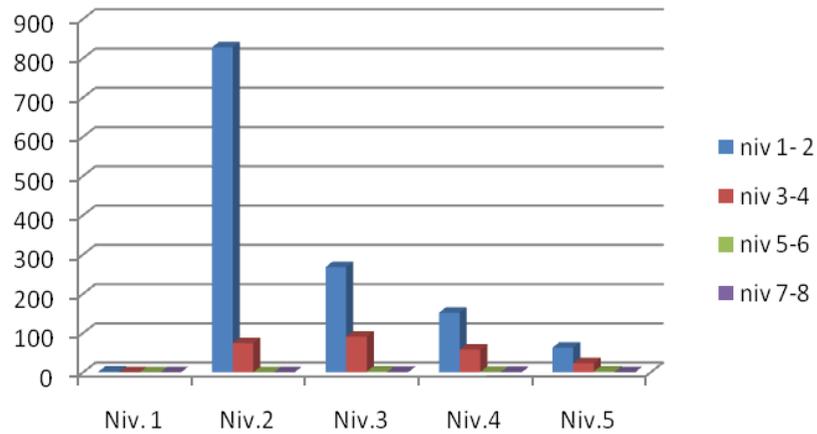
### Commune de Lagata



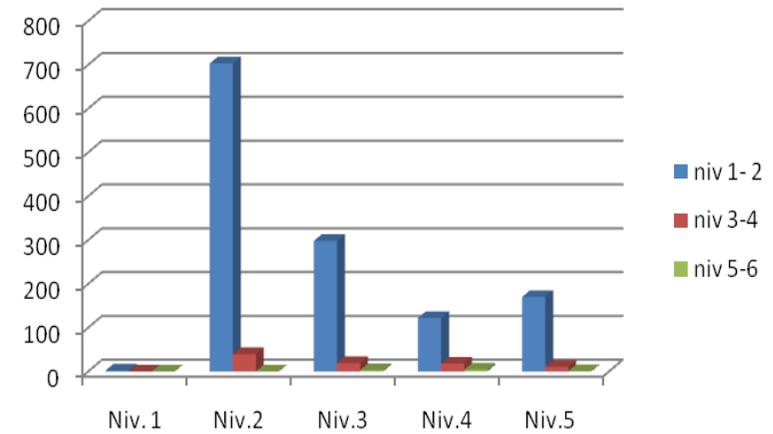
### Commune de Ouled Aissa



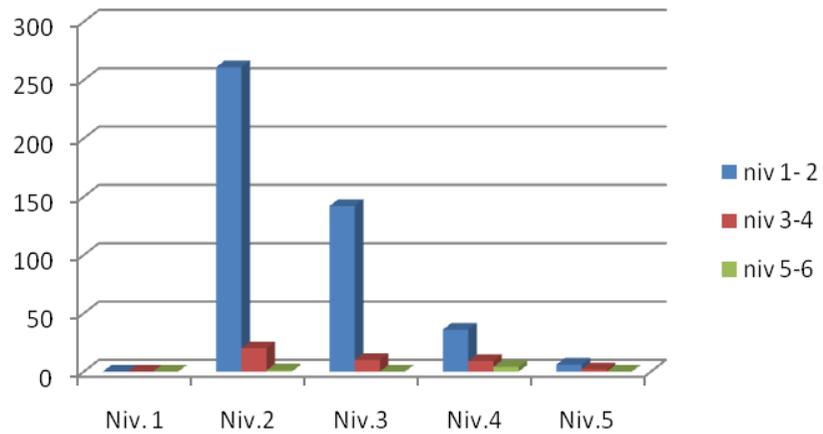
### Commune de Ouled Hadadj



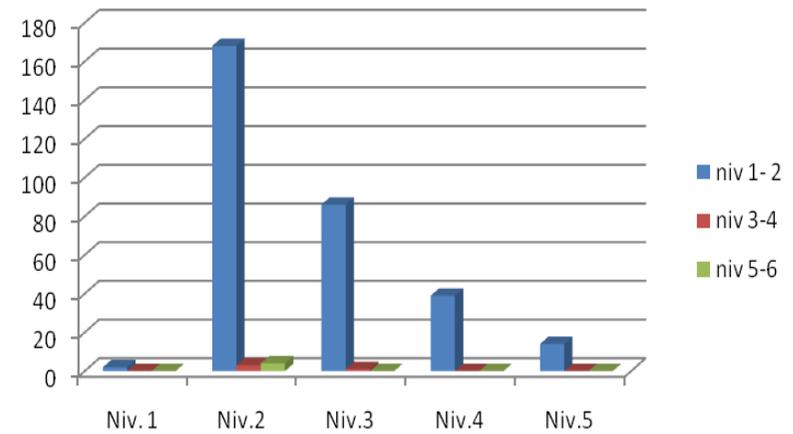
### Commune de Sidi Daoud



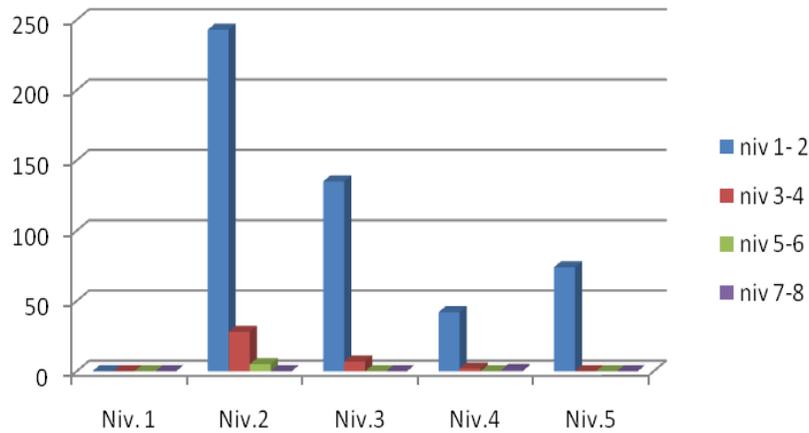
### Commune de Si Moustafa



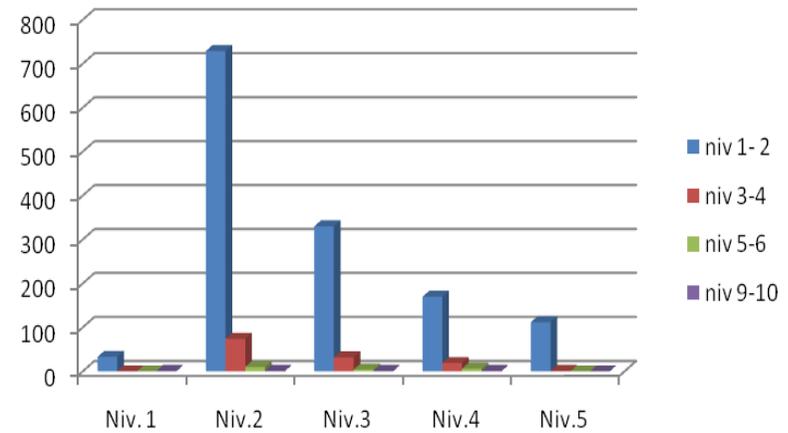
### Commune de Souk El Had



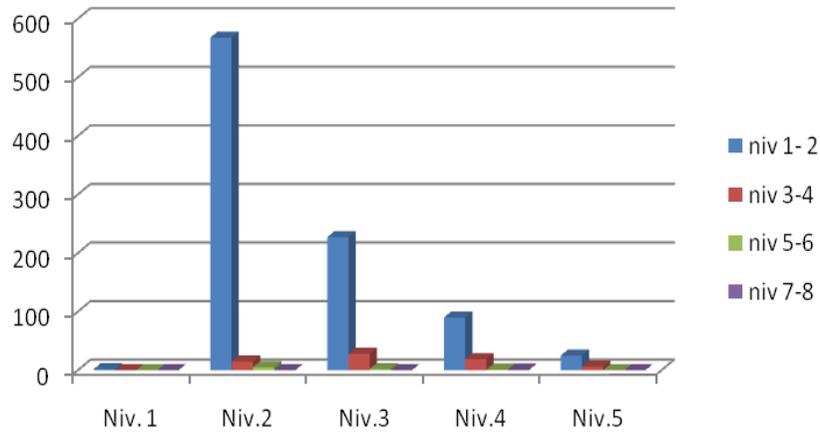
### Commune de Taourga



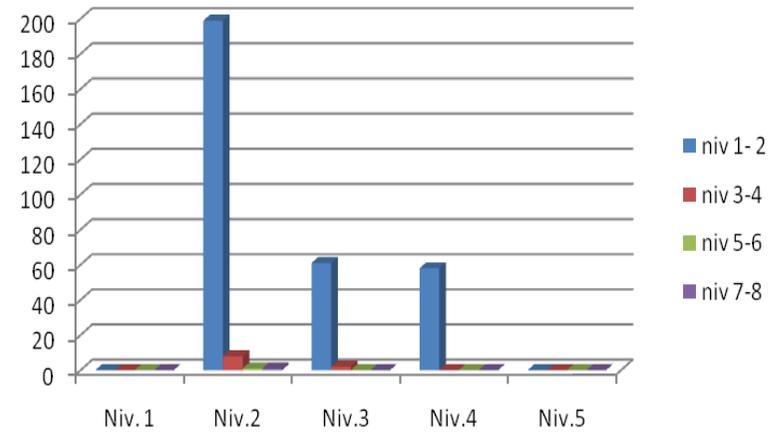
### Commune de Thenia



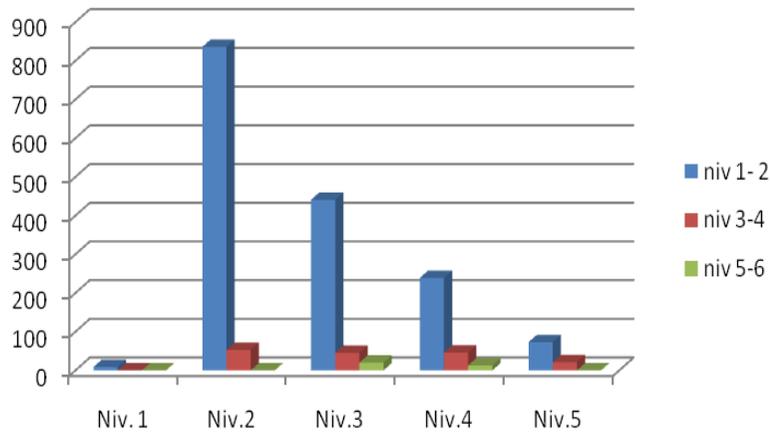
### Commune de Tidjelabine



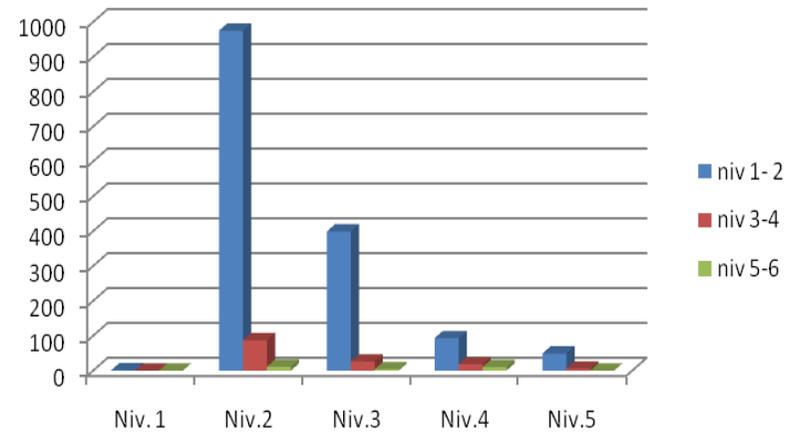
### Commune de Timezrit



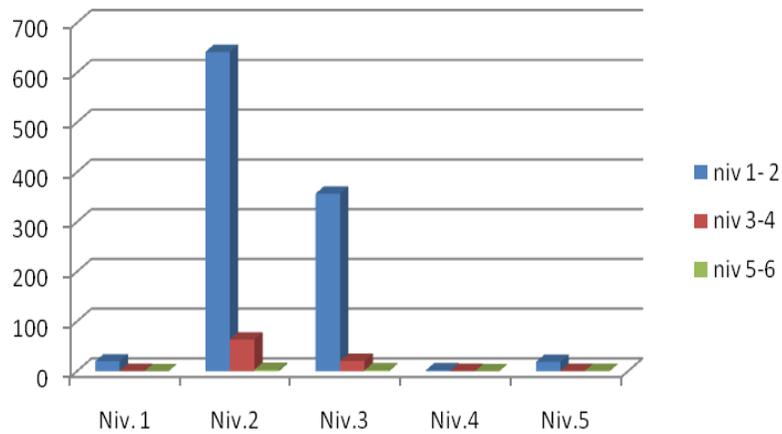
### Commune de zemmouri



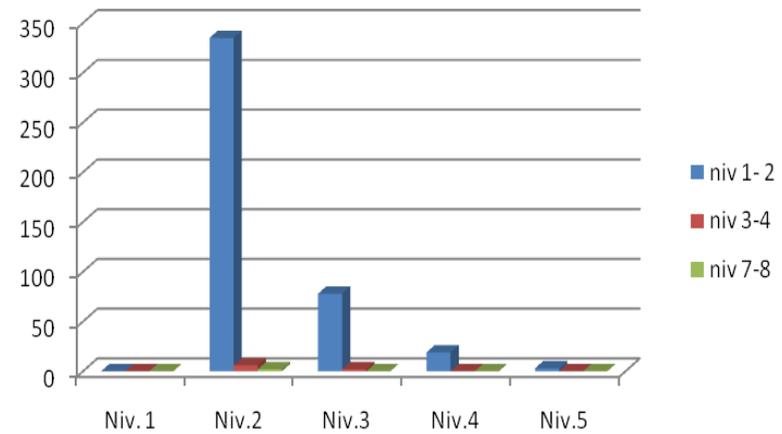
### Commune de Isser



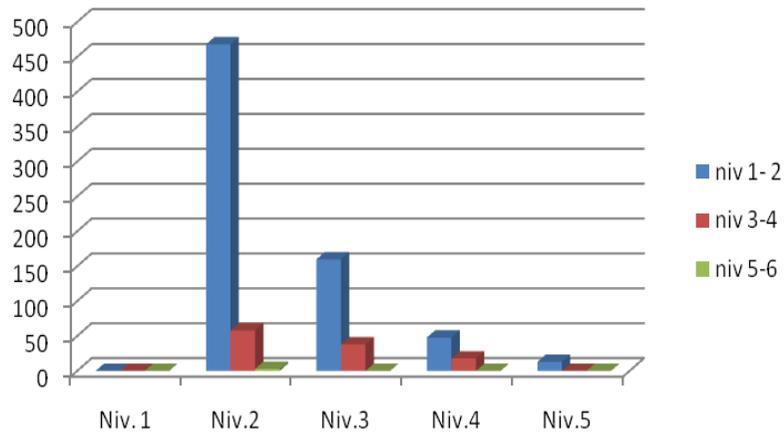
### Commune de Naciria



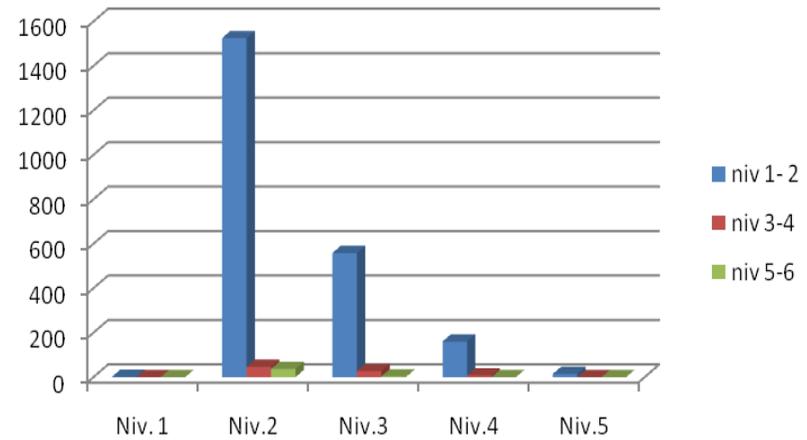
### Commune de Bouzegza



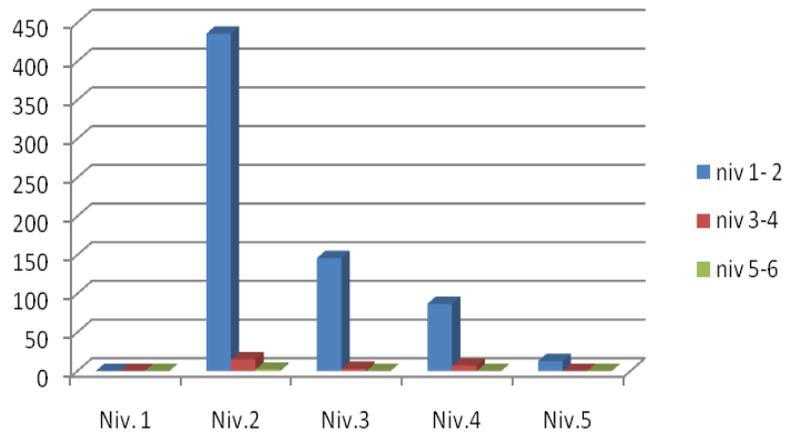
### Commune de Hamadi



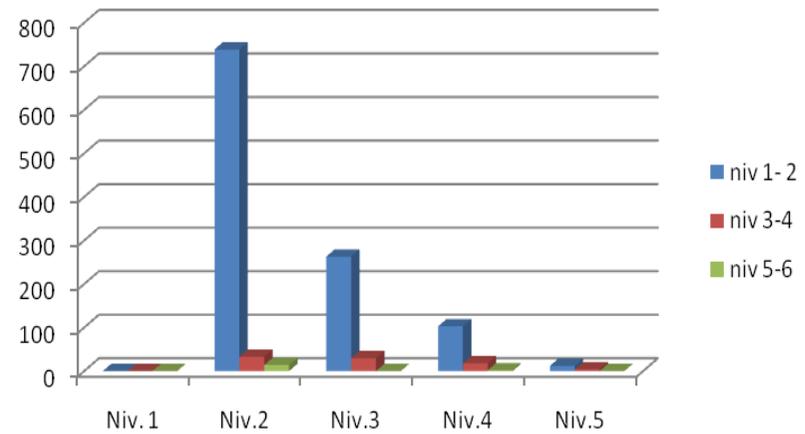
### Commune de Khemis El Khechna



### commune de Larbatache



### Commune de Ouled Moussa



# ANNEXE VI

Tableau d'analyse des dommages de la wilaya d'Alger selon le nombre  
d'étage

<b>Commune de : Sidi M'Hamed</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	10	16	41	50	32
3-4 étages	7	19	59	76	34
5-6 étages	4	38	94	72	16
7-8 étages	7	13	54	29	1
9-10 étages	1	4	8	5	0
11-12 étages	0	1	0	0	0
13-14 étages	2	0	2	0	0
15-16 étages	1	3	3	0	0
<b>Commune de : Alger Centre</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	0	1	14	2	2
3-4 étages	1	7	43	25	5
5-6 étages	1	27	66	36	1
7-8 étages	2	13	23	14	1
9-10 étages	0	4	4	2	0
11-12 étages	0	1	0	0	0
13-14 étages	0	1	1	0	0
<b>Commune de : El - Madania</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	1	2	9	2	1
3-4 étages	1	8	1	3	0
5-6 étages	1	7	0	0	0
7-8 étages	0	1	0	0	0
9-10 étages	1	1	0	0	0
11-12 étages	1	2	0	0	0
13-14 étages	0	3	0	0	0
19-20 étages	0	1	0	0	0
<b>Commune de : Bab El Oued</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	1	2	26	16	20
3-4 étages	0	8	63	35	13
5-6 étages	1	7	46	35	1
7-8 étages	0	7	6	1	0
9-10 étages	0	0	1	0	0
13-14 étages	3	3	2	0	0
<b>Commune de : Casbah</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	4	10	33	60	29

3-4 étages	2	23	67	64	54
5-6 étages	2	3	9	5	12
7-8 étages	0	0	0	1	0
<b>Commune de : Bologhine</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	18	13	32	14	5
3-4 étages	3	3	13	5	2
5-6 étages	0	0	2	0	0
7-8 étages	0	0	1	0	0
<b>Commune de : Rai Hamidou</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	0	4	11	13	10
3-4 étages	0	0	9	7	8
5-6 étages	0	0	1	0	0
11-12 étages	0	0	0	0	1
<b>Commune de : Hussein - Dey</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	2	57	112	56	18
3-4 étages	5	26	46	64	12
5-6 étages	1	24	19	19	0
7-8 étages	0	6	2	2	0
<b>Commune de : Mohamed Belouizdad</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	45	24	112	61	61
3-4 étages	26	15	40	45	45
5-6 étages	11	14	23	27	27
7-8 étages	0	2	5	2	2
9-10 étages	1	7	6	0	0
11-12 étages	0	2	0	0	0
15-16 étages	2	0	2	0	0
<b>Commune de : Kouba</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	5	26	31	21	11
3-4 étages	2	35	14	5	5
5-6 étages	0	5	5	3	0
7-8 étages	0	0	2	0	0
<b>Commune de : El - Mouradia</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	2	6	10	1	1
3-4 étages	2	8	8	2	2
5-6 étages	0	2	2	0	1
9-10 étages	0	1	0	0	0
<b>Commune de : EL - Magharia</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5

1- 2 étages	4	26	62	15	14
3-4 étages	4	8	4	0	2
5-6 étages	2	1	1	0	0
<b>Commune de : El - Harrache</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	13	5	8	15	38
3-4 étages	11	0	3	3	15
5-6 étages	4	0	0	0	2
9-10 étages	0	0	0	0	1
11-12 étages	1	1	0	0	0
<b>Commune de : Bourouba</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	86	1	1	48	40
3-4 étages	16	0	2	5	4
5-6 étages	5	0	0	0	0
<b>Commune de : Bachdjarah</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	4	0	2	0	29
3-4 étages	4	0	2	0	6
<b>Commune de : Oued Smar</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
3-4 étages	2	0	0	0	0
5-6 étages	10	0	0	0	0
7-8 étages	12	0	0	0	0
<b>Commune de : Baraki</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	2	18	9	34	18
3-4 étages	0	11	6	11	2
5-6 étages	0	2	0	0	0
<b>Commune de : Eucalyptus</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	12	34	37	41	27
3-4 étages	6	12	26	11	0
5-6 étages	7	0	0	0	2
<b>Commune de : Sidi Moussa</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	0	2	5	0	0
3-4 étages	0	0	1	0	0
<b>Commune de : Bir Mourad Rais</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	0	5	5	0	18
3-4 étages	0	7	4	3	1
5-6 étages	0	4	0	0	0
7-8 étages	4	2	0	0	0

11-12 étages	0	1	0	0	0
13-14 étages	0	1	0	0	0
<b>Commune de : Jaser Kasantina</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	1	10	2	3	16
3-4 étages	7	7	2	1	0
5-6 étages	1	5	2	0	0
9-10 étages	1	0	0	0	0
13-14 étages	1	0	0	0	0
<b>Commune de : Hydra</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	3	4	9	2	1
3-4 étages	2	6	3	1	0
5-6 étages	0	2	0	0	0
7-8 étages	0	1	1	0	0
9-10 étages	1	6	4	0	0
11-12 étages	1	0	1	0	0
13-14 étages	0	0	2	0	0
17-18 étages	0	1	0	0	0
19 - 20 étages	0	1	0	0	0
<b>Commune de : Birkhadem</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	4	9	14	6	25
3-4 étages	1	2	4	1	5
5-6 étages	0	0	0	1	0
<b>Commune de : Saoula</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	3	11	16	5	86
3-4 étages	0	3	3	4	1
5-6 étages	0	0	0	0	1
<b>Commune de : Dar El Bieda</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	35	21	30	23	22
3-4 étages	60	41	64	50	14
5-6 étages	9	97	14	24	6
7-8 étages	0	20	3	0	0
9-10 étages	0	3	7	0	0
<b>Commune de : Mohammadia</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	8	10	7	4	5
3-4 étages	10	9	5	3	1
5-6 étages	19	72	35	9	2
7-8 étages	0	24	1	1	0
11-12 étages	0	3	7	0	0

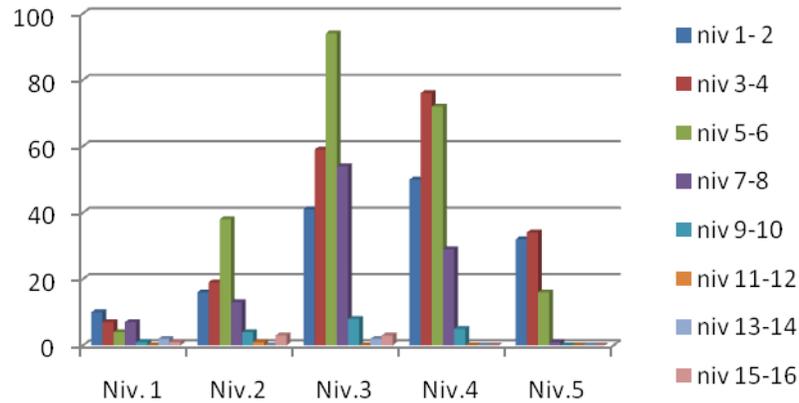
13-14 étages	0	10	3	0	0
<b>Commune de : Bab Ezzouar</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	13	41	16	23	46
3-4 étages	15	27	16	13	2
5-6 étages	122	152	99	53	2
7-8 étages	7	10	12	0	0
9-10 étages	12	6	24	3	0
11-12 étages	1	2	30	0	0
15 - 16 étages	0	1	0	0	0
<b>Commune de : Bordj Elbahri</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	624	96	37	40	47
3-4 étages	76	10	23	40	105
5-6 étages	11	32	15	10	1
9-10 étages	0	1	0	0	0
<b>Commune de : Ain Taya</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	99	145	131	83	103
3-4 étages	69	79	27	29	4
5-6 étages	4	32	28	5	2
7-8 étages	0	1	0	0	0
<b>Commune de : El Marsa</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	2	5	0	5	0
3-4 étages	2	0	0	1	0
5-6 étages	2	0	0	0	0
<b>Commune de : Bouzareha</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	22	35	36	32	12
3-4 étages	10	9	1	4	1
5-6 étages	1	0	0	2	0
9-10 étages	0	0	0	1	0
11-12 étages	0	0	0	2	0
<b>Commune de : El Biar</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	10	24	38	23	19
3-4 étages	7	18	7	6	5
5-6 étages	2	11	4	4	0
7-8 étages	0	3	0	1	0
9-10 étages	4	5	0	0	0
13-14 étages	0	2	1	0	0
<b>Commune de : Beni Messous</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5

1- 2 étages	0	3	1	0	0
<b>Commune de : Ben Aknoun</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	1	10	9	17	3
3-4 étages	3	1	2	0	0
5-6 étages	2	2	1	1	0
7-8 étages	0	1	0	0	0
13-14 étages	0	2	0	0	0
<b>Commune de : Cheraga</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	13	11	13	50	61
3-4 étages	4	9	11	6	2
5-6 étages	2	2	1	2	0
13-14 étages	1	0	0	0	0
<b>Commune de : Dely Ibrahim</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	0	1	6	3	5
3-4 étages	0	1	3	0	0
5-6 étages	1	0	0	0	0
<b>Commune de : El - Hammamet</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	0	1	3	6	11
3-4 étages	0	0	0	2	2
5-6 étages	0	1	0	0	0
<b>Commune de : Ouled Fayet</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	0	5	2	11	14
3-4 étages	0	2	2	2	0
5-6 étages	0	1	0	0	0
<b>Commune de : Ain Benian</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	1	5	9	26	20
3-4 étages	1	1	4	3	8
5-6 étages	1	1	0	0	0
<b>Commune de : Zeralda</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	23	23	39	7	6
3-4 étages	9	5	0	0	0
5-6 étages	2	4	1	0	0
9-10 étages	1	0	0	0	0
<b>Commune de : Staoueli</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	17	33	20	20	25
3-4 étages	3	5	0	0	1

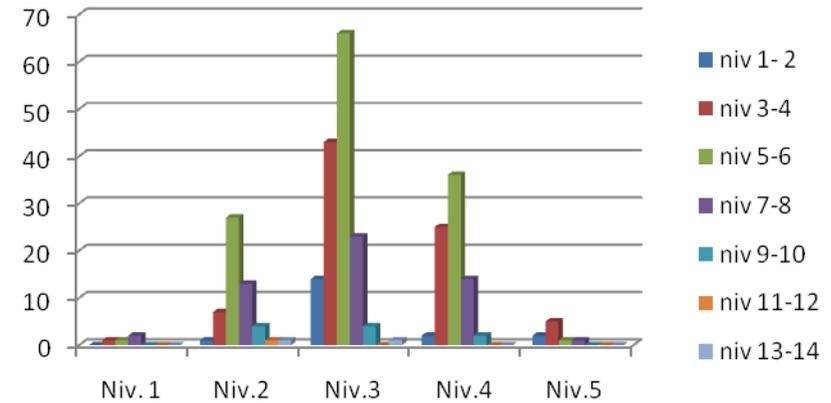
5-6 étages	6	4	0	0	0
<b>Commune de : Souidania</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	5	8	13	11	9
3-4 étages	1	0	0	1	0
5-6 étages	0	0	1	0	0
<b>Commune de : Mahelma</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	6	31	32	10	12
3-4 étages	1	0	0	0	1
5-6 étages	0	1	0	0	0
<b>Commune de : Rahmania</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	6	4	13	10	8
3-4 étages	0	1	0	0	0
5-6 étages	0	1	0	0	0
<b>Commune de : Draira</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	55	10	14	10	13
3-4 étages	20	7	5	0	0
5-6 étages	3	0	0	0	0
7-8 étages	1	0	0	0	0
<b>Commune de : Douera</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	7	21	24	13	57
3-4 étages	2	13	2	3	1
5-6 étages	12	38	1	1	0
<b>Commune de : Kharacia</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	7	23	30	11	16
3-4 étages	1	23	15	9	1
5-6 étages	1	1	0	0	0
<b>Commune de : Baba Hassen</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	19	20	8	4	5
3-4 étages	16	5	1	0	0
5-6 étages	24	1	0	0	0
<b>Commune de : El Achour</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	12	31	15	9	16
3-4 étages	4	3	0	0	0
5-6 étages	55	1	0	0	0
11-12 étages	1	0	0	0	0
<b>Commune de : Birtouta</b>					

<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	13	81	21	39	4
3-4 étages	2	6	1	0	0
5-6 étages	5	4	1	0	0
<b>Commune de : Ouled Chebel</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	12	69	12	20	2
3-4 étages	1	1	0	0	0
5-6 étages	0	1	0	0	0
<b>Commune de : Tessala El Merdja</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	0	0	0	0	1
3-4 étages	0	0	0	0	1
<b>Commune de : Rouiba</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	661	852	517	471	220
3-4 étages	159	381	167	88	17
5-6 étages	8	35	30	16	1
7-8 étages	0	0	0	0	1
9-10 étages	0	1	0	1	1
19-20 étages	0	0	1	0	0
<b>Commune de : Reghaia</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	398	394	319	195	80
3-4 étages	67	46	85	233	37
5-6 étages	0	9	21	19	1
9-10 étages	0	0	0	1	0
19-20 étages	0	0	1	0	0
<b>Commune de : Haraoua</b>					
<b>Désignation</b>	Niv. 1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Niv.5
1- 2 étages	364	614	367	311	542
3-4 étages	70	72	39	65	36
5-6 étages	1	0	1	0	3

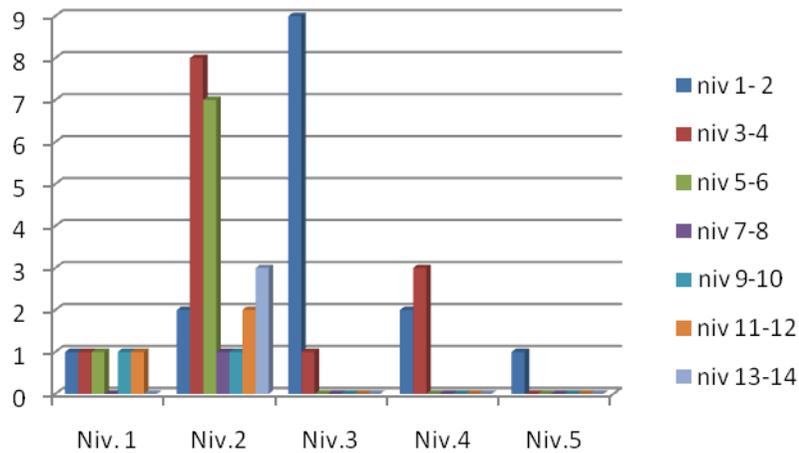
**Commune de Sidi M'hamed**



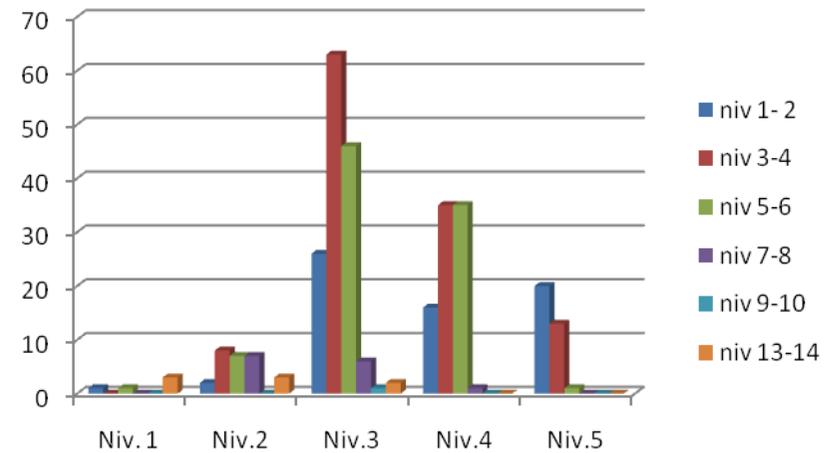
**Commune de Alger Centre**



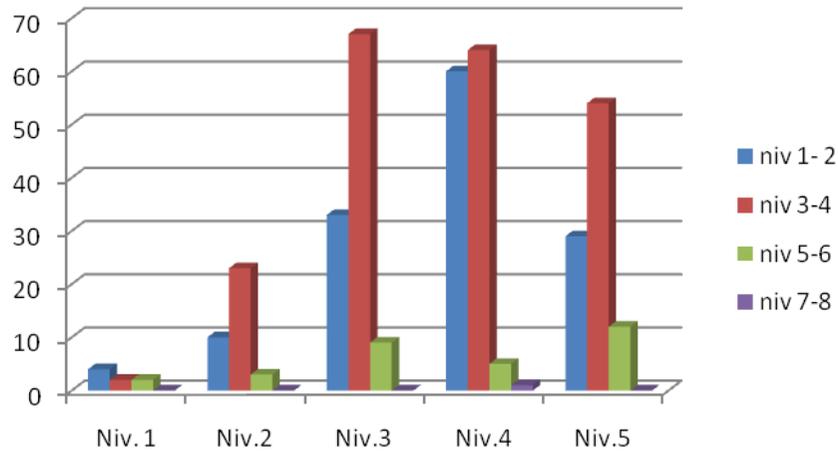
**Commune de El Madania**



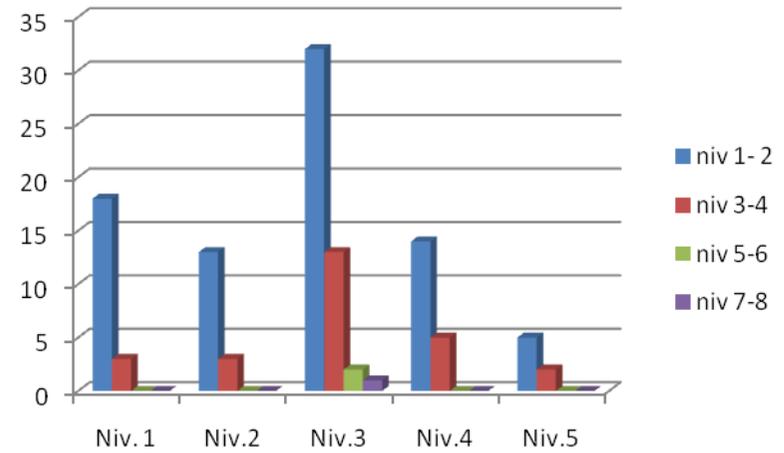
**Commune de Bab El Oued**



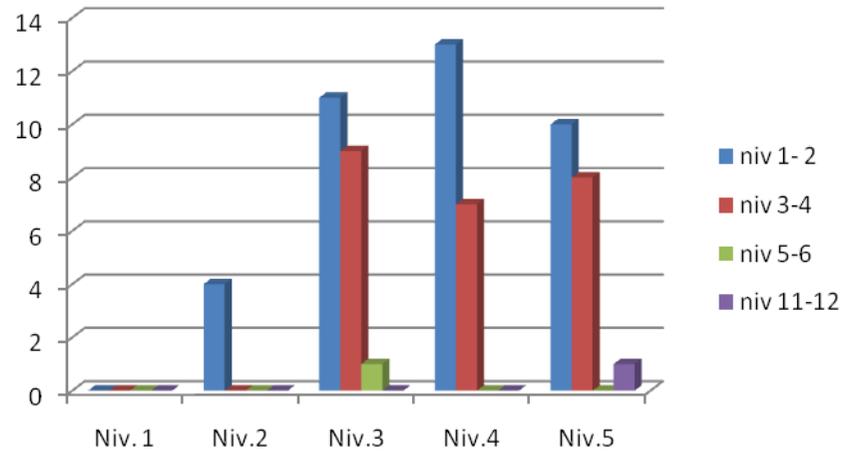
**Commune de Casbah**



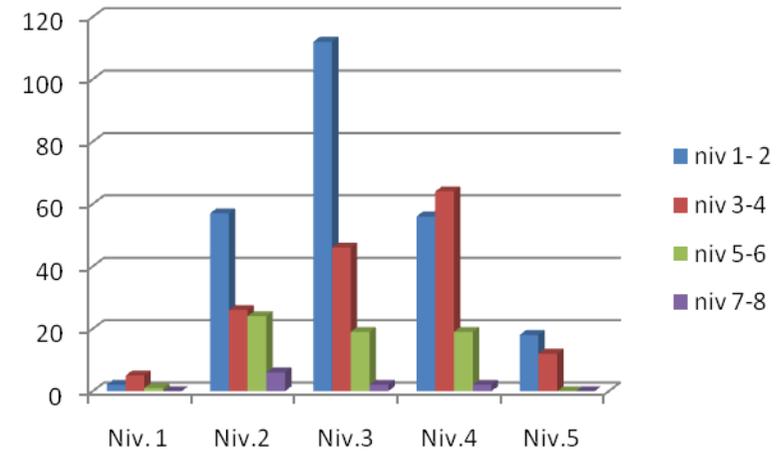
**Commune de Bologine**



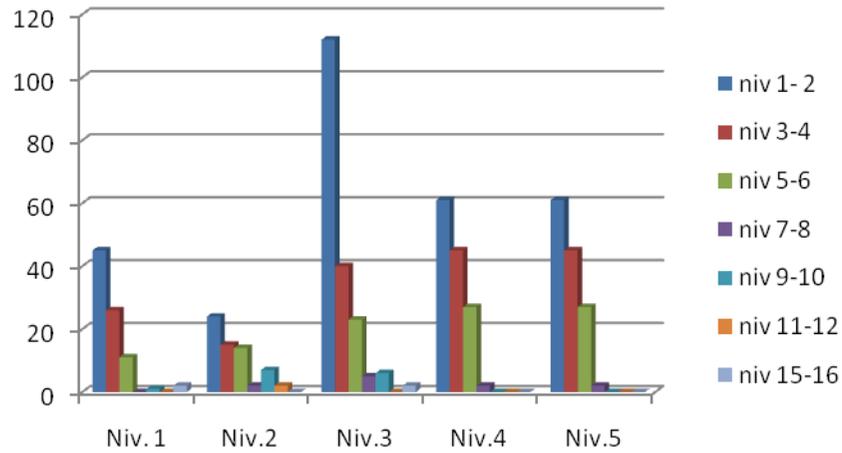
**Commune de Rai Hamidou**



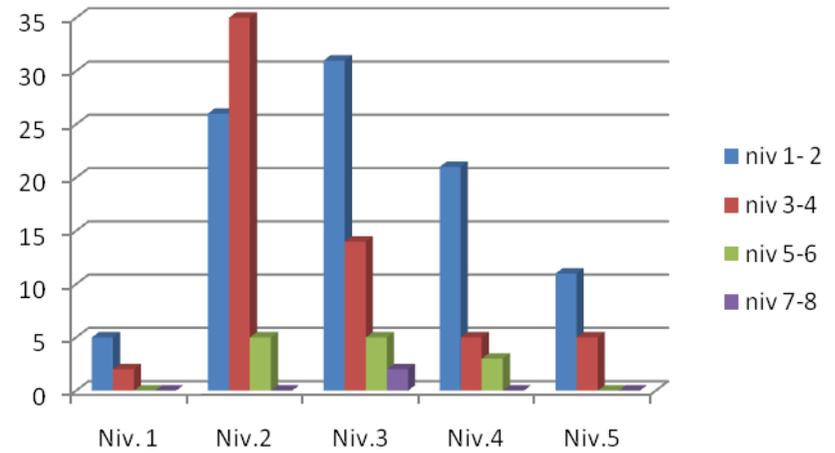
**Commune de Hussein - Dey**



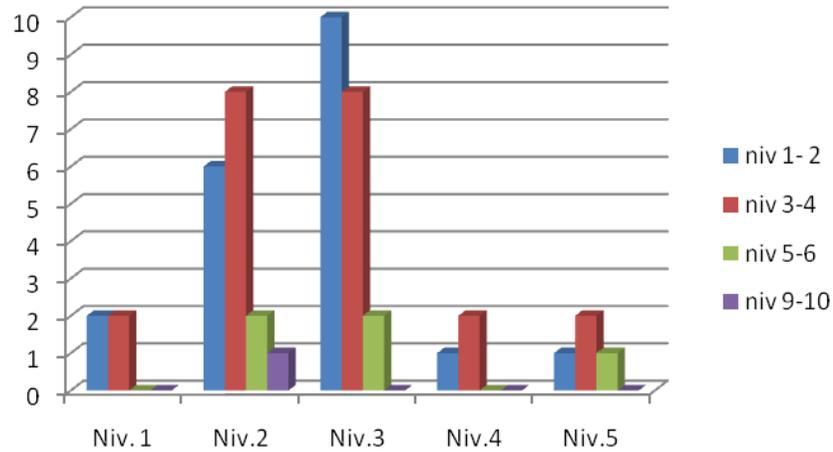
**Commune de Mohamed Belouizdad**



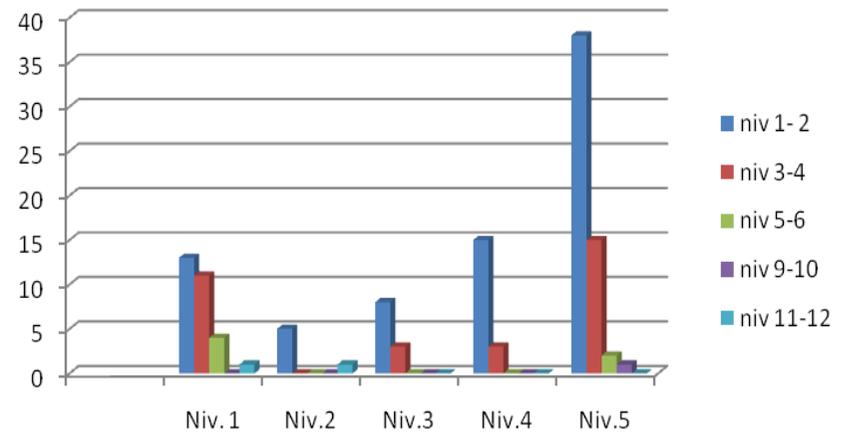
**Commune de Kouba**



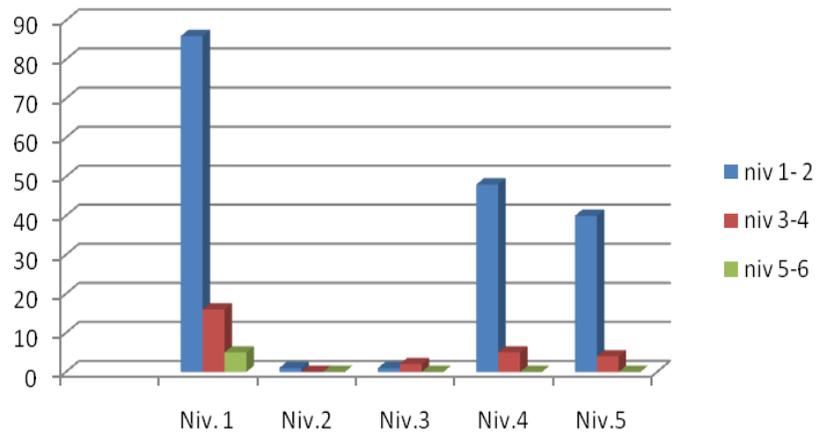
**Commune de El Mouradia**



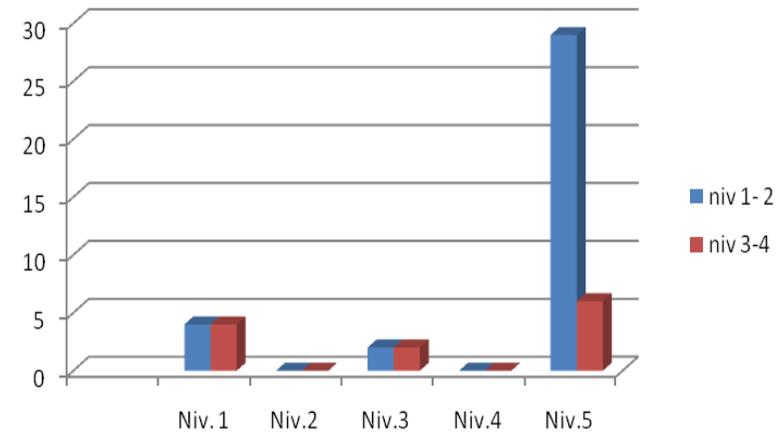
**Commune de El Harrache**



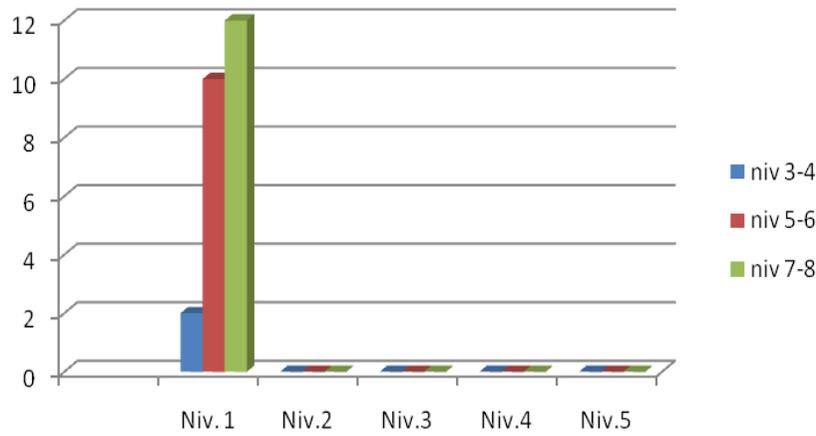
**Commune de Bourouba**



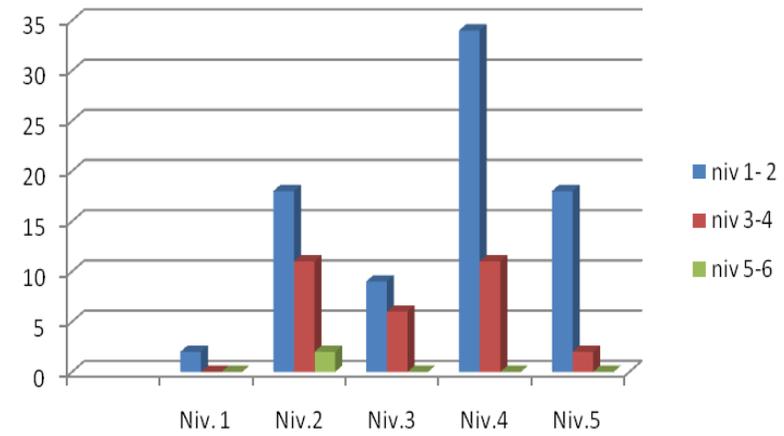
**Commune de Bachdjarah**



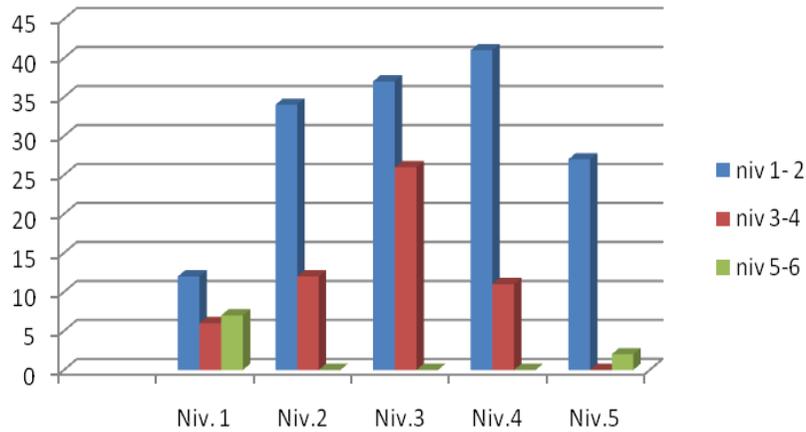
**commune de Oued Smar**



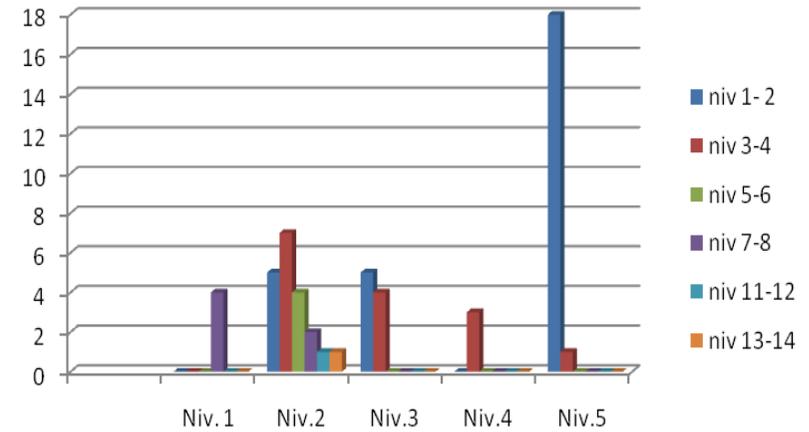
**Commune de Baraki**



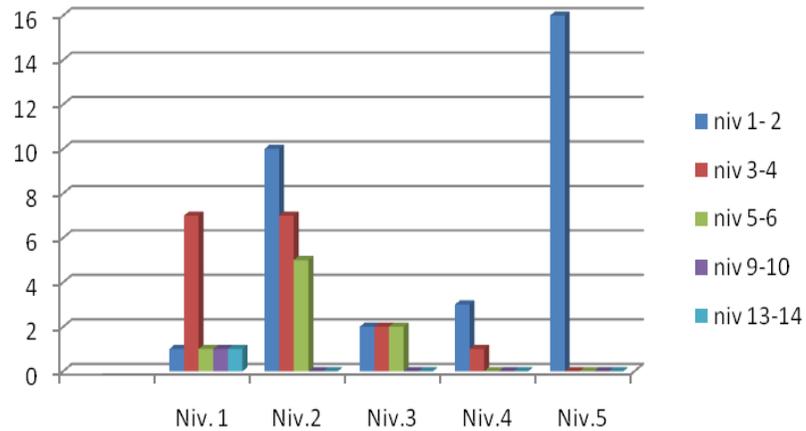
### commune de Eucalyptus



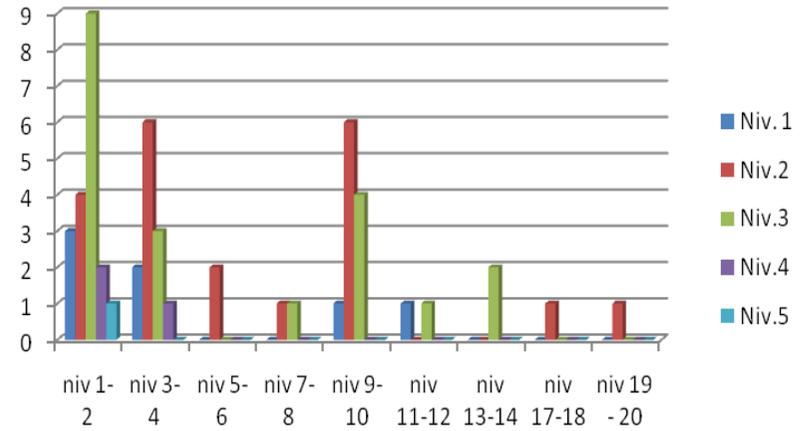
### Commune de Bir Mourad rais



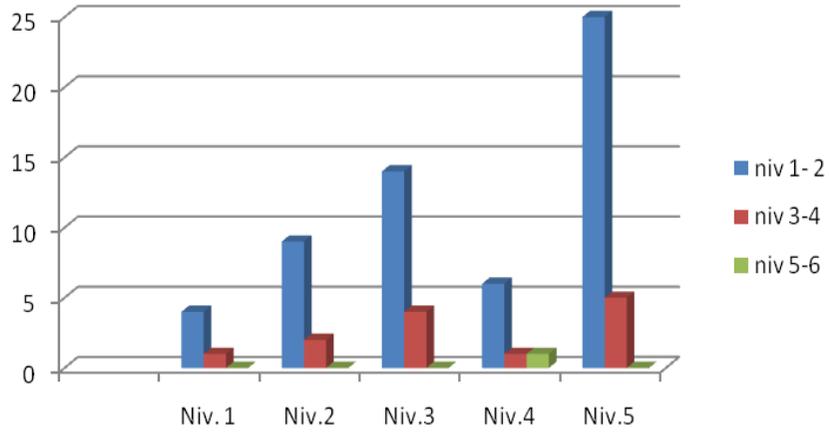
### Commune de Jaser Kasantina



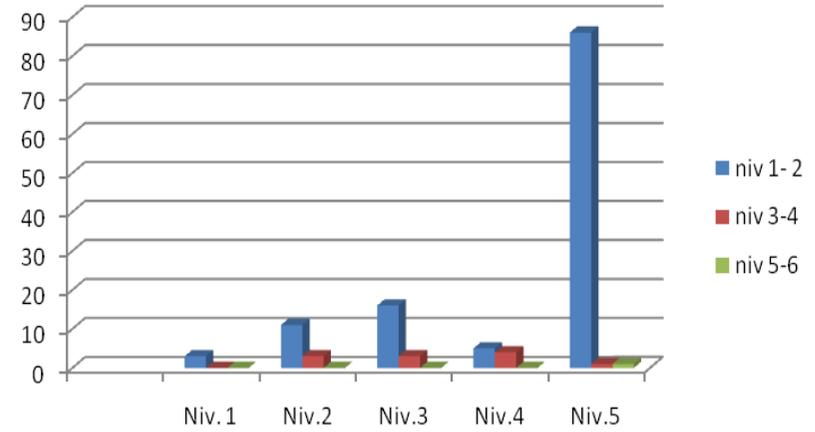
### Commune de Hydra



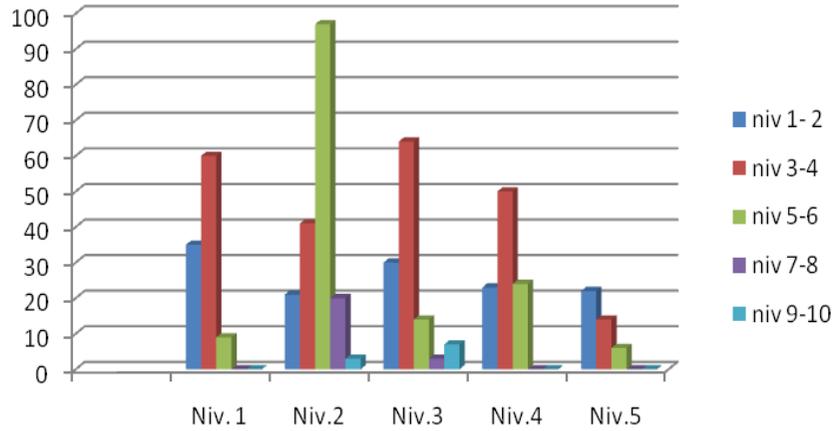
### Commune de Birkhadem



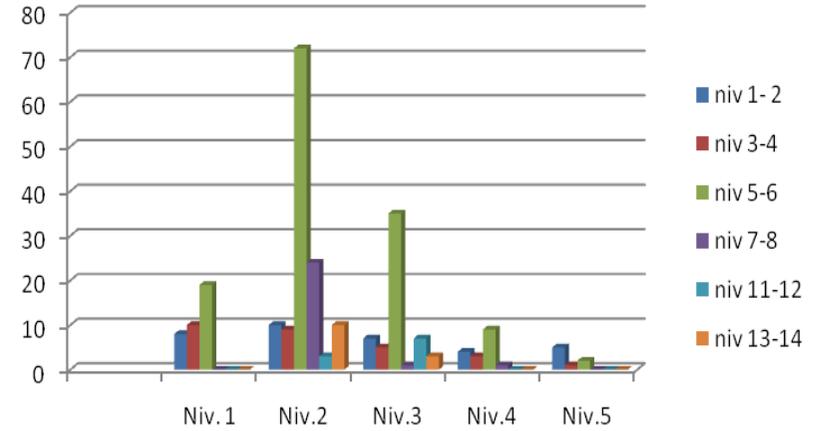
### Commune de Saoula



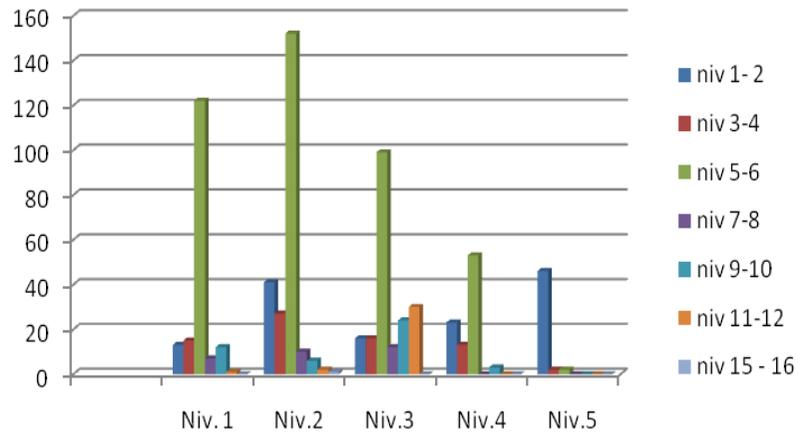
### Commune de Dar el Beida



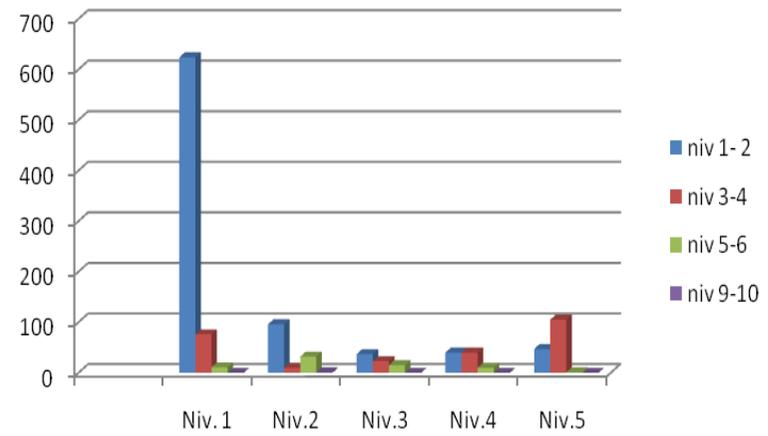
### Commune de Mohammadia



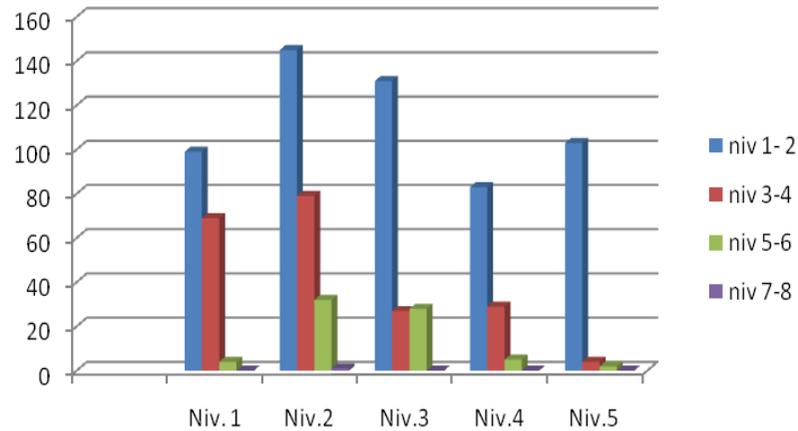
### Commune de Bab Ezzouar



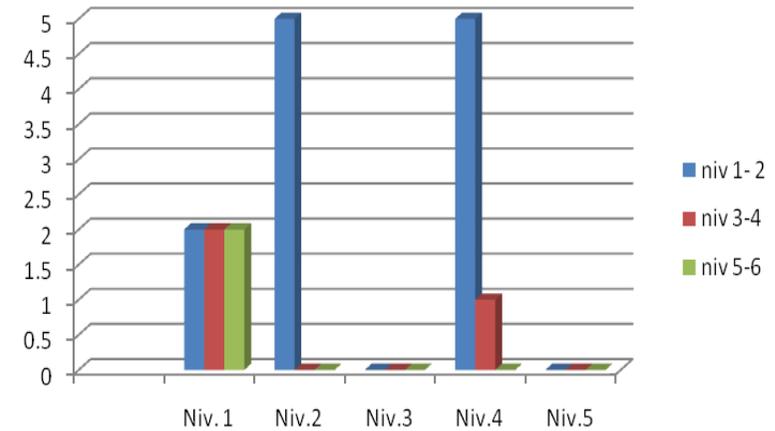
### Commune de Bordj el Bahri



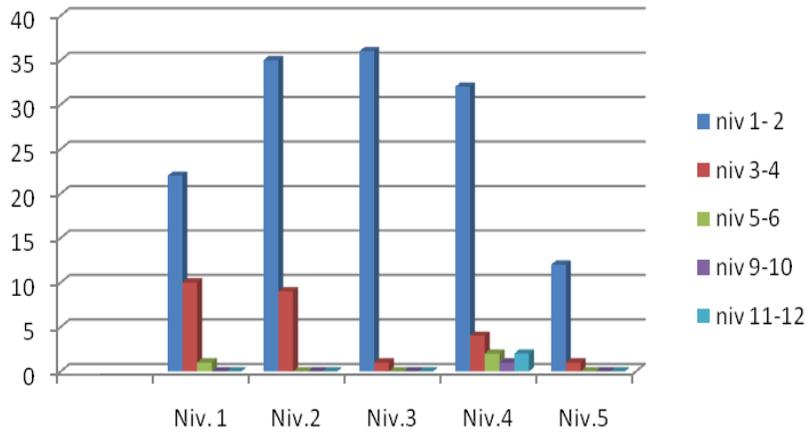
### Commune de Ain Taya



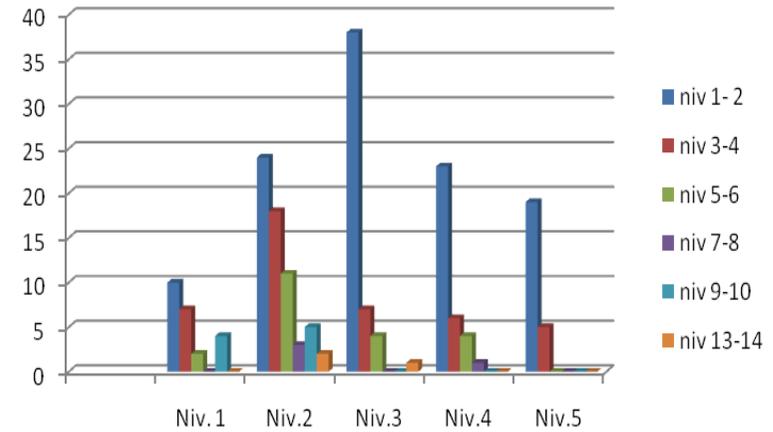
### Commune de El Marsa



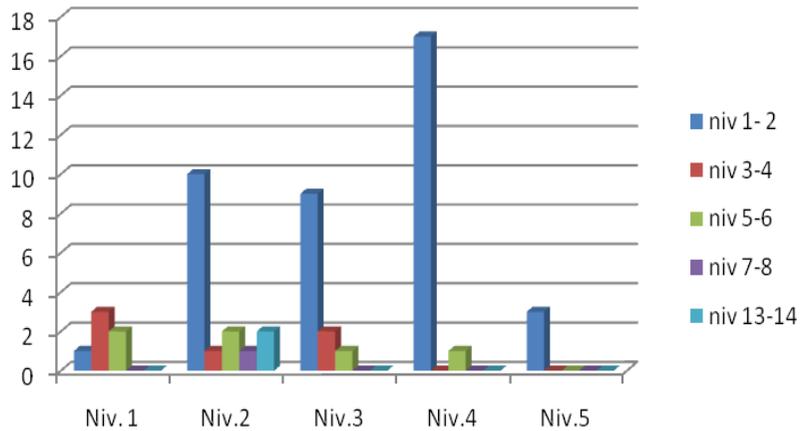
### Commune de Bouzareha



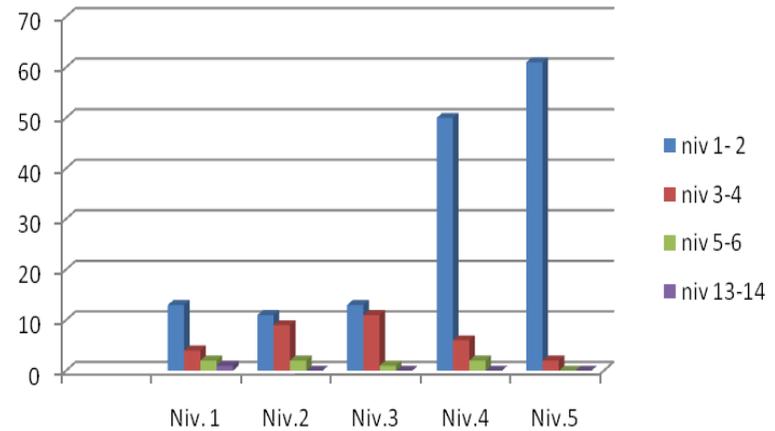
### Commune de El Biar



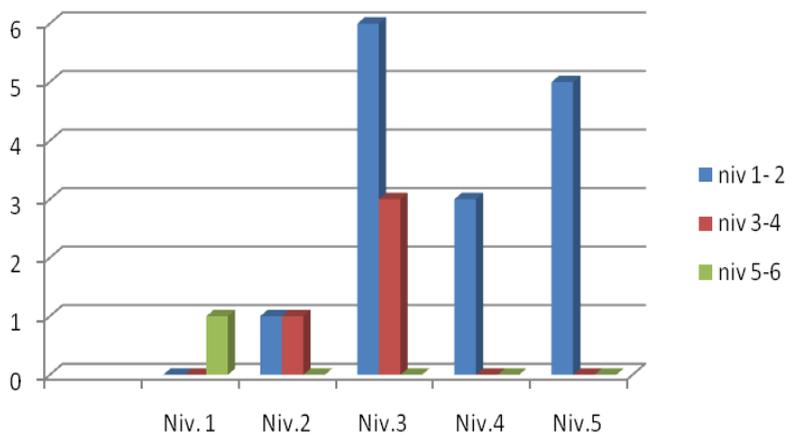
### Commune de Ben Aknoun



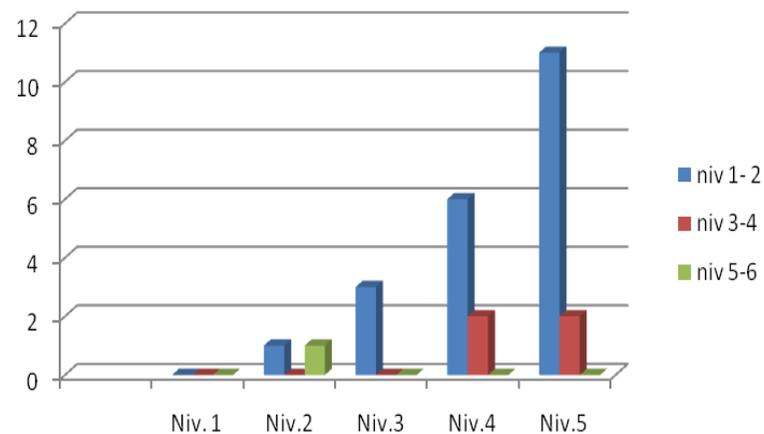
### Commune de Cheraga



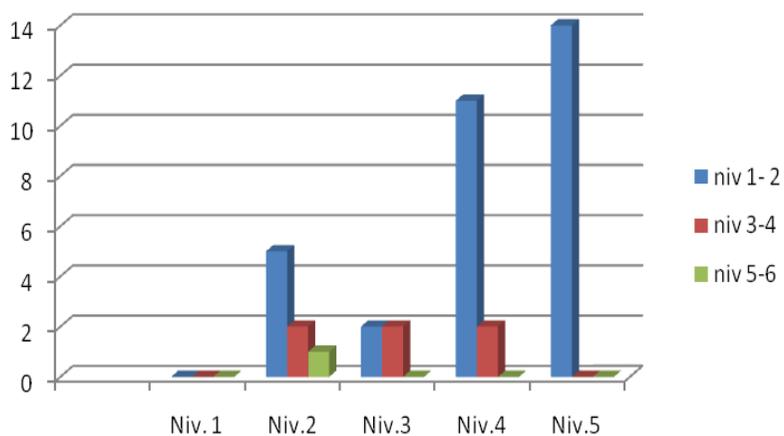
### Commune de Dely Ibrahim



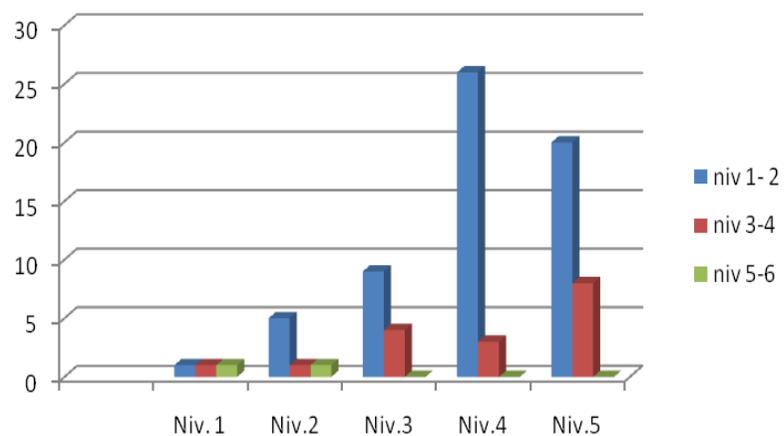
### Commune de El Hammamet



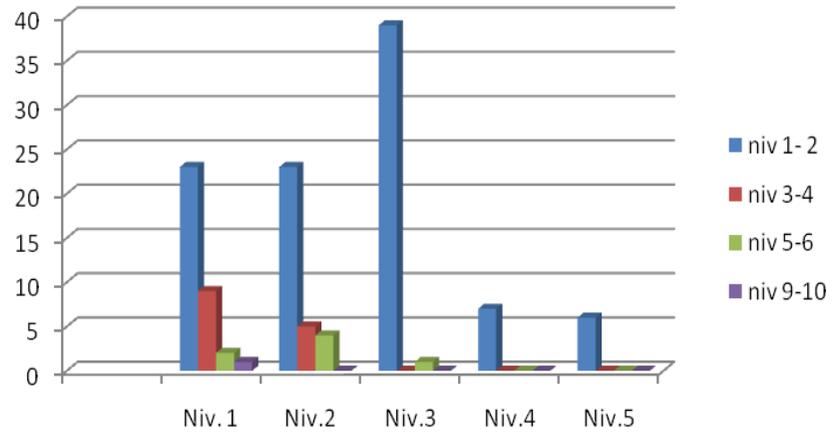
### Commune de Ouled Fayet



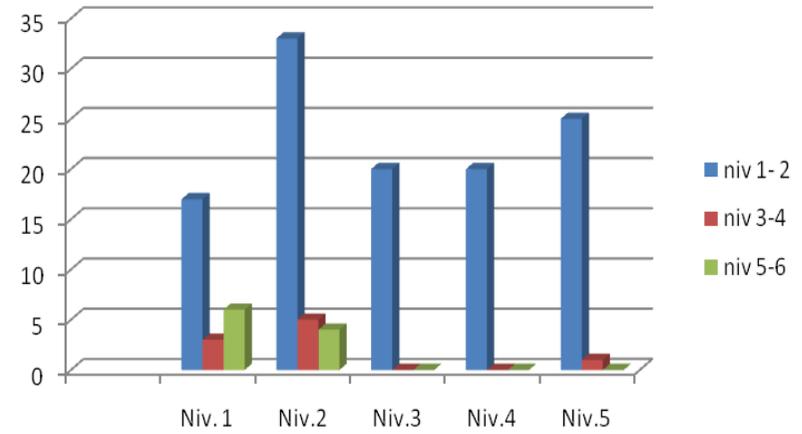
### Commune de Ain Benian



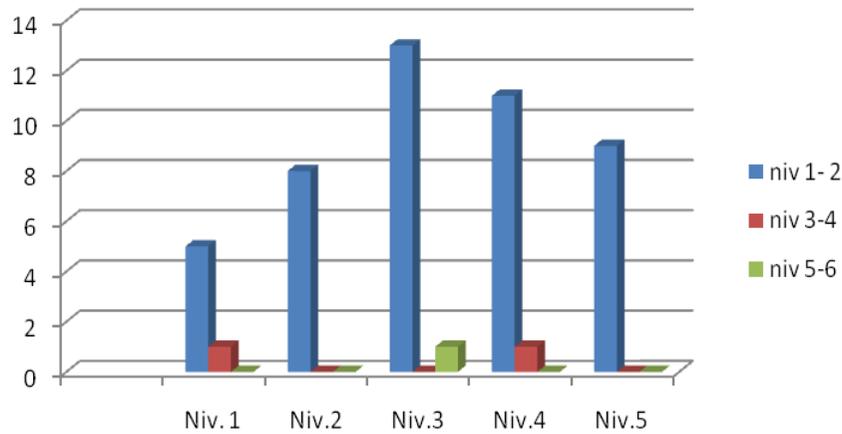
**commune de Zeralda**



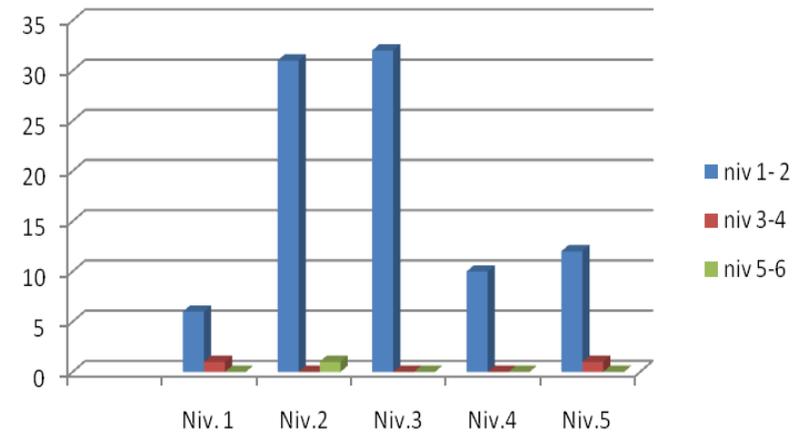
**Commune de Staoueli**



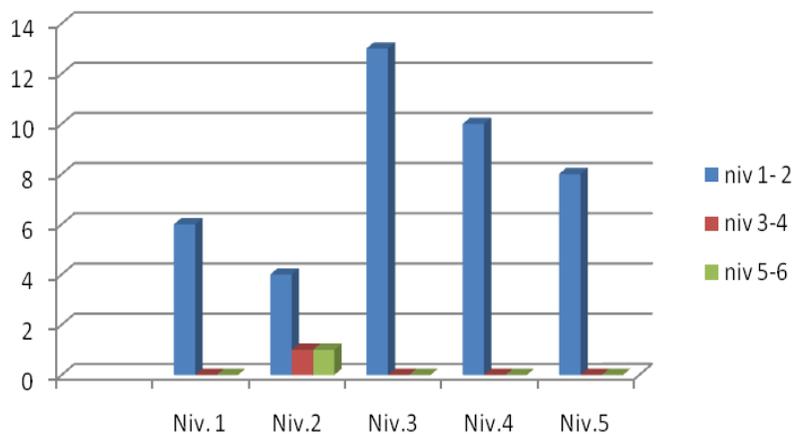
**Commune de Souidania**



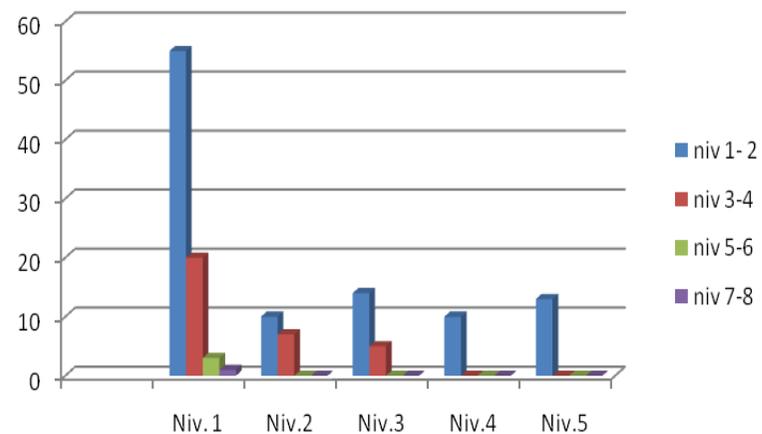
**Commune de Mahelma**



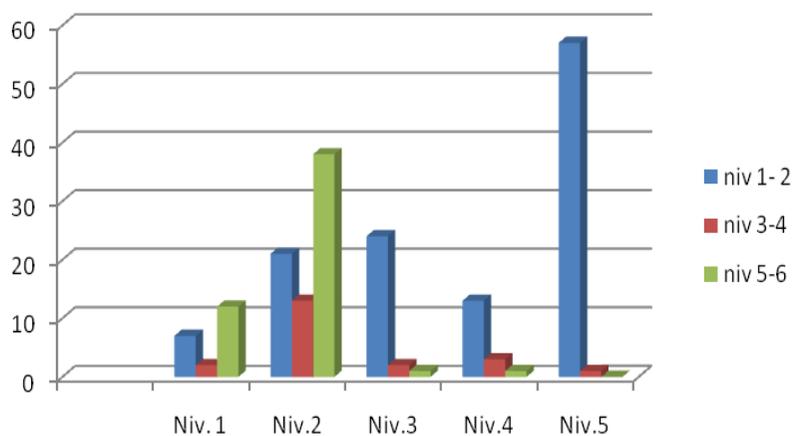
### Commune de Rahmania



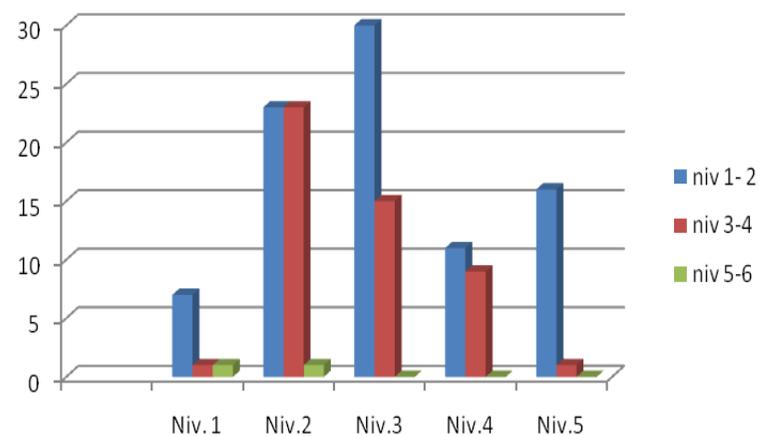
### Commune de Draria



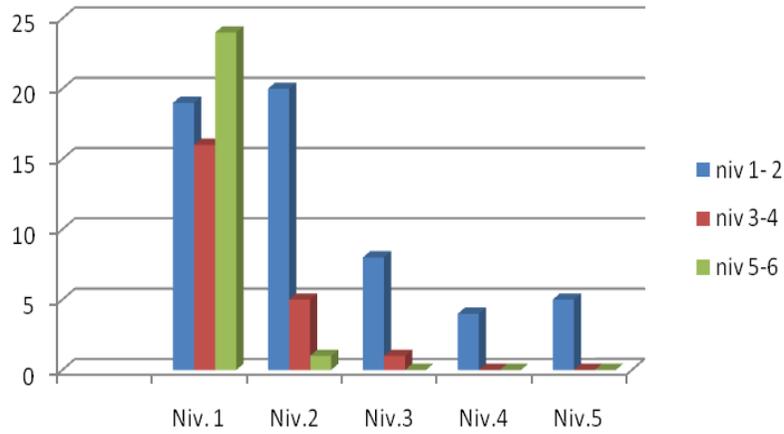
### Commune de Douera



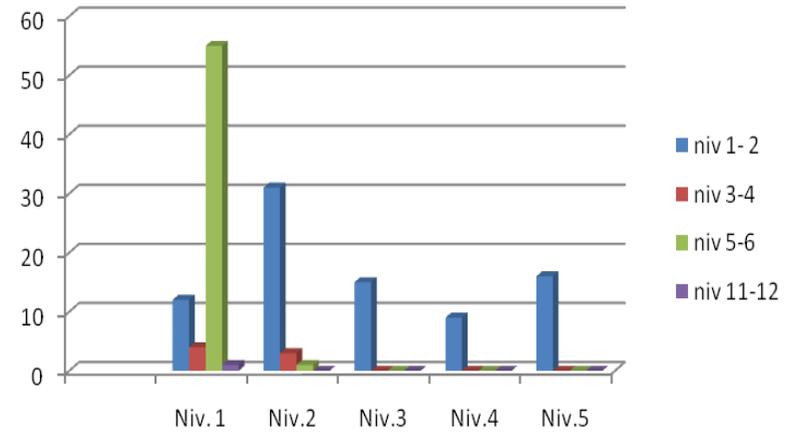
### Commune de Kheraicia



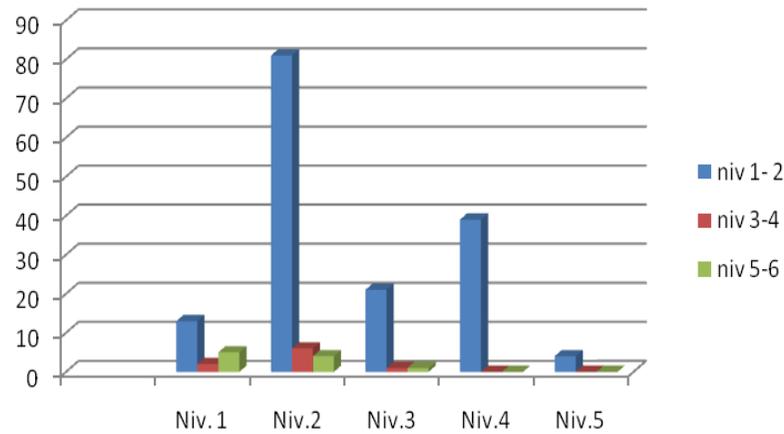
**Commune de Baba Hassen**



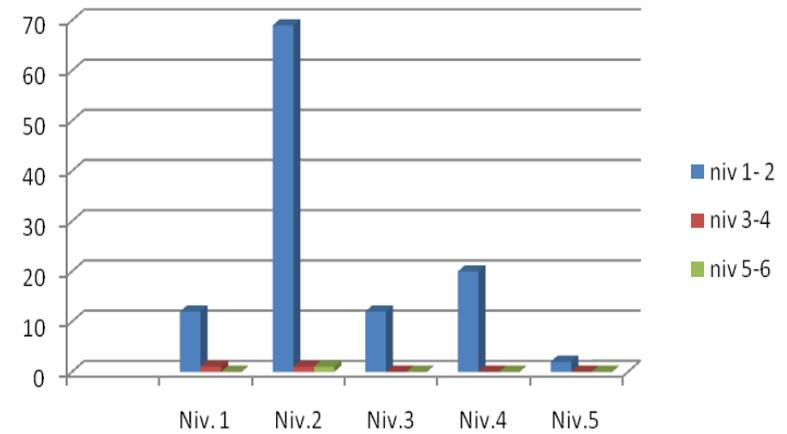
**Commune El Achour**



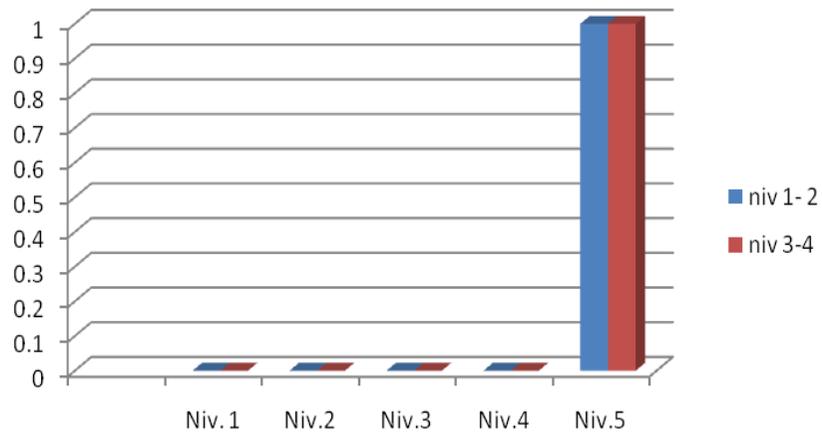
**Commune de Birtouta**



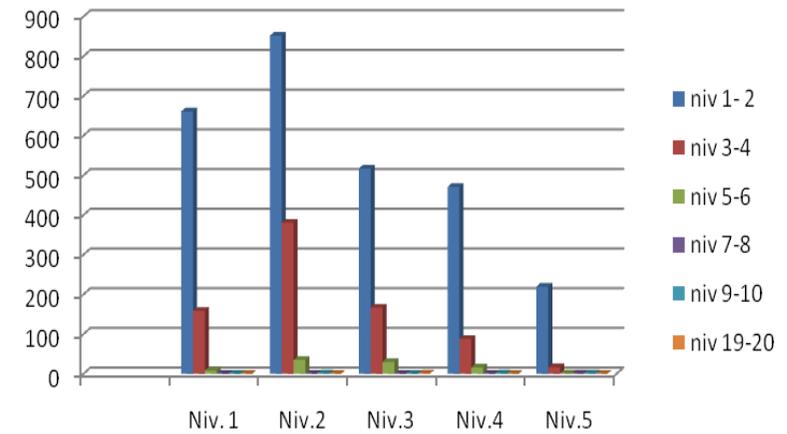
**Commune de Ouled Chebel**



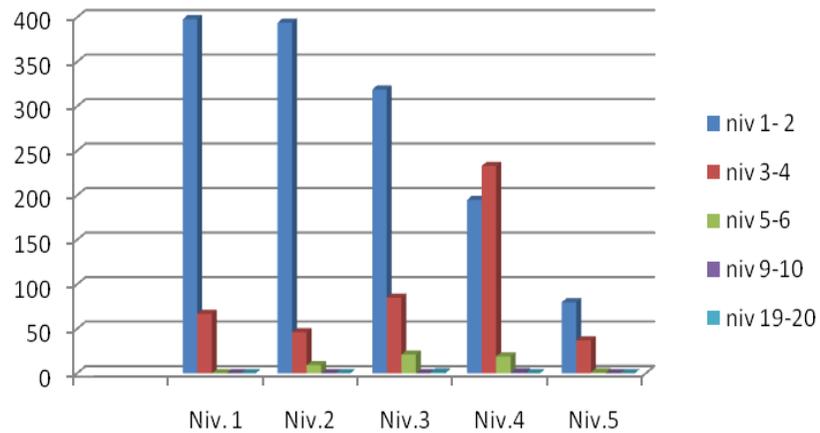
### Commune de Tassala El Merdja



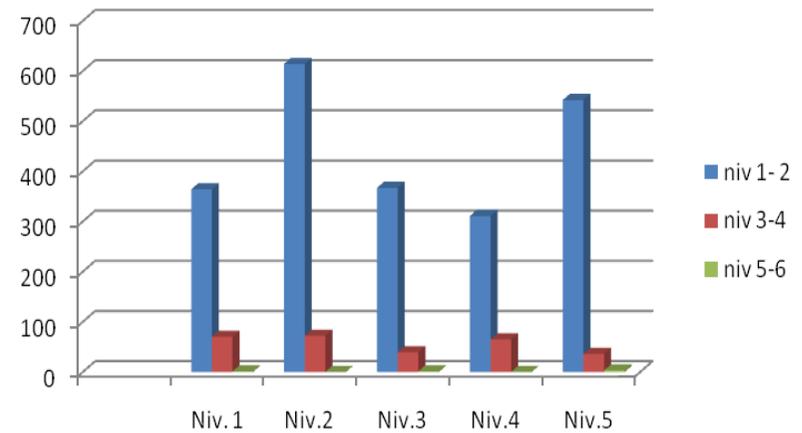
### Commune de Rouiba



### Commune de Reghaia



### Commune de Haraoua



# ANNEXE VII

Tableaux d'analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système constructif portique Auto-stable et les constructions calculées, non calculées, contrôlées et non contrôlées.

Commune de Boumerdes					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	9	1425	547	337	5
CCO - CCA	0	6	3	12	0
CCO - CNCA	0	4	0	0	0
CNCO - CCA	0	2	1	1	0
Commune de TIDJELABINE					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNC-CNC	0	296	123	66	1
CC-CC	0	0	1	1	0
CC-CNC	0	5	0	0	0
CNC-CC	0	0	0	0	0
Commune de AMMAL					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	17	2	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0		0	0
Commune de CORSO					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	438	141	153	0
CCO - CCA	0	17	8	3	0
CCO - CNCA	0	0	1	0	0
CNCO - CCA	0	6	0	0	0
Commune de BAGHLIA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	1	928	350	21	23
CCO - CCA	0	11	0	0	0
CCO - CNCA	0	11	0	0	0
CNCO - CCA	0	12	3	0	0
Commune de BORDJ MENAIL					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	9	364	129	3
CCO - CCA	0	1	12	1	0
CCO - CNCA	0	1	23	12	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de DJINET					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	720	142	37	2
CCO - CCA	0	4	5	0	0
CCO - CNCA	0	1	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0

Commune de BENI AMRANE					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	443	100	41	3
CCO - CCA	0	0	1	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de LAGATA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	10	628	418	137	38
CCO - CCA	0	17	6	4	0
CCO - CNCA	0	22	9	2	0
CNCO - CCA	0	4	1	0	0
Commune de ZEMMOURI					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	4	826	324	131	98
CCO - CCA	0	1	2	1	3
CCO - CNCA	0	1	0	3	0
CNCO - CCA	0	0	1	1	0
Commune de BOUDOUAOU					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	643	266	56	8
CCO - CCA	0	11	0	2	0
CCO - CNCA	0	0	2	1	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune d'EL KHAROUBA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	43	47	53	102
CCO - CCA	0	6	8	9	1
CCO - CNCA	0	3	0	0	0
CNCO - CCA	0	2	10	11	1
Commune de BOUZEGZA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	368	100	9	0
CCO - CCA	0	1	0	0	0
CCO - CNCA	0	2	0	0	0
CNCO - CCA	0	1	0	0	0
Commune de CHAABET EL AMEUR					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	513	102	48	8
CCO - CCA	0	1	1	0	0
CCO - CNCA	0	1	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0

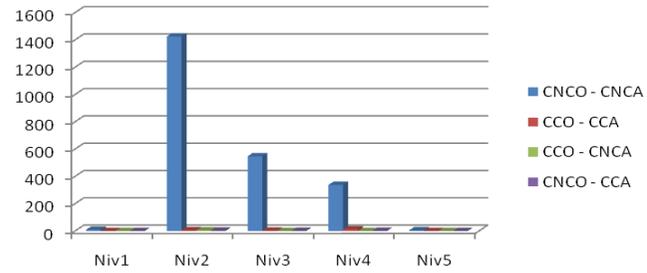
Commune de BOUDOUAOU EL BAHRI					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	1	511	151	60	19
CCO - CCA	0	4	6	0	0
CCO - CNCA	0	1	0	1	0
CNCO - CCA	0	2	0	0	0
Commune de DELLYS					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	1	652	190	96	2
CCO - CCA	0	3	1	2	0
CCO - CNCA	0	8	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de BENCHOUD					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	453	92	18	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	8	2	1	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de AFIR					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	316	48	36	2
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de HAMADI					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	185	102	0	1
CCO - CCA	0	4	1	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de THENIA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	32	648	145	45	6
CCO - CCA	0	1	2	0	0
CCO - CNCA	0	33	1	0	0
CNCO - CCA	0	1	0	0	0
Commune de KHEMIS EL KHECHENA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	340	128	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	1	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0

Commune de SOUK EL HAD					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	2	184	37	15	23
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	9	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de ISSER					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	1	333	141	64	28
CCO - CCA	0	12	2	7	0
CCO - CNCA	0	1	2	0	0
CNCO - CCA	0	3	1	0	0
Commune de Si Mustapha					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	218	65	13	2
CCO - CCA	0	21	7	0	0
CCO - CNCA	0	1	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de SIDI DAOUD					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	361	112	42	21
CCO - CCA	0	8	1	0	0
CCO - CNCA	0	0	2	0	1
CNCO - CCA	0	3	0	0	0
Commune de TIMEZRIT					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	101	42	0	1
CCO - CCA	0	6	6	0	0
CCO - CNCA	0	9	3	0	0
CNCO - CCA	0	3	0	0	0
Commune de TAOURGA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	207	100	10	0
CCO - CCA	0	14	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de OULED MOUSSA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	2	436	178	42	1
CCO - CCA	0	1	2	1	0
CCO - CNCA	0	2	0	0	0
CNCO - CCA	0	1	1	0	0

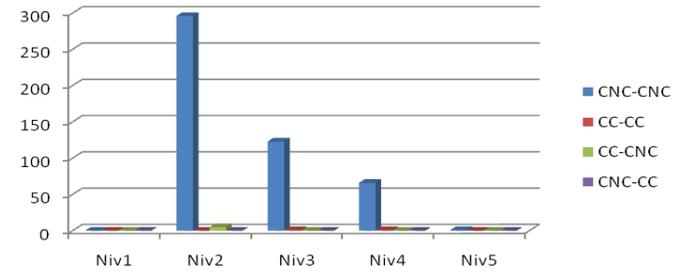
Commune de LARBAATACHE					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	171	74	8	16
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	1	0	0
Commune de NACIRIA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	3	290	165	2	0
CCO - CCA	2	3	0	0	0
CCO - CNCA	0	1	0	0	0
CNCO - CCA	0	5	0	0	0
Commune d'OULED AISSA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	1	280	138	48	45
CCO - CCA	0	2	1	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	8	1	0	0
Total	69	13306	5085	1793	464
Total Constructions Expertisées	20648				



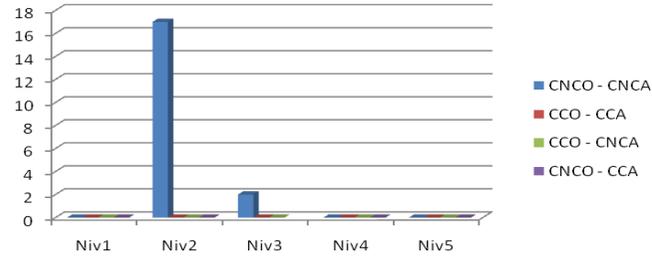
### Commune de Boumerdes



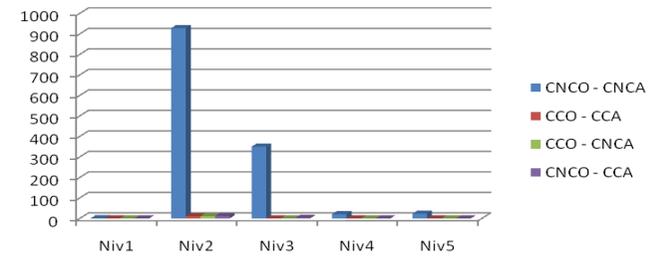
### Commune de Tidjelabine



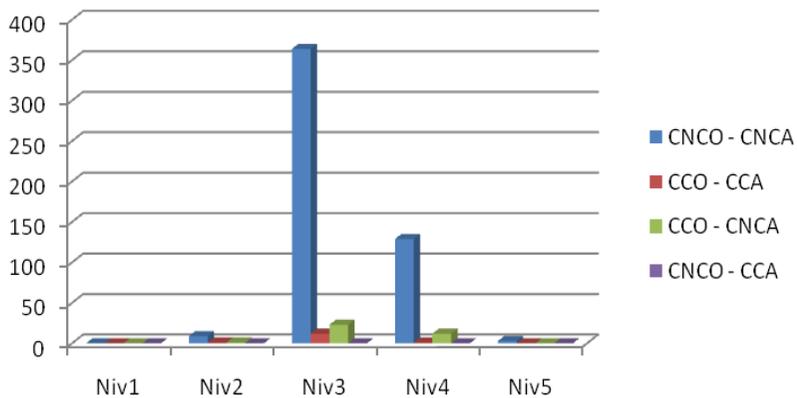
### Commune de Ammal



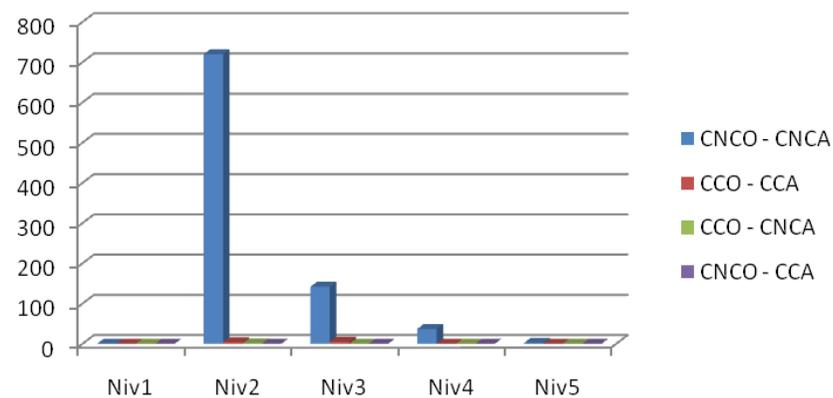
### Commune de Baghlia



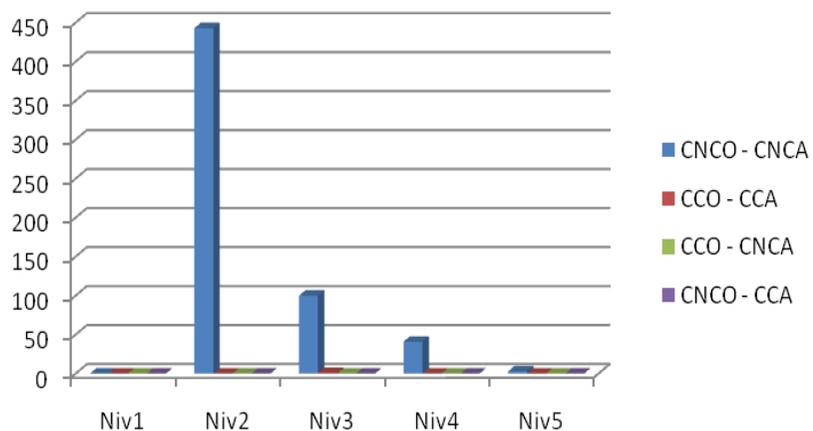
### Commune de Bordj Menail



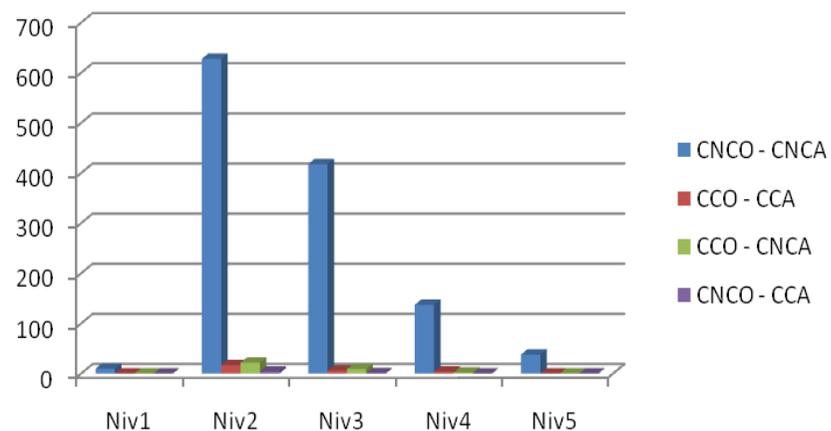
### Commune de Djinet



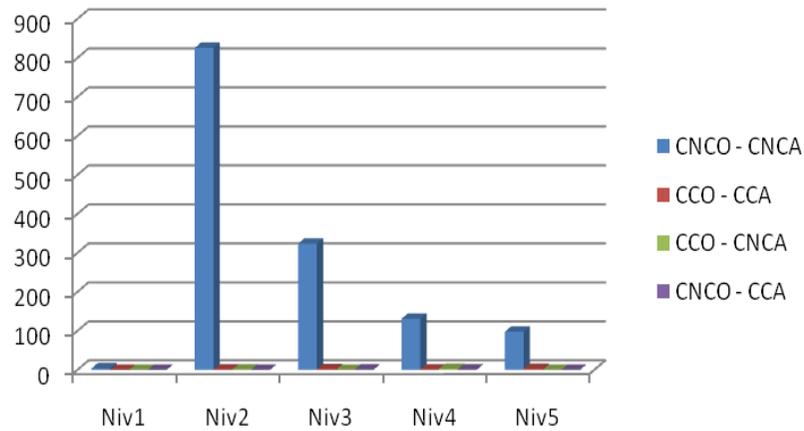
### Commune de Beni Amrane



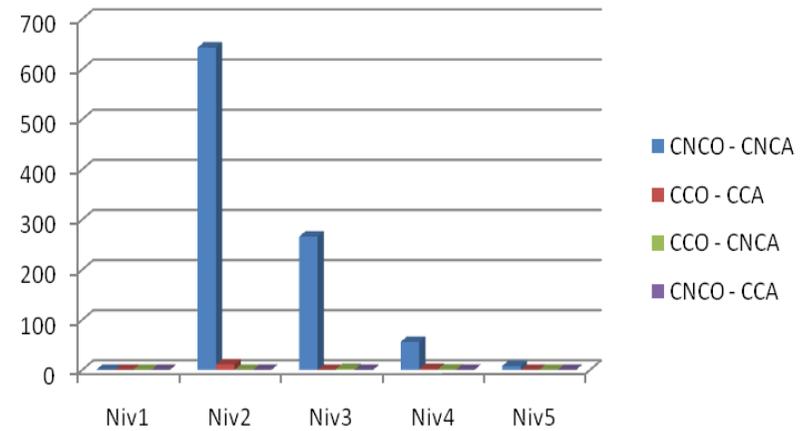
### Commune de Lagata



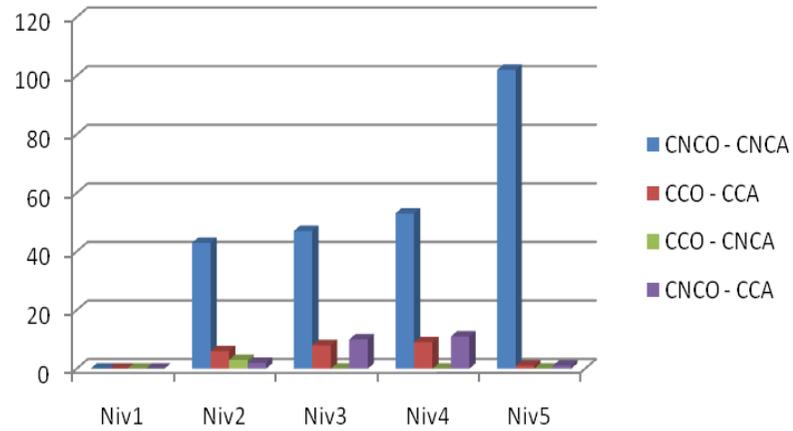
### Commune de Zemmouri



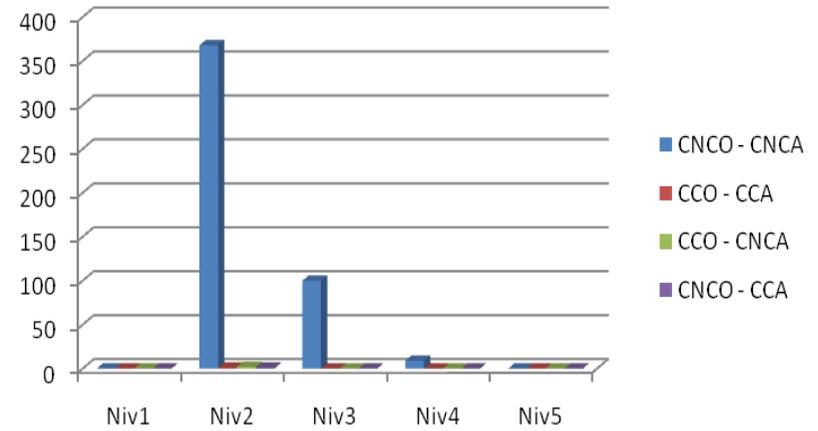
### Commune de Boudouaou



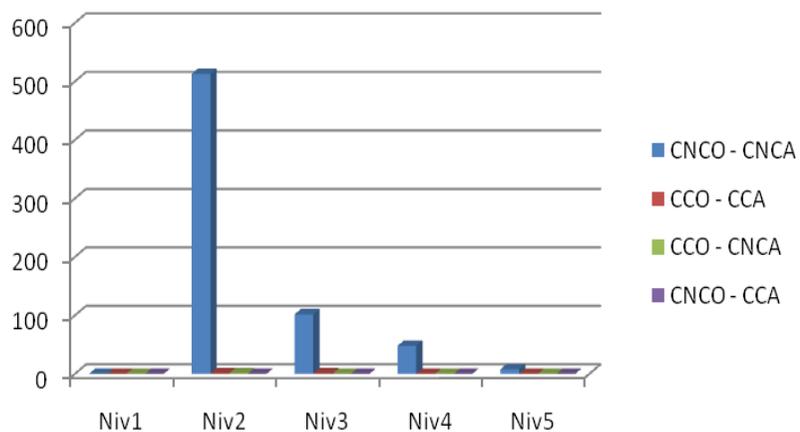
### Commune de El Kharouba



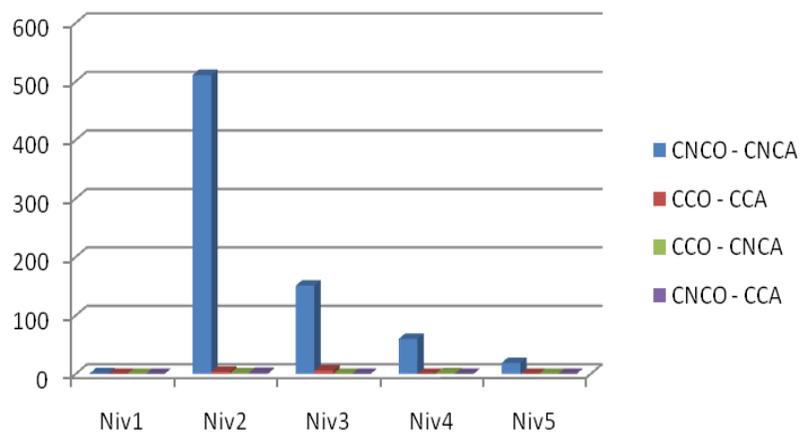
### Commune de Bouzegza



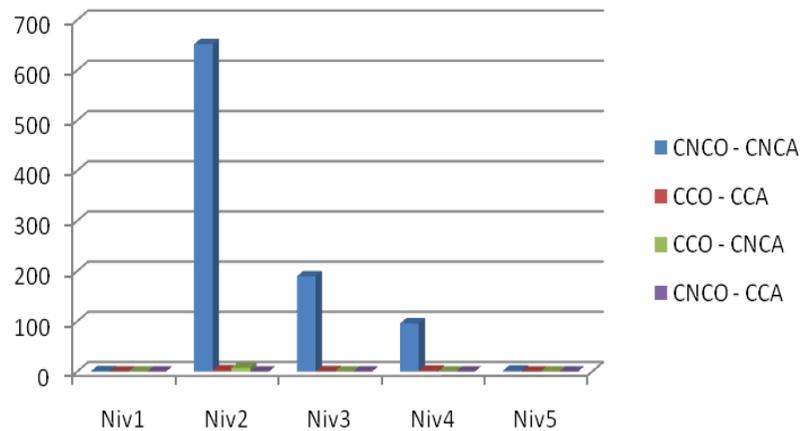
### Commune de Chaabet el Ameur



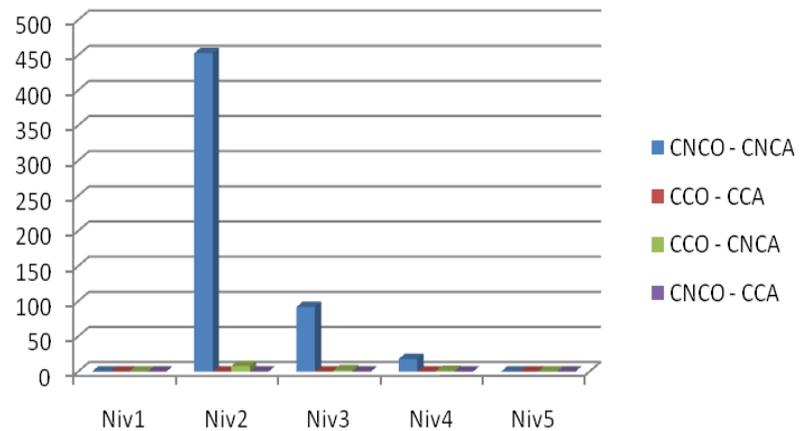
### Commune de Boudouaou El Bahri



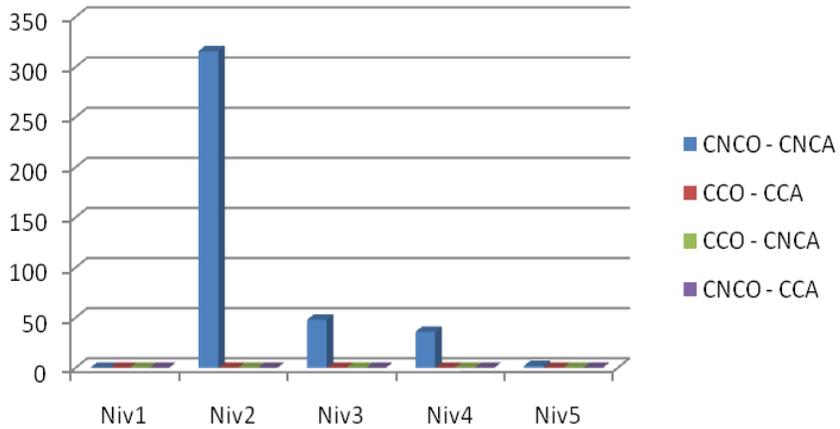
### Commune de Dellys



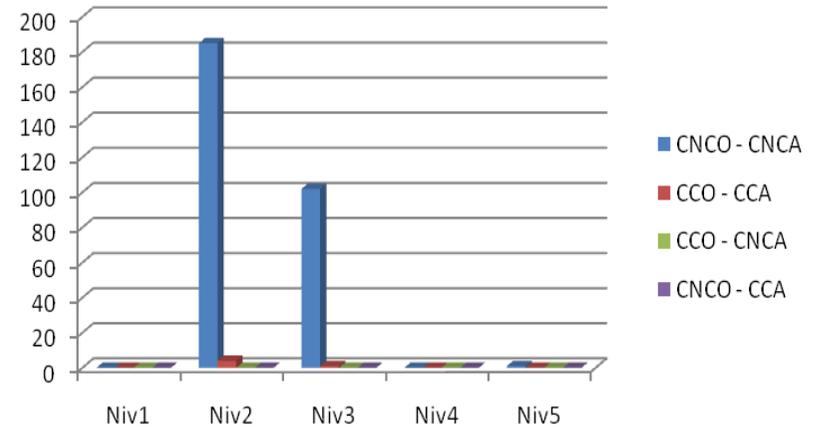
### Commune de Benchoud



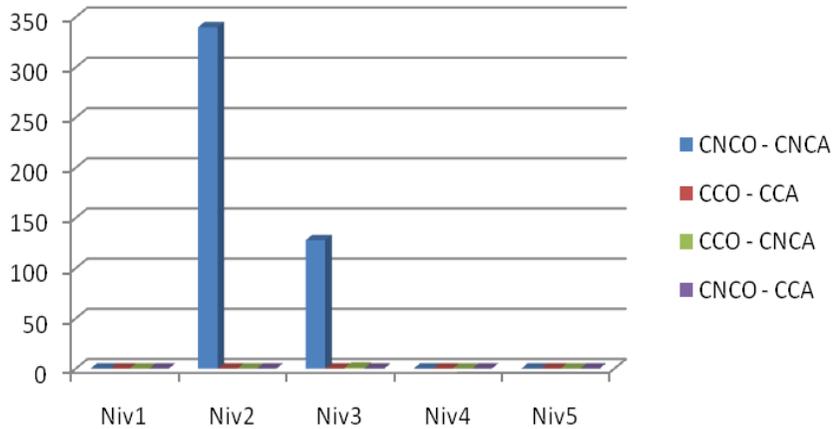
### Commune de Afir



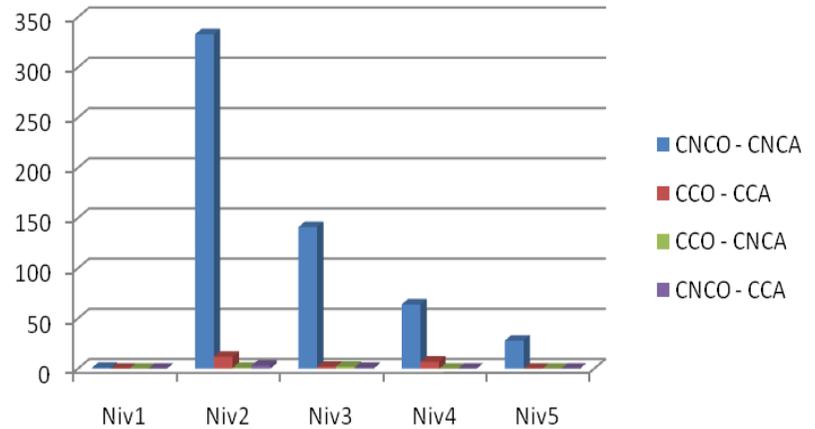
### Commune de Hamadi



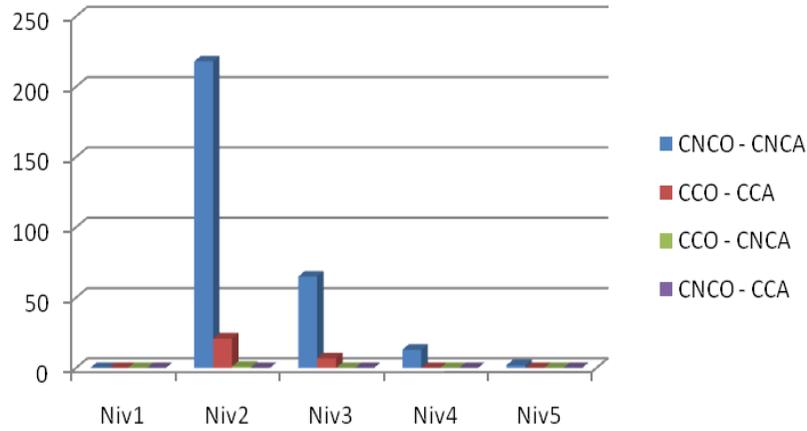
### Commune de Khemis el Khechena



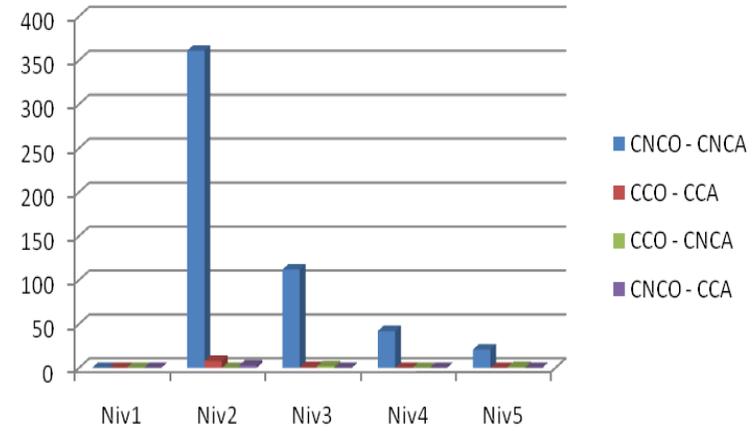
### Commune de Isser



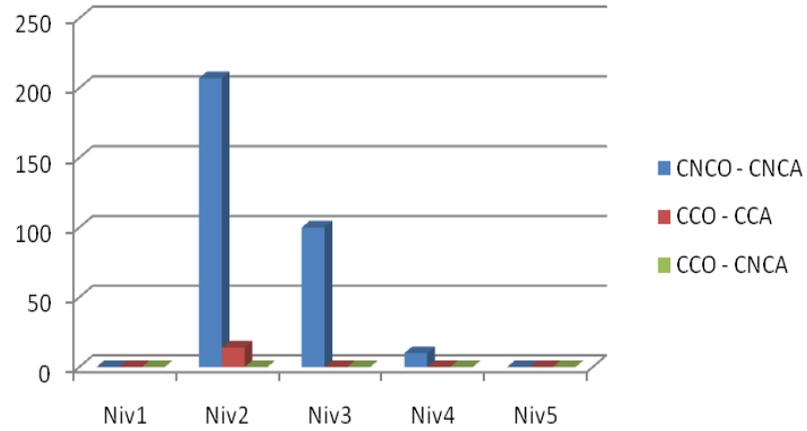
### Commune de Si Mustapha



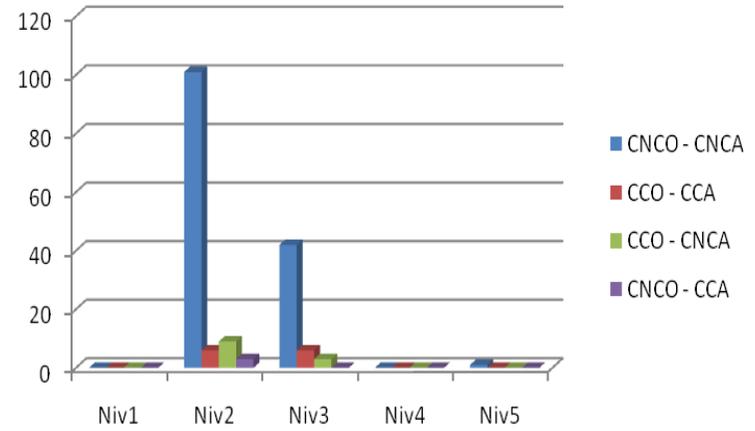
### Commune de Sidi Daoud



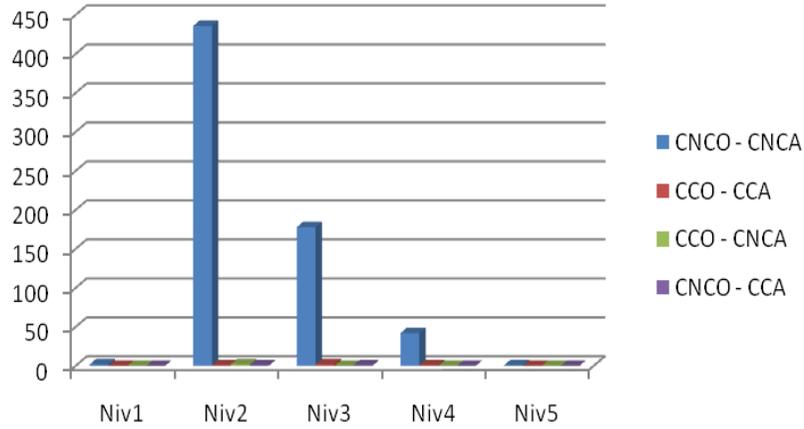
### Commune de Taourga



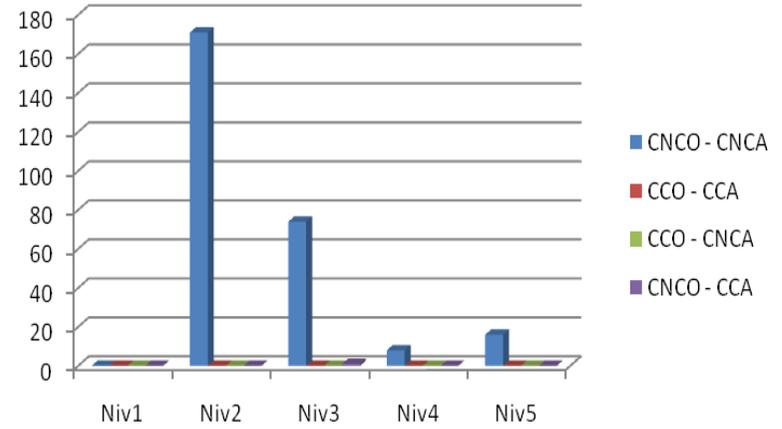
### Commune de Timerzit



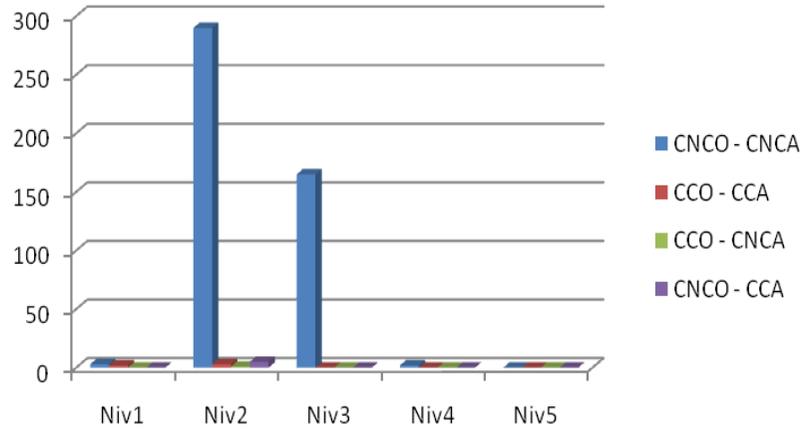
### Commune de Ouled Moussa



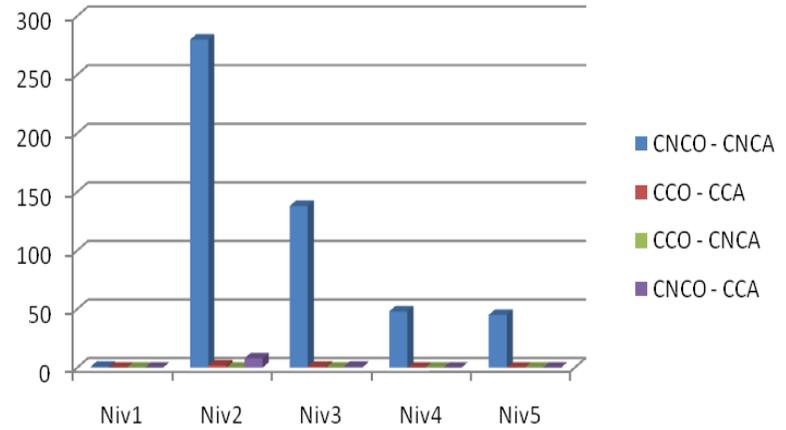
### Commune de Larbaatache



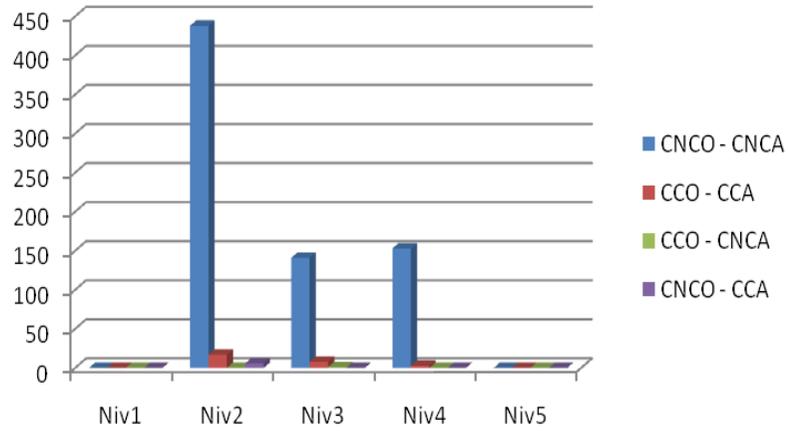
### Commune de Naciria



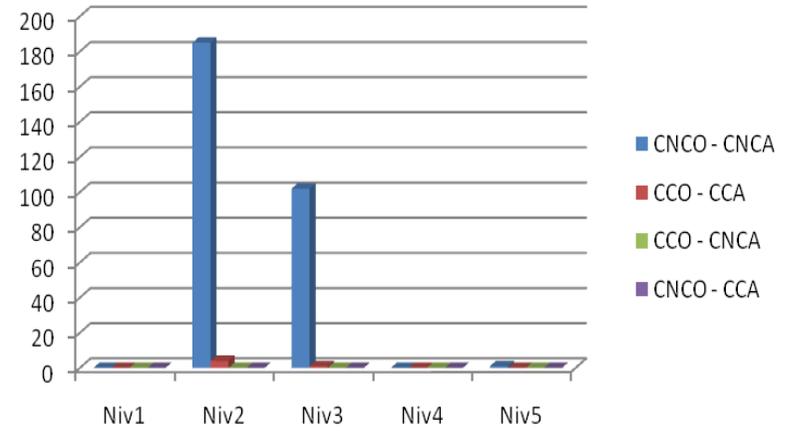
### Commune de Ouled Aissa



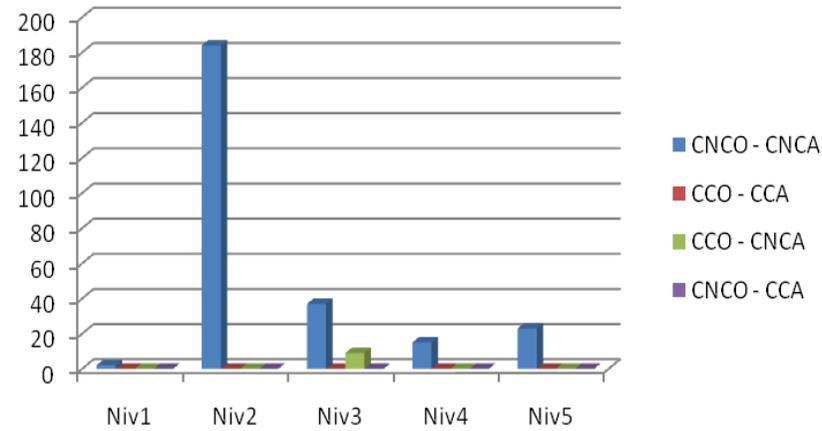
### Commune de Corso



### Commune de Hammadi



### Commune de Souk El Had



# ANNEXE VIII

Tableaux d'analyse des dommages de la wilaya de Boumerdes selon le système constructif mixte portique et les constructions calculées, non calculées, contrôlées et non contrôlées.

Commune de Boumerdes					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	46	25	28	0
CCO - CCA	0	31	4	1	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	3	1	0
Commune de TIDJELABINE					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNC-CNC	0	6	4	2	0
CC-CC	0	4	2	0	0
CC-CNC	0	0	0	0	0
CNC-CC	0	0	0	0	0
Commune de AMMAL					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	4	0	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de CORSO					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	6	2	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de BAGHLIA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	6	13	0	1
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de BORDJ MENAIL					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	22	16	2	0
CCO - CCA	0	0	0	1	0
CCO - CNCA	0	0	1	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de DJINET					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	8	8	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0

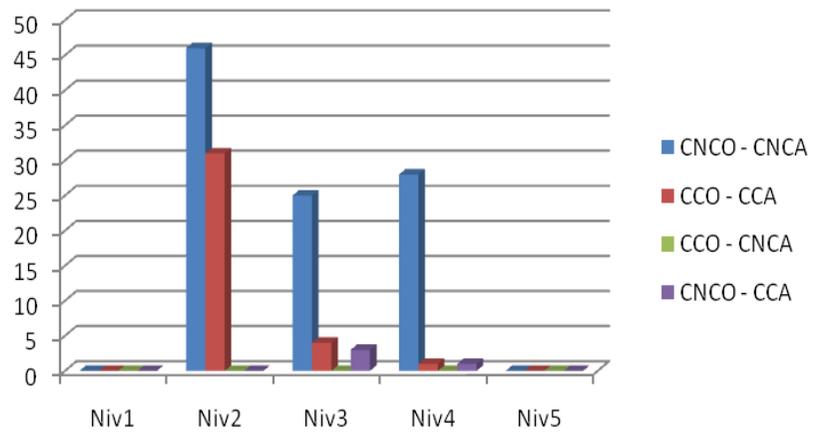
Commune de BENI AMRANE					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	11	2	1	1
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de LAGATA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	22	17	5	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	1	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de ZEMMOURI					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	8	5	3	1
CCO - CCA	0	0	27	7	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de BOUDOUAOU					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	26	4	6	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de EL KHAROUBA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	5	3	1	5
CCO - CCA	0	0	0	1	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de BOUZEGZA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	6	3	2	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de CHAABET EL AMEUR					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	23	0	1	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0

Commune de BOUDOUAOU EL BAHRI					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	1	1	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	1
Commune de DELLYS					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	16	13	15	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de BENCHOUD					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	2	2	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	
Commune de AFIR					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	2	0	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de HAMADI					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	1	2	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de THENIA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	45	5	2	0
CCO - CCA	0	3	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de KHEMIS EL KHECHENA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	0	1	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0

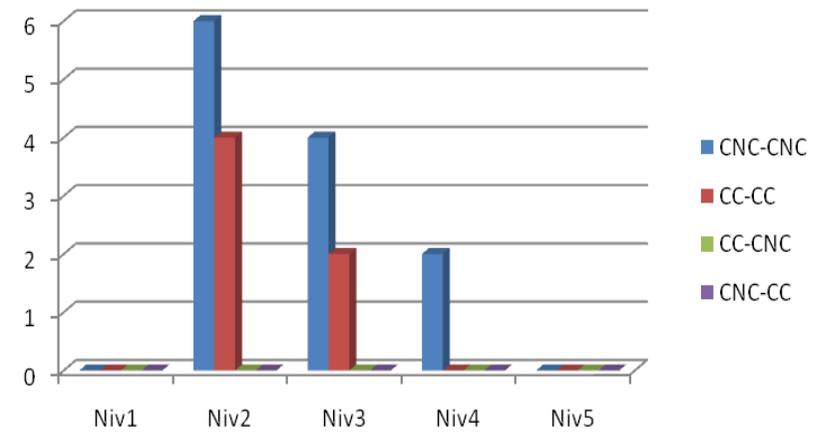
Commune de SOUK EL HAD					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	1	0	0	
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de ISSER					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	10	4	1	1
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de Si Mustapha					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	3	1	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de SIDI DAOUD					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	5	1	1	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de TIMEZRIT					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	2	1	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de TAOURGA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	5	0	0	1
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de OULED MOUSSA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	42	8	5	0
CCO - CCA	0	3	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0

Commune de LARBAATACHE					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	7	2	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune de NACIRIA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	3	16	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	0
Commune d'OULED AISSA					
	Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	Niv5
CNCO - CNCA	0	0	2	0	0
CCO - CCA	0	0	0	0	0
CCO - CNCA	0	0	0	0	0
CNCO - CCA	0	0	0	0	
TOTAL	0	385	199	86	11
Total constructions expertisées	<b>323</b>				

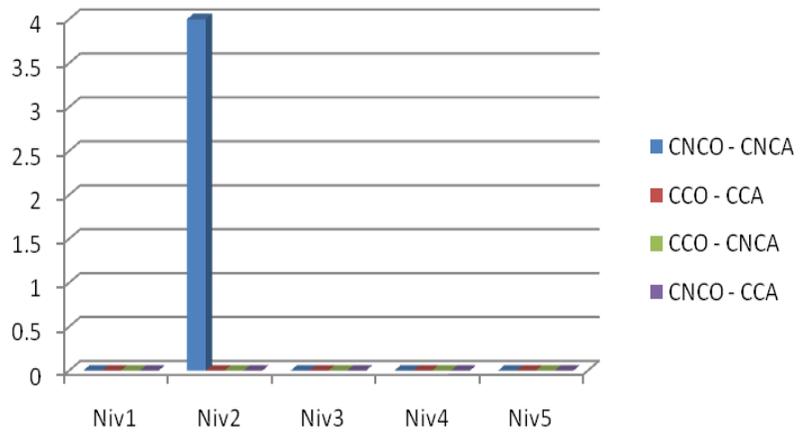
### Commune de Boumerdes



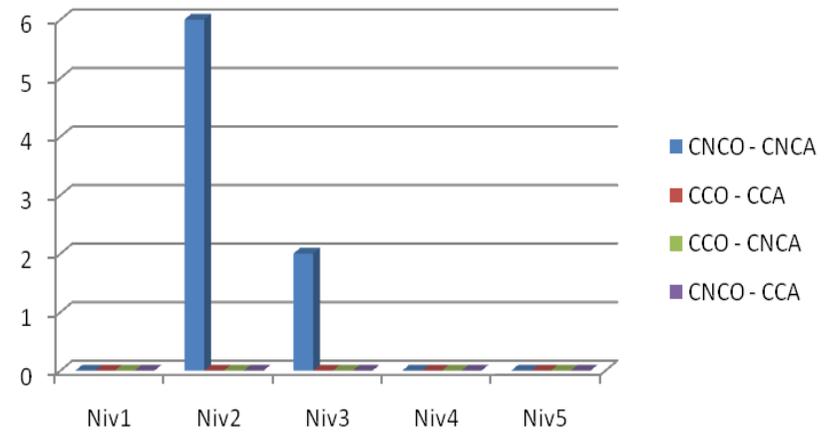
### Commune de Tidjelabine



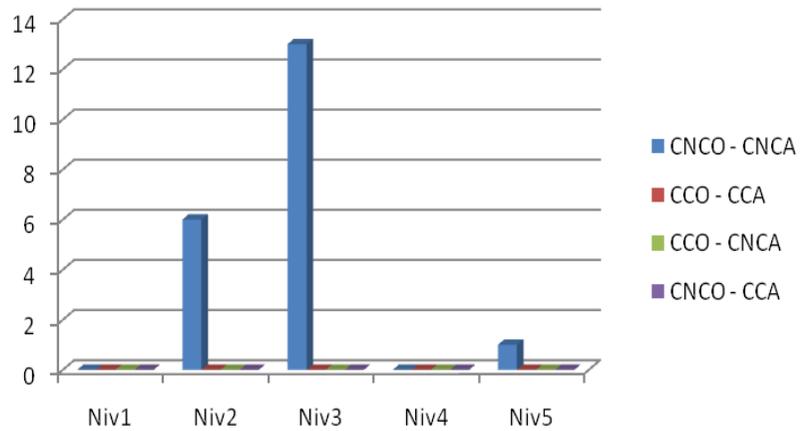
### Commune de Ammal



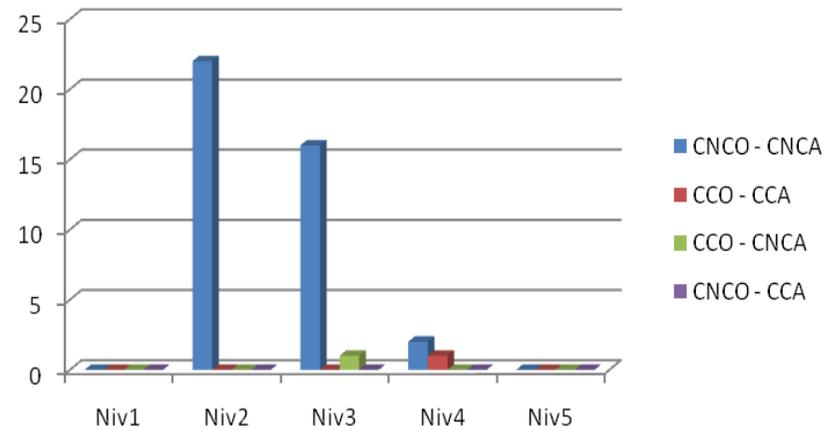
### Commune de Corso



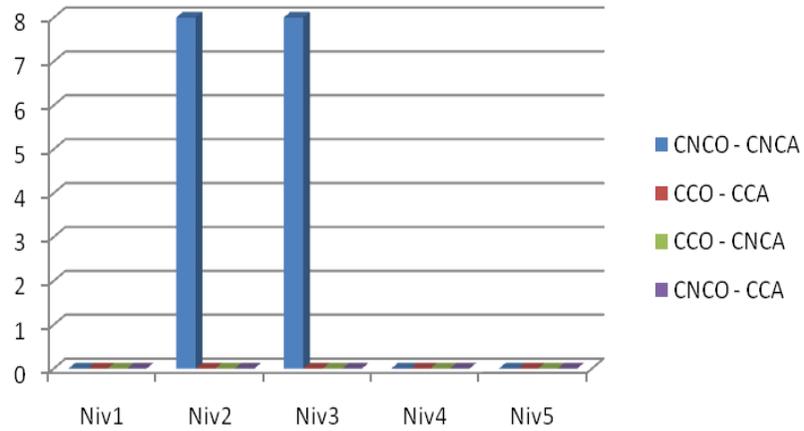
### Commune de Baghlia



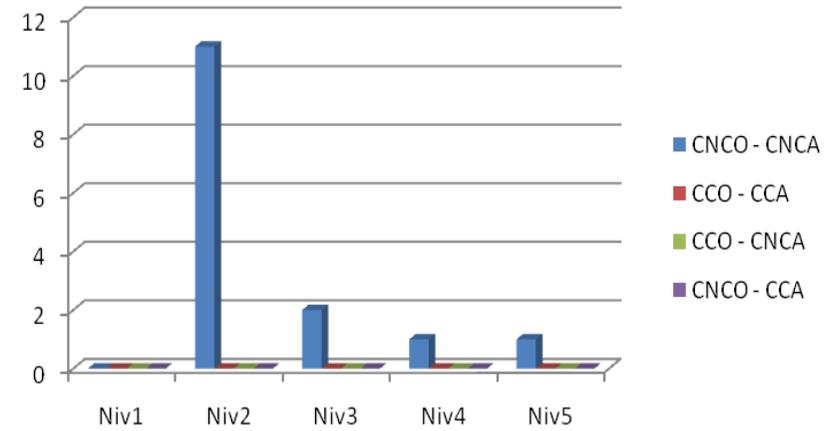
### Commune de Bordj Menail



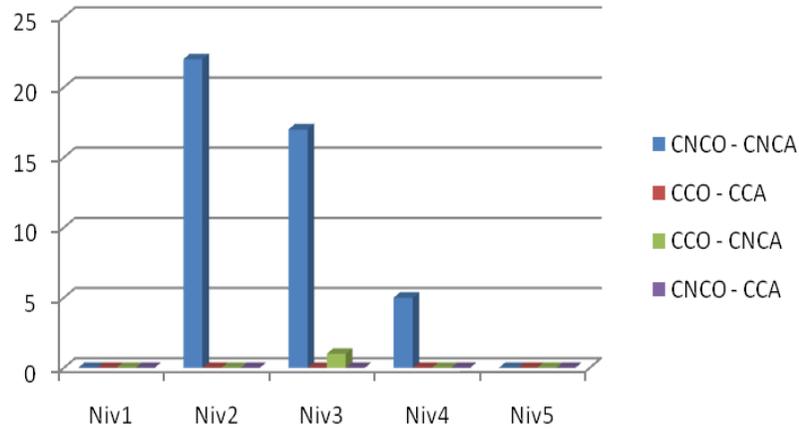
### Commune de Djinet



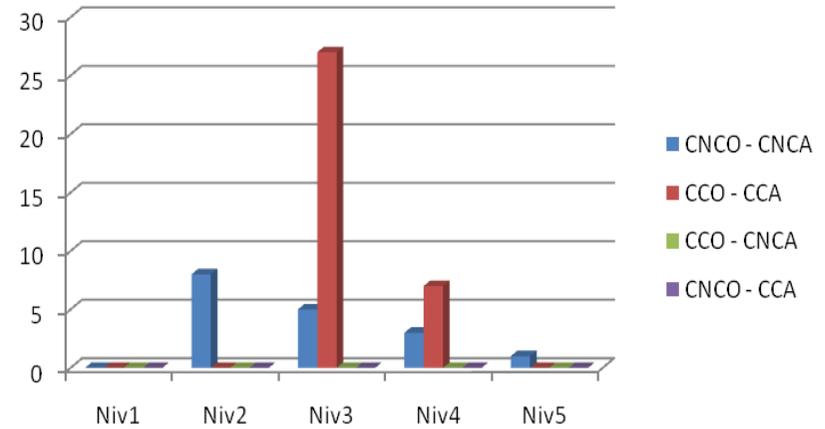
### Commune de Beni Amrane



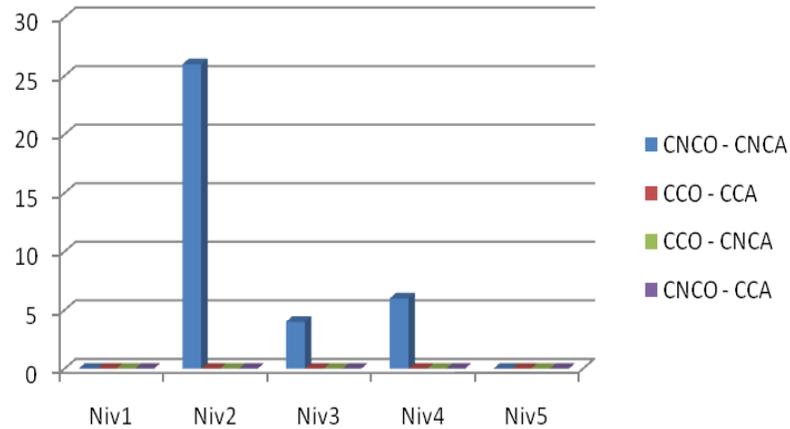
### Commune de Lagata



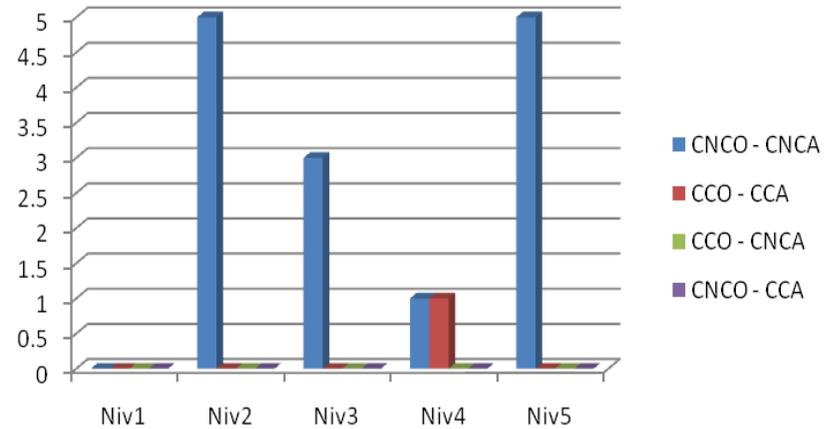
### Commune de Zemmouri



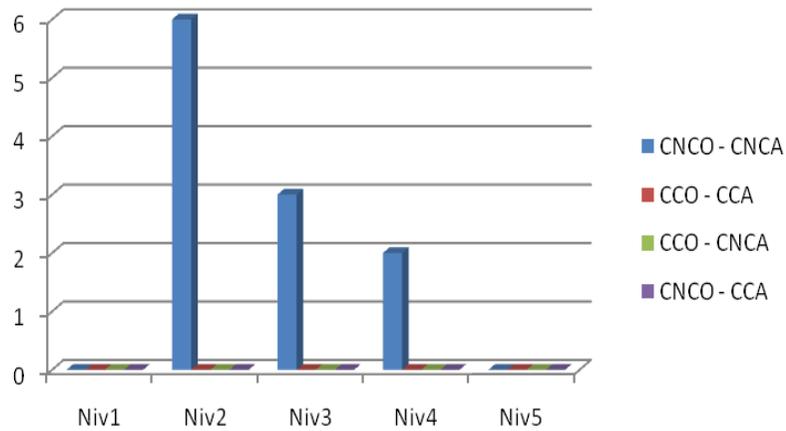
### Commune de Boudouaou



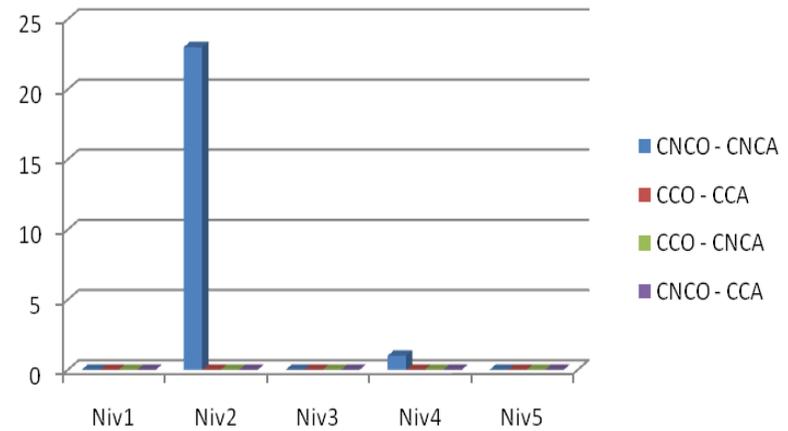
### Commune de El Kharouba



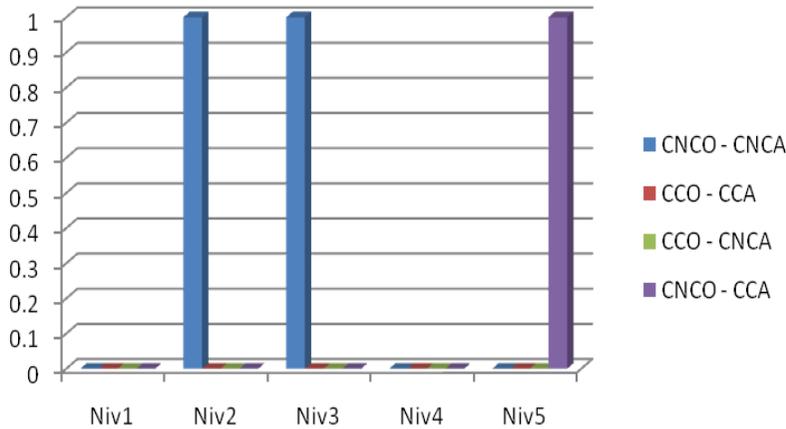
### Commune de Bouzegza



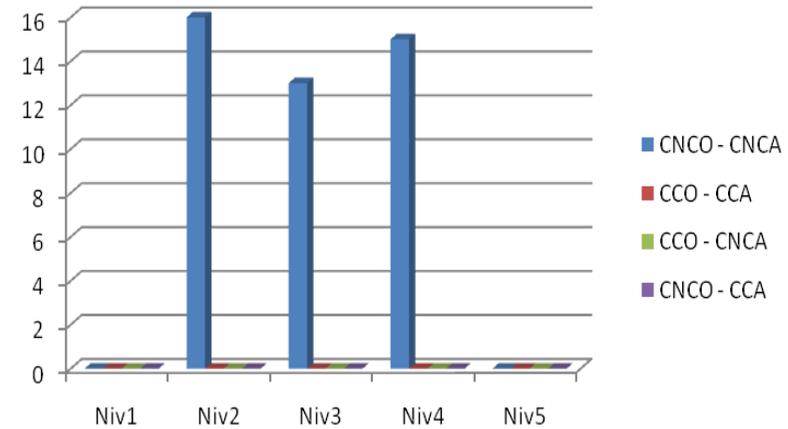
### Commune de Chaabet El Ameur



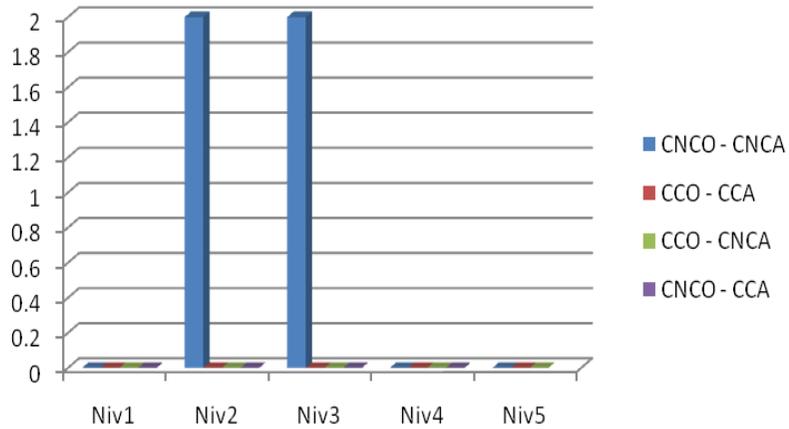
### Commune de Boudouaou el Bahri



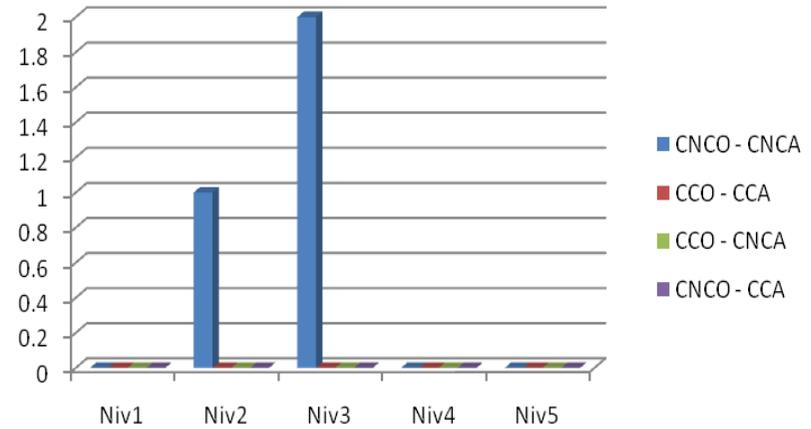
### Commune de Dellys



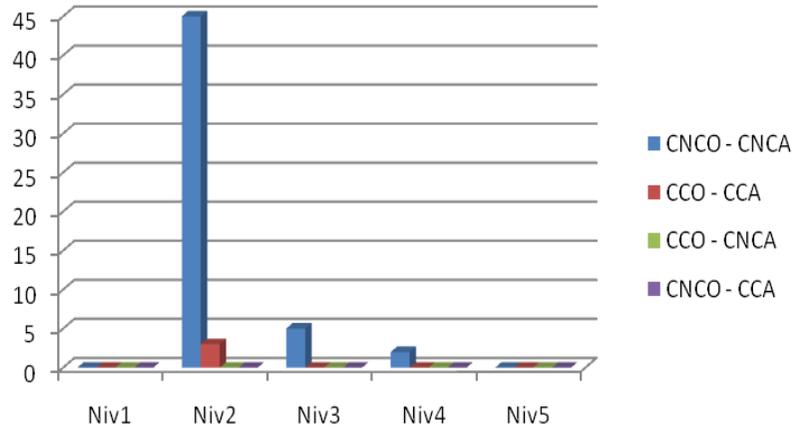
### Commune de BENCHOUDE



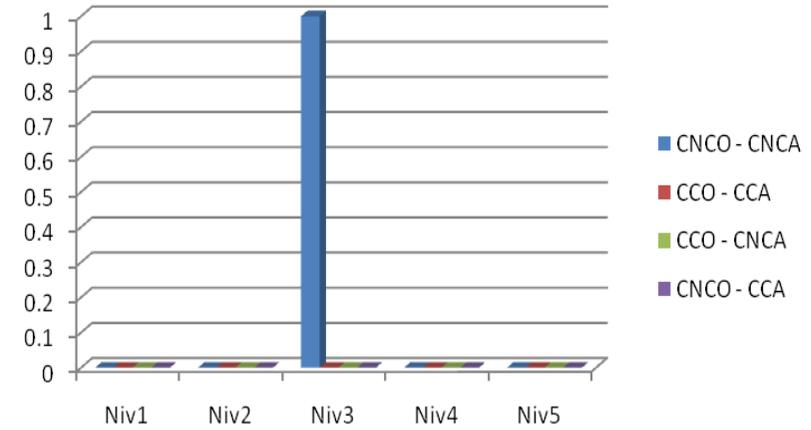
### Commune de HAMMADI



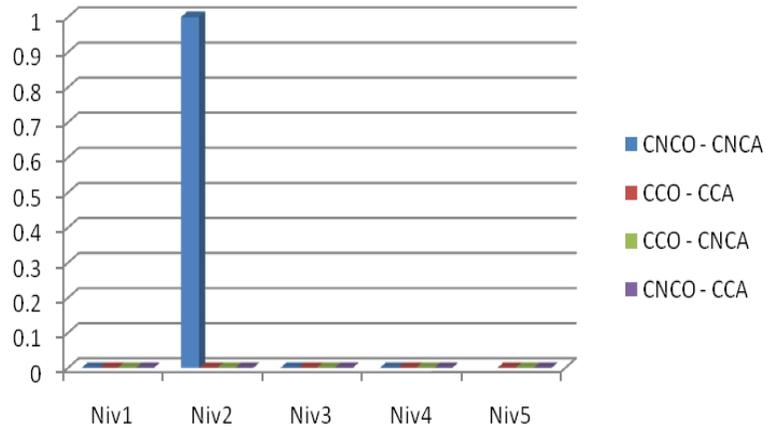
### Commune de THENIA



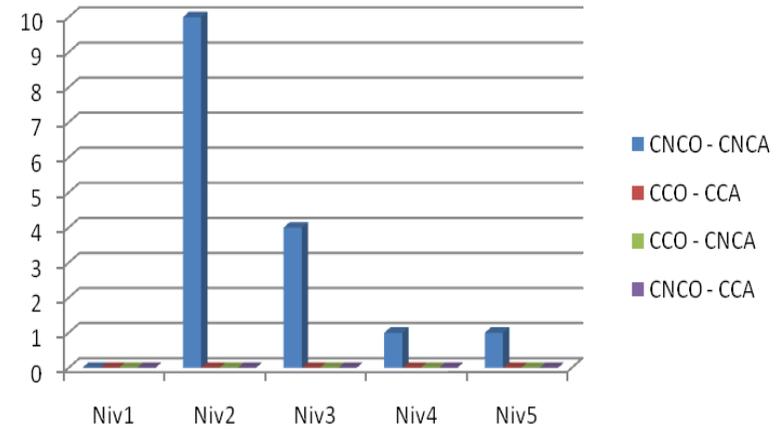
### Commune de KHEMIS EL KHECHENA



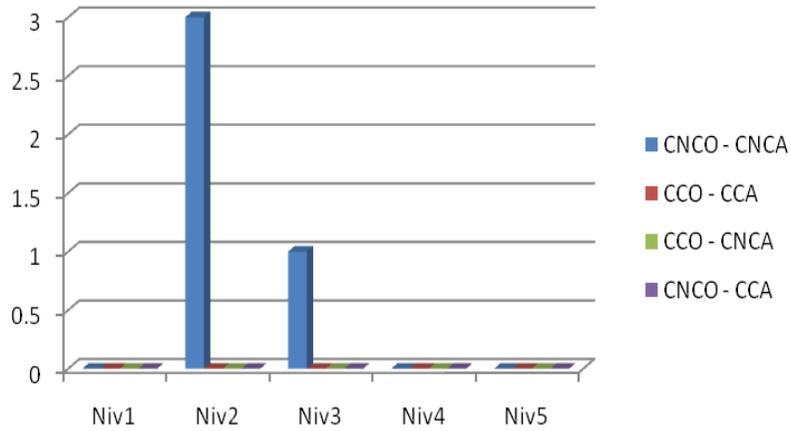
### Commune de Souk El Had



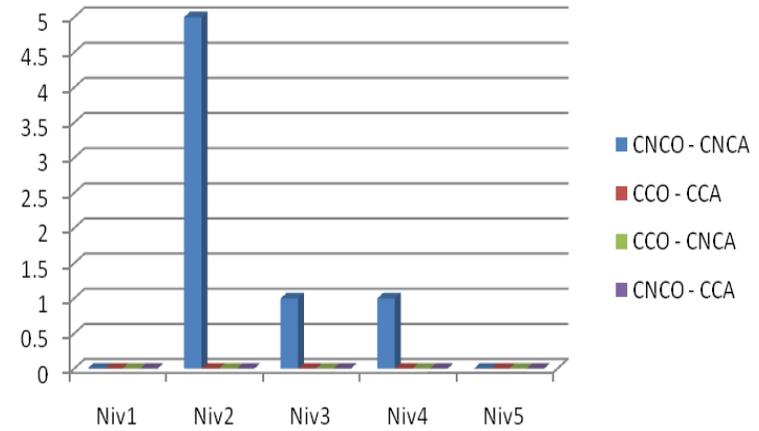
### Commune de Isser



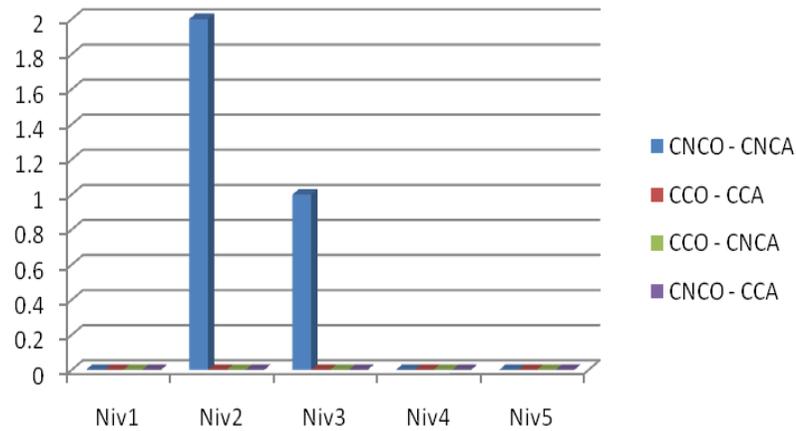
### Commune de Si Mustapha



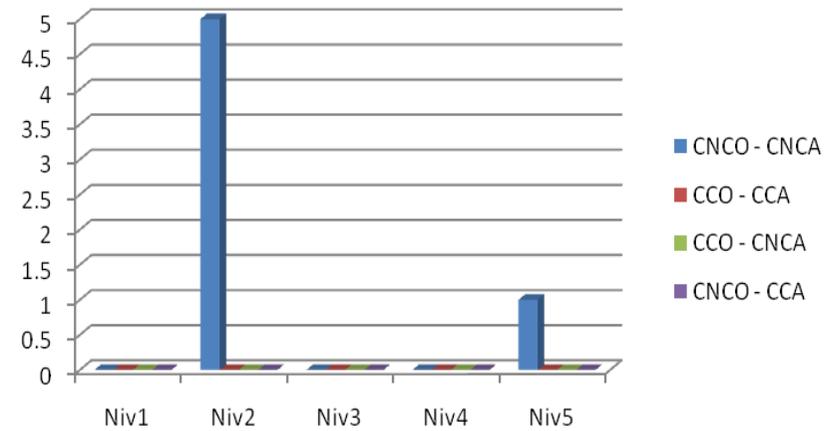
### Commune de Sidi Daoud



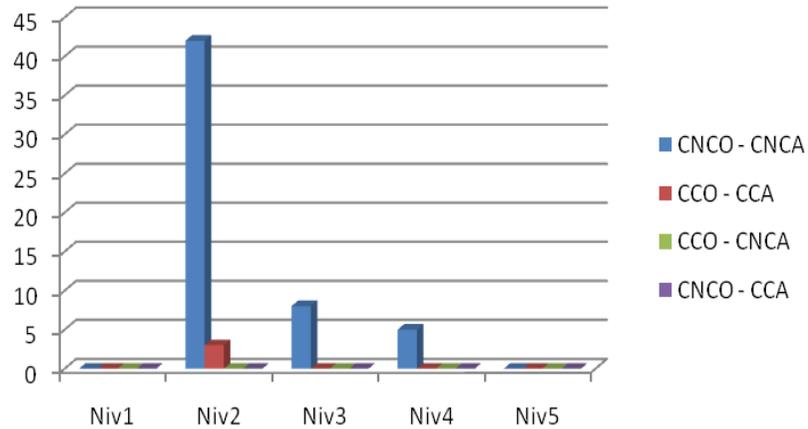
### Commune de Timezrit



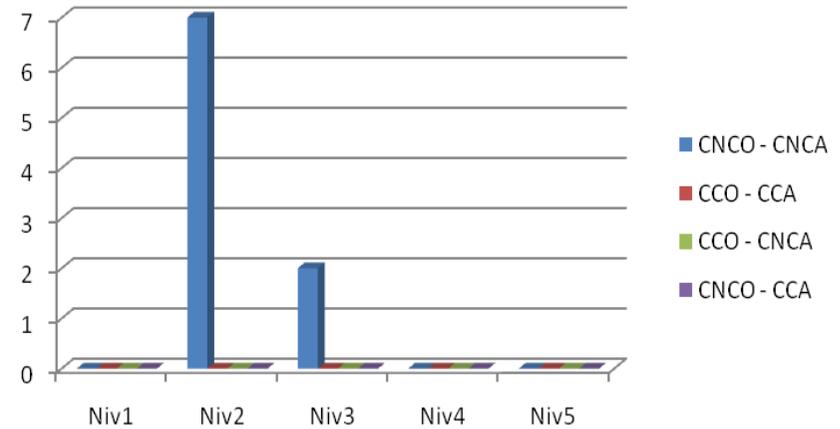
### Commune de Taourga



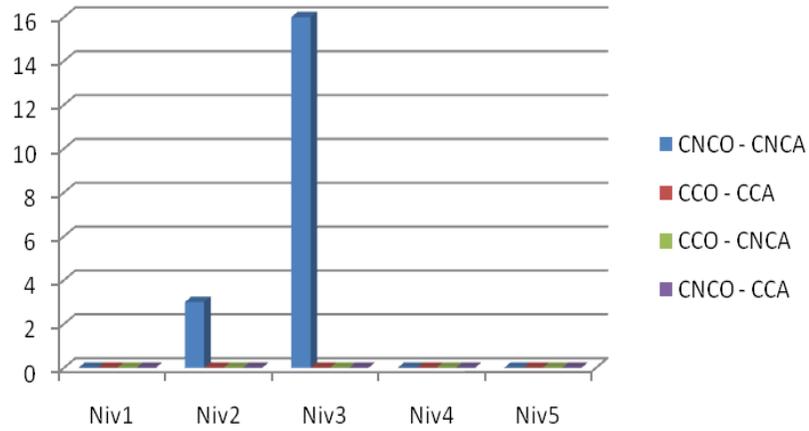
### Commune de Ouled Moussa



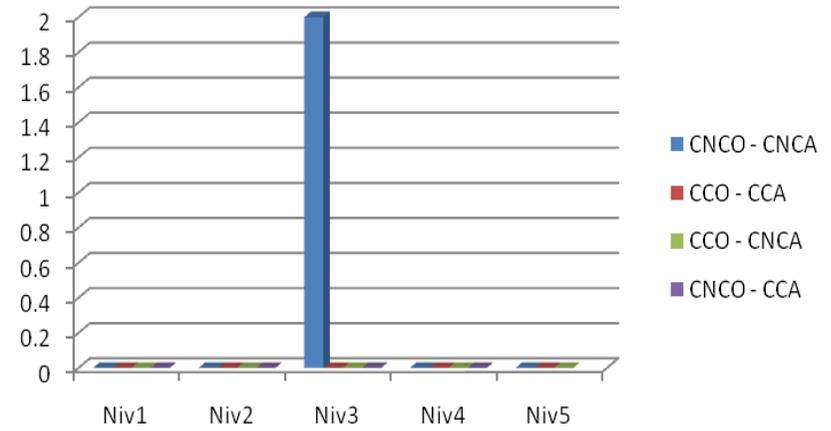
### Commune de Larbaatache



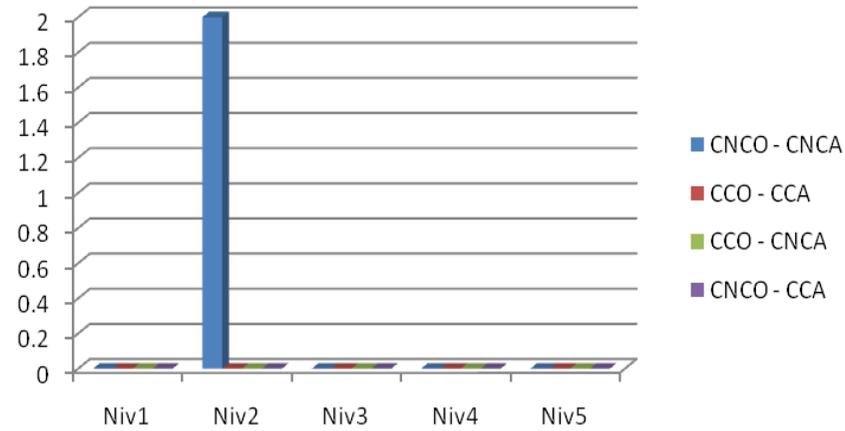
### Commune de Naciria



### Commune de Ouled Aissa



### Commune de Afir



# ANNEXE IX

Fiche d'évaluation des dommages

**FICHE D'ÉVALUATION DES DOMMAGES.  
SEISME DU .....**

Code inspecteur :

Date :

**IDENTIFICATION DE LA CONSTRUCTION**

Secteur :	zone :	construction calculée au séisme : oui – non
Adresse ou élément d'identification :		construction contrôlées : oui – non

**USAGE DE LA CONSTRUCTION (\*)**

Logement	Scolaire	Commercial
Administratif	Hospitalier	Industriel
Socio culturel	Sportif	Réservoir d'eau
Autre (à préciser) : .....		

**DESCRIPTION SOMMAIRE (\*)**

Age approximatif :	Vide sanitaire : oui - non
Nombre de niveau :	Sous sol : oui - non
Nombre de joint de dilatation :	Elément extérieur indépendant
- en élévation :	(escalier, auvent, passage couvert...)
- infrastructure :	.....

**PROBLEME DE SOL AUTOUR DE LA CONSTRUCTION (\*)**

Faïlle : oui – non	- Affaissement – soulèvement : oui - non
Liquéfaction : oui – non	- Glissement : oui - non

**FONDATEMENTS - INFRASTRUCTURE (\*)**

<b>Fondations :</b>	<b>Infrastructure ( dans le cas VS ou S/Sol )</b>
- type de fondation :	- voile béton continu : 1 – 2 – 3 – 4 – 5
- type de dommage :	- poteaux béton avec remplissage : 1 – 2 – 3 – 4 – 5
- tassement uniforme : oui – non	
- glissement : oui – non	
- basculement : oui – non	

**STRUCTURE RESISTANTE : (\*)**

<b>Eléments porteurs : (charges verticales)</b>	<b>Eléments de contreventement</b>
- murs en maçonnerie : 1 – 2 – 3 – 4 – 5	- murs en maçonnerie : 1 – 2 – 3 – 4 – 5
- voiles béton : 1 – 2 – 3 – 4 – 5	- voiles béton : 1 – 2 – 3 – 4 – 5
- poteaux béton : 1 – 2 – 3 – 4 – 5	- portiques béton armé : 1 – 2 – 3 – 4 – 5
- poteaux métalliques : 1 – 2 – 3 – 4 – 5	- portiques métalliques : 1 – 2 – 3 – 4 – 5
- poteaux bois : 1 – 2 – 3 – 4 – 5	- palées triangulées : 1 – 2 – 3 – 4 – 5
- autres : 1 – 2 – 3 – 4 – 5	- autres : 1 – 2 – 3 – 4 – 5
<b>Planchers – Toiture terrasse :</b>	<b>Toiture inclinée</b>
- béton armé : 1 – 2 – 3 – 4 – 5	- charpente métallique : 1 – 2 – 3 – 4 – 5
- solives métalliques : 1 – 2 – 3 – 4 – 5	- charpente bois : 1 – 2 – 3 – 4 – 5
- solives bois : 1 – 2 – 3 – 4 – 5	- couverture tuile : 1 – 2 – 3 – 4 – 5
	- couverture amiante ciment : 1 – 2 – 3 – 4 – 5
	- couverture métallique : 1 – 2 – 3 – 4 – 5

(\*) Entourer la mention utile.

## ELEMENTS SECONDAIRES

### Escaliers

- Béton : 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- métal : 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- bois : 1 - 2 - 3 - 4 - 5

### Remplissages extérieurs

- maçonnerie : 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- béton préfabriqué : 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- bardages : 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- autres : 1 - 2 - 3 - 4 - 5

### Autres éléments intérieurs

- plafonds : 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- cloisons : 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- éléments vitrés : 1 - 2 - 3 - 4 - 5

### Eléments extérieurs

- balcon : 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- garde-corps : 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- auvents : 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- acrotères - corniches : 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- cheminées : 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- autres : 1 - 2 - 3 - 4 - 5

## INFLUENCE DES CONSTRUCTIONS ADJACENTES ( \* )

- La construction menace une autre construction : OUI - NON
- La construction est menacée par une autre construction : OUI - NON
- La construction peut être un soutien pour une autre construction : OUI - NON
- La construction peut être soutenue par une autre construction : OUI - NON

## VICTIMES ( \* )

Oui - non -peut-être - si oui combien ?.....

## COMMENTAIRES SUR LA NATURE ET LA CAUSE PROBABLE DES DOMMAGES

	Sens transversal ( * )	Sens longitudinal ( * )
-symétrie en plan :	bon - moyen - mauvais	- bon - moyen - mauvais
-régularité en élévation :	bon - moyen - mauvais	- bon - moyen - mauvais
-redondances des files :	bon - moyen - mauvais	- bon - moyen - mauvais

## AUTRES COMMENTAIRES :

## EVALUATION FINALE ( \* )

Niveau général des dommages :  
1 - 2 - 3 - 4 - 5

couleur à utiliser :  
VERT - ORANGE - ROUGE

## MESURES IMMEDIATES A PRENDRE :