



Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Civil

Mémoire de Magister

Spécialité: Génie Civil

Option: Gestion des risques majeurs

Titre :

**Contribution à l'évaluation du
risque d'inondation dans la
ville de Lardjem, Tissemsilt.**

Présenté par: **M. SARDOU Miloud**

Membres du jury

| | | |
|----------------------------|---|--------------------------|
| M. BENDANI Karim | Maitre de Conférences A, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem | <i>Président du jury</i> |
| M. MAUCHE Said | Maitre de Recherche, CRAAG, Alger | <i>Promoteur</i> |
| M. MISSOUM Hanifi | Maitre de Conférences A, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem | <i>Co-Promoteur</i> |
| M. AYADI Abdelhakim | Directeur de Recherche, CRAAG, Alger | <i>Examineur</i> |
| M. BOUHADAD Youcef | Directeur de Recherche, CGS, Alger | <i>Examineur</i> |

Soutenu publiquement le 28 juin 2011

« Les inondations sont parmi les catastrophes naturelles les plus dommageables. Bien qu'elles n'aient pas l'ampleur de certaines catastrophes telles que les volcans ou les ouragans tropicaux, elles constituent le risque le mieux distribué sur la planète ». (White W.R., 1999 in Pierrick Blin, 2001).

Remerciements

Je souhaite avant tout adresser mes sincères remerciements à Allah qui a été présent à mes cotés dans tout ce que je faisais.

Ce travail de recherche n'aurait pas aboutit sans les nombreuses personnes qui m'ont entouré. Je tiens à leur exprimer toute ma reconnaissance.

Mes plus sincères remerciements vont à mes encadreurs, Mr. SAID MAOUCHE et Mr. HANIFI MISSOUM qui m'ont soutenu tout au long de cette recherche. Leurs encouragements, remarques et les relectures ont largement participé à l'aboutissement de ce travail.

J'adresse mes vifs remerciements à Mr. KARIM BENDANI, Maître de Conférences à l'Université de Mostaganem qui a accepté de présider ce jury.

J'adresse mes remerciements aux membres du jury; ABDELHAKIM AYADI, Directeur de Recherche CRAAG, Alger et Mr. YUCEF BOUHADAD Directeur de Recherche CGS, Alger, d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

Ma vive gratitude va envers deux personnes qui m'ont aidé et encourager le long de mon parcours universitaire et surtout pendant la post-graduation, il s'agit de mon frère Mr. K. SARDOU et mon cousin Mr. A. SARDOU.

Je voudrai également remercier les enseignants et les responsables de la post-graduation (Gestion des risques majeurs) sans eux ce magister ne serait pas une réussite.

Je tiens aussi à remercier mes collègues de promotion de magister (Gestion des risques majeurs): notamment Mr. D. AÏNI pour les échanges enrichissants, les moments partagés autour du café et le long de la route entre Oran et Mostaganem pendant toute l'année théorique, ainsi que Mr. N. SI MOHAMMED, Mr. H. B. KARAKACHE, M^{elle} Z. MAARAF, M^{elle} B. SI-ALI, pour les nombreuses discussions.

Je remercie Mr. A. REDJIMI expert géomètre foncier de m'avoir accueilli au sein de son bureau et de m'avoir fourni le plan cadastral de la ville de Lardjem. Ainsi que les membres du bureau d'études et en particulier Mr. A. MECHERI Ingénieur géographe, pour son dévouement et son soutien.

Je remercie Mr. MOUNIS BELHADJ de la direction des travaux publics de Tissemsilt. Mr. A. AZZOUZ, M^{elle}. F. MECIF et M^{elle}. F. KERFACI de la Direction de l'Hydraulique de Tissemsilt. Ainsi que, M^{elle}. K. GHONIM, Mr. D. ABDALLAH de l'APC

de Lardjem de m'avoir fourni les données nécessaires sur la ville de Lardjem. Et en particulier Mr. A. BAYA: secrétaire général de l'APC de Lardjem qui m'a accueilli au sein de son bureau et m'a fourni les photos de la crue de Lardjem.

Je remercie l'ensemble des enquêteurs; Mr. T. KAOUAL ainsi que personnel de l'APC de Lardjem, qui ont participé à l'enquête.

Je garde de très bons souvenirs des années passées avec certaines personnes que je tiens vivement à remercier : M. KATI, A. BENSALÉM, M. BOUTIBA, H. LAOUAR, A. GUENNOUNI, A. YEKHTAR, D. DEHAK, D. E. SAHNOUN, M. AICHOUNI, M. BELKHALFA, A. TAHRAOUI, M. HADJ HAMOU, H. AYACHINE, N. BENDJABALLAH, B. BENADJAÏMIA, S. GHARBI et que je ne pourrai citer faute de place; qu'ils trouvent ici l'expression de ma sincère gratitude.

Enfin, je dédie ce travail à mes chers parents, mes frères et mes sœurs pour m'avoir encouragé à finir mes études et à toute ma famille et ceux qui me sont chères.

Résumé

Au regard de l'impact des inondations, cet aléa naturel est considéré comme un risque majeur. En Algérie il touche, d'après les rapports de la protection civile, une commune sur trois en partie ou en totalité. Par conséquent l'amélioration de la résilience des sociétés aux inondations est un réel enjeu pour le développement de celles-ci. Les villes en milieu montagneux telle que Lardjem ont connu des mutations importantes ces dernières années, ce qui a aggravé leur vulnérabilité face aux risques. Ce travail contribue à l'évaluation du risque d'inondation dans la ville de Lardjem à travers deux aspects principaux, le premier naturel porte sur l'identification des facteurs naturels qui font accroître cet aléa dans le bassin versant de Lardjem. Le second aspect, qui est d'ordre social, vise à mettre en évidence les facteurs anthropiques et sociodémographiques qui peuvent fragiliser la population riveraine et augmenter par conséquence la vulnérabilité de la ville face aux inondations. Les paramètres d'aléa évalués montrent le risque potentiel lié aux oueds traversant la ville de Lardjem. Un intérêt particulier est donné à la cartographie des zones favorables à l'inondation. Ces zones associées à l'indice de la vulnérabilité totale nous ont permis d'estimer et de faire un zonage du risque d'inondation dans le site urbain de Lardjem. Les différents résultats de l'étude en termes de cartographie constituent un élément fort pour la gestion du risque d'inondation dans le site de Lardjem, puisqu'il s'agit d'une banque de données géolocalisées rassemblant à la fois des informations sur l'aléa inondation et sur la vulnérabilité des enjeux.

Mots-clés: Lardjem, Inondation, Socio-démographie, Aléa, Vulnérabilité, Risque.

ملخص

بالنظر إلى أثر الفيضانات، تعتبر هذه الظاهرة من بين الأخطار الكبرى. ففي الجزائر تمس هذه الأخيرة حسب تقارير الحماية المدنية، بلدية من بين ثلاثة بشكل كلي أو جزئي. بالتالي تحسين تأقلم و أداء المجتمعات تجاه الفيضانات يعتبر تحد حقيقي لتنميتها. لقد عرفت المدن في الوسط الجبلي على غرار مدينة لرجام تغيرات هامة خلال الأعوام الأخيرة، مما أدى إلى زيادة هشاشتها تجاه الأخطار. هذا العمل يسهم في تقييم خطر الفيضانات بمدينة لرجام من خلال جانبين رئيسيين، الأول طبيعي يهدف إلى إظهار العوامل الطبيعية التي تزيد من حدة هذه الظاهرة بالحوض السفحي لواد لرجام. الجانب الثاني ذو طابع اجتماعي، يرمي إلى توضيح العوامل الإنسانية و السوسيوديموغرافية التي يمكن أن تضعف السكان المحاذين للواد و بالتالي تزيد من هشاشة مدينة لرجام تجاه الفيضانات. معايير الظاهرة المدروسة تبين الخطر الكامن في الأودية التي تقطع مدينة لرجام. لقد أوليت أهمية خاصة لتعيين الأماكن المعرضة للفيضانات. هذه المناطق مضافة إلى معيار الهشاشة العامة سمحوا لنا بتحديد خطر الفيضانات في المنطقة الحضرية للرجام. مختلف نتائج الدراسة الخاصة بجانب الخرائط تشكل عامل مهم في تسيير خطر الفيضانات بمجموعة لرجام، لأنها تمثل قاعدة بيانات موجهة جغرافيا تجمع في آن واحد معلومات حول ظاهرة الفيضانات و حول هشاشة الرهانات.

الكلمات المفتاحية: لرجام، فيضان، سوسيوديموغرافيا، ظاهرة، هشاشة، خطر.

Abstract

Related to the impact of floods, this natural hazard is considered a major risk. In Algeria, according to the civil protection, this hazard touches one town out of three partly or completely. Therefore, improving the resilience of societies to floods is a real challenge for their development. The mountainous environment as Lardjem city have experienced major changes related to development during the last decade, this expansion increased the vulnerability of this area. This work helps to assess the flooding risk in the city of Lardjem through two main aspects. The first aspect related to natural factors focuses on their identification. The second aspect is related to social factors that increase human and socio-demographic vulnerability of the city. The parameters of hazard related to flooding (periodic flows, water velocity, and sediment transport) showed the potential risk in the city of Lardjem in relation with the existence of two important rivers. These zones associated with the index of the total vulnerability allowed us to estimate and make a zoning of the flood risk in Lardjem site. The different results which consist on mapping represent a strong element in the flooding risk management in the site Lardjem, since it consist on database collecting and geo-referenced information both on the flooding hazard and the vulnerability of the site considered.

Keywords: Lardjem, Flooding, Socio-demographic, Hazard, Vulnerability, Risk.

Table des matières

| | |
|--------------------------|------|
| Remerciements | iv |
| Résumé | vii |
| ملخص | viii |
| Abstract | ix |
| Table des matières | 1 |

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GENERALE, GENERALITES ET ZONE D'ETUDE

| | |
|--|-----------|
| 1 Introduction générale | 8 |
| 2 Les inondations: définitions et notions de risque | 12 |
| 2.1 Définition et genèse du phénomène d'inondation..... | 12 |
| 2.1.1 Définition | 12 |
| 2.1.2 Processus de la genèse des crues..... | 12 |
| 2.1.3 Facteurs de la genèse des crues..... | 13 |
| 2.1.3.1 Les facteurs naturels | 13 |
| 2.1.3.2 Les facteurs anthropiques | 13 |
| 2.2 Les principaux types d'inondations..... | 15 |
| 2.2.1 Stagnation d'eaux pluviales (crues de plaines)..... | 15 |
| 2.2.2 Ruissellement en secteur urbain | 15 |
| 2.2.3 Les crues torrentielles ou éclairées..... | 16 |
| 2.2.4 Submersion des zones littorales ou lacustres | 16 |
| 2.3 Les effets des inondations..... | 16 |
| 2.4 La notion de risque | 17 |
| 2.4.1 Le risque d'inondation..... | 18 |
| 2.4.2 L'aléa « inondation »..... | 19 |
| 2.4.3 La vulnérabilité des enjeux | 19 |
| 3 Démarche d'évaluation du risque d'inondation | 20 |
| 3.1 L'évaluation de l'aléa inondation | 20 |
| 3.1.1 Paramètres et critères d'évaluation | 20 |
| 3.1.2 Les méthodes d'évaluation..... | 21 |
| 3.1.2.1 L'approche hydro-géomorphologique | 21 |
| 3.1.2.2 Les études historiques des crues..... | 23 |
| 3.1.2.3 La modélisation hydraulique..... | 24 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 3.1.2.4 | La complémentarité entre les méthodes..... | 25 |
| 3.2 | L'évaluation de la vulnérabilité..... | 26 |
| 3.2.1 | La vulnérabilité physique (bâtiments)..... | 26 |
| 3.2.2 | La vulnérabilité sociale..... | 27 |
| 3.2.2.1 | L'approche quantitative..... | 27 |
| 3.2.2.2 | L'approche qualitative..... | 27 |
| 3.2.3 | La vulnérabilité totale..... | 28 |
| 4 | Zone d'étude..... | 29 |
| 4.1 | Localisation et limite de la zone d'étude..... | 29 |
| 4.1.1 | Limites naturelles..... | 29 |
| 4.1.1.1 | Situation du bassin versant de Lardjem au sein du bassin du Chélif..... | 29 |
| 4.1.1.2 | Localisation de la zone d'étude..... | 29 |
| 4.1.2 | Limites administratives..... | 32 |
| 4.1.2.1 | Limites de l'espace naturel considéré..... | 32 |
| 4.1.2.2 | Localisation de la ville de Lardjem..... | 32 |
| 4.2 | Les inondations historiques à Lardjem..... | 34 |
| <u>CHAPITRE 2 : L'ALEA INONDATION DANS LA VILLE DE LARDJEM</u> | | |
| 1 | Contexte général du bassin versant de Lardjem..... | 41 |
| 1.1 | Le cadre climatique de la région..... | 41 |
| 1.1.1 | Les précipitations..... | 41 |
| 1.1.1.1 | Précipitations moyennes annuelles..... | 41 |
| 1.1.1.2 | Précipitations moyennes mensuelles..... | 42 |
| 1.1.1.3 | Les pluies torrentielles..... | 43 |
| 1.1.1.4 | Répartition spatiale des tranches pluviométriques..... | 44 |
| 1.1.1.5 | Le facteur neige..... | 47 |
| 1.1.2 | Les températures..... | 47 |
| 1.2 | L'occupation des sols du bassin versant..... | 49 |
| 1.2.1 | Domaine forestier..... | 49 |
| 1.2.2 | Domaine agricole..... | 50 |
| 1.2.3 | Occupations diverses..... | 52 |
| 1.2.3.1 | Polyculture et agglomérations urbaines..... | 52 |
| 1.2.3.2 | Affleurement rocheux (AF)..... | 52 |
| 1.3 | Le phénomène d'érosion..... | 54 |
| 1.3.1 | Zone sensible fortement érodée..... | 54 |
| 1.3.2 | Zone moyennement sensible..... | 55 |
| 1.3.3 | Zone sensible faiblement érodée..... | 55 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 1.3.4 | Zone peu érodée..... | 55 |
| 2 | Contexte hydro-géomorphologique du bassin versant de Lardjem..... | 57 |
| 2.1 | La morphologie..... | 57 |
| 2.1.1 | La topographie..... | 57 |
| 2.1.1.1 | Domaine montagneux..... | 57 |
| 2.1.1.2 | Domaine collinaire..... | 58 |
| 2.1.1.3 | Domaine des vallées ou zones dépressionnaires..... | 58 |
| 2.1.2 | Les caractéristiques physiographiques des bassins versants..... | 60 |
| 2.1.2.1 | Indice de compacité de Gravelius (Kc)..... | 60 |
| 2.1.2.2 | Les pentes..... | 61 |
| 2.1.2.3 | Dénivelée spécifique (Ds)..... | 63 |
| 2.2 | La lithologie..... | 64 |
| 2.2.1 | Unités lithologiques..... | 64 |
| 2.2.2 | Résistance des roches à l'érosion..... | 68 |
| 2.2.2.1 | Roches peu résistantes à l'érosion..... | 68 |
| 2.2.2.2 | Roche moyennement résistantes..... | 68 |
| 2.2.2.3 | Roches résistantes..... | 69 |
| 2.3 | L'hydrologie..... | 69 |
| 2.3.1 | Découpage en sous bassins versants..... | 69 |
| 2.3.1.1 | Oued Tamellahet..... | 69 |
| 2.3.1.2 | Oued Mellah..... | 71 |
| 2.3.1.3 | Oued Bouzegza..... | 71 |
| 2.3.2 | Caractéristiques du réseau hydrographique..... | 72 |
| 2.3.2.1 | Pentes moyennes des cours d'eaux..... | 72 |
| 2.3.2.2 | Densité de drainage (Dd)..... | 73 |
| 2.3.2.3 | Coefficient de torrentialité (Ct)..... | 73 |
| 2.3.2.4 | Coefficient d'écoulement..... | 74 |
| 3 | Aléa inondation dans la ville de Lardjem..... | 75 |
| 3.1 | Vitesse de ruissellement..... | 75 |
| 3.2 | Débits périodiques des oueds (période de retour)..... | 76 |
| 3.3 | Volume de matière transporté (transport solide)..... | 77 |
| 3.4 | Les zones favorables à l'inondation..... | 82 |
| <u>CHAPITRE 3 : LA VULNERABILITE DE LA VILLE DE LARDJEM</u> | | |
| 1 | La vulnérabilité physique..... | 88 |
| 1.1 | Contexte général de l'habitat à Lardjem..... | 88 |
| 1.1.1 | Evolution du tissu urbain..... | 88 |

| | | |
|--|---|------------|
| 1.1.1.1 | Périodes de l'extension..... | 88 |
| 1.1.1.2 | Les axes de l'extension..... | 89 |
| 1.1.2 | Contraintes de l'extension de la ville | 89 |
| 1.1.2.1 | Les contraintes naturelles | 89 |
| 1.1.2.2 | Les contraintes techniques et juridiques..... | 90 |
| 1.1.3 | L'habitat à Lardjem | 91 |
| 1.1.3.1 | Nombre des constructions..... | 93 |
| 1.1.3.2 | Types de constructions..... | 94 |
| 1.2 | Carte de vulnérabilité physique | 96 |
| 2 | La vulnérabilité sociale | 99 |
| 2.1 | Approche quantitative | 99 |
| 2.1.1 | Évolution de la population de Lardjem..... | 99 |
| 2.1.2 | Evolution des densités | 100 |
| 2.1.3 | Périodes de concentration de population dans la ville de Lardjem | 101 |
| 2.1.4 | Répartition de la population par groupe d'âge et sexe..... | 102 |
| 2.1.5 | Le niveau d'étude | 103 |
| 2.1.6 | Mouvement migratoire..... | 104 |
| 2.2 | Approche qualitative..... | 107 |
| 2.2.1 | Méthodologie et démarche de l'enquête | 107 |
| 2.2.1.1 | Objectifs, hypothèses et questions de l'enquête | 107 |
| 2.2.1.2 | Le choix de l'échantillon | 108 |
| 2.2.1.3 | Structure du questionnaire | 109 |
| 2.2.1.4 | Traitement de l'enquête..... | 109 |
| 2.2.2 | Résultats et analyses | 111 |
| 2.2.2.1 | Population enquêtée (composition de l'échantillon)..... | 111 |
| 2.2.2.2 | La perception du risque d'inondation par les habitants de la ville de Lardjem | 111 |
| 2.2.2.3 | La connaissance du risque d'inondation par les habitants de la ville de Lardjem | 114 |
| 2.2.2.4 | La représentation cognitive du risque d'inondation par les habitants de la ville de Lardjem | 117 |
| 2.3 | Carte de la vulnérabilité sociale..... | 118 |
| 3 | La vulnérabilité totale | 121 |
| 4 | Le risque d'inondation dans la ville de Lardjem..... | 124 |
| <u>CHAPITRE 4 : CONCLUSION GENERALE</u> | | |
| | Conclusion générale | 129 |
| | Bibliographie | 132 |

ANNEXES

| | |
|--|------------|
| Annexe 1: Sigles utilisés..... | 137 |
| Annexe 2: Glossaire..... | 139 |
| Annexe 3: Questionnaire de l'enquête..... | 141 |
| Annexe 4: Questionnaire de l'enquête version arabe | 144 |
| Annexe 5: Composition de l'échantillon de l'enquête | 147 |
| Annexe 6: Résultats de l'enquête | 150 |

TABLES

| | |
|--------------------------------------|------------|
| Table des figures | 154 |
| Liste des tableaux | 157 |
| Table des photographies | 160 |

Chapitre 1

Introduction générale, Généralités et Zone d'étude

1 Introduction générale

Dans le monde, l'inondation est considérée comme un risque majeur, par sa fréquence, son intensité et les dégâts engendrés. La pluviométrie est considérée comme la cause principale des crues des cours d'eau qui peuvent inonder des zones dans les conditions de zone inondable sont réunies. Cependant, une inondation qui survient dans un territoire inoccupé ne constitue pas un risque; si par contre elle survient en ville, elle constituera un risque majeur, car elle peut occasionner des dégâts considérables.

En milieu montagneux, la brutale mutation socio-économique des villes à partir de ces dernières décennies a bouleversé des siècles d'activités traditionnelles et profondément modifié la perception du milieu naturel et de ses composantes *«la société perçoit son milieu en fonction de l'usage qu'elle en fait; réciproquement, elle l'utilise en fonction de la perception qu'elle en a»* (Berque, 1990 in Montembault. D et Davodeau. H, 2006). La concentration des activités en fond de vallée, des enjeux socioéconomiques devenus considérables, le mode d'occupation des sols et les importantes évolutions démographiques se sont traduits dans bien des cas par un substantiel accroissement de la vulnérabilité vis-à-vis de l'aléa inondation. Un autre facteur peut augmenter cette vulnérabilité, il s'agit notamment de l'oubli et de la négligence des événements historiques souvent non catalogués. Cet effet se fait particulièrement ressentir pour les catastrophes dont les périodes de retour sont supérieures à une vie humaine. Malgré une médiatisation accrue des événements catastrophiques, leur transmission orale n'est plus assurée dans la plus part des cas.

L'Algérie, similairement aux autres pays du monde, n'est pas à l'abri du risque d'inondation. L'inventaire des inondations à travers le pays pour la période allant de 1969 à 2008 révèle que ces événements sont imprévisibles dans le temps et dans l'espace. Le recensement effectué par les services de la protection civile montre qu'une commune sur trois (485 communes) est susceptible d'être inondée en partie ou en totalité.

Les sources historiques indiquent que nos villes ont été confrontées aux inondations qui ont souvent générées des pertes tant qu'en vie humaines qu'économiques importantes. Les inondations exceptionnelles dont l'histoire a gardé

la trace (Archive de la presse algérienne, Dépêche Algérienne) sont celles survenues notamment à Boufarik (1897), à Ain Sefra (1904), à Batna (1906), à Constantine (1906), à Orléanville (1910), Alger (1911), Kabylie (1974) mais aussi les plus récentes dévastatrices telles que celle d'Alger (2001) et de Ghardaïa (2008).

Le cas d'étude choisi dans le cadre de ce travail de magister concerne la ville de Lardjem¹ qui se trouve au nord du chef-lieu de la wilaya de Tissemsilt. Elle est connue par sa position à l'exutoire de trois bassins versants (Tamellahet, Bouzegza, Mellah), son caractère de «zone inondable» est attesté par les inondations qu'elle a subies récemment (1994 et 2000), cette étude se justifie car cette zone a connue un accroissement démographique important au cours des deux dernières décennies.

Cette région a suscité l'intérêt des chercheurs, où les recherches précédentes ont porté sur la découverte du milieu naturel. Cet intérêt s'est exprimé par des études réalisées dans différentes disciplines². Nous insisterons notamment sur les études et les rapports récents ayant servis de socle à notre analyse du risque d'inondation à Lardjem.

Si l'inondation est une réalité dans la ville de Lardjem, en raison d'évènements récents, une contribution à l'évaluation du risque d'inondation à l'échelle de cette ville est nécessaire, en adoptant une approche globale qui prend en compte la notion de l'aléa inondation et celle de la vulnérabilité.

Problématique

La ville de Lardjem est caractérisée par des facteurs géographiques, naturels, socioéconomiques et urbanistiques, qui la rendent vulnérable aux inondations.

Une situation géographique problématique, vu que la ville de Lardjem est implantée dans la dépression de la vallée de l'oued Lardjem, à l'exutoire de trois bassins versants: bassin versant de oued Tamellahet, celui de oued Bouzegza et enfin celui de oued Mellah.

Le bassin versant de l'oued Lardjem est un milieu fragile, très sensible à l'érosion. Les croupes et les versants structuraux offrent des formations superficielles minces et très contraignantes sur le plan morpho-dynamique et de mise en valeur, ceci

¹ La ville de Lardjem se trouve dans une zone montagneuse (les monts de l'Ouarsenis, la chaîne de l'Atlas Tellien).

² Des études sont réalisées sur cette région en géographie physique, géologie, aménagement du territoire, en plus des rapports techniques vu le caractère inondable de la ville de Lardjem.

dénote de l'importance de son impact sur la formation des inondations qui se déclarent en aval de cette région (BNEDER, 1997 *in* Mecif. F, 2008).

Sur le plan urbanistique, la ville de Lardjem a été implantée sur les terrasses alluviales des oueds et continue à se développer le long des oueds grâce à l'indisponibilité des terrains fonciers.

La situation socioéconomique de la ville de Lardjem est très contraignante, elle est caractérisée par un déficit en matière d'alimentation en eau potable (AEP), la vétusté des réseaux d'AEP et d'assainissement ne sont pas adaptés aux particularités de la ville entant que zone inondable³.

Enfin, L'évolution démographique qui ne cesse pas d'accroître à cause du rôle administratif que possède Lardjem entant que chef-lieu de daïra.

Face à ce constat, plusieurs questions se posent :

- Quel est le type d'inondation qui caractérise cette région et qu'elle est la méthode convenable à son évaluation?
- Quels sont les facteurs naturels aggravant l'aléa inondation dans le bassin versant de Lardjem?
- Quel est le degré de vulnérabilité de la ville de Lardjem face à cet aléa?

Ce sont les principales questions sur lesquelles nous tenterons de répondre dans ce travail.

Objectifs et méthodologie

En s'appuyant sur les anciens travaux, notre étude s'inscrit à un stade intermédiaire entre différentes disciplines. L'objectif principal est donc de réunir et de synthétiser un certain nombre de données sur la ville de Lardjem et son environnement, afin d'évaluer le risque d'inondation dans cette dernière. Par la suite, l'un des apports escomptés est de constituer une base de données géolocalisées (sous forme SIG), rassemblant à la fois des informations sur les caractéristiques naturels du bassin versant de Lardjem, sur l'aléa inondation et sur la vulnérabilité.

Afin de répondre à ces objectifs, notre travail s'articule en deux aspects principaux:

- **L'aspect naturel:** porte sur l'identification et la caractérisation des différents facteurs naturels aggravant l'aléa « inondation » dans le bassin versant de l'oued Lardjem.

³ BNEDER : Bureau National d'Etude pour le Développement Rural (Mai, 2001).

- **L'aspect social:** vise à mettre en évidence les facteurs anthropiques et sociaux qui augmentent la vulnérabilité de la ville de Lardjem face aux inondations.

Structure du mémoire

Ce travail est structuré en quatre chapitres, le premier vise à replacer le mémoire dans son contexte thématique et scientifique. Dans ce chapitre nous présentons les différents outils nécessaires à la compréhension de l'aléa inondation. Il est aussi question de l'approche que nous allons choisir pour évaluer l'aléa et la vulnérabilité des enjeux et la zone concernée par cette étude.

Le deuxième chapitre concerne l'aléa inondation dans le bassin versant de l'oued Lardjem pour lequel nous présentons le contexte générale et hydro-géomorphologique, ainsi que, l'identification des facteurs de l'aléa, afin d'établir la carte d'aléa inondation pour la ville de Lardjem.

Le troisième chapitre porte sur la vulnérabilité de la ville de Lardjem face aux inondations, nous essayerons en premier lieu d'évaluer la vulnérabilité physique à travers un constat de l'état du bâti, et en second lieu, nous évaluerons la vulnérabilité sociale (population) en utilisant deux approches, l'une quantitative et l'autre qualitative afin de dresser la carte de vulnérabilité totale. Dans ce chapitre nous présenterons également le risque d'inondation dans la ville de Lardjem sous forme d'une carte des différents niveaux du risque.

Enfin, un dernier chapitre est réservé à la conclusion générale.

2 Les inondations: définitions et notions de risque

2.1 Définition et genèse du phénomène d'inondation

2.1.1 Définition

Une inondation correspond au débordement des eaux hors du lit mineur à la suite d'une crue. C'est une submersion (rapide ou lente) d'une zone pouvant être habitée.

« Au sens large, les inondations comprennent les débordements d'un cours d'eau, les remontées de nappes, les ruissellements résultant de fortes pluies d'orages, les inondations par rupture d'ouvrages de protection, les inondations estuariennes résultant de la conjonction de fortes marées, de situations dépressionnaires et de la crue des fleuves » (MEDD, 2004 in Hostache, 2006).

2.1.2 Processus de la genèse des crues

L'élément majeur à l'origine de l'inondation est la chute de précipitations importantes sur le bassin versant. Au cours de fortes précipitations, une partie de l'eau s'infiltré dans le sol, le reste ruisselle sur les versants et il est ainsi acheminé vers les cours d'eau. Lorsqu'une quantité d'eau très importante parvient au cours d'eau celui-ci déborde de son lit « habituel » (ou lit mineur).

Ce processus n'entraîne pas nécessairement une inondation; celle-ci est fonction de la capacité d'écoulement de l'oued. De plus, l'occupation du lit majeur des cours d'eau n'est pas obligatoirement synonyme de catastrophe. Tout dépend de la "vulnérabilité" de la zone inondée, c'est-à-dire de la quantité de biens susceptibles d'y être touchés et des perturbations occasionnées à la vie économique et sociale (B. FAES, 2001).

Sur le schéma repris en figure 1.1 ci-dessous, les rectangles en bleu représentent les phénomènes "naturels" aléatoires sur lesquels l'homme ne peut agir directement. Les éléments en rouge par contre sont les réceptacles de ces phénomènes aléatoires; ils vont jouer un rôle tantôt aggravant tantôt modérateur.

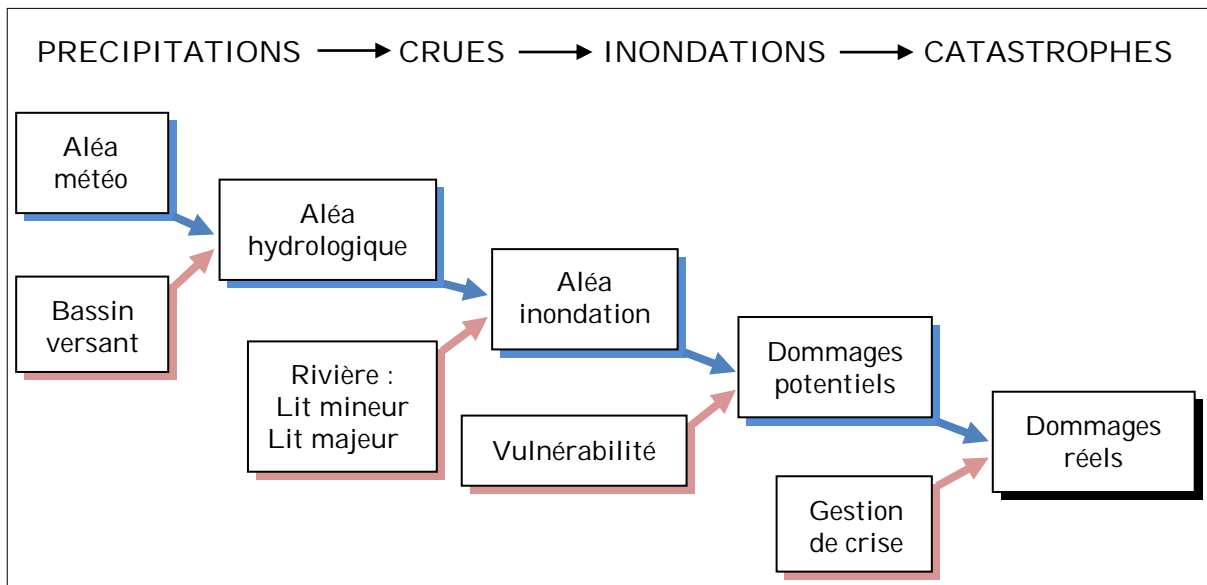


Figure. 1.1- Processus de la genèse des crues. (B. FAES, 2001).

2.1.3 Facteurs de la genèse des crues

2.1.3.1 Les facteurs naturels

De nombreux paramètres naturels influent sur l'apparition d'une crue. Tout d'abord la quantité et surtout la répartition spatiale et temporelle des pluies, par rapport au bassin versant qui sont déterminantes. Il peut s'agir de pluies répétées et prolongées de régime océanique ou d'averses intenses de courtes durées, qui touchent de petits bassins versants.

La nature et l'occupation du sol dictent l'évaporation et la consommation d'eau par les plantes. L'absorption d'eau par le sol, l'infiltration dans le sous-sol ou le ruissellement conditionnent fortement le temps de concentration des eaux. Enfin, la topographie du lit, la pente et la forme du bassin versant jouent également un rôle. Ainsi, pour une même quantité de pluie, une crue apparaîtra ou non.

À ces paramètres s'ajoutent d'autres facteurs naturels aggravants, comme la formation et la rupture d'embâcles ou la fonte des neiges. Les matériaux flottants transportés par le courant peuvent en effet s'accumuler en amont des passages étroits. La rupture éventuelle de ces embâcles provoque une onde puissante et destructrice en aval.

2.1.3.2 Les facteurs anthropiques

Les facteurs anthropiques constituent des facteurs aggravants et ont un rôle fondamental dans la formation et l'augmentation des débits des cours d'eau (Fig. 1.2)

- **L'urbanisation dans les zones inondables**

Elles constituent la première cause d'aggravation du phénomène. En parallèle, l'augmentation du niveau de vie et le développement des réseaux d'infrastructures ont accru dans des proportions notables la valeur globale des biens et la fragilité des activités exposées (vulnérabilité).

- **La diminution des champs d'expansion des crues**

Consécutives à l'urbanisation et parfois aggravées par l'édification de digues ou de remblais, elle a pour conséquence une réduction de l'effet naturel d'écrêtement des crues, bénéfique aux secteurs habités en aval des cours d'eau.

- **L'aménagement parfois hasardeux des cours d'eau**

L'aménagement des oueds (suppression de méandres, endiguement, etc.) localement sans se soucier des conséquences en amont ou en aval, peu avoir des conséquences préjudiciables comme l'accélération de crues en aval et l'altération du milieu naturel.

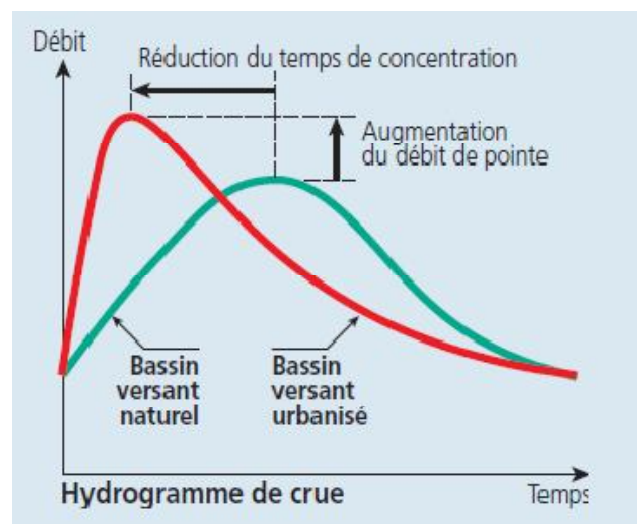
- **La défaillance des dispositifs de protection**

La mauvaise utilisation et le manque d'entretien des dispositifs de protection (digues, déversoirs) peuvent parfois exposer davantage la plaine alluviale comme si elle n'était pas protégée.

- **L'utilisation ou l'occupation des sols sur les pentes des bassins versants**

La modification de l'occupation du sol (déboisement, suppression des haies, pratiques agricoles, imperméabilisation) empêche le laminage des crues et la pénétration des eaux et favorise une augmentation du ruissellement, un écoulement plus rapide et une concentration des eaux.

Figure. 1.2- Illustration de l'augmentation du débit de pointe de crue due à l'urbanisation des bassins versants. (MEDD, 2004).



2.2 Les principaux types d'inondations

Les inondations peuvent être la conséquence de crues ou simplement de fortes pluies. Elles ne sont pas toujours liées à la proximité d'un cours d'eau. Différents types d'inondations sont susceptibles d'affecter une région, avec par ordre croissant de gravité:

2.2.1 Stagnation d'eaux pluviales (crues de plaines)

C'est le cas des inondations de grands bassins versants; elles résultent le plus souvent des précipitations importantes généralisées sur de grandes étendues et caractérisées par leur montée relativement lente qui peut atteindre plusieurs heures, voire plusieurs jours.

Ces crues sont massives, lentes et à évolution facilement prévisible sauf lorsqu'elles sont brutalement aggravées par des affluents avals plus courts et plus rapides, ou lors d'une débâcle, c'est à dire lors de la rupture d'un obstacle d'un cours d'eau, après que l'écoulement des flots ait été bloqué par des embâcles (amoncellement de débris) sous les ponts.

Elle peut se produire indirectement par remontée de l'eau dans les réseaux d'assainissement ou les réseaux d'eaux pluviales et par la remontée de nappes phréatiques (syphonage).

En Algérie, ce type d'inondation survient généralement en saison hivernale.

2.2.2 Ruissellement en secteur urbain

En secteur urbain, des orages très intenses peuvent occasionner un très fort ruissellement qui va saturer les capacités du réseau d'évacuation des eaux pluviales et conduire à des inondations.

Ce phénomène s'observe dans le cas particulier de versants à forte pente et/ou très imperméabilisés, les cours d'eau très artificialisés, réseau d'assainissement sous dimensionné et/ou topographie plane ou en cuvette.

Ce fut le cas des inondations de Bâb El Oued du 10 novembre 2001, des pluies exceptionnelles et intenses, sur une étendue de 40 km², de l'ordre de 214 mm pendant 24h, ont causé 750 morts et 120 personnes disparues et plus de 10000 familles sinistrées⁴.

⁴ Selon un rapport non daté, publié par la Direction Générale de la Protection Civile, sur les inondations en Algérie.

2.2.3 Les crues torrentielles ou éclaires

Lorsque des précipitations d'origine orageuse, localisées et intenses, se produisent, le débit du cours d'eau augmente d'une façon importante. En raison de la forte pente, l'eau se charge en matériaux solides que le cours d'eau transporte vers l'exutoire du bassin versant. Ces crues dites torrentielles sont rapides et violentes, elles se rencontrent dans les zones montagneuses.

Selon la direction générale de la protection civile; l'inondation de la ville de Oued R'hiou du 20 octobre 1993 est l'exemple parfait de ce type d'inondation où 20 minutes de pluies ont fait: 23 morts, 20 blessés et plusieurs disparus.

2.2.4 Submersion des zones littorales ou lacustres

Ces submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques de fortes dépressions et vents violents (conditions de grande tempête avec des vagues de hautes énergies). Elles se traduisent par l'immersion des zones côtières fortement inondables.

2.3 Les effets des inondations

La vulnérabilité de la population est provoquée en particulier par sa localisation en zone inondable. Sa mise en danger survient surtout lorsque les délais d'alerte et d'évacuation sont trop courts ou inexistants, lors des crues rapides ou torrentielles :

Le danger se traduit par le risque d'être noyé ou emporté (Photos: 1.1, 1.2), ainsi que par l'isolement sur des îlots coupés de tout accès.

L'interruption des communications peut gêner, voire empêcher l'intervention des secours *suite au dépôt de matières solides*. Par fois les dommages indirects (perte d'activité, chômage technique, etc.) sont plus importants que les dommages directs occasionnés aux biens mobiliers et immobiliers.

- **Les effets sur l'environnement**

Les dégâts au milieu naturel sont dus à l'érosion, aux déplacements du lit ordinaire, aux dépôts de matériaux, etc. Les phénomènes d'érosion, de charriage, de suspension de matériaux et d'alluvionnement participent à l'évolution du milieu naturel dans ces aspects positifs et négatifs.

Pour les zones industrielles situées en zone inondable, un risque de pollution et d'accident technologique est à prendre en compte.

Photo. 1.1- *Personnes et biens noyés lors l'inondation de Bâb El Oued 2001. (Photo DGPC)*



Photo. 1.2- *Un bus emporté. Inondation de Bâb El Oued, 10/11/2001. (Photo DGPC).*



2.4 La notion de risque

Le risque est une conception récente en évolution permanente, par conséquence sa définition peut variée en fonction des régions, des pays, ainsi que de la culture et du degré de développement des sociétés.

En 1997, le rapport "Bourrelie" réalisé pour le compte de la commission interministérielle de l'évaluation des politiques publiques donnait au risque la définition suivante : *"C'est un événement dommageable, doté d'une certaine probabilité, conséquence d'un aléa survenant dans un milieu vulnérable. Le risque résulte, donc, de la conjonction de l'aléa et d'un enjeu, la vulnérabilité étant la mesure des dommages de toutes sortes rapportés à l'intensité de l'aléa"*. (Rapport "Bourrelie", 1997 in Thénard. L, 2009).

Selon Torterotot 1993; *la notion du risque intègre l'aléa et la vulnérabilité, c'est à dire qu'il dépend d'un phénomène naturel obéissant à une loi de probabilité, et des*

enjeux exposés en lien avec les ressources disponibles pour y faire face. (Torterotot, 1993 in Hostache. R, 2006) équ. 1.1:

$$\text{Formule du risque}^5 : \quad \text{Risque} = \frac{[\text{Aléa} \times \text{Vulnérabilité}]}{[\text{Préparation à l'intervention}]} \quad (1.1)$$

Schématiquement, le risque peut être considéré comme l'espace de croisement d'un aléa et d'une vulnérabilité (Fig. 1.3).

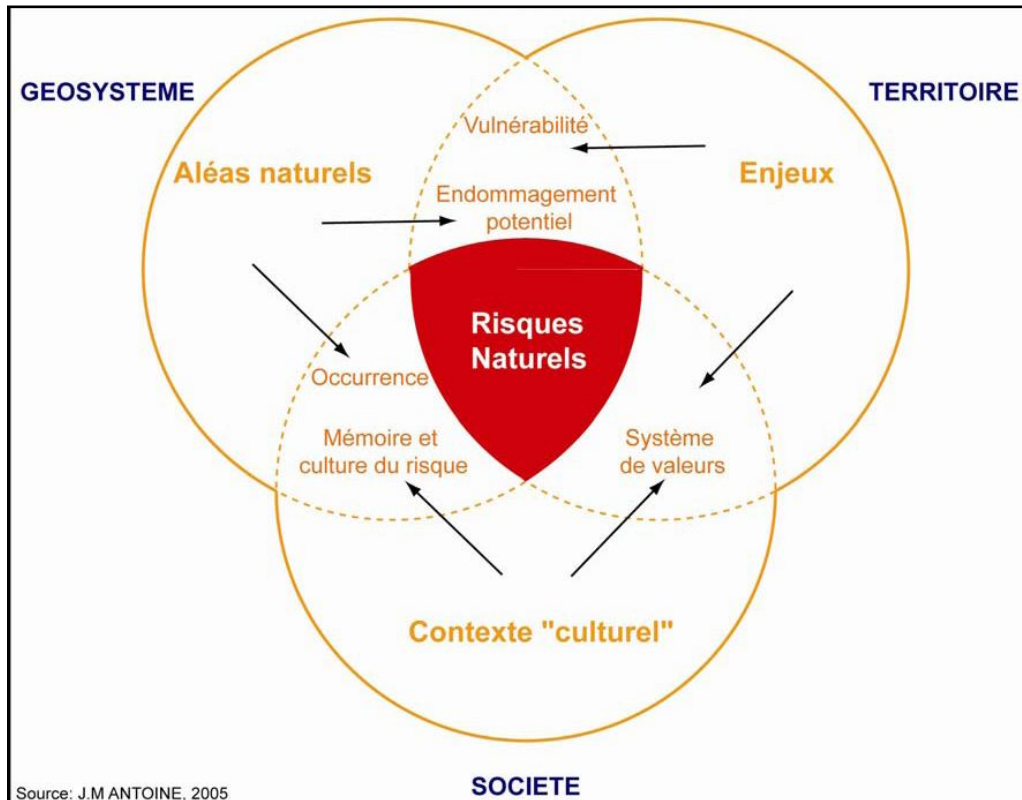


Figure. 1.3- Schéma conceptuel de la notion de risques naturels. (J.M Antoine, 2005 in L. Thénard, 2009).

2.4.1 Le risque d'inondation

Le risque d'inondation est la conséquence de deux composantes: l'eau qui peut sortir de son lit habituel d'écoulement et l'homme qui s'installe dans l'espace alluvial pour y implanter toutes sortes de constructions, d'équipements et d'activités. (MEDD, 2004).

⁵ A. Ayadi, D. Aini, (2009), *Risques naturels et technologiques, importance d'une démarche unifiée*, Publication dans Préventique sécurité-N°103, pp 43-45.

2.4.2 L'aléa « inondation »

L'aléa représente le phénomène naturel qui se traduit par le débordement du cours d'eau et l'extension de l'eau dans le champ d'inondation (Pottier, 1998 in P. Maurel et al, 2001).

La notion d'aléa est donc la conjugaison de deux facteurs:

- *L'intensité du phénomène*: elle est estimée la plupart du temps à partir de l'analyse de données historiques et de données de terrain,
- *La fréquence du phénomène ou sa probabilité d'occurrence* qui exprime la probabilité d'observer tel événement d'une intensité donnée au moins une fois au cours d'une période fixée. Cette notion ne peut être cernée qu'à partir de l'analyse statistique de données historiques sur une période suffisamment longue (F. GAZELLE, 2002).

2.4.3 La vulnérabilité des enjeux

La vulnérabilité est *la propension d'une société donnée à subir des dommages en cas de manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique* (R. D'Ercole, 1994).

Elle exprime donc l'importance des dommages potentiellement subits par des enjeux soumis à un aléa d'intensité donné. La notion d'enjeu intègre les personnes, les biens et les activités susceptibles d'être affectés par l'occurrence d'un aléa donné. Plusieurs types de vulnérabilité ont été recensés et classés:

La vulnérabilité physique ou technique: relative au taux d'endommagement potentiel des éléments exposés et au concept de seuil de rupture (Glade, 2003; Veyret, 2006 in Beck. E, 2006),

La vulnérabilité fonctionnelle: c'est la propension d'un élément exposé à subir des pertes de fonctionnalité (Minciardi et al, 2005 in Beck. E, 2006),

La vulnérabilité systémique: c'est une vulnérabilité qui se caractérise par une réaction en chaîne, à partir d'un ou plusieurs éléments exposés, provoquant un effet domino (Minciardi et al, 2005 in Beck. E, 2006),

La vulnérabilité biophysique: c'est la vulnérabilité territoriale, touchant à la fois, les éléments physiques et les espèces humaines et animales (Bonnet, 2002 in Beck. E, 2006),

La vulnérabilité sociale: relative aux facteurs de vulnérabilité de la population et la possibilité de subir des pertes (Cutter et al, 2000 in Beck. E, 2006).

3 Démarche d'évaluation du risque d'inondation

Comme le risque d'inondation est composé de l'aléa et la vulnérabilité des enjeux, son évaluation nécessite une caractérisation de ces deux composantes.

3.1 L'évaluation de l'aléa inondation

3.1.1 Paramètres et critères d'évaluation

L'évaluation de l'aléa « inondation » prend en compte cinq (05) paramètres principaux qui expliquent sa capacité plus ou moins destructrice:

- **La période de retour** : on associe souvent à la notion de « crue » une période de retour⁶. Une attention particulière doit être accordée au temps de retour d'une crue d'un point de vue statistique. Pour faire, il faut disposer d'un catalogue complet des crues et inondations qui ont eues lieu dans la zone considérée. En effet, une période de retour d'une crue de 100 ans ne signifie pas que celle-ci se produit tous les 100 ans, mais une probabilité de 1% de se produire une année donnée⁷.

On distingue par ordre croissant:

- Les crues fréquentes, dont la période de retour est de un à deux ans,
 - Les crues moyennes, dont la période de retour est de dix à vingt ans,
 - Les crues exceptionnelles, dont la période de retour est de l'ordre de cent ans,
 - La crue maximale vraisemblable, qui occupe l'intégralité du lit majeur.
- **La hauteur de submersion**: il s'agit de la hauteur d'eau que peut atteindre la crue de référence sur le site. Elle peut avoir un impact important sur le bâti, notamment lorsqu'elle dépasse la côte de référence. La structure porteuse de l'habitation peut être endommagée et les sols et murs gorgés d'eau. On

⁶ L'aléa inondation peut se caractériser par sa fréquence ou, l'inverse, sa période de retour. La fréquence se définit comme la probabilité qu'un événement apparait chaque année ou comme le nombre moyen d'événements similaires se produisant pendant une période donnée à un endroit donné. La période de retour est l'intervalle moyen de temps séparant des événements similaires (crues d'intensité comparable en débit, hauteur ou couple débit-hauteur) lorsque l'on observe les événements à l'échelle de plusieurs siècles (SPPPI, 2004).

⁷ Les événements les plus souvent représentés sur la carte d'aléa sont la crue décennale (Q10) et la crue centennale (Q100).

considère d'une manière générale que les hauteurs d'eau supérieures à 50 cm sont dangereuses. À titre d'exemple, une voiture commence à flotter à partir de 30 cm d'eau.

- **La durée de submersion:** elle est difficile à estimer sauf si le site a déjà été inondé. Elle dépend avant tout de la nature de la crue mais également de la configuration du site. Lorsque la durée de submersion est importante (supérieure à 24h voire 48h), des problèmes sanitaires peuvent survenir, l'eau étant souvent contaminée par celle usée provenant des égouts et parfois d'autres produits chimiques aussi dangereux.
- **La vitesse du courant:** elle est conditionnée par la pente du lit principal et sa rugosité. Elle peut atteindre plusieurs mètres par seconde. La dangerosité de l'écoulement dépend du couple hauteur/vitesse. Elle est déterminante pour la vulnérabilité, à titre d'exemple, à partir de 0,50 m/s, la vitesse du courant devient dangereuse.
- **Le volume de la matière transportée:** ce volume est communément appelé *transport solide*. Il s'agit de matériaux (argiles, limons, sables, graviers, galets, blocs, débris, etc.) se trouvant dans les cours d'eau, et dont le transport peut s'effectuer soit par suspension dans l'eau, soit par déplacement sur le fond du lit, du fait des forces liées au courant.

3.1.2 Les méthodes d'évaluation

Il existe trois méthodes disponibles pour étudier les inondations. Chacune représente une manière différente d'aborder l'aléa inondation et possède de ce fait ses propres atouts et limites. Ces trois méthodes sont complémentaires et doivent s'articuler les unes avec les autres pour fournir une meilleure connaissance des inondations.

3.1.2.1 L'approche hydro-géomorphologique

L'analyse hydro-géomorphologique permet de situer les vallées sèches, fossés et talwegs, les anciens cônes de déjection, les anciens méandres, et d'indiquer les directions préférentielles des écoulements. Elle permet de délimiter les zones inondables avec lit mineur, lit moyen et lit majeur (Fig. 1.4). Cette approche permet de connaître à priori l'extension maximale des inondations, mais cette donnée est à vérifier, surtout si des activités anthropiques ont pu changer les directions des

écoulements. Elle est particulièrement bien adaptée au contexte méditerranéen et montagneux où les dynamiques violentes façonnent des formes bien nettes.

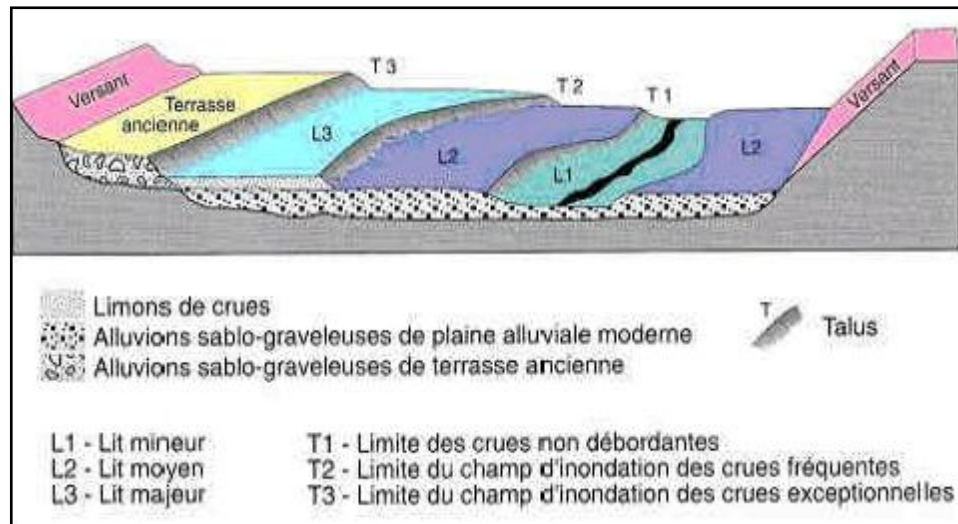


Figure. 1.4- Relations topographiques entre les différents lits de l'oued. (Prim.net in Commune de Valréas-Service Hygiène & Sécurité, 2009).

a- Les atouts:

- Cartographie détaillée qui couvre l'emprise maximale des zones potentiellement inondables et qui prend en compte la continuité des champs d'inondation sur l'ensemble d'une vallée, d'un bassin versant,
- Le fait qu'elle s'appuie sur des structures topographiques visibles indiscutables et prend en compte certains éléments particuliers (axes de crues, zones d'érosion) qui offrent une vision dynamique du cours d'eau,
- Zonage au sein des plaines alluviales des zones qui sont exposées à des crues fréquentes, rares ou exceptionnelles et celles qui ne seront, sauf exception, jamais submergées. On identifie ainsi les zones qui peuvent être urbanisées sans danger d'inondation,
- Dans la prise en compte des confluences: la facilité de mise en œuvre de la méthode permet d'assurer une plus grande exhaustivité de la cartographie des zones inondables des cours d'eau et de leurs affluents,
- Dans ses coûts de mise en œuvre, inférieurs à ceux d'autres méthodes (notamment la modélisation hydraulique), qui nécessitent l'acquisition de données topographiques,
- Dans la rapidité avec laquelle le diagnostic sur la zone inondable peut être établi.

b- Les limites et les incertitudes:

- En tant qu'analyse naturaliste fondée sur l'observation, elle fournit des informations qualitatives très détaillées mais ne quantifie pas les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement qui peuvent survenir,
- Elle identifie, sans pouvoir les quantifier, certains effets hydrauliques néfastes des aménagements anthropiques présents dans la zone inondable. La cartographie ne prend pas en compte les aménagements qui sont censés réduire la zone inondable car ils ne peuvent être considérés comme pérennes dans le temps,
- La méthode ne donne pas la fréquence précise d'inondation des différents lits d'une rivière,
- Dans certains cas très complexes, ou lorsque l'urbanisation a profondément modifié la morphologie naturelle, il subsiste des incertitudes sur la limite de la zone inondable,
- Son champ d'application est normalement limité aux cours d'eau ayant suffisamment de puissance pour pouvoir façonner une plaine alluviale. Cela exclut les drains artificiels, drains agricoles, canaux, réseaux d'assainissement...

3.1.2.2 Les études historiques des crues

L'analyse historique est une approche basée sur les archives et les documents historiques: Elle consiste à recenser toutes les données disponibles sur les inondations passées à partir de différentes sources existantes, telles que les bases documentaires type monographies, les archives de la presse, les archives nationales et communales, les enquêtes auprès des communes et des riverains.

L'approche historique obtient des résultats très importants:

- Elle reconstitue les chronologies des inondations qui peuvent remonter jusqu'à des siècles,
- En rappelant les événements passés, elle permet de raviver la mémoire du risque des riverains et leur facilite l'appropriation de ces crues.

Mais elle est par contre particulièrement dépendante de l'existence d'une banque de données, souvent celles-ci font défaut grâce à:

- Soit parce que nos prédécesseurs n'ont pas pris le temps et la peine de décrire les événements (pour les très petits cours d'eau par exemple ou lorsqu'il n'y a pas d'enjeu affecté),

- Soit parce que les documents ont disparu (lors des périodes d'instabilité, les incendies, etc...),
- Soit parce qu'ils ne sont pas disponibles à la consultation.

Dans l'analyse des informations historiques, le problème de la précision géographique des données recensées constitue un frein important qui limite leur valorisation optimale. La subjectivité de l'information historique peut également constituer une limite de son utilisation.

3.1.2.3 La modélisation hydraulique

La modélisation hydraulique est un outil couramment employé pour comprendre et formaliser les écoulements des cours d'eau, qualitativement, puis quantitativement par des formules mathématiques. Elle permet d'estimer les caractéristiques; spatiales (étendue, hauteur) et temporelles (temps de montée des eaux, durée du pic de crue, de la décrue).

Le principe de la modélisation hydraulique consiste à reproduire une crue donnée en fonction d'un certain nombre de paramètres qui permettent de représenter d'une manière simplifiée la réalité complexe du terrain et du fonctionnement des cours d'eau. Pour faire, les étapes suivantes sont requises:

1. Analyse hydrologique,
2. Topographie,
3. Analyse du fonctionnement hydraulique,
4. Calcul et transcription cartographique.

a- Les atouts:

- Une quantification des principaux paramètres hydrauliques : hauteurs, vitesses et durées de submersion,
- Une prise en compte des aménagements,
- L'étude des occurrences des crues.

b- Les limites et les incertitudes:

- Elle est basée sur des hypothèses simplificatrices introduisant des marges d'erreur qui peuvent se cumuler, par exemple :
 - Imprécision des données topographiques,
 - Hypothèses simplificatrices sur les données géométriques : difficultés à déterminer et prendre en compte les modifications internes de la géométrie du lit mineur pendant la crue ou ses divagations dans la plaine alluviale,

- Hypothèses simplificatrices sur le comportement des ouvrages,
- Faible représentativité des chroniques hydrologiques, souvent trop courtes par rapport aux crues exceptionnelles étudiées,
- Difficultés à intégrer le transport solide.
- Un modèle hydraulique nécessite d'être calé sur des données récentes de crues historiques: le manque de données de calage introduit une marge d'erreur dans la représentativité du modèle,
- Elle ne fournit qu'une enveloppe pour une crue d'occurrence donnée et ne détermine pas la limite maximale de la plaine alluviale façonnée par les cours d'eau,
- C'est une méthode coûteuse et complexe à mettre en place.

3.1.2.4 La complémentarité entre les méthodes

Pendant longtemps, les méthodes d'analyse (hydro-géomorphologique, historique et Modélisation hydraulique) des inondations ont été employées en parallèle, sans lien entre elles, avec pour conséquence des pertes d'information et une sous utilisation des données. Les grands événements récents ont mis en exergue la nécessité d'établir des interrelations entre ces trois approches plus complémentaires que contradictoires (Fig. 1.5).

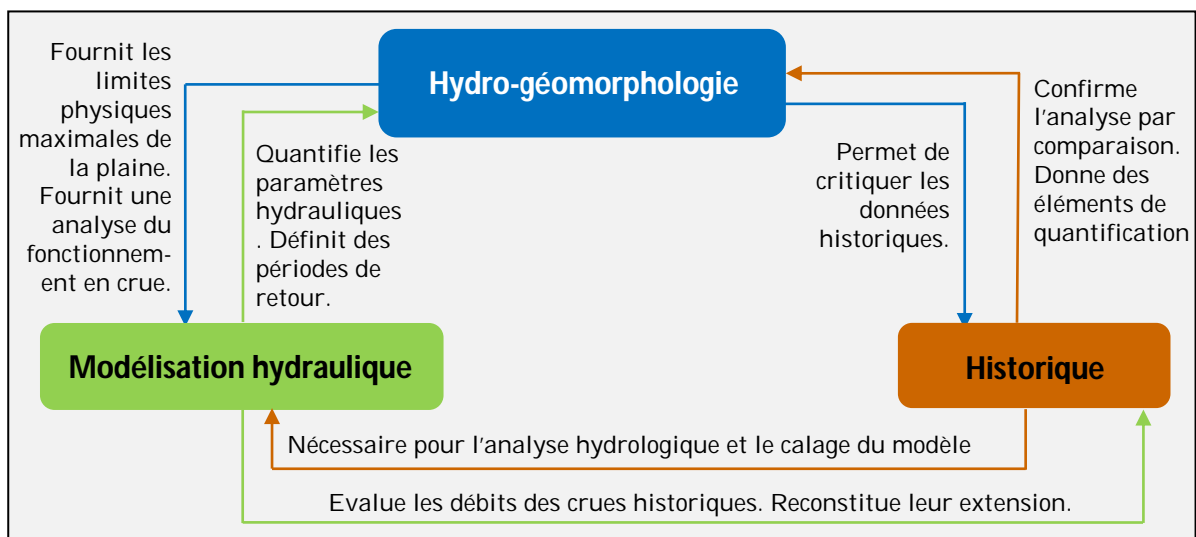


Figure. 1.5- La complémentarité entre les approches d'évaluation de l'aléa inondation. (DRE et DGUHC, 2007).

3.2 L'évaluation de la vulnérabilité

L'évaluation de la vulnérabilité des enjeux est primordiale pour l'estimation du risque d'inondation, dans ce travail nous prendrons en compte la vulnérabilité physique (bâtiments) et la vulnérabilité sociale (population).

3.2.1 La vulnérabilité physique (bâtiments)

L'inondation constitue une situation totalement anormale pour un bâtiment. Un grand nombre de bâtiments se trouve exposé à l'aléa inondation, soit depuis leur origine (construction en bordure de rivière par exemple), soit par suite de travaux d'aménagement qui ont modifié les conditions locales d'écoulement des eaux. Comme il n'est pas possible de déplacer ces bâtiments hors de la zone à risque, il est utile de connaître le comportement et la vulnérabilité de ces derniers (CSTB, 2005).

| Processus de dégradation | Principe de dégradation | Exemples de matériaux /ouvrages concernés | Exemples de conséquence |
|---------------------------|--|---|---|
| Humidification | Imprégnation par : - capillarité; - condensation | Quasiment tous les matériaux (bois, minéraux) | Affaiblissement mécanique (pourriture du bois) Conséquences éventuelles sur la santé (moisissures) |
| Hydrolyse | Réaction chimique | Colles, peintures | Dissolution (plâtre), décollement, cloquage |
| Déformation | Gonflement consécutif à l'absorption | Bois agglomérés, certains bois massifs, certains isolants fibreux Matériaux minéraux | Ouvrages impropres à leur destination Gauchissement (plaques minces...) |
| Corrosion | Action électrolytique | Métaux, notamment ferreux | Ecaillage, éclatement des parties scellées |
| Rétention de fines | Action de filtre des particules transportées par l'eau de l'inondation | Matériaux présentant des cavités (fibreux, cellulaires, appareillages...) | Appareillages hors service Conséquences éventuelles sur la santé |

Tableau. 1.1- Processus de dégradation des matériaux/ouvrages lors d'une inondation. (CSTB, 2005).

Parmi les constructions en zones inondables, sont particulièrement vulnérables les bâtiments construits en terre de barre ou en mortier soluble, et les bâtiments dont les fondations sont peu profondes ou peu résistantes à la force de l'eau (énergie

d'écoulement) ou aux inondations (Tab. 1.1). L'insuffisance d'abris situés au-dessus du niveau des crues et le manque de routes d'accès à ces abris influent sur la vulnérabilité des communautés (Shelia. B, 1995).

Les bâtiments peuvent être dégradés et endommagés:

- Par la pression de l'eau des crues sur les structures,
- Lorsqu'ils sont emportés par les eaux montantes,
- Lorsqu'ils sont inondés,
- Lorsqu'ils s'effondrent sous l'effet d'une érosion sapant leurs fondations,
- Endommagés par les débris entraînés par les flots.

3.2.2 La vulnérabilité sociale

La vulnérabilité de la population dite sociale permet d'appréhender la dimension sociale du risque. Cette vulnérabilité peut être prise en compte par le biais de deux approches, l'une quantitative, prenant en compte les facteurs socio-démographiques de la population, l'autre qualitative, basée sur la prise en compte de la représentation cognitive⁸ du risque d'inondation.

3.2.2.1 L'approche quantitative

Cette approche d'évaluation de la vulnérabilité sociale, prend en compte l'étude de la population par l'analyse des facteurs sociodémographiques, tels que la structure et la mobilité de la population, la densité de population, le rythme de croissance, les ressources et les activités professionnelles, l'état sanitaire, le renouvellement de la population, l'origine démographique et migration ainsi que le niveau cognitif et éducatif. Ces différents paramètres représentent les facteurs aggravant de la vulnérabilité face aux inondations, car ils vont avoir tendance à l'augmenter ou la diminuer, c'est pourquoi leur quantification est primordiale, afin de mieux cibler la population exposée.

3.2.2.2 L'approche qualitative

La méthode qualitative d'évaluation de la vulnérabilité sociale, prend en compte la représentation cognitive du risque d'inondation par la population, et cela à travers trois paramètres:

⁸ La représentation est une « *image mentale, etc., dont le contenu se rapporte à un objet, à une situation, à une scène, etc., du monde dans lequel vit le sujet* » (dictionnaire Larousse in Roche Laura, 2010).

- Les facteurs sociodémographiques

Les facteurs sociodémographiques⁹ peuvent influencer la vulnérabilité de l'individu. A titre d'exemple les individus âgés sont moins mobiles et de santé plus fragile. Ainsi que, le facteur sexe joue un rôle important, car les femmes ont tendance à surestimer le risque par rapport aux hommes.

- La perception du risque d'inondation

Le risque, bien souvent, n'est matérialisé que par la catastrophe, cependant, dans certain cas, il laisse des traces dans le paysage mais chez les humains souvent parqués par la laisse d'inondation¹⁰, un indice qui suggère l'existence d'un risque réel. Dans ce cas, il est primordial de prendre en compte *la perception du risque d'inondation qui elle détermine en partie la vulnérabilité et les besoins d'intervention* (Burn, 1999 in P. Blin, 2001).

La perception¹¹ est basée sur l'expérience et l'éducation. Nous supposons qu'un individu qui a déjà vécu une catastrophe d'inondation auparavant, son sentiment d'exposition au risque est élevé par rapport aux autres individus qui n'ont pas vécu ce risque, ces derniers sous-estiment le risque auquel ils sont exposés.

- La connaissance du risque d'inondation

La connaissance de l'aléa et plus particulièrement sa manifestation, ainsi que, les consignes de sécurité, interviennent directement sur la vulnérabilité de l'individu. Dans un autre contexte, sa vulnérabilité est plus élevée s'il pense connaître les consignes à suivre mais que celles-ci sont incorrectes car *les gens ont tendance avec le temps à oublier ou à négliger une expérience ou les informations reçues* (Burn, 1999 in P. Blin, 2001).

3.2.3 La vulnérabilité totale

La vulnérabilité totale englobe la vulnérabilité physique et celle sociale, notre objectif est d'intégrer les deux vulnérabilités et de les simplifier, afin de faciliter la représentation cartographique et son interprétation.

⁹ Les facteurs sociodémographiques: l'âge, la situation familiale, le sexe, le niveau d'instruction, les catégories socioprofessionnelles...etc.

¹⁰ Laisse d'inondation : indication du niveau atteint par les plus hautes eaux et matérialisé par des déchets dans les arbres, et des traces laissées par l'eau sur les bâtiments.

¹¹ "*La perception est l'ensemble de mécanismes et des processus par lesquels l'organisme prend connaissance du monde et de son environnement sur la base des informations élaborées par ses sens*" (C. Cauvin, 1984 in Beck, 2006).

4 Zone d'étude

Jadis Lardjem portait le nom de Had Ouled Bou Slimane, nom d'un célèbre chef arabe de la tribu des Ayed de Tissemsilt. Plus tard, il fut supplanté par celui de Lardjem. En 1853, les autorités françaises construisent au cœur du pays de ces tribus une garnison militaire, qui se développa progressivement avec l'arrivée des colons français qui s'accaparent les terres arabes. Avant 1984, la commune de Lardjem faisait partie de la daïra de Beni Hendel, wilaya de Tiaret. Actuellement elle fait partie de la wilaya de Tissemsilt en tant que chef-lieu d'une daïra.

4.1 Localisation et limite de la zone d'étude

L'étude du risque d'inondation pose une certaine problématique dans la délimitation de la zone, car notre travail comporte deux variables dont les échelles et les critères de délimitation sont différents. Premièrement l'aspect naturel ou l'aléa où les limites sont relatives à celles du bassin versant, et deuxièmement les limites des enjeux (la ville de Lardjem) qui sont relatives au découpage administratif. Nous présentons les figures: 1.6, 1.7, 1.8 et la figure 1.9 lesquelles illustrent les limites naturelles et administratives. Nous commençons par la grande échelle qui correspond à l'aléa jusqu'à l'échelle où nous illustrons la ville de Lardjem.

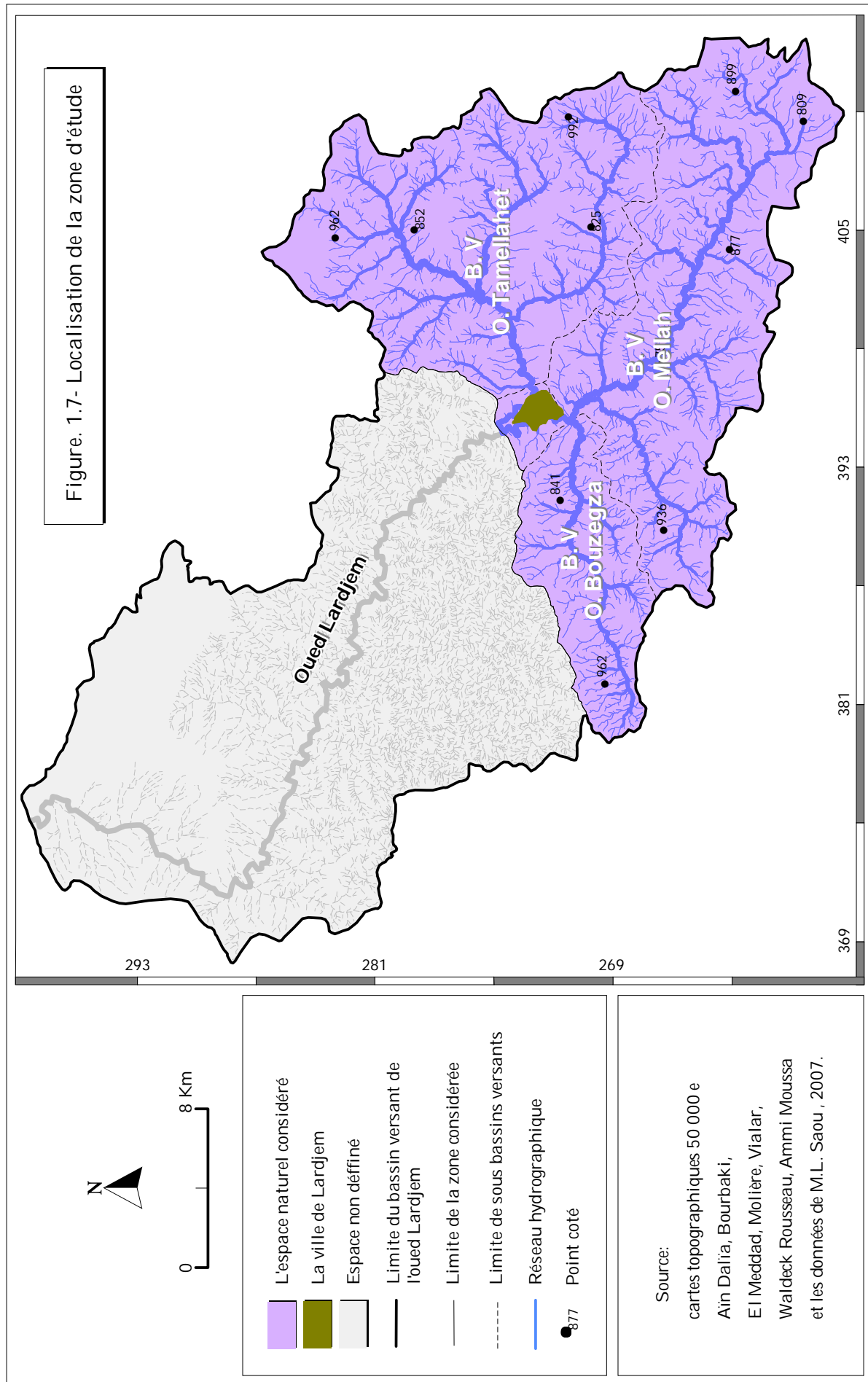
4.1.1 Limites naturelles

4.1.1.1 Situation du bassin versant de Lardjem au sein du bassin du Chélif

Le bassin versant de l'oued Lardjem fait partie du bassin hydrologique "Chélif-Zaherz" qui englobe le moyen Chélif. Le bassin se prolonge au Nord par l'oued Sly, il est limité à l'Ouest par l'oued Rhiou, à l'Est par le bassin versant de l'oued Fodda et au Sud par le bassin versant de l'oued Nahr El Ouassel (Fig. 1.6).

4.1.1.2 Localisation de la zone d'étude

La zone étudiée correspond à la partie amont du bassin versant de l'oued Lardjem, cette partie englobe les bassins de ses principaux affluents, bassin versant de l'oued Bouzegza, le bassin versant de l'oued Tamellahet et celui de Mellah (Fig. 1.7).



4.1.2 Limites administratives

Administrativement le bassin versant de l'oued Lardjem se trouve à la jonction des wilayas de Tissemsilt, celle de Chlef, de Rélizane et celle de Tiaret.

4.1.2.1 Limites de l'espace naturel considéré

L'espace étudié se trouve dans la partie Nord-Ouest de la wilaya de Tissemsilt. Il s'inscrit en majorité dans les limites administratives de Lardjem entant que chef-lieu de Daïra, englobant les communes de Tamellahet, Sidi Lantri, Melaâb et Lardjem, ainsi que, les communes de Bordj Bounaâma, de Beni Lahcene et celle de Maâcem (Fig. 1.8), toute en intégrant les espaces des bassins versants de l'oued Tamellahet, l'oued Bouzegza et l'oued Mellah¹².

4.1.2.2 Localisation de la ville de Lardjem

La ville de Lardjem (Souk El Had) se trouve dans la commune de Lardjem, qui est limitée au Nord par les communes de Larbaa, Bordj Bounaâma et Tamellahet, au Sud par Maâcem et Sid Lantri, à l'Est par Sidi Abed et Ammari, et à l'Oust par Melaab et Ramka wilaya de Relizane.

Dans l'environnement immédiat, la ville de Lardjem est délimitée par les principales Boccate à savoir : Boccate El Houabi, Boccate Rosfa, Boccate El Krama et celle d'Ouaidia (Fig. 1.9).

Avec une altitude d'environ 550m, la ville de Lardjem occupe une bonne situation sur la route nationale N° 19, la rendant ainsi comme étant un pôle carrefour-transit, reliant deux chefs-lieux de wilaya, à savoir Tissemsilt et Chlef.

¹² La superficie totale du bassin versant étudié est de l'ordre de 47770,5 hectares (477,705 Km²).

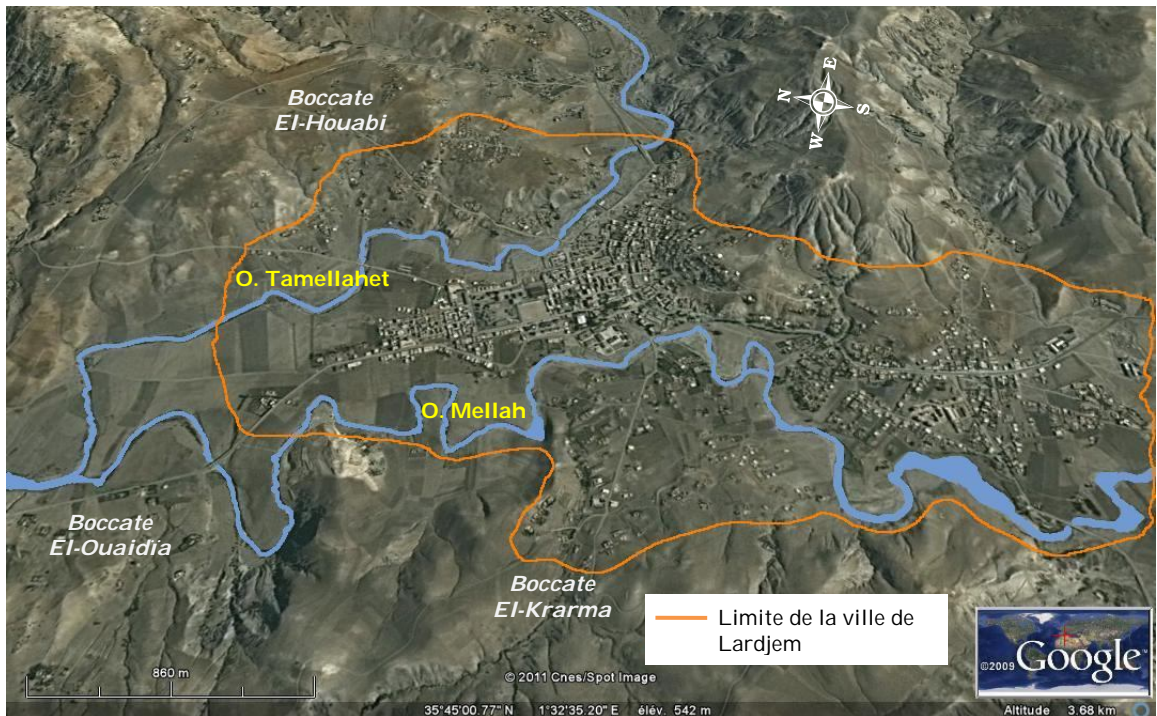


Figure. 1.9- Localisation de la ville de Lardjem. (Image publique Google Earth).

4.2 Les inondations historiques à Lardjem

Les inondations qui se sont produites ces dernières années à Lardjem, notamment celles de 1994 et de 2000 montrent que les crues catastrophiques peuvent avoir lieu sur des périodes de retour assez courtes.

a- La crue du 1994

Une crue dont la lame d'eau a atteint une hauteur de deux mètres. En plus de certains dégâts matériels, elle a entraîné la mort d'une dizaine de personnes.

b- La crue du 22 et 23 octobre 2000

Le 22 et 23 octobre 2000 la ville de Lardjem a connue une *crue dont la lame d'eau a atteint quatre à cinq mètres de hauteur* (BNER, 2001). Pendant ces deux jours la région a enregistré 39,8 mm de pluies et le débit¹³ de la crue a atteint 82,5 m³/s. Si elle a épargné les vies humaines, cette inondation a causé d'importants dégâts, notamment oued Tamellahet qui a généré des dégâts importants (Fig. 1.10):

¹³ Le débit de la crue est estimé par l'agence; Nationale Eau et Environnement, Filiale du groupe EEC- ex EDIL (mars, 2002), à travers une expertise sur terrain après la crue d'octobre 2000.



Figure. 1.10- Les dommages causés par oued Tamellahet suite aux inondations du 22 et 23 octobre 2000. Les photos **a** et **b** présentent les dégâts occasionnés au niveau du parc communal qui se trouve à côté de l'oued, les photos **c** et **d** montrent le dépôt solide et les dégâts au niveau des constructions dans la cité Nahdha, les photos **e** et **f** montrent la submersion de la cité Nasr par l'eau, les photos **g** et **h** montrent les dégâts au niveau de l'école et la submersion du marché communal (Souk El Had).

Oued Mellah de son part a endommagé toutes constructions qui se trouvent près de ses berges, tel que le Technicum El-Chikhe Hedjaz qui a été submergé par les eaux et les argiles. Les évolutions des berges ont causé des pertes énormes en termes de terres agricoles se trouvant à côté de l'oued (Fig. 1.11).

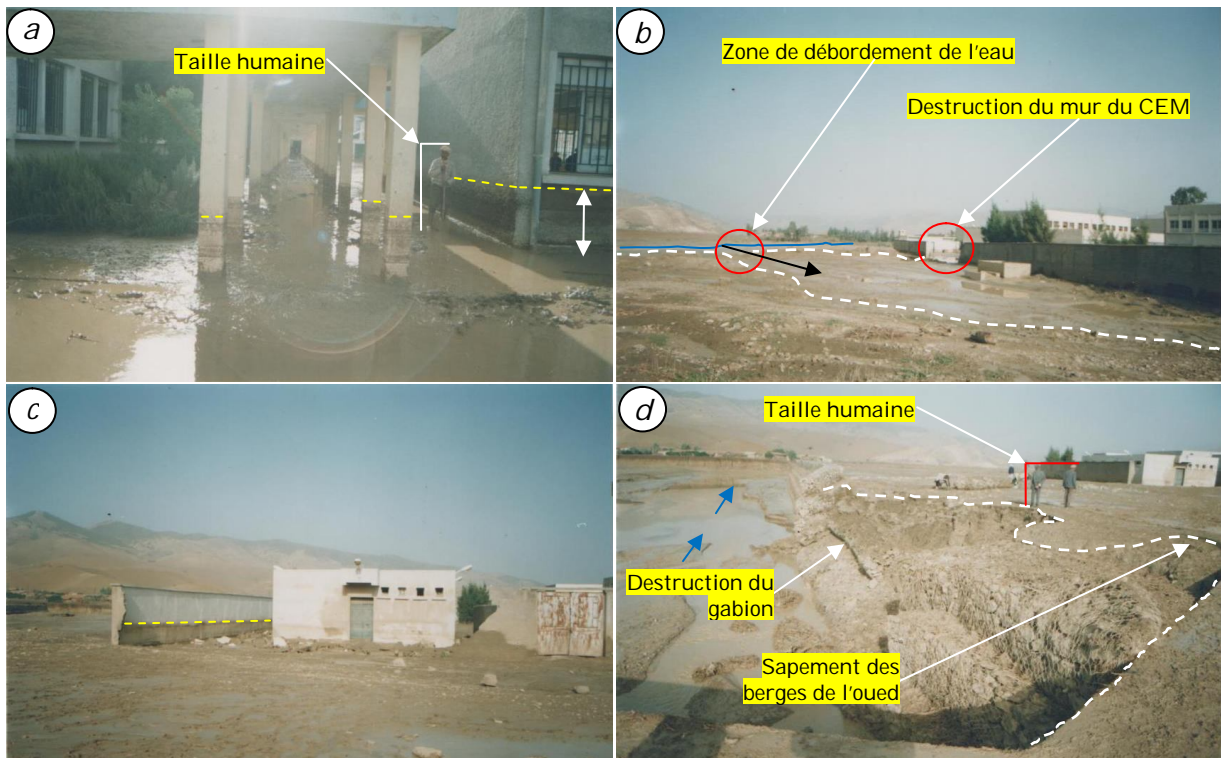
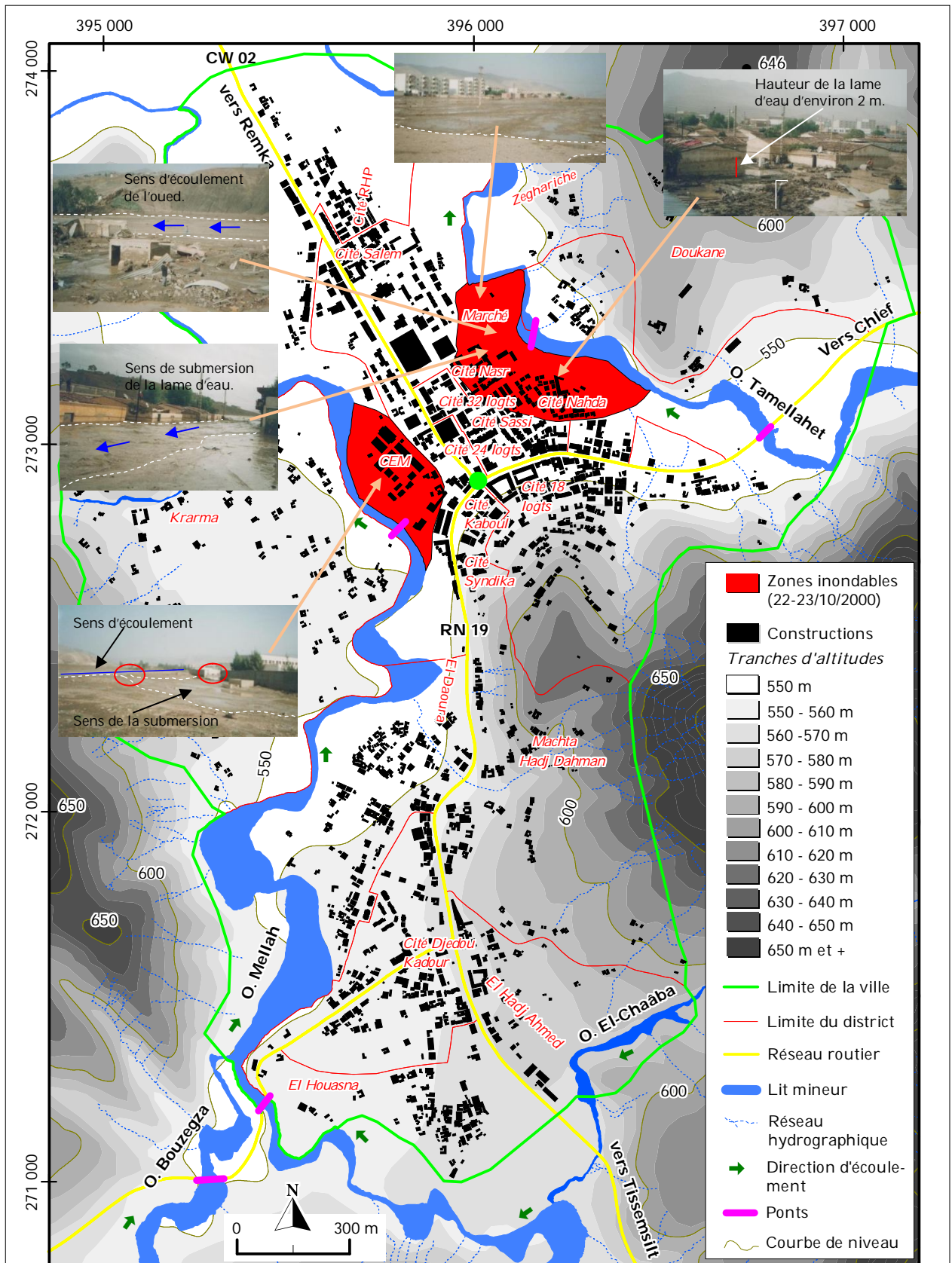


Figure. 1.11- Les dommages causés par oued Mellah suite aux inondations du 22 et 23 octobre 2000. Les photos **a** et **b** montrent la submersion du Technicum et son environnement par les eaux et les argiles, la photo **c** montre la destruction du mur du Technicum, la photo **d** montre la destruction des gabions et le sapement des berges de l'oued (érosion latérale).¹⁴

Dans l'objectif de visualiser l'ampleur des anciennes crues qui ont touché la ville de Lardjem, ainsi que, pour localiser les zones endommagées, nous avons essayé de réaliser la carte des zones inondées par le passé en se basant sur les photos disponibles de la dernière crue d'octobre 2000 et les citations historiques auprès des habitants de cette ville (Fig. 1.12).

¹⁴ Les photos ont été prises par, Mr. Baya Ahmed (Secrétaire Général de l'APC de Lardjem) après les inondations du 22 et 23 octobre 2000 à Lardjem.



Avant d'introduire l'aléa nous rappelons en termes de conclusion à ce chapitre que la ville de Lardjem possède une situation géographique problématique dans une région montagneuse, vu qu'elle est implantée dans une dépression, à l'exutoire de trois bassins versants, ce qui la rend vulnérable aux inondations.

Des crues torrentielles caractéristiques ont déjà touché cette ville, celles de 1994 et d'octobre 2000 ont inondé une partie importante de la ville de Lardjem. Les photos de la dernière crue du 22 et 23 octobre 2000 montrent l'ampleur de cette crue qui a provoqué des dégâts considérables, surtout au niveau du parc communal, la cité Nahdha et celle de Nasr qui se trouvent à proximité de oued Tamellahet, ainsi que, le Technicum El-Chikhe Hedjaz qui se trouve côté de oued Mellah et son environnement immédiat. Les terres agricoles qui ont été également endommagé par le phénomène d'érosion latérale.

Dans le chapitre qui suit nous présentons l'aléa inondation et toutes les caractéristiques naturelles et physiques des bassins versants environnants qui elles représentent une espèce de starter à l'initiation de l'aléa inondation.

Chapitre 2

L'aléa inondation dans la ville de Lardjem

Les monts de l'Ouarsenis sont considérés du point de vue géomorphologique comme un espace naturel fragile très sensible à l'érosion. Cette spécificité se situe au niveau de ses formations superficielles très contraignantes sur le plan morphodynamique favorisant l'écoulement des eaux. Le climat est rude et continental dont l'impact sur les sols est accentué par les fortes précipitations (neige, grêle, pluies), notamment les pluies torrentielles.

Il s'agit dans ce chapitre de discuter les contraintes, les potentialités et le contexte général et hydrogéomorphologique du secteur ou des espaces géographiques qui participent aux initiations ou développement des inondations dans le site considéré. Il s'agit aussi de déterminer les facteurs naturels qui sont derrière l'état problématique du bassin versant vis-à-vis le déclenchement des inondations en aval, afin de dresser la carte d'aléa.

Notons qu'une partie des données exploitées dans ce travail nous parviennent du bureau national d'études pour le développement rural (BNEDER), notamment celles issues de l'étude réalisée en 2001, dans le cadre de la protection de la ville de Lardjem contre les inondations. Nous les avons adaptées à notre approche d'évaluation de l'aléa inondation dans cette zone.

1 Contexte général du bassin versant de Lardjem

1.1 Le cadre climatique de la région

Les conditions climatiques d'une région jouent un rôle déterminant dans le comportement du régime des écoulements des principaux cours d'eaux superficielles et souterraines. L'analyse de ces conditions est essentielle, et en particulier les précipitations, entant que facteur déclenchant les crues torrentielles.

1.1.1 Les précipitations

Nous avons utilisé les relevés pluviométriques de deux stations, celle de Bordj Bounaâma et celle de Tiaret se trouvant à une altitude approximative pour une période de neuf ans entre 1996-2005, (Tab. 2.1). Pour avoir une idée sur l'évolution du régime pluviométrique caractérisant cette région, nous avons comparé les données récentes avec celles de Chaumont et Paquin pour la période de (1913-1963).

| Station | Altitude | Latitude | Longitude |
|----------------|----------|----------|-----------|
| Bordj Bounaâma | 1100 m | 35° 51' | 1° 37' |
| Tiaret | 977 m | 35° 21' | 1° 28' |

Tableau. 2.1- Cordonnées des stations climatiques représentatives de la zone d'étude. (Mecif. F, 2008).

1.1.1.1 Précipitations moyennes annuelles

Les précipitations moyennes annuelles enregistrées à travers la région de Lardjem pour deux périodes différentes, sont indiquées par le tableau suivant:

| Période | Station de B. Bounaâma | Station de Tiaret |
|--|------------------------|-------------------|
| Moyenne (1996 - 2005) | 414 mm | 368 mm |
| Moyenne Chaumont et Paquin (1913 - 1963) | 748 mm | 614 mm |

Tableau. 2.2- Précipitations moyennes annuelles entre deux périodes (1996-2005) et (1913-1963). (O.N.M, Chaumont et Paquin, 1971 in Mecif. F, 2008).

Au vu du tableau 2.2, les moyennes des deux périodes (1913-1963) et (1996-2005) montrent une baisse de précipitations de l'ordre de 45 % pour la station de Bordj Bounaâma et 40 % pour la station de Tiaret.

1.1.1.2 Précipitations moyennes mensuelles

| Mois / Station | B. Bounaâma (mm) | Tiaret (mm) |
|---------------------------|------------------|-------------|
| Septembre | 13,37 | 25,82 |
| Octobre | 30,78 | 44,54 |
| Novembre | 66,48 | 47 |
| Décembre | 87,95 | 45,6 |
| Janvier | 61,79 | 26,6 |
| Février | 55,93 | 35 |
| Mars | 12,28 | 21,62 |
| Avril | 42,56 | 35,6 |
| Mai | 36,69 | 30,9 |
| Juin | 2,09 | 9,34 |
| Juillet | 1,00 | 25,85 |
| Août | 3,68 | 20,13 |
| Moyennes annuelles | 414 | 368 |

Tableau. 2.3- Précipitations moyennes annuelles pour la période 1996-2005.
(O.N.M in Mecif. F, 2008).

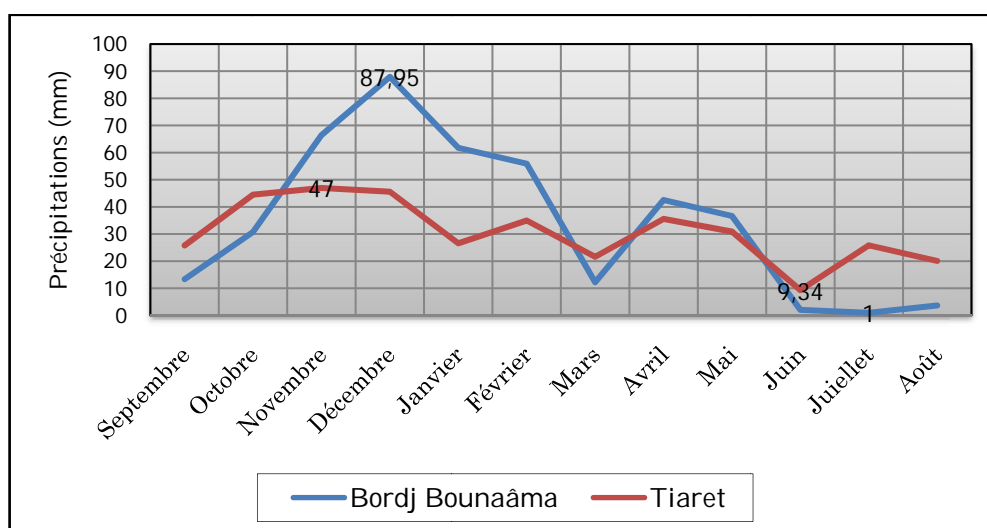


Figure. 2.1- Précipitations moyennes annuelles pour la période 1996-2005.

Le tableau 2.3, et la figure 2.1 ci haut, montrent que l'essentiel des précipitations importantes, concerne la saison hivernal, allant du mois de novembre au mois de

février. La station de Bordj Bounaâma enregistre pour cette période une moyenne annuelle de 414 mm, tandis que la station de Tiaret qui se situe plus au Sud enregistre 368mm.

La saison printanière et la saison automnale reçoivent des quantités de pluie nettement plus réduites soit respectivement 91,53mm et 44,15mm pour Bordj Bounaâma et 88,12mm et 70,36 mm pour Tiaret.

La saison estivale est caractérisée par une pluviométrie insignifiante de l'ordre de 6,77mm pour Bordj Bounaâma et l'exception pour Tiaret qui enregistre une moyenne de 55,32mm.

L'intégralité de la répartition des précipitations durant l'année et leur relative concentration pendant une période donnée sont à l'origine soit des inondations soit de la sécheresse.

Pour notre zone, la période pluvieuse s'étale sur quatre mois de l'année (novembre à février où plus de la moitié des précipitations sont enregistrées pendant quarantaine de jours (centrée sur le mois de décembre).

De part leur volume, ces précipitations semblent être importantes mais en réalité elles représentent un caractère torrentiel pernicieux à l'origine des crues dans la région de Lardjem.

1.1.1.3 Les pluies torrentielles

Les pluies torrentielles désignent toute pluie qui donne une tranche d'eau importante dans une courte période.

Le tableau 2.4 indique des pluies torrentielles pour les stations de Bordj Bounaâma et El Nouadeur.

| | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | Jt | A | Total |
|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|------------|
| B. Bounaâma | 10 | 10 | 12 | 30 | 23 | 12 | 09 | 16 | 06 | 01 | 0 | 0 | 129 |
| El Nouadeur | 0 | 03 | 05 | 06 | 04 | 04 | 01 | 01 | 04 | 03 | 0 | 0 | 31 |

Tableau. 2.4- Fréquence des pluies torrentielles. (P. Seltzer, non daté¹⁵ in BNEDER, 2001).

¹⁵ La pluviométrie en Algérie a été étudiée par plusieurs auteurs; P. Seltzer, 1913-1938, H. Gausson, 1918-1947, G. Medinger, 1913-1953, M. Chaumont et C. Paquin, 1913-1963. (Bouanani. A, 2004).

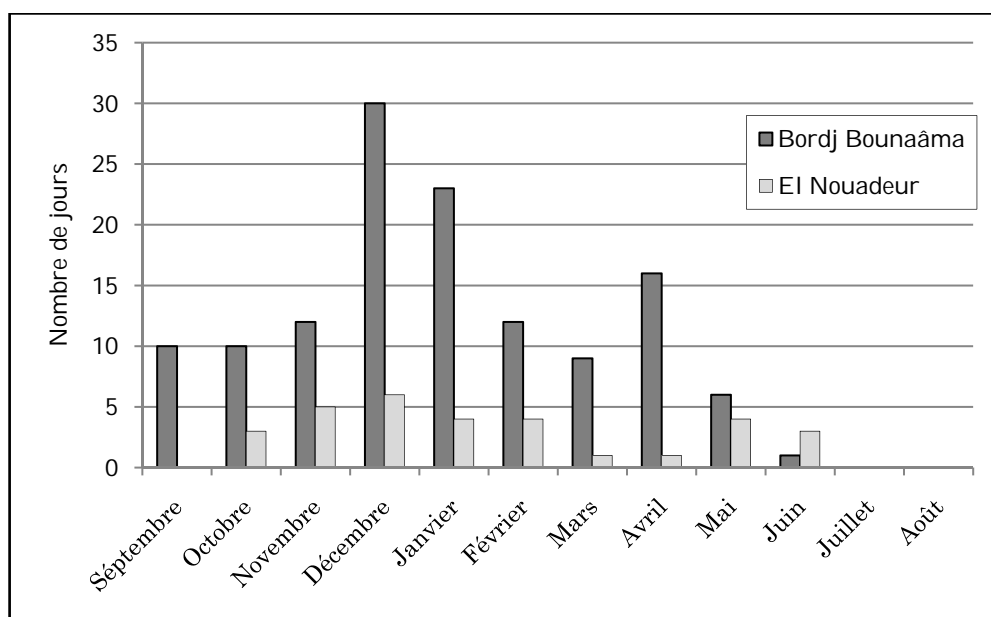


Figure. 2.2- Fréquence des pluies torrentielles.

L'analyse du tableau (Tab. 2.4) et de l'histogramme fréquentiel des précipitations torrentielles (Fig. 2.2), montre différence entre les deux stations considérées. Celle-ci est liée principalement de l'altitude des stations.

Ces résultats reflètent bien l'importance des pluies torrentielles dans le domaine montagneux (monts de l'Ouarsenis).

Enfin, il ressort selon ces données que la très forte intensité de pluies dans ces montagnes hautes, disséquées et à grandes pentes, où la couverture végétale est peu dense et dégradée, semble être à priori à l'origine de l'érosion des sols et des inondations qui se produisent en aval au niveau de la ville de Lardjem¹⁶.

1.1.1.4 Répartition spatiale des tranches pluviométriques

A travers la lecture de la carte pluviométrique (Fig. 2.3), il s'avère que la région de Lardjem est concernée par cinq tranches pluviométriques, qui se répartissent entre 500mm/an considérée comme la plus basse et 1000mm/an, la plus haute:

Tranche 500 - 600 mm/an: elle concerne l'étage semi-aride à hivers frais et englobe la vallée de l'oued Mellah de même que les agglomérations urbaines de Lardjem et Tissemsilt,

¹⁶ Les événements de pluies intenses représentent un danger réel pour les populations qui habitent le pourtour du bassin Méditerranéen. Les précipitations abondantes parfois associées à des vents violents peuvent engendrer des inondations ayant un impact catastrophique sur l'Homme et son environnement. (S. Argence, 2008).

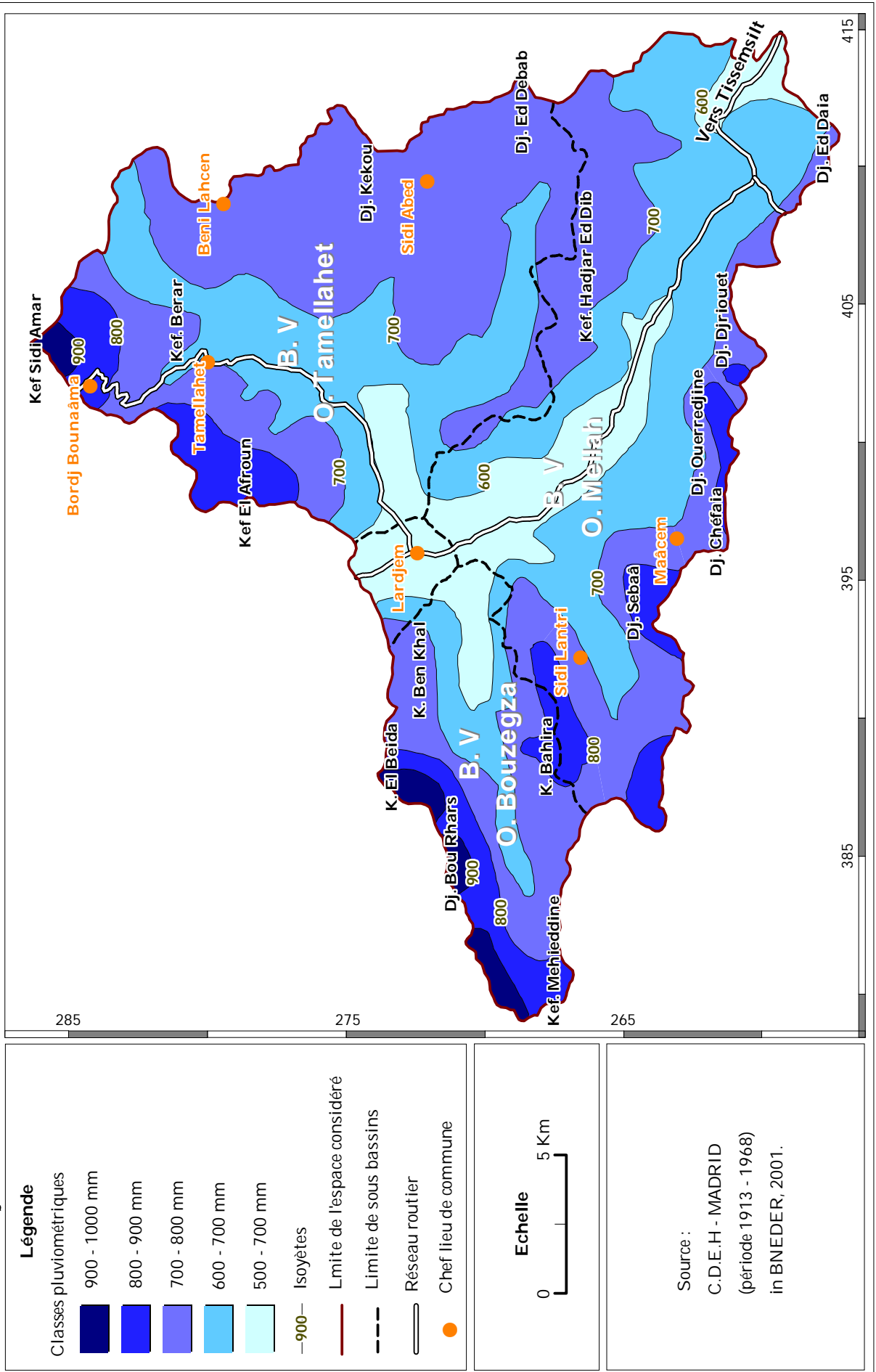
Tranche 600 - 700 mm/an: il s'agit de la zone inférieure de l'étage subhumide. Elle répartition de part et d'autre de la vallée de l'oued Mellah, oued Bouzegza amont ainsi que oued Tamellahet amont,

Tranche 700 - 800 mm/an: c'est l'étage subhumide moyen. Il couvre la plupart des collines centrales et septentrionales atteignant les agglomérations de Beni Lahcene, Sidi Abed et Tamellahet à l'Est de même que Sidi Lantri et Maâcem à l'Ouest,

Tranche 800 - 900 mm/an: elle correspond à l'étage subhumide supérieur et se localise principalement sur la partie nord de notre espace considéré près de l'agglomération de Bordj Bounaâma. Cet étage caractérise aussi le Djebel Chefaïa au Sud, le Djebel Sbaâ près de Maâcem et Koudiat Mehieddine à l'Ouest,

Tranche 900 - 1000 mm/an: peu représenté de notre espace, il s'agit de l'étage humide, on le rencontre au niveau de Kef Sidi Amar (1983m) près de l'agglomération de Bord Bounaâma, ou le long de la limite Nord-ouest sur le Djebel Bou Rhars et Koudiat El Beida.

Figure. 2.3- Répartition spatiale des tranches pluviométriques dans la région de Lardjem



1.1.1.5 Le facteur neige

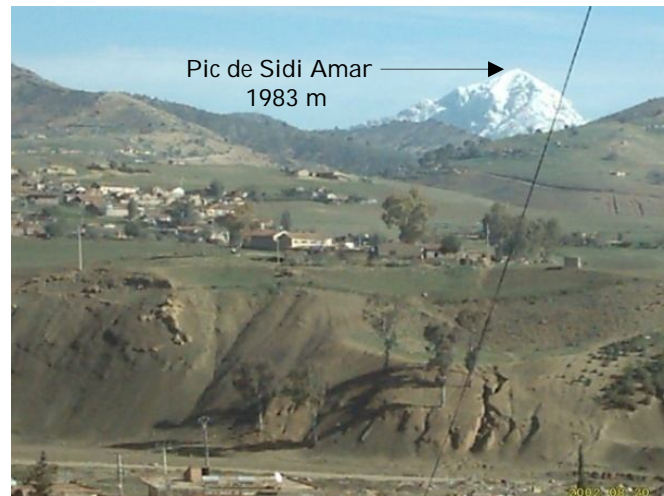
La neige joue un rôle régulateur du ruissellement tout en influant favorablement sur l'alimentation des nappes souterraines, elle peut cependant avoir un rôle négatif lors de la fonte rapide en ravinant le sol et noyant les cultures et inondant les agglomérations à risque tel que la ville de Lardjem.

Concernant le facteur neige, on note la différence entre les deux stations considérées (Tab. 2.5). Cette différence est due à leur altitude, par conséquent l'impact de ce facteur dans les hautes montagnes (monts de l'Ouarsenis) sur le ruissellement superficiel, surtout au niveau du bassin versant de l'oued Tamellahet (Photo. 2.1).

| Station | Altitude | Nombre moyen des jours où il a neigé | Nombre moyen des jours d'enneigement |
|----------------|----------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Bordj Bounaâma | 1100 m | / | 22,1 |
| El Nouadeur | 850 m | 8,5 | 12,2 |

Tableau. 2.5- La nivrosité dans la région de Lardjem. (P. Seltzer in BNÉDER, 2001).

Photo. 2.1- La neige au niveau du pic Sidi Amar (monts de l'Ouarsenis). La fonte des neiges augmente le débit d'écoulement des cours d'eaux, surtout dans le bassin versant de l'oued Tamellahet. Photo prise à partir de la ville de Lardjem.



1.1.2 Les températures

La température est aussi un facteur important qui conditionne l'estimation du déficit d'écoulement. Pour notre zone d'étude nous avons utilisé les données de la station de Tiaret.

Elles portent sur une période de neuf ans (1996-2005). Nous montrons les températures moyennes minimales et maximales, ainsi que la moyenne mensuelle dans le tableau 2.6 et la figure 2.4.

| Mois | T min (°C) | T max (°C) | T moyennes (°C) |
|---------------------------|-------------|-------------|-----------------|
| Janvier | 1,75 | 11,35 | 5,22 |
| Février | 1,6 | 12,6 | 6,3 |
| Mars | 3,48 | 16,7 | 10,1 |
| Avril | 4,88 | 18,9 | 11,9 |
| Mai | 8,8 | 24,55 | 16,78 |
| Juin | 14,7 | 32,1 | 23,88 |
| Juillet | 17,9 | 35,6 | 26,83 |
| Août | 17,33 | 34 | 25,62 |
| Septembre | 12,95 | 28,7 | 20,75 |
| Octobre | 10,93 | 24,3 | 17,15 |
| Novembre | 4,9 | 15,5 | 9,8 |
| Décembre | 2,53 | 8,9 | 6,6 |
| Moyennes annuelles | 8,35 | 19,3 | 15,08 |

Tableau. 2.6- Températures moyennes annuelles pour la période 1996-2005.
(O.N.M in Mecif. F, 2008).

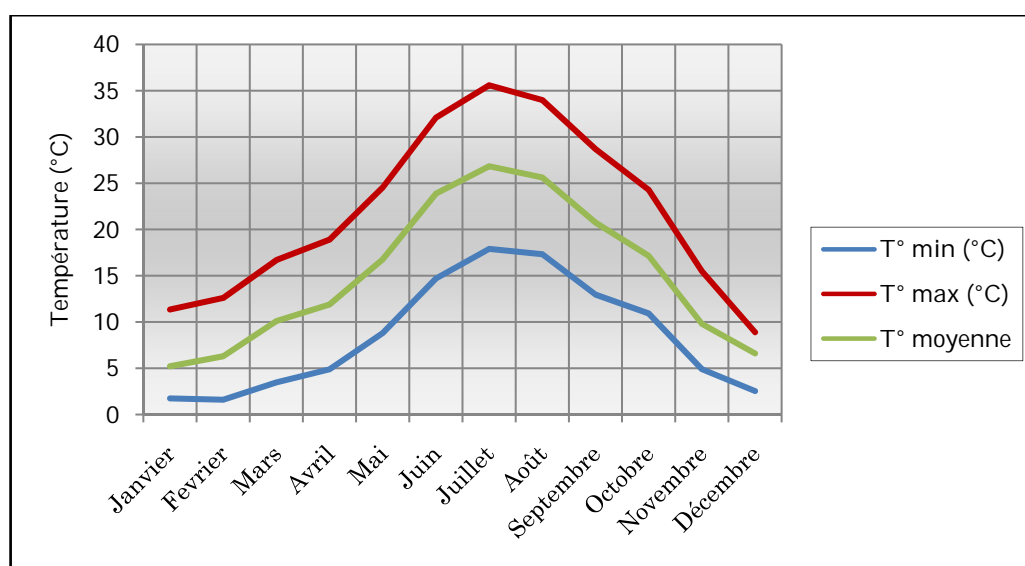


Figure. 2.4- Températures moyennes annuelles pour la période 1996-2005.

A la lecture de ces données (tableau 2.6 et figure 2.4), on remarque que la température minimale varie entre 1,6°C au mois de février à 17,9°C au mois de juillet, pour une moyenne de 8,35°C.

La température moyenne annuelle est de 15,08°C. Le mois le plus froid de l'année est celui de janvier avec une température de 5,22°C, le mois de juillet est le plus chaud avec une moyenne de 26,83°C.

La température maximale varie entre 8,9°C au mois de décembre à 35,6°C au mois de juillet pour une moyenne de 19,3°C.

Enfin, il ressort qu'au cours de la période froide, les valeurs de températures sont dues principalement à l'altitude et de la continentalité, eu égard à la position géographique du massif de l'Ouarsenis, d'une part, et du plateau du Sersou, d'autre part. La saison chaude est relativement longue, l'automne est le printemps étant limité à quelques semaines seulement de l'année.

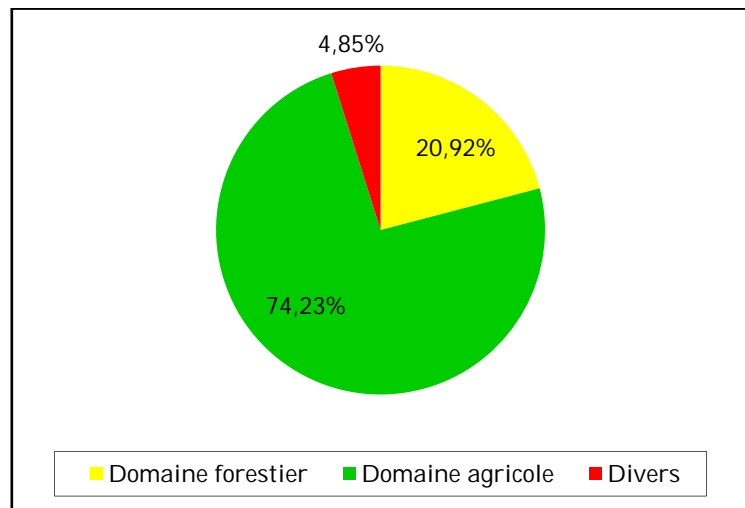
1.2 L'occupation des sols du bassin versant

L'importance de l'analyse de l'occupation des sols à travers le bassin versant de l'oued Lardjem (Fig. 2.6), permet de définir et de circonscrire avec une relative précision les zones qui sont à l'origine du déclenchement des inondations qui affectent périodiquement la ville de Lardjem.

| | Domaine forestier | Domaine agricole | Divers | Total (ha) |
|------------|-------------------|------------------|--------|----------------|
| Total (ha) | 9995,3 | 35457,8 | 2317,4 | 47770,5 |
| % S totale | 20,92 | 74,23 | 4,85 | 100 |

Tableau. 2.7- L'occupation globale des sols du bassin versant de Lardjem. *

Figure. 2.5- L'occupation globale des sols du bassin versant de Lardjem.



L'analyse du tableau précédent (Tab. 2.7) et la figure 2.5, fait sortir trois domaines d'occupation des sols dans le bassin versant:

1.2.1 Domaine forestier

Ce domaine s'étale sur une superficie globale d'environ 9995,3 ha soit 20,92 % de la surface totale du bassin versant (Fig. 2.5). Il se localise surtout en terrains escarpés, classés comme zone montagneuse de point de vue morphologique, avec des pentes d'environ 12,5% et des altitudes à environ 900 mètres.

| | P. A | M. C | R | R/DRS | E |
|-----------------------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|
| Tamellahet | 2812,1 | 601 | 52,3 | 62,7 | 388,1 |
| Bouzegza | 1589,1 | 974,9 | / | / | 217,7 |
| Mellah | 939,9 | 480,2 | / | 941,5 | 889,3 |
| Lardjem | 46,5 | / | / | / | / |
| Sl Totale (ha) | 5387,6 | 2056,1 | 52,3 | 1004,2 | 1495,1 |
| % | 11,28 | 4,30 | 0,11 | 2,01 | 3,13 |

Tableau. 2.8- L'occupation forestière des sols du bassin versant de Lardjem. *

- **Peuplement de pin d'Alep (P.A) :**

Il occupe une superficie totale d'environ 5387,6 ha et dont près de 2812,1 ha seulement pour le bassin versant de l'oued Tamellahet.

- **Maquis clairs (M.C) :**

Il s'étale sur une surface d'environ 2056,1 ha, avec un pourcentage de 4,3 % de la superficie totale.

- **Reboisements (R) et reboisement sur DRS (R/DRS)** dont la superficie atteint 1056,5 ha soit 2,21 % de la superficie totale.

- **Ermes (E) :** Il occupe 1495,1 ha soit 3,13 % de la superficie totale.

Dans le peuplement forestier la situation est loin d'être en équilibre (Tab. 2.8). Elle se caractérise par l'absence de futaie (sauf quelques sujets mûrs) et la domination des autres phases de développement (gaulis, perchis, semis). Quelques opérations de reboisement ont été effectuées dans le cadre de la protection des versants contre l'érosion. Mais ces dernières (zones reboisées) sont en état de dégradation avancé dont l'homme est en majeure partie responsable par ces interventions irrationnelles telles que les incendies, le surpâturage et le pratique de l'agriculture précaire. De ce fait, ce domaine ne joue plus son rôle de protection contre l'érosion et de rétention des eaux pluviales.

A cet effet, le développement du domaine forestier à travers le reboisement permettra d'atteindre un niveau acceptable, afin que l'infiltration soit toujours supérieure au ruissellement ce qui permet de protéger la ville en aval.

1.2.2 Domaine agricole

Les superficies concernées par ce domaine (Tab. 2.9) sont de l'ordre de 35457,8 ha ce qui représente 74,23 % de la superficie totale (près de $\frac{3}{4}$):

| | T.A | T.A/DRS | T.E | T.F |
|-----------------------|----------------|-------------|---------------|--------------|
| Tamellahet | 11268,3 | 66,7 | 3764,9 | 101,4 |
| Bouzegza | 3399,1 | / | 274,8 | 53,6 |
| Mellah | 12753,6 | / | 2443 | 472,9 |
| Lardjem | 814,5 | / | 45 | / |
| S/ Totale (ha) | 28235,5 | 66,7 | 6527,7 | 627,9 |
| % | 59,11 | 0,14 | 13,67 | 1,31 |

Tableau. 2.9- L'occupation agricole des sols du bassin versant de Lardjem. *

- Terrains agricoles (T.A) :

Ces terrains intéressent 28235,5 ha soit 59,11 % de la superficie totale. On les trouve aussi bien sur des terrains plats tels que les terrasses alluviales, que sur des terrains en pentes, en zone collinaire surtout (pentes variant entre 6 % à 12,5 % et parfois supérieures).

Le système extensif prédomine dans l'exploitation de ces terrains agricoles sauf au niveau de quelques terrasses des oueds Tamellahet, celui de Bouzegza et Mellah.

Les processus morphogénétiques sont souvent apparents dans ce domaine et ils ont tendance à s'aggraver du fait de l'utilisation des techniques culturales inadaptées au milieu naturel.

- Terrains en friche (T.F) :

Ils concernent près de 627,9 ha soit 1,31 % de la superficie totale et se caractérisent par une situation d'abandon, ils sont généralement marginalisés et colonisés par une strate herbacée et quelques touffes d'arbustes localement.

On les rencontre généralement à proximité des maquis et des affleurements rocheux sur pentes moyennes à forte de 12,5 à 25 %.

- Terrains érodés (T.E) :

Ces terrains sont présents à travers l'ensemble du bassin versant, dont ils recouvrent une superficie de 6527,7 ha soit 13,67 %. Ils se localisent pour la plupart sur des pentes relativement fortes et possèdent des sols en majorité peu épais.

La plupart des terrains érodés étaient (antérieurement) des terrains agricoles, devenus ainsi du fait sûrement d'une surexploitation et des techniques culturales inadaptées à leur morphologie.

Ils représentent le véritable danger pour l'agglomération de Lardjem, ils sont le théâtre de processus morphogénétiques ascendant où le ravinement, les glissements, les éboulements et les coulées boueuses se combinent pour donner naissance à des bad-lands. Ils constituent également le véritable réservoir fournisseur des éléments solides que transportent vers l'aval (la ville de Lardjem) les eaux de pluie à chaque précipitation importante. Ces terrains érodés participent aussi activement à l'exhaussement des lits des oueds Tamellahet et Mellah, en diminuant la pente d'écoulement de ces cours d'eau et facilitant de la sorte leur débordement.

1.2.3 Occupations diverses

Les zones d'habitats et de polyculture (H.P), les agglomérations urbaines (AG) ainsi que les affleurements rocheux (AF) ont été classé dans cette rubrique (Tab. 2.10), la superficie concernée est de 2317,4 ha soit 4,85 % de la superficie totale.

| | HP/Ag | AF |
|-----------------------|---------------|--------------|
| Tamellahet | 665,6 | 316,9 |
| Bouzegza | 356,1 | / |
| Mellah | 605,8 | 282,8 |
| Lardjem | 90,2 | / |
| S/ Totale (ha) | 1717,7 | 599,7 |
| % | 3,60 | 1,25 |

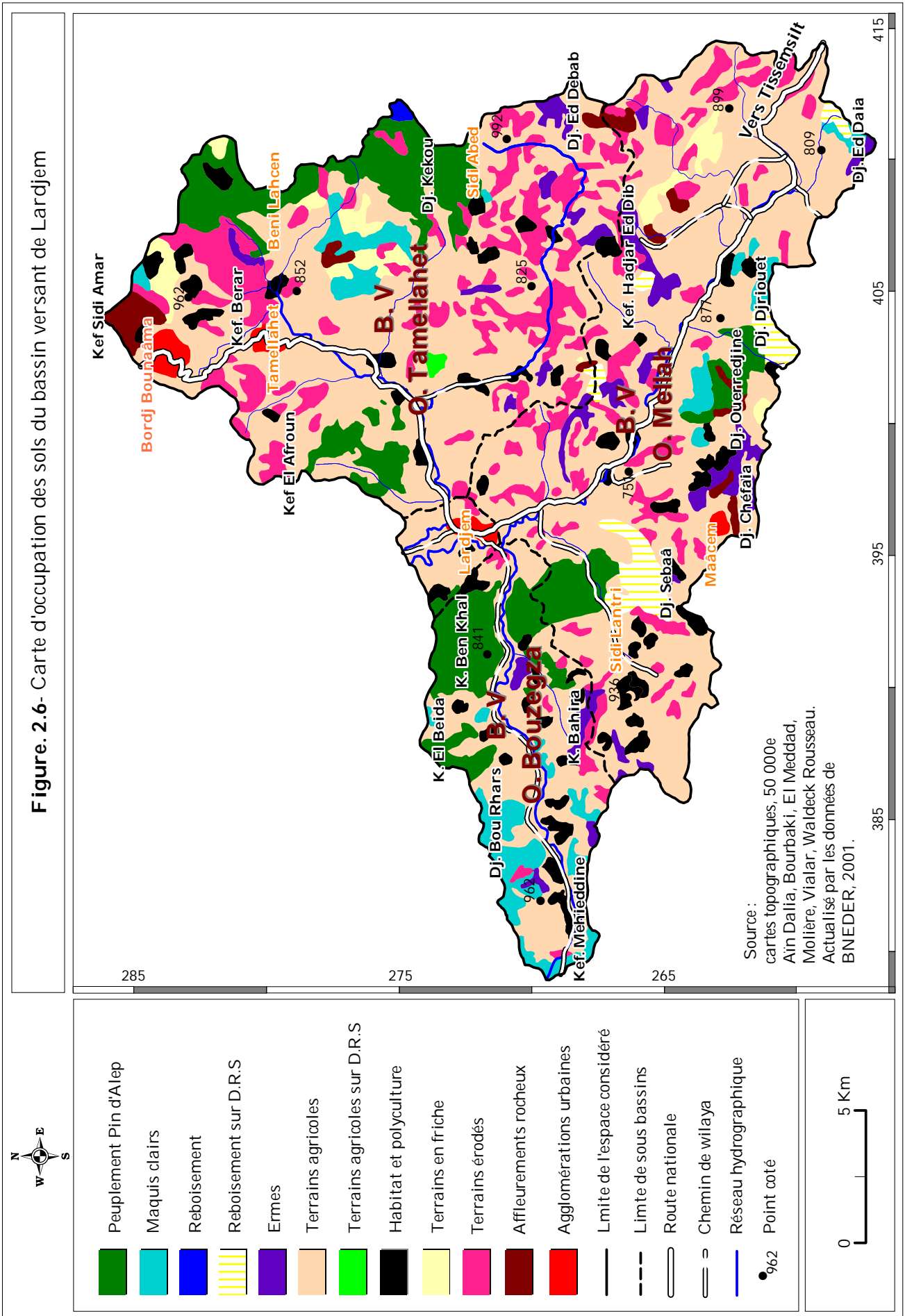
Tableau. 2.10- L'occupation diverse des sols du bassin versant de Lardjem.*

1.2.3.1 Polyculture et agglomérations urbaines

Il s'agit soit du regroupement de quelques habitations au milieu de champs d'exploitation en plein zone rurale ou de chef-lieu de daïra et de commune tels que Lardjem, Bordj Bounaâma, Maâcem, Sidi Lantri, Sidi Abed et Béni Lahcene. Ces zones recouvrent une superficie de 1717,7 ha soit 3,60 % de la superficie totale.

1.2.3.2 Affleurement rocheux (AF)

Ce sont tous les terrains rocheux à titre d'exemple ceux de Kef Sidi Amar près de Bordj Bounaâma où des bancs de calcaires apparaissent sous forme de pointements et d'escarpements imposants. Leur superficie atteint 599,7 ha soit 1,25 % de la superficie totale.



1.3 Le phénomène d'érosion

L'objectif principal de l'étude de ce phénomène est de montrer son origine et son impact sur le milieu naturel notamment lors des crues périodiques.

L'érosion est considérée comme un phénomène d'ablation. De ce fait elle prélève sur les terrains du bassin versant de l'oued Lardjem des matériaux qui en solution ou en suspension dans les eaux des oueds locaux (Tamellahet, Bouzegza, Mellah...etc.) se déposent dans les parties dépressionnaires tel que le secteur de Lardjem. A ce titre le bassin versant de l'oued Lardjem comporte quatre (04) classes de sensibilité à l'érosion (Tab. 2.11):

| Zones | Classes d'érosion | | | | Total (ha) |
|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------|---------------|----------------|
| | Sensible fortement érodée | Moyennement érodée | Sensible faiblement érodée | Peu sensible | |
| Tamellahet | 3049,3 | 3531,4 | 13190 | 329,3 | 20100 |
| Bouzegza | 449,8 | 937,1 | 5108,4 | 369,7 | 6865,3 |
| Mellah | 3315,7 | 4043,7 | 11269,7 | 1179,9 | 19809 |
| Lardjem | 288,4 | 211,3 | 496,5 | / | 996,2 |
| Total (ha) | 7103,2 | 8723,5 | 30064,9 | 1878,9 | 47770,5 |
| % S. T | 14,8 | 18,4 | 62,9 | 3,9 | 100 |

Tableau. 2.11- Superficie des classes d'érosion dans le bassin versant de Lardjem. *

A travers le tableau précédent, nous remarquons que les superficies sont variantes d'une classe à une autre, ces dernières sont représentées dans la figure 2.7 et décrites comme suit:

1.3.1 Zone sensible fortement érodée

Ce sont les terrains les plus favorables à l'érosion surtout hydrique. Le substratum argileux ou marneux ainsi que les pentes fortes et la nudité quasi totale de ces terrains les exposant à différents processus morphogénétiques où le ravinement est omniprésent.

La superficie de cette zone est de 7103,2 ha soit 14,8 de la superficie totale. Nous remarquons une nette concentration de ces terrains dans la partie centrale du

bassin, sur les unités morphologiques de type collinaire. C'est de cette partie que se diverse la grande majorité des apports liquides et solides sur la ville de Lardjem.

1.3.2 Zone moyennement sensible

Elle occupe une superficie d'environ 8723,5 ha soit 18,4 % de la superficie totale. Cette zone se localise surtout en moyenne montagne telle que l'illustre la carte d'érosion, elle concerne :

- Les terrains à sols marneux/argileux à pentes moyennes et où l'on pratique les grandes cultures sans techniques pour la réduction du taux d'érosion,
- Les zones de maquis clairs sur pentes supérieures à 12,5 % ainsi que certains affleurements rocheux (grès, calcaire...etc.).

1.3.3 Zone sensible faiblement érodée

Elle constitue presque les $\frac{2}{3}$ de la superficie globale avec 3006,9 ha soit 62,9%.

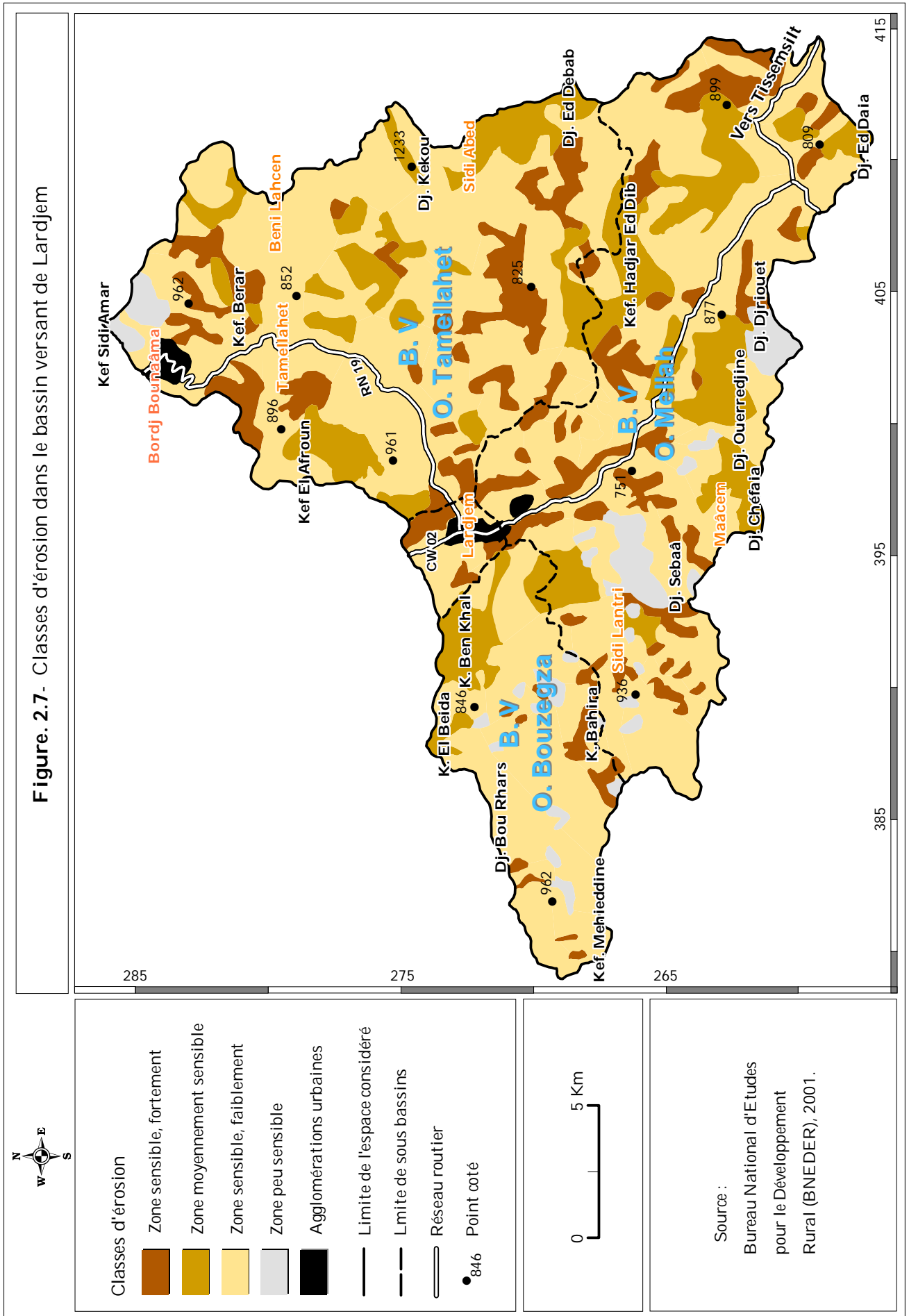
Malgré la présence de tous les paramètres prédisposant à être une zone érodée (marnes, argiles, versants accidentés, pentes fortes, réseaux hydrographique dense...), elle présente tout de même une relative stabilité, grâce à la présence d'une couverture végétale qui la préserve des effets des pluies torrentielles.

Cependant cette apparente stabilité commence à donner des signes de fléchissement, à cause de la dégradation continue du couvert végétal causé par; le surpâturage, les défrichements, les incendies et la sécheresse relative qui sévit depuis quelques années.

1.3.4 Zone peu érodée

Couvrant quelques 1878,9 ha soit 3,9 % de la superficie totale, cette zone est occupée actuellement par une forêt constituée de peuplement de pins d'Alep avec présence de chêne vert. Elle se localise aux alentours de Bordj Bounâama, Béni Lahcene et sur le Djebel Djriouet au Sud, ou à proximité de Sid Lantri.

Figure. 2.7- Classes d'érosion dans le bassin versant de Lardjem



2 Contexte hydro-géomorphologique du bassin versant de Lardjem

2.1 La morphologie

2.1.1 La topographie

Le bassin versant de Lardjem comporte trois entités topographiques différentes (Fig. 2.8), dont les valeurs sont indiquées dans le tableau 2.12, ci-après:

| Zones | Unités topographiques | | | Total (ha) |
|-------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|----------------|
| | Montagnes H > 900 m | Collines 600 - 900 m | Dépressions < 600 m | |
| B. V Tamellahet | 7385,1 | 12441,6 | 273,3 | 20100 |
| B. V Bouzegza | 2535,6 | 4183,7 | 146 | 6865,3 |
| B.V Mellah | 6453,7 | 13083,3 | 272 | 19809 |
| Lardjem | / | 382,3 | 613,9 | 996,2 |
| Total (ha) | 16374,4 | 30090,9 | 1305,2 | 47770,5 |
| % S. T | 34,28 | 62,99 | 2,73 | 100 |

*Tableau. 2.12- Superficie des unités topographiques.**

2.1.1.1 Domaine montagneux

Il est matérialisé par les parties élevées des monts de l'Ouarsenis qui sont représentées par:

- Au Nord par le Kef Sidi Amar qui culmine à 1983 m d'altitude, Kef Affroun 1076 m, Kef Djennet 1112 m et Djebel Bou Rhars 1270 m,
- Au Sud par Koudiat Mahieddine 1029 m, Djebel Chefaïa 1223 m et Djebel Djeriouet 1123 m,
- A l'Est par Djebel Djelab 1038 m, Djebel Ed Debdab 1080 m, Djebel Djatrifa 1236 m, Djebel Zakor 1220 m,
- A l'Ouest par Djebel Si Hamou dont l'altitude atteint les 1270 mètres.

Ce domaine montagneux forme une véritable ceinture et limite les impluviums des principaux oueds du bassin versant. On remarque donc que les altitudes sont

généralement supérieures à 900m et atteignent un maximum de 1983m, au niveau de Kef Sidi Amar, localisé près de l'agglomération de Bordj Bounâama.

Ce domaine s'étale sur une superficie de 16374,4 ha correspondant à 34,28 % soit plus du $\frac{1}{3}$ de la superficie totale du bassin versant, ceci dénote dès à présent l'importance de son impact sur la formation des inondations qui se déclarent en aval.

2.1.1.2 Domaine collinaire

Cet ensemble topographique très remarquable à travers l'aire d'étude par sa relative nudité et la présence de nombreux processus morphogénétiques très apparents, marque nettement la transition entre les montagnes proprement dites en amont et les vallées (zones dépressionnaires) des différents oueds tels que oued Tamellahet, oued Bouzegza et celui de Mellah, lesquels confluent au niveau de la ville de Lardjem.

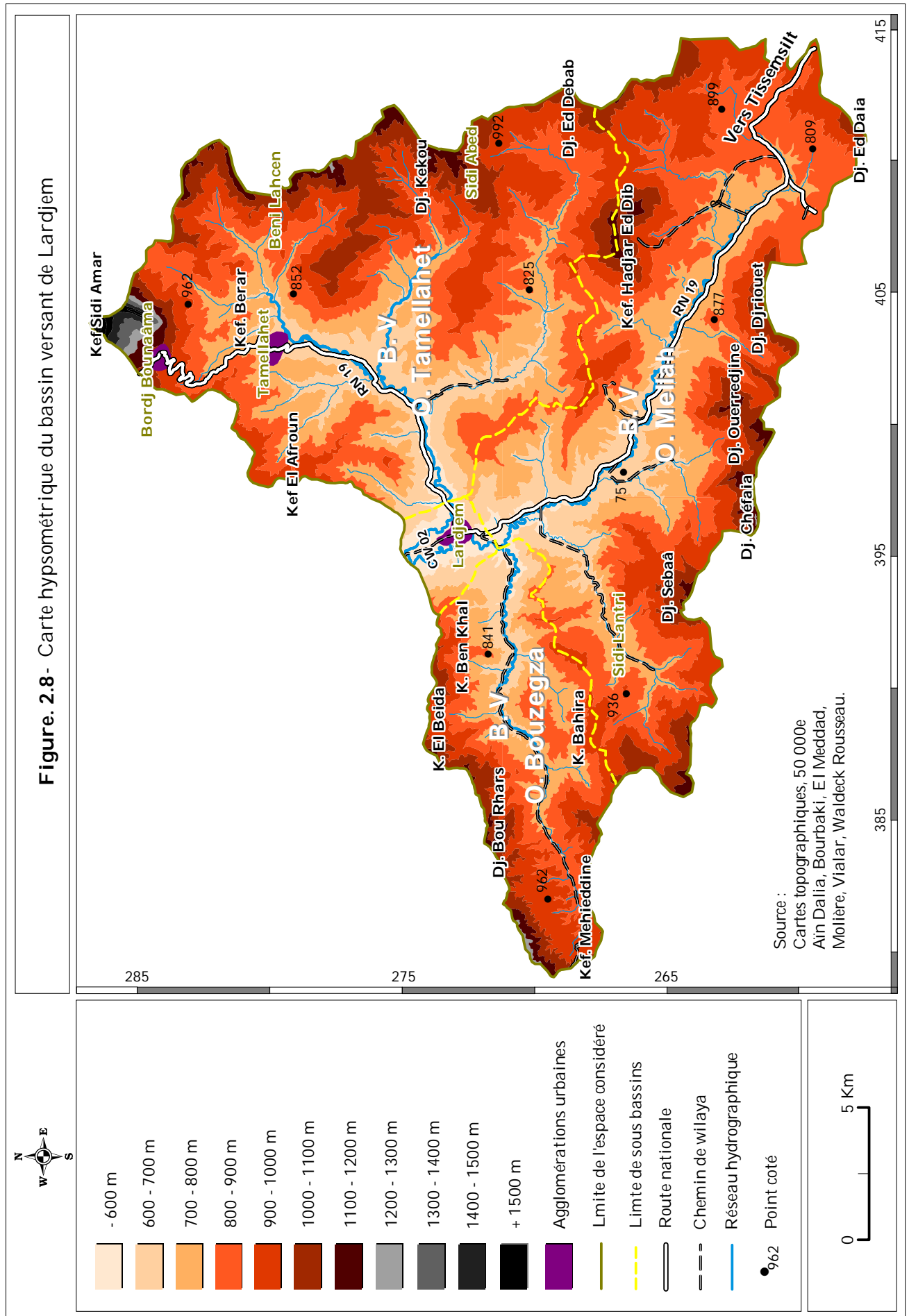
Ce domaine topographique dont les altitudes varient entre 600 et 900 mètres prédomine du point de vue superficie puisqu'il atteint 30090,9 hectares soit 62,99 % (près de $\frac{2}{3}$) de la superficie totale du bassin. Il constitue réellement le réservoir potentiel de la plupart des apports liquides et surtout solides se déversent périodiquement en aval dans l'agglomération de Lardjem. De son aménagement, son entretien et de sa protection dépend en grande partie l'atténuation au maximum des risques de crues qui ciblent la ville de Lardjem.

2.1.1.3 Domaine des vallées ou zones dépressionnaires

Relativement étroites et encaissées en amont, les différentes vallées ont tendance à s'élargir vers l'aval de fait de la diminution notable de la pente.

Ce phénomène d'élargissement des vallées, de divagation des eaux et de formation des méandres est observé surtout aux environs de l'agglomération de Lardjem, que ce soit sur l'oued Tamellahet ou l'oued Mellah.

Ceci s'explique par le fait que Lardjem est le point de confluence de ces oueds, et donc en même temps le lieu de dépôt et de déversement de la plupart de leurs apports, aussi bien liquides que solides. Les dépôts solides de granulométrie variée puisque s'étalant des blocs, aux graviers, sables, limons et colloïdes ont entraîné l'exhaussement des lits des oueds Tamellahet à l'Est et oued Mellah au Sud, de telle sorte qu'à la moindre précipitation importante, on assiste au débordement de ces cours d'eau, provoquant des inondations au niveau de la ville de Lardjem.



La superficie du domaine des vallées atteint 1305,2 ha soit 2,73 % de la superficie totale du bassin. Les altitudes varient de plus de 1000 mètres pour atteindre quelques 550 mètres en aval.

2.1.2 Les caractéristiques physiographiques des bassins versants

Ces caractéristiques d'ordre purement géométrique ou physique, sont déterminantes quant au comportement des bassins vis-à-vis du régime hydrologique. Il s'agit de l'indice de compacité, celui de pentes et le dénivelé spécifique (Tab. 2.13).

| Paramètres | Unité | B. V. O Tamellahet | B. V. O Bouzegza | B. V. O Mellah |
|-------------------------------|-------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| Indice de compacité (Kc) | / | 1,43 | 1,46 | 1,82 |
| Indice de pente de Roche (Ip) | / | 0,155 | 0,190 | 0,116 |
| Indice de pente globale (Ig) | / | 14,449 | 24,188 | 9,627 |
| Dénivelé spécifique (Ds) | m | 107,17 | 171,03 | 68,07 |
| Relief d'après ORSTOM | / | Assez fort | Assez fort | Modéré |

Tableau. 2.13- Caractéristiques physiographiques des sous bassins versants.*

2.1.2.1 Indice de compacité de Gravelius (Kc)

L'indice de compacité ou coefficient de forme, donne une idée assez précise sur la forme des bassins versants. L'indice de compacité de Gravelius exprime le rapport du périmètre du bassin versant au périmètre du cercle de même superficie que ce bassin (équ. 2.1).

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2.1)$$

Avec; Kc : indice de compacité de Gravelius, P : périmètre du bassin versant, A : superficie du bassin versant (km^2).

Dans le cas où le $Kc = 1.0$, le bassin versant est quasiment circulaire, plus le Kc croît, plus la compacité diminue et le bassin versant plus allongé.

Avec l'indice de compacité loin de l'unité (Kc est compris entre un minimum de 1,43 et un maximum de 1,82), nos bassins versants ont une forme allongée. Ce qui permet d'ores et déjà de retenir que le temps de concentration des eaux de ruissellement est assez long. Il faut cependant noter que le bassin versant de Tamellahet qui enregistre une valeur de Kc qui se rapproche le plus de un (1), est le moins allongé, alors que sa superficie est la plus importante (Tab. 2.13).

2.1.2.2 Les pentes

Elles constituent un élément important dans l'analyse hydrographique et hydrologique, devant faire ressortir les principales caractéristiques entrants dans l'estimation des apports liquides et solides, de même que la mobilisation des ressources en eau de surface. Il s'agit aussi d'un paramètre déterminant dans la mesure, où il conditionne plusieurs autres éléments du milieu tels que l'érosion, le ruissellement et le couvert végétal. Pour caractériser ce paramètre, nous procéderons de démontrer la classification des pentes au niveau du bassin versant, ensuite d'illustré la répartition spatiale de ces classes, afin de calculer l'indice de pente de Roche, l'indice de pente globale et le dénivelé spécifique.

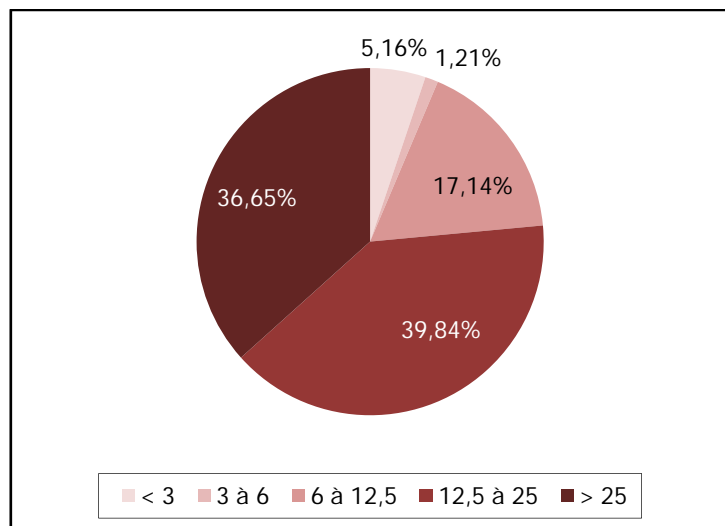
▪ Classes de pentes

Dans notre cas, cinq classes de pentes ont été retenues, dont les résultats sont fournis par le tableau suivant (Tab. 2.14):

| Zones | Classes de pentes (%) | | | | | Total (ha) |
|-------------------|-----------------------|-------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| | < 3 | 3 - 6 | 6 - 12,5 | 12,5 - 25 | > 25 | |
| Tamellahet | 1038 | 82 | 3592,3 | 7452,8 | 7934,9 | 20100 |
| Bouzegza | 77,3 | 187,3 | 352,1 | 2895,9 | 3352,7 | 6865,3 |
| Mellah | 912,6 | 309,7 | 3934,3 | 8432,8 | 6219,6 | 19809 |
| Lardjem | 436,1 | / | 305,9 | 254,2 | / | 996,2 |
| Total (ha) | 2464 | 579 | 8184,6 | 19035,7 | 17507,2 | 47770,5 |
| % S. T | 5,16 | 1,21 | 17,14 | 39,84 | 36,65 | 100 |

Tableau. 2.14- Classes des pentes dans le bassin versant de Lardjem. *

Figure. 2.9- Classes des pentes dans le bassin versant de Lardjem.



Au vue de la figure 2.9, on voit la dominance des pentes supérieures à 12,5 %, où elle occupe près de 76,49 % de la superficie totale du bassin versant, ce qui en relation avec le caractère montagneux de la zone d'étude, par conséquence, on distingue dès maintenant l'influence du facteur « pente » sur la vitesse d'écoulement des eaux:

Classe inférieure à 3 % : Cette classe caractérise les pentes très faibles et concerne donc les zones des plaines, des plateaux, des replats et des terrasses alluviales. Au niveau de la ville de Lardjem, c'est cette classe des pentes, qui subit le plus souvent les inondations, du fait qu'elle constitue les terrasses des oueds Tamellahet et Mellah. A travers le bassin versant, la superficie de cette classe est de 2464 ha et représente donc 5,16 % de la superficie totale.

Classe 3 % - 6 % : Ce sont les pentes qualifiées de faibles, elles se rapportent aux zones de bas de piémont et aux reliefs faiblement ondulés. Leur superficie est de 579 ha soit 1,21 % de la superficie totale.

Classe 6 % - 12,5 % : il s'agit des pentes moyennes que l'on rencontre au niveau des collines et monticules aux sommets évasés. Près de 17,14 % de la superficie totale soit 8184,6 ha constituent cette classe.

Classe 12,5 % - 25 % : Cette classe caractérise les pentes fortes telles que les hauts de piémonts et des collines aux reliefs accidentés. Elle constitue la classe la plus importante de l'aire d'investigation, puisque elle est de l'ordre de 39,84 % de la superficie totale soit 19035,7 hectares.

Classe supérieure à 25 % : Cette classe englobe le domaine montagneux en général. Elle est donc en rapport direct avec l'importance de cet ensemble topographique, très présent à travers le bassin versant. Sa superficie totale est de l'ordre de 17507,2 ha soit 36,65 % de la superficie totale.

▪ **Indice de pente de Roche (Ip)**

L'indice de pente de Roche sert à déterminer la pente moyenne avec les données réelles du bassin versant (équ. 2.2).

$$I_p = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{A_i - d_i}}{\sqrt{L_e}} \quad (2.2)$$

Avec; I_p : indice de pente de Roche, A_i : % de la surface correspondante à la dénivelée d_i par rapport à la surface totale du bassin versant, d_i : dénivelée correspondante à A_i (m), L_e : longueur du rectangle équivalent (m).

D'après les résultats obtenues; il ressort que les valeurs oscillent entre un maximum de 19 % pour le bassin versant d'oued Bouzegza et un minimum de 11,6 % (Mellah), avec une situation intermédiaire pour le bassin versant de l'oued Tamellahet (15,5%), (Tab. 2.13).

▪ Indice de pente globale (I_g)

Plus simple à calculer, il est fourni par le rapport de la Dénivelée utile à la longueur du rectangle équivalent (équ. 2.3).

$$I_g = \frac{D}{L_e} \quad (2.3)$$

Avec; I_g : indice de pente globale, L_e : Longueur du rectangle équivalent, D : H5% - H95% (tirées de la courbe hypsométrique).

Les résultats obtenus montrent que, la plus haute valeur caractérise le bassin versant de l'oued Bouzegza (24 %), qui présente la plus petite surface. Le bassin versant de l'oued Mellah enregistre une faible valeur de neuf pourcent (9 %). Ce qu'il faut noter, c'est que le bassin versant de l'oued Tamellahet qui occupe la superficie la plus importante, enregistre une valeur intermédiaire (15 %), (Tab. 2.13).

2.1.2.3 Dénivelée spécifique (D_s)

La Dénivelée spécifique sert à comparer les indices des pentes des bassins versants de superficies différentes. Elle est donc indépendante de l'aire du bassin versant, ce qui donne la possibilité de comparaison entre ces valeurs pour différents bassins. De même qu'elle sert à la classification du relief selon l'ORSTOM¹⁷ (équ. 2.4).

¹⁷ ORSTOM classe les reliefs en fonction de la dénivelée spécifique (D_s) en sept (7) classes, où les valeurs varient entre $D_s < 10m$ pour un relief très faible à $D_s > 500m$ pour les reliefs très forts.

$$D_s = I_g \cdot \sqrt{S} \quad (2.4)$$

Avec; D_s : dénivelée spécifique (m), I_g : indice de pente globale, S : surface du bassin versant.

Les valeurs obtenues sont de type R5 (entre 100 et 250 m) pour Tamellahet et Bouzegza, et R4 (entre 50 et 100 m) pour Mellah (Tab. 2.13). Ce qui permet d'aboutir selon ORSTOM à la classification suivante:

- *Relief assez fort* : Bassin versant de l'oued Tamellahet et celui de Bouzegza,
- *Relief modéré* : Bassin versant de l'oued Mellah.

2.2 La lithologie

Du point de vue géologique la région de Lardjem présente différentes séries lithologiques (Fig. 2.10). Cette zone fait partie de la chaîne de l'Ouarsenis laquelle constitue un vaste massif tellien délimité au sud par les hautes plaines et le plateau du Sersou et au nord par le bassin sédimentaire du Chélif.

2.2.1 Unités lithologiques

Les différentes séries géologiques (Trias, l'Autochtone jurassique, les séries allochtones, les formations du Miocène inférieur, le Pliocène et le Quaternaire) sont représentées par des formations lithologiques telles que les calcaires, les grès, les marnes, les argiles, les schistes, les marno-calcaires, les gypses, les conglomérats-poudingues et les alluvions diverses (Tab. 2.15).

| Zones | Formations lithologiques | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------|--------------|-------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| | Gypse | C | G | A | M | Mc | F | C/P | A/C | AI |
| Tamellahet | 924,3 | 219,6 | 499,1 | 5208,5 | 6876 | 3484,3 | 1889 | 182,2 | 87 | 730 |
| Bouzegza | 136,1 | / | 6,2 | 196,7 | 4195,6 | 1314,1 | 406,3 | 145,6 | / | 464,7 |
| Mellah | 499,6 | / | 3444,7 | 2518,6 | 10696,3 | 667,9 | 401,8 | 675,9 | / | 904,2 |
| Lardjem | 20,4 | / | / | 156,8 | 120,8 | 133,5 | / | / | 59,5 | 505,2 |
| Total (ha) | 1580,4 | 219,6 | 3950 | 8080,6 | 21888,7 | 5598,8 | 2697,1 | 1003,7 | 146,5 | 2604,1 |
| % S. T | 3,3 | 0,4 | 8,3 | 16,9 | 45,9 | 11,7 | 5,6 | 2,1 | 0,3 | 5,5 |

Tableau. 2.15- Valeurs des différentes unités lithologiques du bassin versant de Lardjem. *

▪ **Calcaires du jurassique (C)**

Ce sont les roches du Jurassique compactes et dures. Elles opposent une grande résistance à l'érosion. Ce faciès est fortement fracturé (diaclasses), ces calcaires ont subis sous l'action météorologiques (circulation des eaux souterraines) une dissolution permettant la formation d'écoulements souterrains et de cônes d'éboulis visibles aux environs de Bordj Bounaâma.

D'ailleurs c'est à cet endroit que s'érige un imposant affleurement de calcaire (Kef Sidi Amar à 1983 m d'altitude). De nombreuses résurgences coulent aux pieds de ces pointements rocheux. Leur superficie planimétrique est d'environ 219,6 ha soit 0,4 % de la superficie totale.

▪ **Grès (G)**

Ce sont les Grès du tertiaire plus ou moins tectonisés, ils présentent le plus souvent une structure tabulaire à pendage faible. Ces assises gréseuses reposent fréquemment sur des couches marnes imperméables. Ils apparaissent surtout dans la partie méridionale de l'air d'étude, au Djebel Chefaïa, Djebel Djriouet et recouvrent une superficie de 3950 ha soit 8,3 % de la superficie totale.

▪ **Argiles (A)**

Ces roches très propices au ruissellement donc défavorables à la constitution d'aquifères, subissent facilement les attaques des différents facteurs physiques et en premier lieu l'eau qui les incise profondément en zone pentues. Ils sont présents sur une superficie relativement importante puisque atteignant 8080,6 ha soit 16,9 % de la superficie totale. On les trouve en majeure partie dans le bassin versant de l'oued Tamellahet (Kef Berar, Koudiat Bameur et Koudiat Bessem près de l'agglomération de Lardjem).

▪ **Marnes (M)**

C'est le faciès lithologique le plus répandu dans l'air d'investigation, il représente 45,9 % de la superficie totale soit 218887,7 hectares. Ces roches tendres présentent une érosion importante. Malgré leur relative importance à travers le bassin versant, elles sont dans la plupart des cas conquises par un couvert végétal constitué de forêt et de maquis plus ou moins denses, qui leur assurent actuellement une relative protection contre l'érosion en générale et l'érosion hydrique en particulier. Mais cette protection a tendance à diminuer aux environs de l'agglomération de Lardjem, qui est sujette très souvent à des inondations catastrophiques.

- **Marno-calcaires (Mc)**

Cette association de roches s'étale sur une superficie de 5599,8 ha soit 11,7 % de la superficie totale. Ces roches se localisent à l'Est de Béni Lahcene et Sidi Abed, on les retrouve aussi à l'Ouest à Djebel Bou Rhars et Koudiat Mahieddine. Elles forment généralement le substrat de formation de pins d'Alep.

- **Gypses (Gy)**

Ils affleurent sous forme de lentilles de petites tailles. Leur superficie est de l'ordre d'environ 1580,4 ha soit 3,3 % de la superficie totale. Ils sont les principaux responsables de la salinité des eaux et des sols de Lardjem et présentent de la sorte une contrainte majeure pour certaines végétations.

- **Flyschs (F)**

C'est une alternance de roches à faciès sédimentaire varié. Dans notre cas, il s'agit d'une alternance de calcaires et de marnes. Ils se localisent surtout à proximité de Tamellahet et Bordj Bounaâma et constituent des aquifères qui sont cependant peu importants vu l'épaisseur du faciès, leur superficie atteint 2697,1 ha soit 5,6 % de la superficie du bassin versant.

- **Conglomérats /poudingues**

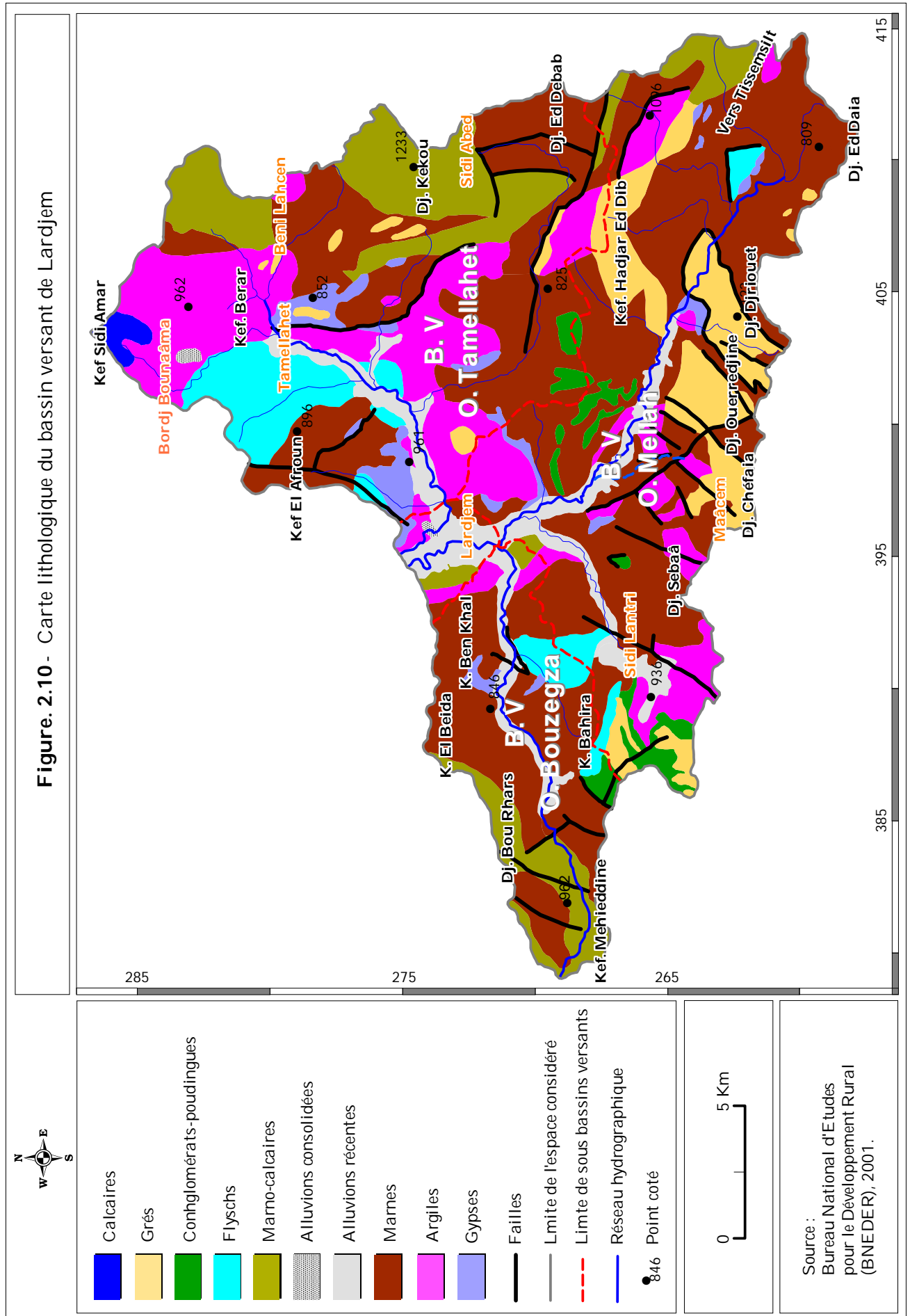
Peu importante dans l'aire d'étude, cette formation recouvre à peine 1003,7 ha soit 2,1 % de la superficie totale. Elle se rencontre surtout dans la partie méridionale du bassin de Lardjem.

- **Alluvions consolidées**

Elles occupent 146,5 ha soit 0,3 % de la superficie totale et se trouvent à proximité de la ville de Lardjem sur la rive droite de l'oued Tamellahet et près de l'agglomération de Bordj Bounaâma.

- **Alluvions récentes**

D'une superficie de 2604,1 ha soit 5,5 % de la superficie globale. Ces alluvions quaternaires s'étalent tout le long des principaux oueds, ils sont le siège de nappes phréatiques très utiles pour le développement de l'agriculture. Il s'agit essentiellement des terrasses alluviales.



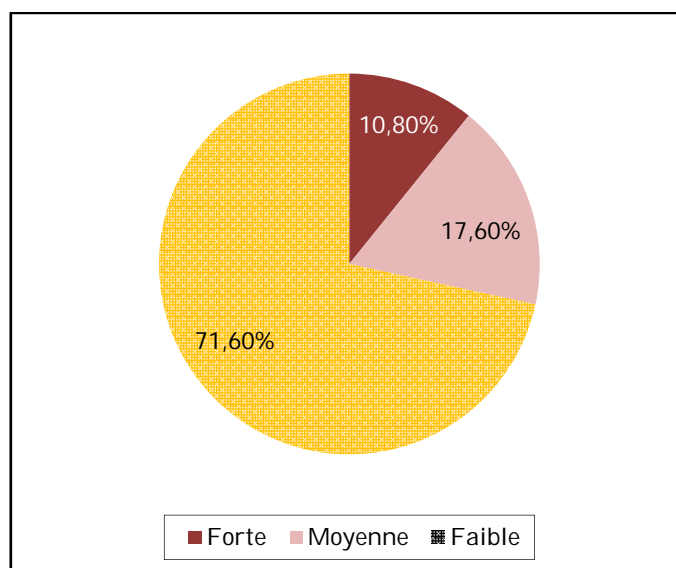
2.2.2 Résistance des roches à l'érosion

Selon les faciès des roches, trois classes ont été identifiées (Tab. 2.16):

| Zones | Formations lithologiques | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------|--------|--------|---------------|--------|-------|----------------|--------|--------|--------|
| | Forte | | | Moyenne | | | Faible | | | |
| | C | G | C/P | Mc | F | AC | M | A | Gy | AI |
| Tamellahet | 219,6 | 499,1 | 182,2 | 3484,3 | 1889 | 87 | 6876 | 5208,5 | 924,3 | 730 |
| Bouzegza | / | 6,2 | 145,6 | 1314,1 | 406,3 | / | 4195,6 | 196,7 | 136,1 | 464,7 |
| Mellah | / | 3444,7 | 675,9 | 667,9 | 401,8 | / | 10696,3 | 2518,6 | 499,6 | 904,2 |
| Lardjem | / | / | / | 133,5 | / | 59,5 | 120,8 | 156,8 | 20,4 | 505,2 |
| S/total(ha) | 219,6 | 3950 | 1003,7 | 5599,8 | 2697,1 | 146,5 | 21888,7 | 8080,6 | 1580,4 | 2604,1 |
| Total (ha) | 5173,3 | | | 8443,4 | | | 34153,8 | | | |
| % S. T | 10,8 | | | 17,6 | | | 71,6 | | | |

Tableau. 2.16- Classes des formations lithologiques selon leur résistance à l'érosion.*

Figure. 2.11- Classes de résistance des formations lithologiques à l'érosion.



2.2.2.1 Roches peu résistantes à l'érosion

Cette classe regroupe les marnes (M), les argiles (A), les gypses (Gy) ainsi que les alluvions quaternaires récentes (AI), leur superficie atteint 34153,8 ha soit 71,6 % de la superficie globale.

2.2.2.2 Roche moyennement résistantes

Il s'agit des roches marno-calcaires (Mc), des flyschs (F) et des alluvions consolidées (AC). Elles s'étendent sur 8443,4 ha soit 17,6 % de la superficie totale.

2.2.2.3 Roches résistantes

Le calcaire, les grès et les conglomérats poudingues entrent dans cette catégorie qui s'étale sur 5173,3 ha soit 10,8 % de la superficie totale.

2.3 L'hydrologie

Notre zone d'étude s'étend sur une superficie de planimétrie de 47770,5 ha, elle est constituée de trois bassins versants, lesquels font partie du grand bassin versant de l'oued Lardjem, il s'agit du bassin versant de l'oued Mellah, du bassin versant de l'oued Bouzegza et du bassin versant de l'oued Tamellahet (Fig. 2.12). Cette analyse hydrologique va donc concerner ces trois bassins versants, d'abord nous présentons les paramètres; superficie, périmètre et longueur de l'oued principal (Tab. 2.17).

| Sous bassins versants | Superficie (km ²) | Périmètre (km) | Longueur (km) |
|-----------------------|-------------------------------|----------------|---------------|
| Tamellahet | 201,00 | 71,94 | 19,68 |
| Bouzegza | 68,64 | 42,94 | 20,52 |
| Mellah | 198,10 | 90,77 | 32,02 |

Tableau. 2.17- Données générales des sous bassins versants. *

2.3.1 Découpage en sous bassins versants

2.3.1.1 Oued Tamellahet

La source de l'oued Tamellahet, ainsi que les points de départ de ses nombreux affluents, se trouvent pour la plupart à plus de 1000 m d'altitude, dans les monts de l'Ouarsenis qui constituent la limite Nord de notre air d'étude. Bien qu'il soit à écoulement pérenne, il a un régime saisonnier. Durant la période sèche, l'écoulement se réduit à un mince filet d'eau qui serpente le long de la vallée, dans le chenal d'étiage comme la pente est très faible dans la partie médiane et avale, il se forme par endroits des chenaux anastomosés. On note aussi la présence de nombreuses méandres, ou des berges constituées en grande partie par des formations détritiques friables, peu résistantes à l'érosion.

Lors des crues, le sapement des berges sur lesquelles viennent butter les eaux, cause des dégâts considérables. Le sapement latéral des berges constitue une menace constante pour les routes et les ouvrages d'arts mal protégés. Plus on remonte vers l'amont plus la pente de l'oued s'accroît.

La longueur du talweg principal est de l'ordre de 19,68 km, alors que le bassin versant correspondant occupe une superficie de 201 km² soit 42 % de la zone d'étude.

Parmi les nombreux affluents de l'oued Tamellahet, l'oued El Djouza est le plus important, l'oued Baïad, oued Guettar, oued El Nehal, oued El Arrar, oued Doukkara et oued Taïda.

2.3.1.2 Oued Mellah

Il est de direction générale Sud-Est/Nord-Ouest, l'oued Mellah a façonné une vallée en forme de U. la largeur de cette vallée augmente d'amont en aval. Dans sa partie terminale au niveau de la ville, elle dépasse les 100 m et dans certains méandres, elle avoisine les 200 mètres.

L'oued Mellah se situe dans la partie Sud-Est du bassin versant au Djebel Ben Haouach, coule sur environ 32 km. Son bassin versant s'étend sur une surface de 198,10 km², se caractérisant par un réseau hydrographique dense et hiérarchisé. L'oued principal possède en effet de nombreux affluents à leur tour très ramifiés, les plus importants sont oued Bouzegza, oued Khouikhia, oued Hamoul, oued Benzaroud, oued El Khareb et oued El Ghoussia.

La pente moyenne de l'oued est dans l'ensemble faible, changeant cependant de manière significative d'amont en aval. En effet, dans sa partie amont (zone montagneuse) l'oued est encaissé, sa vallée est en forme de V et sa pente avoisine les 10 % (sur environ 2 km). En revanche, dans la partie médiane et sur une grande distance, la pente s'adoucit jusqu'à devenir très faible à sa terminaison aval. En dehors du tronçon amont où l'oued continue de creuser son lit, il a façonné ailleurs une vallée en forme de U ou vallée à fond plat (essentiellement dans sa partie terminale) et un tracé sinueux avec une multitude de méandres. Ainsi, l'oued ne creuse plus mais sape latéralement les berges lors des crues. Les berges qui correspondent souvent aux limites alluviales, ne sont pas très hautes (2 à 3m), et seules les berges qui correspondent aux pieds de versants sont élevées (plus de 5 m).

2.3.1.3 Oued Bouzegza

Parmi les nombreux affluents que compte l'oued Mellah, celui de oued Bouzegza est le plus important. Il prend naissance à 1200 m d'altitude dans Djebel Si Hamou qui se trouve dans la partie Ouest de la zone d'étude. De direction générale Ouest-Est, l'oued Bouzegza vient déverser ses eaux dans l'oued Mellah juste à l'entrée Sud-

Ouest de la ville de Lardjem. Il coule sur environ 21 km et son bassin versant occupe une superficie totale de 68,64 km².

Dans sa partie aval l'oued Bouzegza présente plusieurs méandres, ses berges sont peu élevées, formées principalement d'éléments fins (argiles et sables) et on note parfois le passage de lentilles de galets émoussés, la vallée assez large et en forme de U, le segment latéral est très actif dans cette partie menace sérieusement la route qui longe cette oued et qui relie Lardjem à Malaâb. En effet, à plusieurs endroits, la route s'est affaissée suite aux écoulements qui sapent les berges. Plus en amont, la vallée se rétrécit, la sinuosité diminue et la pente augmente. Dans cette partie, l'oued Bouzegza creuse en profondeur, la vallée est en forme de V, sa pente atteint 25 % et diminue progressivement jusqu'à atteindre 1 % dans sa partie terminale avant de se jeter dans l'oued Mellah.

2.3.2 Caractéristiques du réseau hydrographique

D'après Roche (1963), le réseau hydrographique se définit comme étant l'ensemble des canaux de drainage naturel où s'écoulent les eaux, plusieurs paramètres servent à le décrire (Tab. 2.18).

| Paramètres | Unité | O. Tamellahet | O. Bouzegza | O. Mellah |
|------------------------------|--------------------|---------------|-------------|-----------|
| Pente moyenne | % | 2,28 | 2,88 | 0,98 |
| Densité de drainage | km/km ² | 4,18 | 5,14 | 4,26 |
| Coefficient de torrentialité | / | 11,03 | 13,62 | 9,63 |
| Coefficient d'écoulement | % | 26 | 26 | 10 |

Tableau. 2.18- *Caractéristiques du réseau hydrographique des sous bassins versants.**

2.3.2.1 Pentés moyennes des cours d'eaux

C'est une variable qui détermine la vitesse avec laquelle l'eau se rend à l'exutoire du bassin versant et qui influence le débit maximal observé. Une pente abrupte accélère l'écoulement superficiel tandis-que, sur un terrain plat, l'eau aura plus de temps pour s'infiltrer dans le sol (équ. 2.5).

$$PMR = \frac{2HMDY}{L} \quad (2.5)$$

Avec; *PMR* : pente moyenne du cours d'eau (m/km), *HMDY* : hauteur moyenne du cours d'eau (m), *L* : longueur du cours d'eau (km).

Pour notre cas, la pente moyenne des cours d'eau est faible, variant entre un minimum de (0,98 %) pour l'oued Mellah, et un maximum pour l'oued Bouzegza dont la valeur (2,88 %) est légèrement supérieure à celle de l'oued Tamellahet (2,28 %). La pente de ces oueds change cependant de façon significative selon qu'on soit en amont, dans la partie médiane ou en aval.

2.3.2.2 Densité de drainage (Dd)

La densité de drainage permet de donner un contenu à la notion de chevelu hydrographique (dense ou lache). Elle est fonction de la formation du bassin versant et étroitement liée aux facteurs lithostratigraphiques (perméabilité des terrains, pentes, couvert végétal...etc.). La densité de drainage représente la longueur totale du cours d'eau, rapportée à la surface totale du bassin versant (équ. 2.6).

$$Dd = \frac{\sum Li}{A} \quad (2.6)$$

Avec; *Da* : densité de drainage (km/km²), *Li* : longueur totale des cours d'eau de tout ordre (km), *A* : superficie du bassin versant (km²).

La zone d'étude se caractérise dans l'ensemble par un chevelu hydrographique dense. Il a été en effet enregistré une densité de drainage supérieure à 4 km/km². Ceci est valable pour les trois cours d'eau, avec cependant une forte densité de drainage concernant l'oued Bouzegza (5,14 km/km²), alors que Tamellahet présente en comparaison la plus faible valeur (4,18 km/km²).

2.3.2.3 Coefficient de torrentialité (Ct)

Ce coefficient exprime de façon déterminante la torrentialité dans le bassin versant d'où la détermination du degré de sensibilité à l'érosion. En effet plus la valeur du coefficient de torrentialité est importante, plus la dissection générale du relief est élevée. Il est obtenu en faisant de la densité des cours d'eau d'ordre un (1) sur la surface totale du bassin versant (équ. 2.7).

$$C_t = F1 Dd \quad (2.7)$$

Avec; C_t : coefficient de torrentialité, Dd : densité de drainage (km/km^2), $F1$: fréquence des talwegs élémentaires où ($F1= N/S$). N : nombre de talwegs d'ordre 1, S : surface du bassin versant.

Le coefficient de torrentialité qui dépend de la densité du réseau hydrographique et d'autres facteurs (pente, lithologie, couvert végétal, etc...) est assez élevé. Les valeurs enregistrées pour Bouzegza et Tamellahet se rapprochent avec respectivement 13,62 et 11,03. En revanche, oued Mellah est moins torrentiel, enregistrant une valeur de (C_t) égale 9,63.

2.3.2.4 Coefficient d'écoulement

Le coefficient d'écoulement est souvent utilisé entant que valeur relative, parcequ'il reflète mieux le rôle diversifié des facteurs physiographiques propres aux bassins versants. Il est intéressant de comparer les volumes précipités aux lames d'eaux écoulées. C'est la notion du bilan d'écoulement qu'on utilise souvent pour quantifier les transferts d'eaux issues des précipitations (équ. 2.8, équ. 2.9).

$$C = \frac{E}{P} 100 \quad (2.8)$$

Où $E = P - D$.

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad (2.9)$$

Où $L = 300 + 25 T + 0,05 T^3$

Avec; C : coefficient d'écoulement, E : déficit d'écoulement moyen annuel (mm), P : Lame d'eau moyenne (mm) reçue par le bassin versant (tirée de la carte des isohyètes), L : pouvoir évaporant, T : température moyenne annuelle D : évapotranspiration réelle de la zone d'étude (mm/an).

La valeur de ce paramètre est de (26%) pour les deux oueds Bouzegza et Tamellahet et (10%) pour l'oued Mellah.

3 Aléa inondation dans la ville de Lardjem

Pour l'évaluation de l'aléa inondation au niveau la ville de Lardjem, nous nous sommes basé sur trois paramètres, parmi les cinq définis en premier chapitre, dont le but principal est d'arriver à circonscrire les zones favorables à l'inondation.

3.1 Vitesse de ruissellement

La vitesse de ruissellement ou de transfert est souvent utilisée pour la quantification des apports liquides des cours d'eau. Elle exprime également la concentration du drainage dans le bassin versant. Pour obtenir ce paramètre, on divise la longueur du talweg principal (m) sur le temps de concentration exprimé par seconde (Tab. 2.19).

| Paramètres | Unité | O. Tamellahet | O. Bouzegza | O. Mellah |
|---------------------------------|------------|---------------|-------------|-------------|
| Longueur du talweg | m | 20000 | 21000 | 32000 |
| Temps de concentration | Seconde | 22180" | 16620" | 27420" |
| Vitesse de ruissellement | m/s | 0,90 | 1,26 | 1,17 |

*Tableau. 2.19- Paramètres d'évaluation de la vitesse de ruissellement.**

▪ Temps de concentration (Tc)

La notion du temps de concentration est très utile pour les études des crues. Il représente la durée nécessaire à l'eau tombée dans la région la plus éloignée d'un bassin versant pour gagner son exutoire. Le temps de concentration est plus long pour un bassin versant de forme allongée et étroite. Il est plus court lorsque l'aire réceptrice est ramassée et en pente forte. Enfin, il augmente avec la longueur des différents tronçons du réseau hydrographique (équ. 2.10).

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0,8\sqrt{(H_{moy} - H_{min})}} \quad (2.10)$$

Avec, T_c : temps de concentration (heure), L : longueur du talweg principal (km), H moy: altitude moyenne, H_{min} : altitude minimale (m).

Le temps de concentration diffère sensiblement d'un cours d'eau à un autre. Il est plus court pour Bouzegza (16620'') et plus long pour oued Mellah (27420''). Quant à Tamellahet, il enregistre une valeur intermédiaire (22180'').

▪ **Vitesse de ruissellement (V_r)**

$$V_r = \frac{L}{T_c} \quad (2.11)$$

Avec; V_r : vitesse de ruissellement (km/h), L : longueur du talweg principal (km), T_c : temps de concentration (heure).

L'oued Bouzegza présente la plus haute valeur (1,26 m/s), il est donc le plus menaçant. Même s'il ne draine qu'une faible surface (6865,3 ha), la morphologie des reliefs assez forts fait que cette vitesse est importante. La menace que pourrait constituer l'oued Bouzegza est d'autant plus grande qu'il constitue le principal affluent de l'oued Mellah. Ensuite, l'oued Mellah qui peut également provoquer des inondations sur la ville dans la mesure où il enregistre une valeur intermédiaire (1,17 m/s) qui le place juste derrière l'oued Bouzegza sur le plan de la menace. Enfin, l'oued Tamellahet qui est donc le moins menaçant, avec une valeur soit de (0,90 m/s). Même s'il draine la plus grande superficie (20100 ha), (Fig. 2.13).

3.2 Débits périodiques des oueds (période de retour)

Les valeurs retenues des débits périodiques ont été obtenues selon la formule de SOKOLOVSKY et la méthode Rationnelle¹⁸ (équ. 2.12, équ. 2.13).

Formule de SOKOLOVSKY :

$$Q_{\max}(F\%) = \frac{0,28 \cdot P_{tc}(F\%) \cdot \alpha \cdot S \cdot f}{t_m} \quad (2.12)$$

Avec, P_{tc} : pluie de temps de concentration pour une fréquence donnée, t_m : temps de montée pris égal à t_c (temps de concentration), F : coefficient de forme de la crue = $12 / (4 + 3\gamma)$ où γ est compris entre 1 et 2 pour les petits bassins versant. α : Coefficient de ruissellement, S : surface du bassin versant.

¹⁸ Selon le BNEDER, 2001: les deux formules sont mieux adaptées aux conditions des bassins versants étudiés.

Formule Rationnelle :
$$Q_{\max}(F\%) = \frac{C \cdot P_{tc}(F\%)S}{3,6 \cdot T_c} \quad (2.13)$$

Avec; T_c : temps de concentration du bassin versant, S : surface du bassin versant, C : coefficient de ruissellement, P_{tc} et F : expliqué ci-haut.

La valeur retenue a été donc obtenue en faisant la moyenne des valeurs de chacune de deux formules retenues, majorée de 10 % (Tab. 2.20).

| Qmax (m ³ /s) | | Tamellahet | Bouzegza | Mellah |
|---|----------|------------|------------|------------|
| Formule de SOKOLOVSKY | 20 ans | 254,95 | 115,77 | 202,40 |
| | 100 ans | 324,50 | 147,35 | 257,62 |
| | 1000 ans | 400,18 | 181,72 | 317,70 |
| Méthode Rationnelle | 20 ans | 289,06 | 131,23 | 229,48 |
| | 100 ans | 321,92 | 146,18 | 255,57 |
| | 1000 ans | 352,89 | 160,24 | 280,16 |
| Valeurs retenues (m³/s) | | 355 | 161 | 282 |

Tableau. 2.20- Débits périodiques par bassin versant. *

Vue les enjeux qui existent dans la ville de Lardjem, les valeurs adoptées sont pour une période de retour de 100 ans, car les périodes de retour de 1000 ans et plus sont considérées pour les grandes infrastructures stratégiques tels que les grands barrages...etc.

Le bassin versant de l'oued Tamellahet enregistre la plus grande valeur avec 355 m³/s, pour une période de retour de cent ans (100 ans), par conséquent il est le plus dangereux sur la ville de Lardjem. Le bassin versant de l'oued Mellah atteint une valeur de 282 m³/s, cette dernière le place derrière le bassin versant de Tamellahet du point de vu dangerosité, et enfin le moins menaçant est celui de l'oued Bouzegza avec 161 m³/s, (Fig. 2.14).

3.3 Volume de matière transporté (transport solide)

La connaissance des transports solides s'effectue le long des cours d'eau et elle est fondamentale pour évaluation de l'aléa inondation.

L'estimation des apports solides se fera à partir la formule suivante adaptée à notre pays;

▪ **Formule de TIXERONT**

C'est une formule très utilisée dans le bassin méditerranéen, notamment en Algérie. Elle définit l'importance du transport solide en fonction du ruissellement moyen annuel et de la perméabilité du bassin versant (équ. 2.14):

Formule de Tixeront: $Ta = L \cdot le^{0,15}$ (2.14)

Avec Ta : Taux d'abrasion (tonnes/km²/an). L : Coefficient dépendant de la perméabilité du bassin versant (il est égal à 350 pour une faible à moyenne perméabilité). le : lame d'eau écoulée (mm), $le = AIS \cdot A$. A : Apport liquide inter-annuel moyen. S : Surface du bassin versant (km²).

▪ **Résultats et analyse**

Les résultats de calcul concernant les apports solides moyens par bassin versant on fait ressortir le tableau suivant (Tab. 2.21):

| Données | Unité | B.V.O Tamellahet | B.V.O Bouzegza | B.V.O Mellah |
|-----------|-----------------------|------------------|----------------|---------------|
| L | / | 350 | 350 | 350 |
| le | mm | 204 | 204 | 59 |
| S | km ² | 201 | 68,64 | 198,1 |
| Ta | T/km ² /an | 777 | 777 | 644 |
| Qs | T/an | 156177 | 53333 | 127576 |

Tableau. 2.21- Volume de matière transportée par bassin versant.^{19*}

Pour la zone considérée, on obtient un apport solide total moyen s'élève à 337086 tonnes/an. Le bassin versant de l'oued Tamellahet enregistre le plus grand pourcentage avec d'environ 46 %, il est donc le plus menaçant, ensuite le bassin versant de l'oued Mellah par 38 %, qu'il peut générer un danger sur la ville de Lardjem, et en dernier le bassin versant de l'oued Bouzegza avec 16 %, (Fig. 2.15).

* : (Source : BNEDER, 2001).

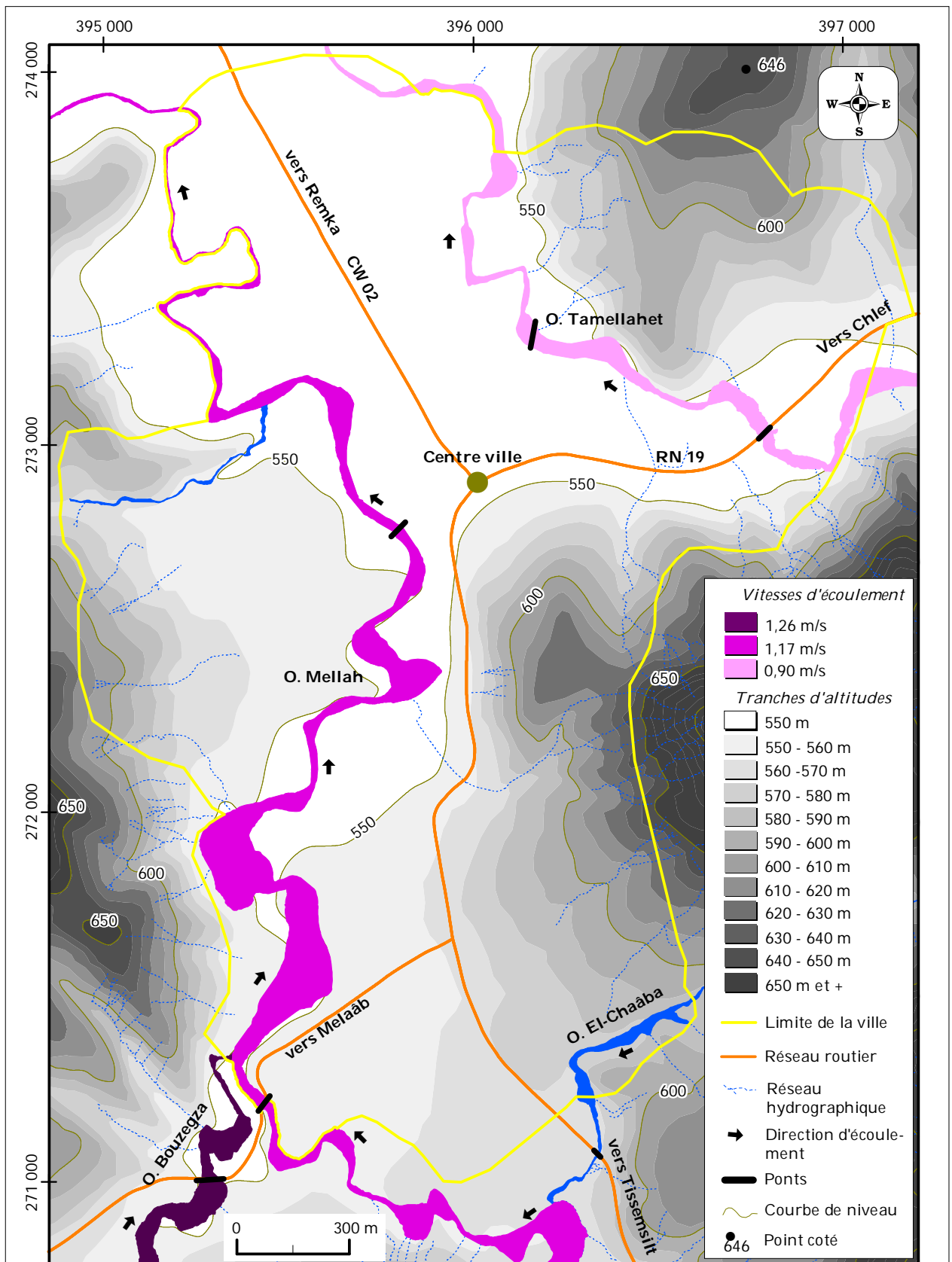
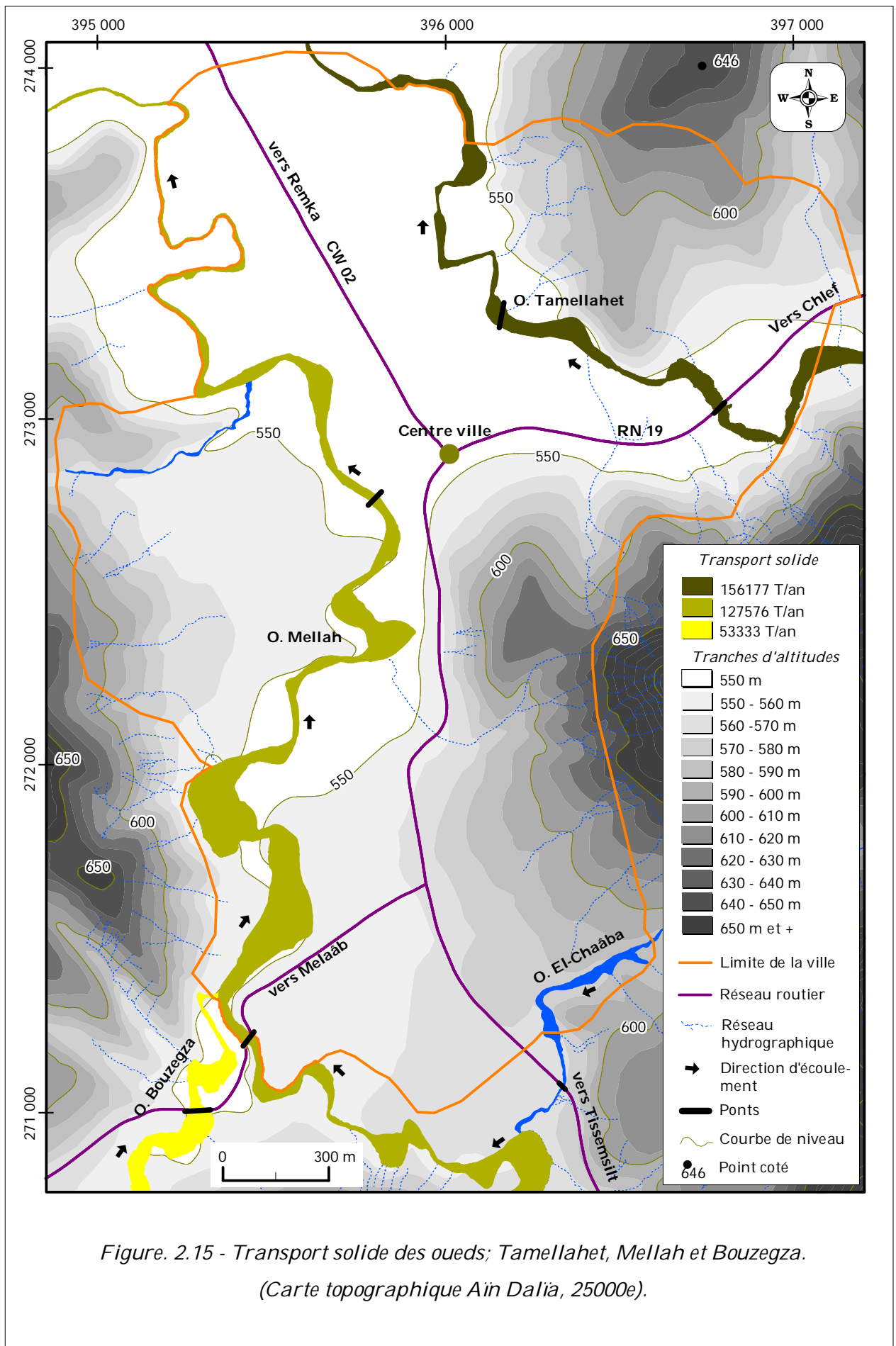


Figure. 2.13 - Vitesses d'écoulement des oueds; Bouzegza, Mellah et Tamellahet. (Carte topographique Ain Dalia, 25000e).



3.4 Les zones favorables à l'inondation

Le zonage de l'aléa inondation dépend de plusieurs facteurs tels que le débit des oueds, les vitesses d'écoulement, le volume de matière solide transporté, les caractéristiques morphologies du site (Tab. 2.22):

| Alea | Définition | Critères d'identification |
|--------------|--|---|
| Elevé | Zones où les <i>vitesses de l'écoulement et/ou les hauteurs d'eau</i> peuvent être importantes lors des crues exceptionnelles. | <ul style="list-style-type: none"> • Ces zones correspondent principalement au lit mineur et à ses abords immédiats (berges instables). • fonds des ravines |
| | Zones où il est envisageable que le <i>talweg principal puisse changer de tracé et/ou évoluer dans son tracé (méandres)</i> . | Le changement de tracé d'un cours d'eau peut se produire lors de <i>débordements importants durant une crue exceptionnelle et/ou par suite d'accumulation ponctuelle importante d'embâcles et/ou d'apports solides</i> |
| Moyen | Dans ces zones, <i>les vitesses et les hauteurs de submersion pourront être faibles voire moyennes</i> , la durée de submersion étant limitée. | <ul style="list-style-type: none"> • zones de <i>débordement au niveau du lit majeur</i> lors des crues exceptionnelles • zones de stagnation des eaux pluviales avec hauteur de submersion relativement importante |
| Modéré | Zones où les <i>vitesses d'écoulement seront faibles voire nulles</i> | <ul style="list-style-type: none"> • zones de stagnation des eaux pluviales • zones inondées par remontée de nappe |
| Faible à nul | <i>Probabilité d'inondation faible à nulle</i> | <ul style="list-style-type: none"> • zones hautes • zones en dehors du lit mineur ou majeur d'un cours d'eau • zones éloignées de la bordure littorale |

Tableau. 2.22- Critères d'identification et d'évaluation de l'intensité de l'aléa inondation. (Critères utilisés par la DGPC).

Vu la difficulté du zonage des différentes classes d'intensité de l'aléa inondation au niveau de la ville de Lardjem, à cause de l'indisponibilité d'un fond topographique détaillé de la ville de Lardjem d'une part et la modification des lits moyens et majeurs à force de l'extension de la ville. Nous avons essayé de tracer une carte des zones favorables à l'inondation (Fig. 2.17) en se basant sur:

- Les paramètres d'aléa inondation (Fig. 2.13, Fig. 2.14 et Fig. 2.15),
- Les critères d'identification des zones favorables à l'inondation (Tab. 2.22),
- L'hypsométrie du site de la ville de Lardjem (Fig. 2.16),
- La géométrie des oueds qui traversent la ville (la largeur et les méandres),
- Les obstacles artificiels tels que les ponts.

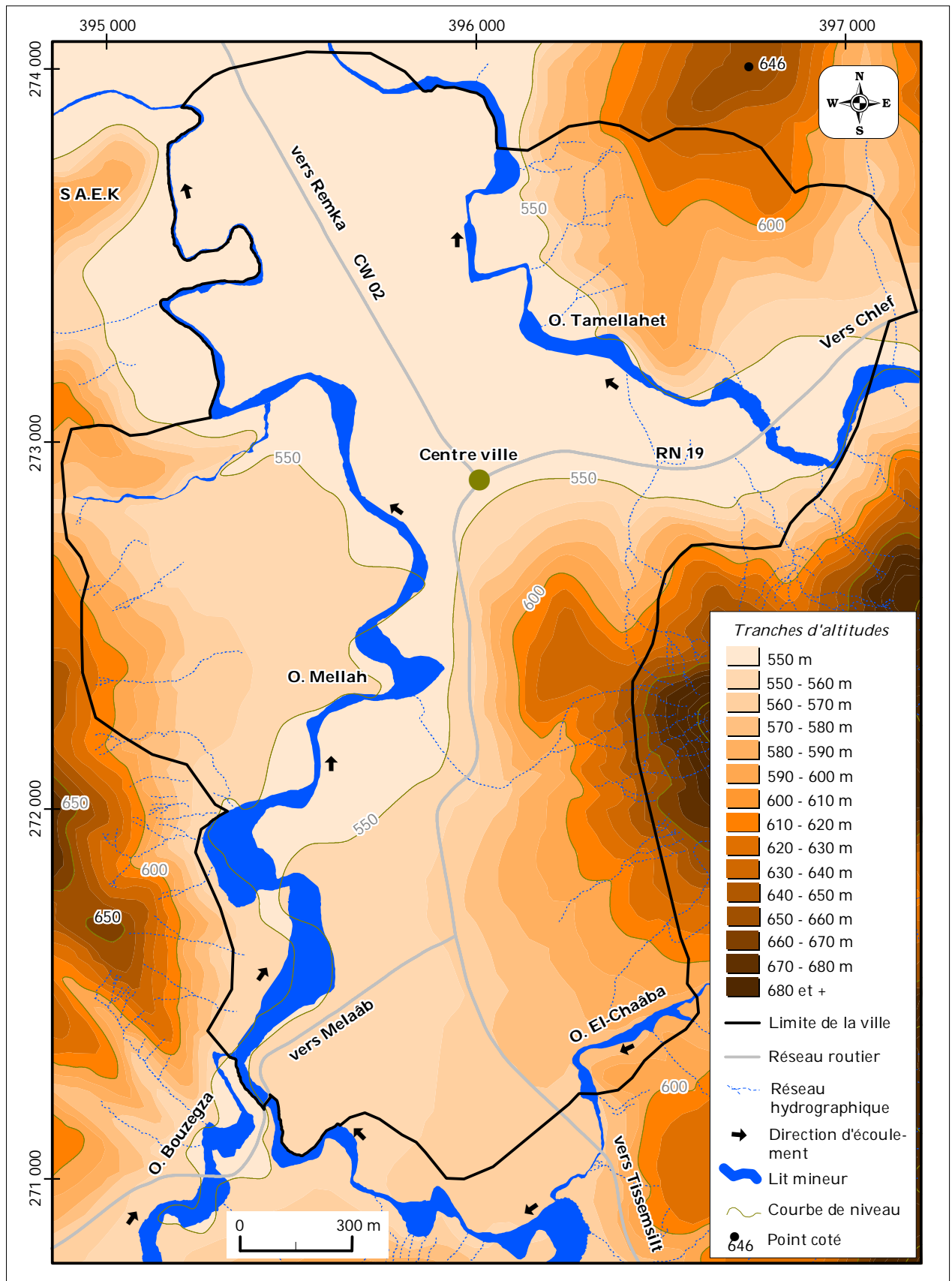


Figure. 2.16 - Carte hypsométrique de la ville de Lardjem.

(Carte topographique Ain Dalià, 25000e).

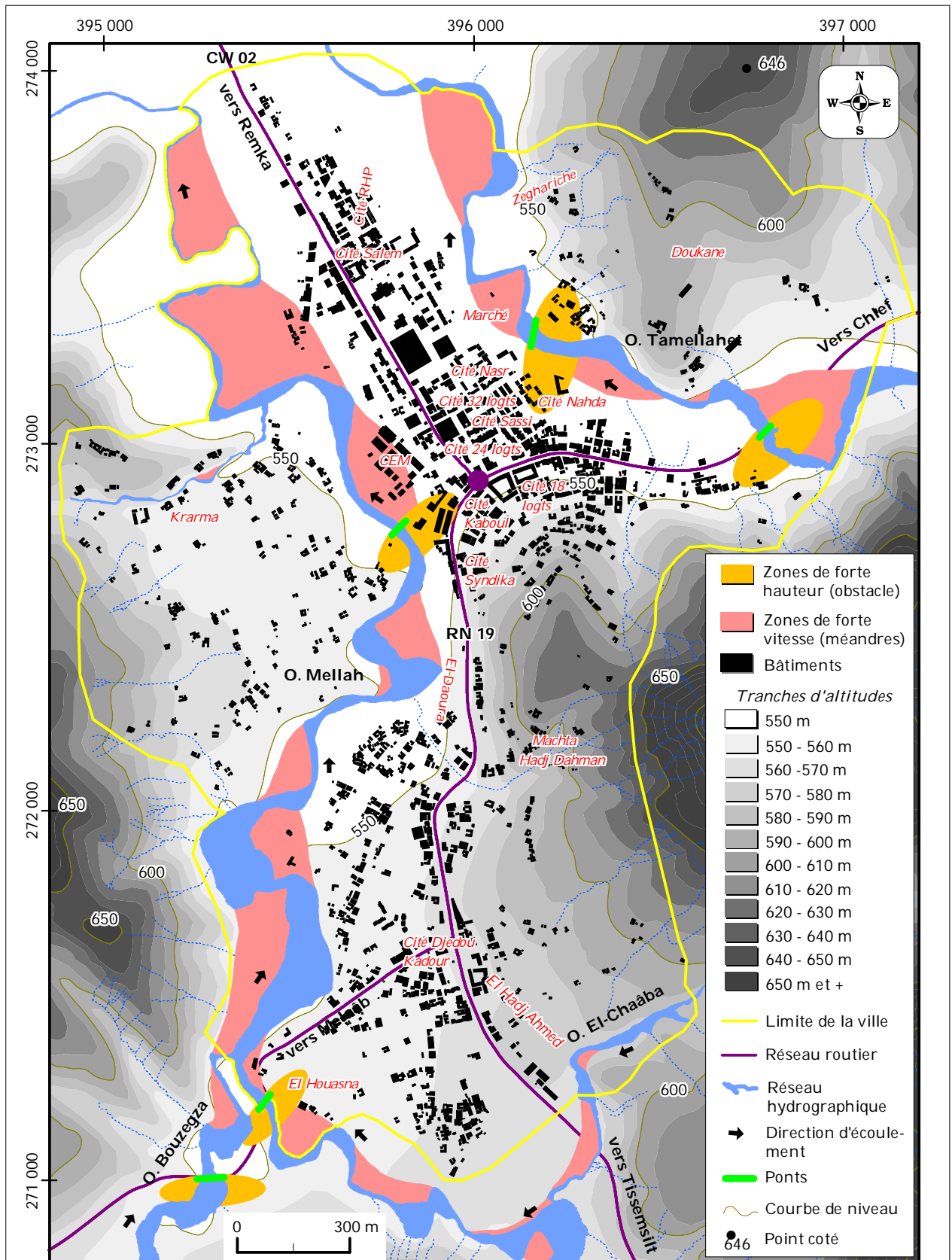


Figure. 2.17 - Carte des zones favorables à l'inondation dans la ville de Lardjem. (Carte topographique Ain Daliâ, 25000e).

Il est clair que l'espace étudié d'une manière générale représentent un ensemble bien individualisé tant sur le plan géographique que sur le plan hydro-géomorphologique. Les caractéristiques naturelles de cet espace attestent de son caractère de zone inondable.

Le contexte général du bassin versant de l'oued Lardjem montre l'influence des précipitations et en particulier les pluies torrentielles sur l'écoulement superficiel des eaux et par conséquent sur le déclenchement des crues en aval du bassin versant (ville de Lardjem). Ainsi l'état dégradé de l'occupation des sols, donne naissance au phénomène d'érosion qui augment le transport solide des oueds vers la ville de Lardjem, cette dernière présente le dépôt de tous les oueds cela augmente les effets des crues chargés par les laves torrentielles.

Le contexte hydro-géomorphologique du bassin versant de Lardjem présente un facteur augmentant le risque d'inondation, vu le type du sol dominant (marne) vulnérable à l'érosion, ainsi que, les pentes fortes caractérisant cette zone montagneuse et la densité du réseau hydrographique, ce qui augmentent la vitesse et le débit des eaux des oueds principales traversant la ville de Lardjem.

La carte des zones favorables à l'inondation (Fig .2.17) montre le risque potentiel qu'encours chaque oueds et confirme les paramètres estimés. Nous avons remarqué que oued Tamellahet a une grande probabilité de submersion parce qu'il possède un transport solide et un débit centennale des eaux importants. Par conséquent oued Bouzegza a une forte probabilité du changement du tracé et cela en fonction de sa vitesse d'écoulement importante par rapport aux autres oueds. Malgré que le zonage ne se fait pas avec une telle précision mais l'aléa inondation est devenu visible à l'échelle de la ville de Lardjem et sa va servir un socle pour évaluer le risque d'inondation dans cette ville.

Dans le chapitre qui suivra nous traiterons de la vulnérabilité physique et sociale de la ville de Lardjem.

Chapitre 3

La vulnérabilité de la ville de Lardjem

Les villes constituent des lieux vulnérables par définition: comme mentionner par J. Dubois-Maury et C. Chaline *"le fait de base fondamentale réside dans l'accumulation d'hommes et d'activités, qui est le propre de la ville mais en induit la fragilité"* (Dubois-Maury et Chaline, 2002 in Beck 2006). La ville concentre des éléments exposés nombreux et variés, mais sa vulnérabilité est en augmentation, notamment en raison d'une urbanisation croissante.

Dans ce chapitre, il s'agit en premier lieu d'étudier l'armature urbaine afin d'élaborer la carte de la vulnérabilité physique. En second lieu, on s'intéressera à la vulnérabilité sociale, par deux méthodes l'une quantitative où nous étudions les facteurs sociodémographiques de la population, l'autre méthode qualitative qui vise à savoir la représentation cognitive du risque d'inondation par la population de Lardjem à l'aide d'un questionnaire, afin d'évaluer la vulnérabilité totale de la ville face aux inondations. Il présente également le risque d'inondation dans la ville de Lardjem sous forme d'une carte de synthèse de l'aléa et la vulnérabilité totale.

Pour cela, nous avons utilisé et exploiter des données des recensements généraux de la population et de l'habitat de 1977, 1987, 1998 et de 2008, complétées par d'autres documents publiés par les différents services de la wilaya et de la commune.

L'interprétation de ces facteurs, souvent difficile, nous a été permise grâce aux enquêtes sur terrain et aux discussions avec les habitants de la ville.

1 La vulnérabilité physique

Pour étudier la vulnérabilité physique, nous allons présenter l'occupation actuelle des sols au niveau de la ville, ensuite le contexte général de l'habitat où nous montrons quelques paramètres, tels que l'évolution du tissu urbain, les contraintes de l'extension et la typologie de l'habitat, afin de répondre à la question de la vulnérabilité physique.

1.1 Contexte général de l'habitat à Lardjem

1.1.1 Evolution du tissu urbain

Le développement spatial de la ville de Lardjem découle de la croissance démographique impliquant la saturation des moyens d'accueils en logement, équipements socioéducatifs et économiques, ce qui engendre une grande consommation de l'espace:

1.1.1.1 Périodes de l'extension

La ville de Lardjem a connue une évolution peu ordonnée depuis sa création jusqu'à aujourd'hui et donne l'allure d'un grand village de par l'étalement du bâti ainsi qu'une multitude de type logis introduits dans l'armature urbain donnant une image moderniste.

Période antérieure à 1954 : cette période a connue la création du centre colonial en 1894 (centre-ville actuellement) portant le nom de Souk El Had. Le village et ses dépendances comprennent les bâtiments communaux l'école, la résidence de l'administrateur. A partir de 1945 la superficie de la ville a dépassé les vingt hectares (20 ha). Le choix de l'implantation de ce centre coloniale est d'ordre militaire, les équipements installés à cette époque concernent la caserne, une prison et une tour de surveillance.

Période 1954 - 1962 : caractérisée par le déclenchement de la guerre de libération nationale, la population a été regroupée dans des centres coloniaux et la création des cités de recasement pour des mesures de sécurité et de surveillance.

Période post indépendance 1962 - 1981 : cette période est marquée par l'habitat en mauvais état, les familles s'entassent dans des gourbis ou des mechtas

dont les murs sont en brique de terre de fabrication locale, le taux d'occupation par logement a atteint 7,8.

L'habitat rudimentaire dans son ensemble, présentait un aspect médiocre de type traditionnel, ce type d'habitat fruit d'une auto-construction accuse toutes les lacunes en matière d'équipement intérieur tel que raccordement en eau potable et l'électricité. Ce type d'habitat traditionnel démunis par rapport, aux logements construits au titre des programmes spéciaux, cet état est relevé par une modernisation en matière d'équipement.

Période 1981 - 2008 : cette période est marquée par la nouvelle politique de l'habitat, elle a connue une urbanisation appréciable. En effet la création de lotissements, l'encouragement de l'autoconstruction et la participation de l'état pour la construction de l'habitat collectif et semi collectif a allégé fortement le déficit en logements et équipements. Des équipements socioéducatifs renforcent l'éventail des infrastructures mais, l'habitat précaire continue de s'accroître.

1.1.1.2 Les axes de l'extension

La ville prend sa forme selon sa position par rapport aux facteurs topographiques d'une part et les facteurs géotechniques d'autre part, et lorsque la ville de Lardjem se trouve entre deux oueds qui la délimitent de l'Est et de l'Ouest, l'extension de cette dernière se fait directement sur les berges de ces oueds :

- Une extension linéaire vers le Sud (cité Djedou Kadour le long de la route nationale N° 19),
- Et un autre axe vers le Nord le long du chemin de wilaya N° 02.

1.1.2 Contraintes de l'extension de la ville

L'analyse du site de la ville, permet de distinguer entre les terrains favorables et /ou défavorables à l'urbanisation, en tenant compte des aptitudes et des contraintes physiques du milieu, pour ce faire, nous devons prendre en considération plusieurs paramètres:

1.1.2.1 Les contraintes naturelles

- **La pente**

Elle influe de manière considérable sur la typologie de l'habitat et la trame urbaine de la ville, d'après la topographie environnante de Lardjem, les pentes sont variables de zéro à plus de 25 %, elles se répartissent comme suit:

Pente de zéro à 8%: correspond à des terrains aptes à l'urbanisation. Le périmètre urbain actuel est implanté sur terrain à pente modérée de 0 à 8 %. On trouve cette classe de pente aussi aux alentours de la ville à savoir : la partie Nord dit Houabi au-delà de l'oued Tamellahet, l'autre partie qui est plus vaste se situe au-delà de l'oued Mellah.

Pente de 8 à 20%: constitue des terrains moyennement favorables à l'urbanisation et correspondent à des petites parcelles situées à l'Ouest, au Sud et au Nord de la ville.

Pente de 20 à 25% : c'est des zones peu favorables à l'urbanisation où il y a possibilité pour l'habitat individuel avec investissement accru pour les voiries et réseaux divers (VRD). Cette classe est localisée au Nord-Est et au Sud-Est.

Pente supérieure à 25 %: située au Nord-Est et au Sud-Est de la ville, ces terrains sont totalement défavorables à l'urbanisation.

- **Les oueds**

La ville est située dans une vallée drainée par les deux oueds; Mellah à l'Ouest et Tamellahet à l'Est. Ils possèdent une capacité d'érosion intense et provoquent en chaque période des crues menaçant les constructions telles que celles de 1994 et 2000.

- **Terrains agricoles**

Les terrains agricoles se localisent au Nord de la ville, au Sud, au Sud-Ouest et à l'Ouest, ce qui gêne l'extension de la ville.

Un autre facteur, les affleurements rocheux, qui présentent un vrai obstacle pour l'extension, tel que Rokbet El Ôche qui divise la cité de Hai Djedou Kadour au centre aggloméré.

1.1.2.2 Les contraintes techniques et juridiques

- **La nature juridique des terres**

Ce facteur est l'un des grands obstacles pour l'extension homogène, vu que la plus part des terrains sont de nature privés, ces terrains revient aux familles autochtones qui ont occupé cet espace avant la période de colonisation. D'après les services de la commune, trois plans d'occupation des sols (POS) ont été refusé à cause de ce problème.

- **La ligne électrique de moyenne tension**

La ligne de moyenne tension (30 KV), qui traverse la ville du Nord-Est au Sud, formant des coupures importantes entre les zones urbanisées tel que Hai Es-Salem et Hai El Qudse.

- **Le cimetière**

Se trouvant à l'Est de Hai Djedou Kadour, à une distance de 35 mètres de la route nationale N° 19.

1.1.3 L'habitat à Lardjem

Aujourd'hui et à force de l'extension permanente ces dernières années, la ville de Lardjem a connue une mutation importante sur le plan spatial et sociale, où elle est divisé en 12 districts (Fig. 3.1) suite au dernier découpage en 2008, effectué par les services de la commune.

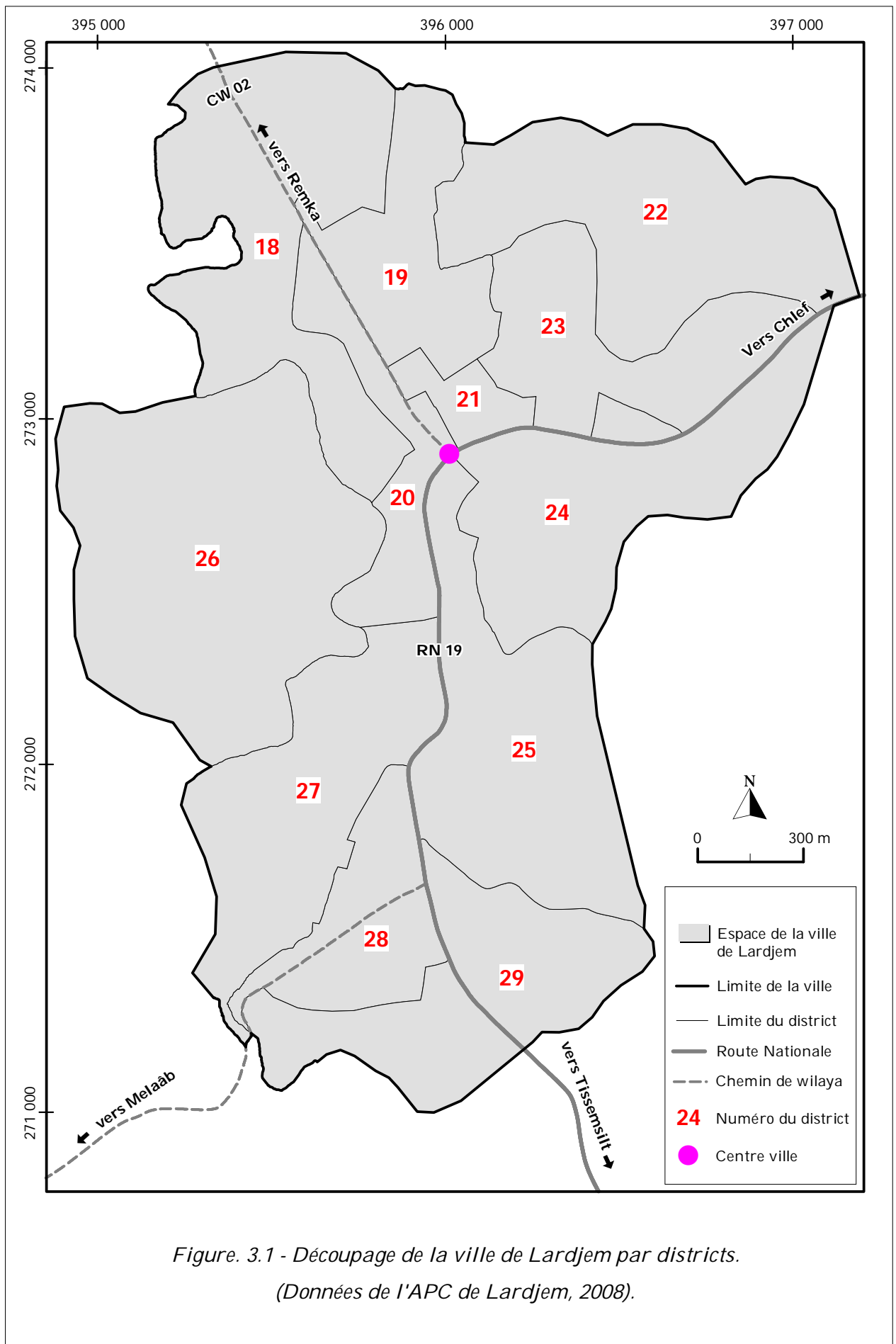


Figure. 3.1 - Découpage de la ville de Lardjem par districts.
(Données de l'APC de Lardjem, 2008).

1.1.3.1 Nombre des constructions

Le nombre des constructions à Lardjem est toujours en augmentation à force de l'explosion démographique, en 2008 on a enregistré 1929 constructions dont 2365 logements (Tab. 3.1).

| Nº du district | Nombre de constructions | Total logement |
|----------------|-------------------------|----------------|
| 18 | 172 | 192 |
| 19 | 99 | 194 |
| 20 | 183 | 274 |
| 21 | 134 | 208 |
| 22 | 143 | 161 |
| 23 | 163 | 158 |
| 24 | 166 | 188 |
| 25 | 140 | 187 |
| 26 | 165 | 167 |
| 27 | 155 | 155 |
| 28 | 125 | 200 |
| 29 | 284 | 281 |
| Total | 1929 | 2365 |

Tableau. 3.1- Répartition de constructions et de logements par districts dans la ville de Lardjem. (Données de l'APC de Lardjem, 2008).

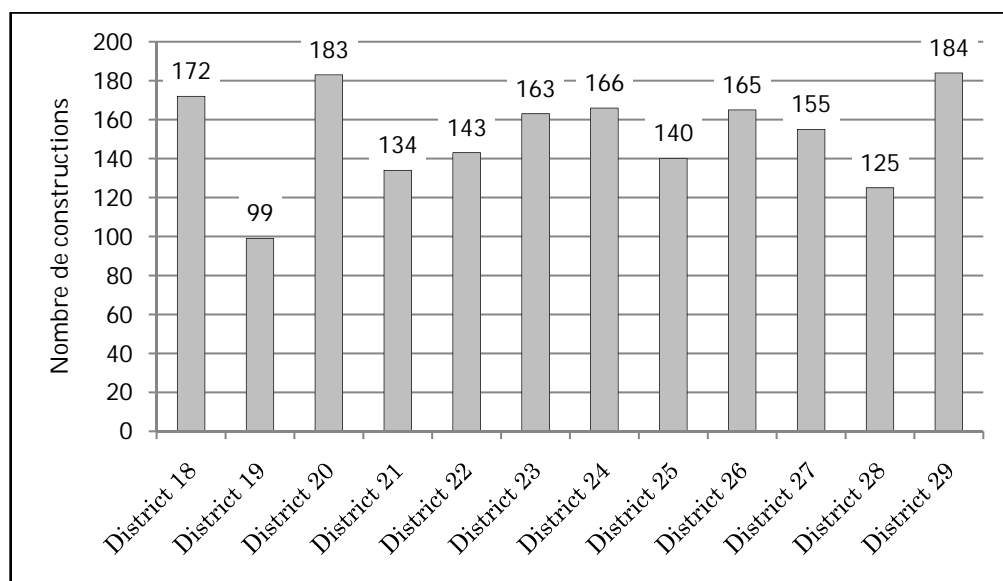


Figure. 3.2- Répartition des constructions par districts dans la ville de Lardjem.

Le tableau 3.1 et la figure 3.2 ci-dessus, montrent que les districts 29, 20 et 18 englobent un nombre important de constructions par rapport au nombre total, on peut aussi distinguer la famille des districts 24, 26, 27 et 23, en troisième classe les districts 21, 22, 25 et 28 qui concentrent un nombre approximatif entre 125 et 143 constructions, dernièrement le district 19 avec 99 constructions.

1.1.3.2 Types de constructions

On entend par la typologie de l'habitat l'aspect de conception, du style de construction et de son insertion dans le tissu urbain. A Lardjem on distingue trois types principaux (Fig. 3.3), indiqués dans le tableau ci-dessous:

| Type | Collectif | Demi-collectif | Individuel | Equipements | En construction | ND | Total |
|---------------|-----------|----------------|------------|-------------|-----------------|------|-------------|
| Nombre | 42 | 14 | 1555 | 52 | 89 | 177 | 1929 |
| % | 2,18 | 0,72 | 80,61 | 2,69 | 4,61 | 9,17 | 100 |

Tableau. 3.2- Types de logements existants dans la ville de Lardjem. (Plan cadastral de la ville de Lardjem, 2005 et les données de l'APC de Lardjem, 2008).

Le tableau 3.2 montre que les types de logements à Lardjem enregistrent des pourcentages différents:

- **L'habitat de type collectif**

Qui correspond à type H.L.M d'au moins trois à cinq niveaux situés au centre de la ville, dans les cités de 42 logement, cité Sahran Kadour, cité Sasi Mohamed, cité 138 logement et cité 16 logement. Ce type d'habitat présente une faible proportion avec un pourcentage de 2,18 %, par rapport à l'habitat individuel.

- **Habitat demi-collectif**

Ce sont les constructions à un et deux étages, qui ont une forme architecturale spéciale, avec un faible pourcentage soit de 0,72 %, on les trouve dans la cité Es-Salem à côté du chemin de wilaya N° 02, et à la cité Kaboul Ahmad.

- **Habitat individuel**

Ce type d'habitat occupe la grande superficie avec 80,61 %, ce pourcentage revient principalement à l'état juridique des terrains (privés). L'habitat individuel dans notre cas, se divise en quatre types:

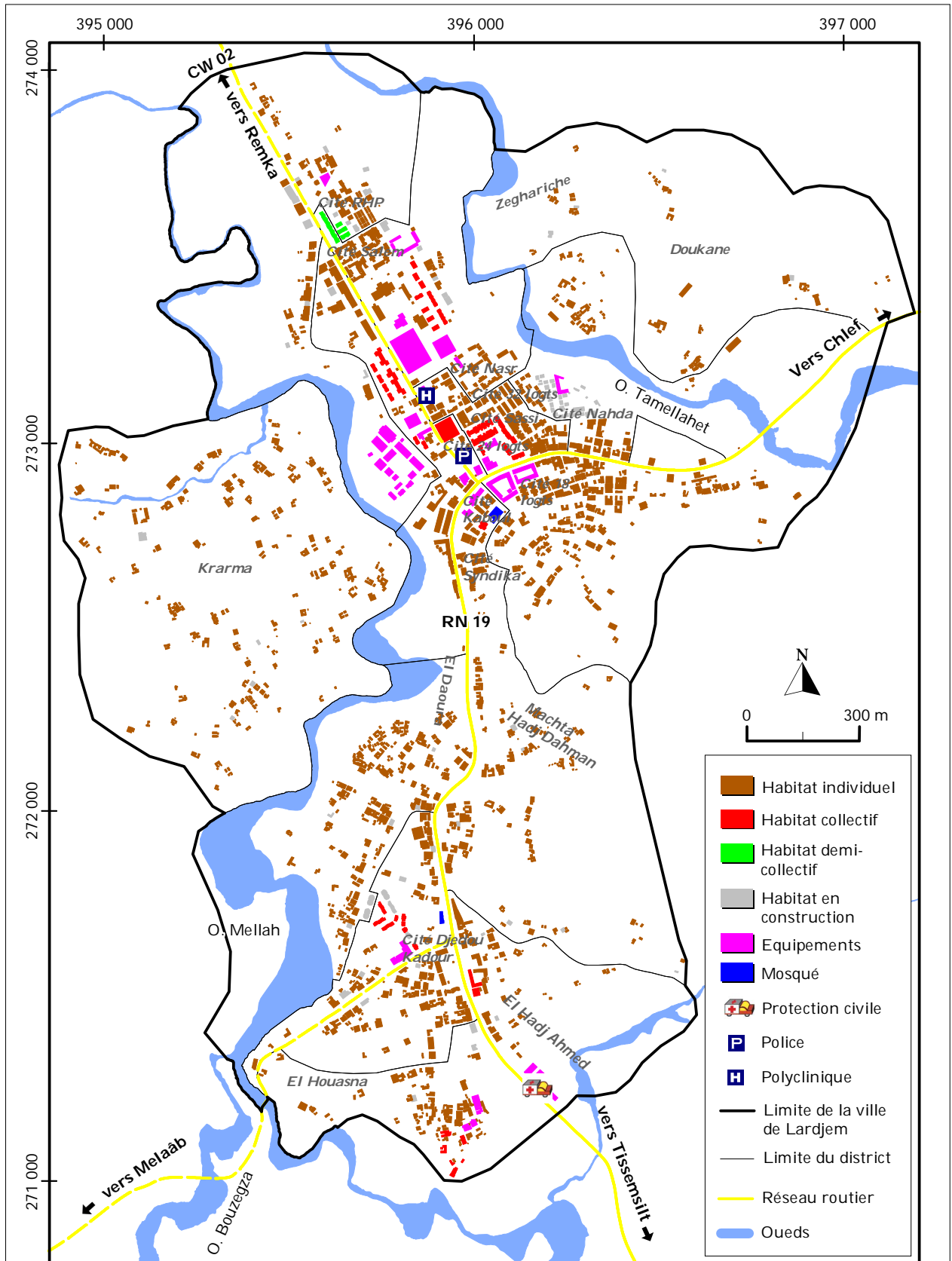


Figure. 3.3 - Typologie de l'habitat de la ville de Lardjem.
(Plan cadastral de la ville de Lardjem, 2005
et les données de l'APC de Lardjem, 2008).

- Habitat rural

Ce type de construction est apparu au milieu des années 1970, on le trouve surtout dans les cités : Sasi Mohamed, El Nahdha et Premier Novembre. Ces dernières années les maisons rurales ont connues une grande proportion surtout dans la cité Es-Salem.

- Construction traditionnelles (Houache)

Ce type se caractérise par le toit rouge, on les trouve dans la cité d'El Krarma, cité El Qudse et à l'Ouest de la cité Djedou Kadour.

- Habitat préfabriqué

Ce type est visible à la cité El-Nasr et la cité Es-Salem.

- Habitat précaire

Ce type d'habitat est apparu au cours des deux dernières décennies, où la région a enregistré un exode rural important vers le centre urbain (la ville de Lardjem), ce type d'habitat se trouve dans l'espace périurbain de la ville, à côté des cités Emir Abdelkader, Krarma, Djedou Kadour et la cité El Qudse.

1.2 Carte de vulnérabilité physique

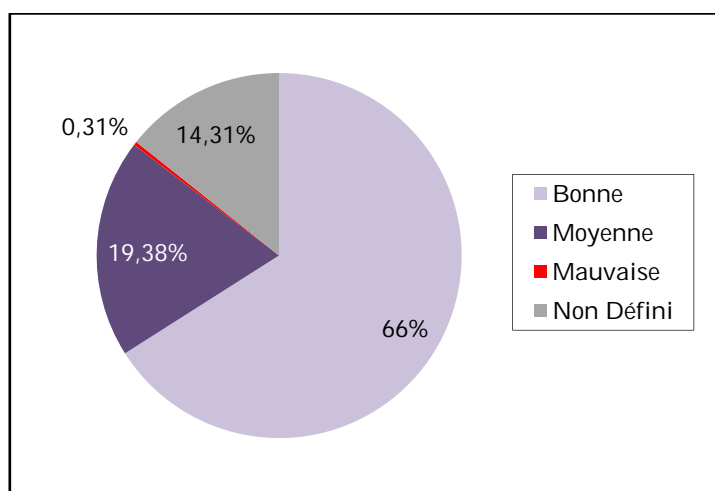
La vulnérabilité physique des bâtiments a été évaluée à partir de leur état, car elle joue un rôle essentiel dans leur comportement face aux inondations torrentielles qui caractérisent la région de Lardjem, c'est pourquoi nous avons choisi ce critère.

Pour son évaluation nous avons examiné le plan cadastral de la ville de Lardjem pour l'an 2005 et nous avons fait une mise à jour à partir les données récentes du dernier recensement du 2008 (Tab. 3.3).

| Etat de bâtis | Bonne | Moyenne | Mauvaise | Non Défini | Total |
|---------------|-------|---------|----------|------------|-------|
| Nombre | 1273 | 374 | 6 | 276 | 1929 |
| % | 66 | 19,38 | 0,31 | 14,31 | 100 |

Tableau. 3.3- Etat de bâtis dans la ville de Lardjem. (Plan cadastral de la ville de Lardjem, 2005 et les données de l'APC de Lardjem, 2008).

Figure. 3.4- Etat de bâtis dans la ville de Lardjem.



Le tableau et la figure précédents (Tab. 3.3, Fig. 3.4), montrent que Lardjem comporte trois types d'habitats:

- **Bâtiments en bon état**

Ce sont les bâtiments les plus dominants dans la ville avec un pourcentage de 66 %, on les trouve dans toutes les cités. Ils forment l'essentiel de la rue principale (centre-ville), ce type de bâtiments s'observe également ainsi que sur les deux côtés de la route nationale N° 19.

- **Bâtiments en état moyenne**

En second lieu on trouve les bâtiments en moyenne état, avec un pourcentage de 19,38 %, ils se trouvent dans les cités El-Nahdha et El-Thaoura, ainsi que, à la cité Krarma, Djedou Kadour et le côté Est de la cité Emir Abdelkader.

- **Bâtiments en état dégradé**

Ils sont les moins fréquents dans la ville, avec un pourcentage de 0,31 %, on les trouve dans les marges de la ville comme la cité Emir Abdelkader et celle de Djedou Kadour.

Pour la représentation cartographique on distingue trois classes de vulnérabilité (Fig. 3.5):

- **Vulnérabilité faible:** représente les bâtiments en bon état,
- **Vulnérabilité moyenne:** représente les bâtiments en état moyen,
- **Vulnérabilité élevée:** représente les bâtiments dégradés (ruines).

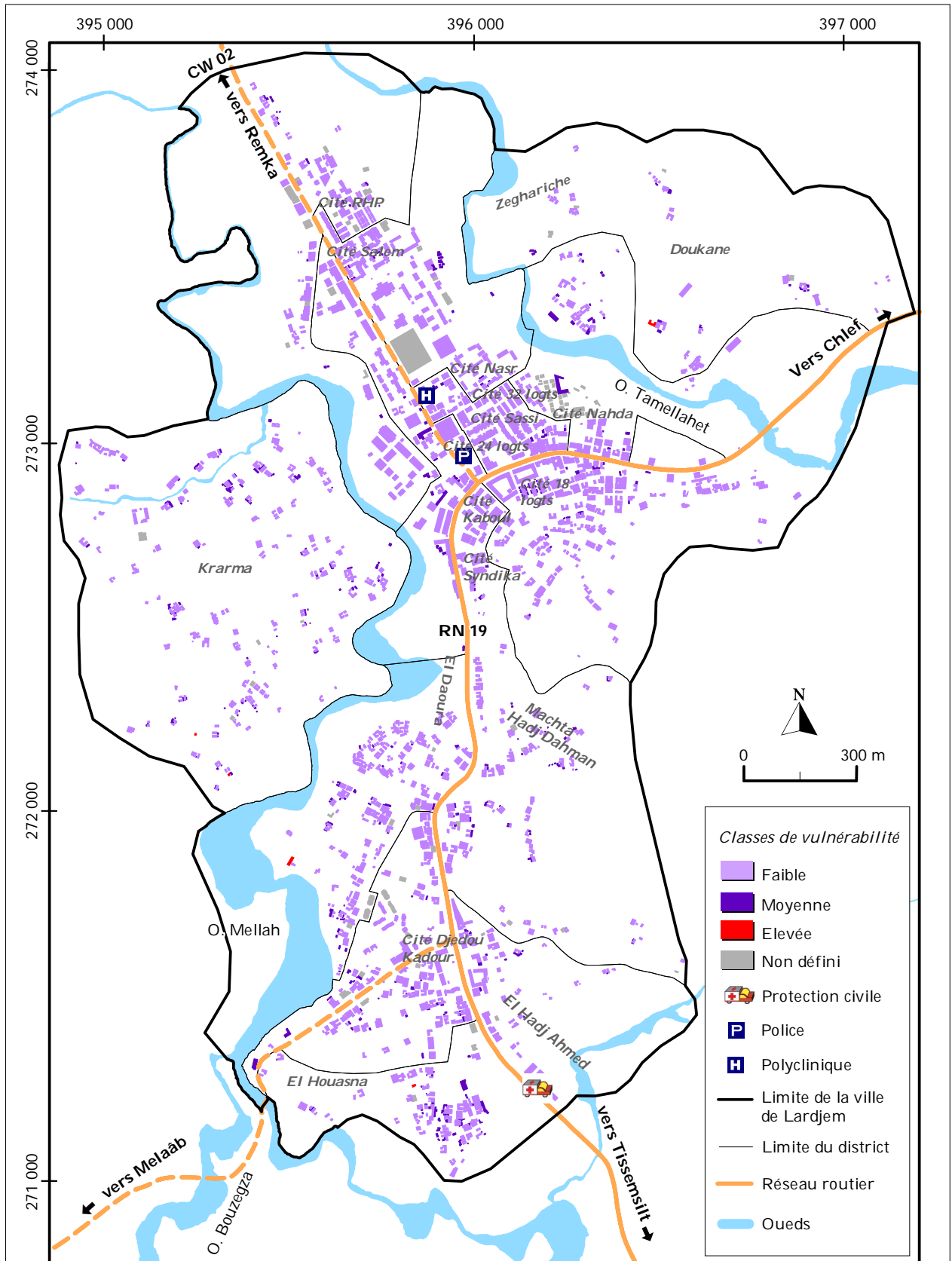


Figure. 3.5 - Carte de la vulnérabilité physique (bâtiments) de la ville de Lardjem face aux inondations. (Plan cadastral de la ville de Lardjem, 2005 et les données de l'APC de Lardjem, 2008).

2 La vulnérabilité sociale

La connaissance de la vulnérabilité sociale nécessite plusieurs paramètres, dans notre cas nous allons prendre en compte les facteurs sociodémographiques de la population de la ville de Lardjem pour la quantifier, et la représentation cognitive du risque d'inondation par la population enquêtée, pour la qualifier.

2.1 Approche quantitative

Plusieurs facteurs sociodémographiques peuvent influencer la vulnérabilité sociale, dans ce travail nous allons présenter l'évolution de la population et de leur densité, ainsi que, leur répartition par âge et sexe, le solde migratoire et le niveau d'instruction. Lorsque les données par fois ne sont pas disponibles à l'échelle de la ville de Lardjem, nous avons pris les chiffres à l'échelle de la Commune, vu que le grand nombre de la population de cette dernière se concentre dans la ville.

2.1.1 Évolution de la population de Lardjem

L'étude de l'évolution de la population nous permet de connaître les mutations sociales qu'a connues la ville durant les périodes intercensitaires.

| Période | 1977 | 1987 | 1998 | 2008 | TAG (77 - 87) | TAG (87 - 98) | TAG (98 - 08) |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|------------------|------------------|
| Ville de Lardjem | 2403 | 4639 | 9298 | 13840 | 6,67 | 7,20 | 4,05 |
| Commune de Lardjem | 16060 | 20951 | 22021 | 25216 | 2,69 | 4,99 | 1,34 |

Tableau. 3.4- Evolution de la population de la ville de Lardjem. (Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire de Tissemsilt, 2008).

Le tableau 3.4 ci-haut montre que; entre 1977 et 1987, la population de la ville a enregistré un Taux d'Accroissement Global²⁰ (TAG) de 6,67 %, supérieur à la moyenne nationale qui était de 3,08 %. La commune de Lardjem avait une croissance plus faible que le centre aggloméré avec un taux de 2,69 %. Pendant cette période on remarque que la population au niveau de la ville de Lardjem n'était pas nombreuse et ceux à cause de la fixation de la population dans les campagnes environnantes.

²⁰ Taux d'Accroissement Global (TAG) = $[(\text{pop } 87/\text{pop } 77)^{1/n} - 1] \times 100$, n = écart des années.

Pendant la deuxième période intercensitaire (1987-1998), la ville avait connu une évolution importante que la période précédente (7.20 %), taux supérieur ou presque le triple à la moyenne nationale (2,28 %). La concentration considérable au niveau de la ville pendant cette période est due à l'exode rural dont la cause est en relation avec les événements qu'a connu le pays.

Durant la dernière période intercensitaire (1998-2008), la ville de Lardjem, a ralenti leur croissance démographique, avec un taux d'accroissement de l'ordre de 4,05 %, taux supérieur à la moyenne nationale (1,7 %) et de la commune aussi, ce qui exprime l'exode rural qui n'a pas cessé vers l'agglomération urbaine.

Enfin, ce qu'on peut tirer de cette analyse c'est que la ville a connue une importante croissance démographique sous les effets conjugués de la croissance naturelle et l'exode rural.

2.1.2 Evolution des densités

Etant donné la croissance démographique importante, il est logique que les densités de population soient aussi fortes. Mais ces densités diffèrent dans le temps et dans l'espace.

| Périodes intercensitaires | 1977 | 1987 | 1998 | 2008 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Population | 16060 | 20951 | 22022 | 25216 |
| Densité (hab/Km ²) | 60,37 | 78,76 | 82,79 | 94,80 |

Tableau. 3.5- Evolution des densités de population dans la commune de Lardjem²¹. (Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la commune de Lardjem, 2008).

Les données mentionnées ci-dessus (Tab. 3.5) indiquent la relative augmentation progressive des densités de la population dans la commune durant toutes les périodes intercensitaires, où on a enregistré 60,37 hab/Km² en 1977 pour qu'il atteigne en 2008 (94,80 h/Km²). Cette relative augmentation accroît de sa part la vulnérabilité de la population face aux inondations.

²¹ La superficie de la commune de Lardjem est de 266 Km², (PDAU de la commune de Lardjem, 2008).

2.1.3 Périodes de concentration de population dans la ville de Lardjem

Pour examiner ce facteur nous sommes basés sur les résultats de l'enquête faite par *Mecheri. AEK* et *Sardou AEH* en 2006, et qu'elle a touché 480 ménages de la population de la ville de Lardjem (Tab. 3.6):

| Périodes | Nombre De ménages | Concentration % |
|--------------|-------------------|-----------------|
| Avant 1962 | 39 | 8,12 |
| 1962 - 1974 | 58 | 12,08 |
| 1974 - 1989 | 150 | 31,25 |
| 1989 - 1999 | 130 | 27,08 |
| 1999 - 2006 | 103 | 21,45 |
| Total | 480 | 100 |

Tableau. 3.6- Périodes de concentration de la population dans la ville de Lardjem.
(*Mecheri. AEK* et *Sardou. AEH*, 2006).

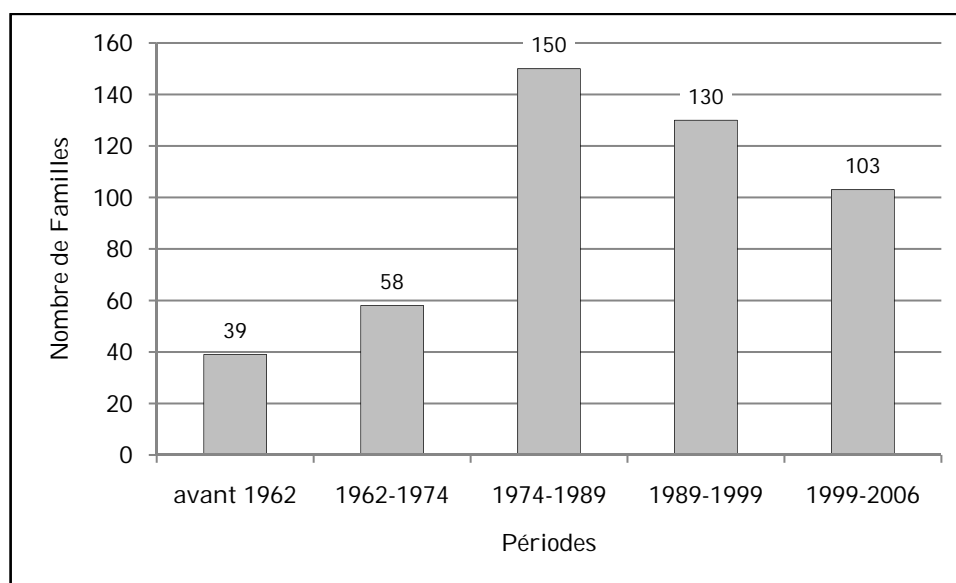


Figure. 3.6- Périodes de concentration de la population dans la ville de Lardjem.

À la lecture des données du tableau précédent (Tab. 3.6) et au vu de l'histogramme (Fig. 3.6), on distingue cinq périodes de concentration de population, qui ont marqué la ville de Lardjem:

Période avant 1962 : à cette époque l'exode vers la ville était faible où nous avons enregistré 8,12 %, l'existence des colons au centre urbain a obligé les habitants de rester dans les campagnes.

Période 1962 à 1974 : juste après l'indépendance, la population a commencé de sédentariser, en profitant des habitations abandonnées par colons dans la ville, où on a enregistré un taux de concentration de 12,08 %.

Période 1974 à 1989 : ce qui est remarquable pendant cette période est l'augmentation importante de familles nouvellement installées dans la ville, nous avons enregistré 31,25%, et cela en relation avec les projets de l'habitat réalisés à cette époque, tels que le projet des 18 logements en 1976 et celui des 106 logements en 1987, ensuite le projet des 50 logements en 1988, on note aussi, que cette période est synchrone du nouveau découpage administratif et la création de la daïra de Lardjem.

Période de 1989 à 1999 : pendant cette période la ville a enregistré un nombre considérable de nouvelles installations (27,08%), mais moins que la période précédente, la ville a bénéficié des projets de logements tels que le projet de l'habitat RHP en 1996, 90 logements en 1998 et 60 logements en 1999.

Période de 1999 à 2006 : le nombre a diminué parce que les conditions d'attraction de la ville n'étaient pas réunies, tel que la salinité des eaux, et la succession des inondations en 1994 et 2000 qui ont endommagé la ville.

2.1.4 Répartition de la population par groupe d'âge et sexe

Les facteurs âge et sexe jouent un rôle essentiel dans le comportement de l'individu vis-à-vis du risque lié à l'inondation, c'est pour cela que leur étude permet d'avoir une idée sur la vulnérabilité sociale dans la zone d'étude (Tab. 3.7).

| Groupe d'âge | Masculin | Féminin | Total |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0 - 9 ans | 2201 | 2110 | 4311 |
| 10 - 19 ans | 3053 | 2895 | 5948 |
| 20 - 29 ans | 2986 | 2886 | 5872 |
| 30 - 39 ans | 1653 | 1810 | 3463 |
| 40 - 49 ans | 1163 | 1149 | 2312 |
| 50 - 59 ans | 810 | 806 | 1616 |
| 60 - 69 ans | 429 | 383 | 812 |
| 70 - 79 ans | 353 | 304 | 657 |
| 80 ans et + | 131 | 91 | 222 |
| ND | 1 | 2 | 3 |
| Total | 12780 | 12436 | 25216 |

Tableau. 3.7- Répartition de la population de la commune de Lardjem par groupe d'âge et sexe. (DPAT de Tissemsilt, 2008).

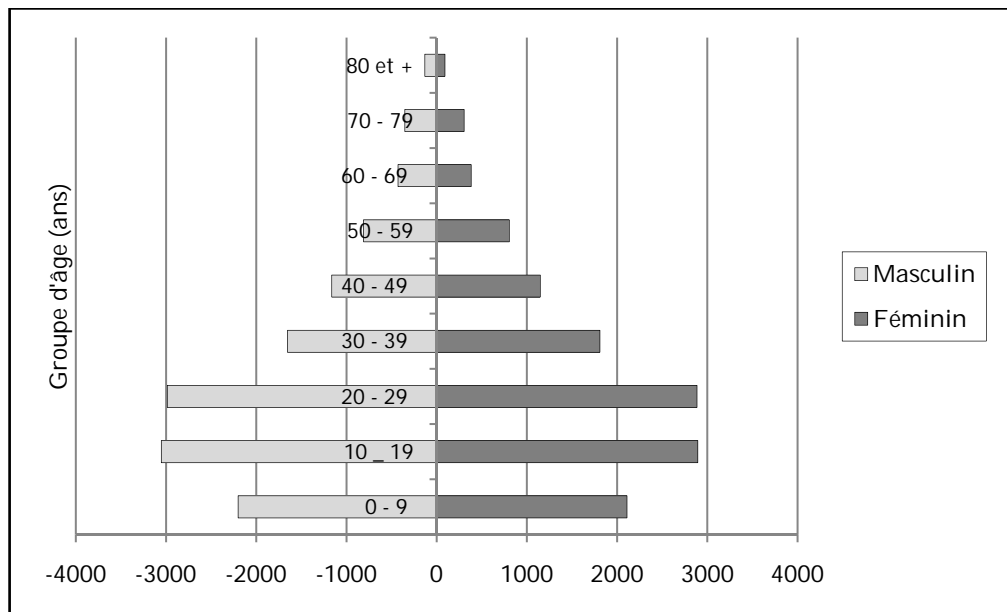


Figure. 3.7- *Pyramide des âges de la population de la commune de Lardjem.*

A la lecture du tableau 3.7 et au vu de cette pyramide de forme triangulaire (Fig. 3.7) on distingue que:

- La base élargie et le sommet rétréci du pyramide explique les caractéristiques d'une population jeune avec 36,97 % âgés entre 0 à 29 ans, mais seulement 6,71 % de 60 ans et plus,
- Dans l'ensemble de cette répartition, on remarque que, le sexe masculin est nombreux avec 50,68 % par rapport au sexe féminin qui enregistre 49,32 % de la population totale, mais l'exception se fait pour le groupe d'âge de 30 à 39 ans où les femmes sont nombreuses.
- Le nombre élevé des enfants en bas âge (inférieur à 9 ans), peut augmenter les conséquences d'une inondation si elle survient en jour, vue que les parents vont chercher leurs enfants ce qui gêne la circulation et par conséquence l'évacuation.

2.1.5 Le niveau d'étude

Le niveau d'instruction joue un rôle important dans la diminution ou l'augmentation de la vulnérabilité des sociétés face au risque d'inondation, Pour étudier ce paramètre, nous avons pris les données de l'ensemble de la commune (Tab. 3.8).

| Niveau d'étude | Sans Instruction | Alphabétisé | Primaire | Moyen | Secondaire | Supérieur | Non Défini |
|----------------|------------------|-------------|----------|-------|------------|-----------|------------|
| Lardjem | 33,1 | 0,1 | 21,1 | 24,7 | 14,1 | 6,7 | 0,1 |

Tableau. 3.8- Niveau d'instruction de la population de la commune de Lardjem âgée de 6 ans et plus. (DPAT de Tissemsilt, 2008).

Le tableau 3.8 montre que: 33,1 % de la population de Lardjem est sans instruction, par contre 6,7% ont un niveau supérieure, le reste de la population (59,9 %) ont des niveaux intermédiaires entre primaire et secondaire.

Le niveau d'étude peut influencer l'acquisition des informations et des consignes de sécurité à suivre en cas de crise, autrement dit, il peut influencer la culture des risques chez l'individu, de ce point de vue la population de Lardjem est vulnérable si un événement catastrophique survient.

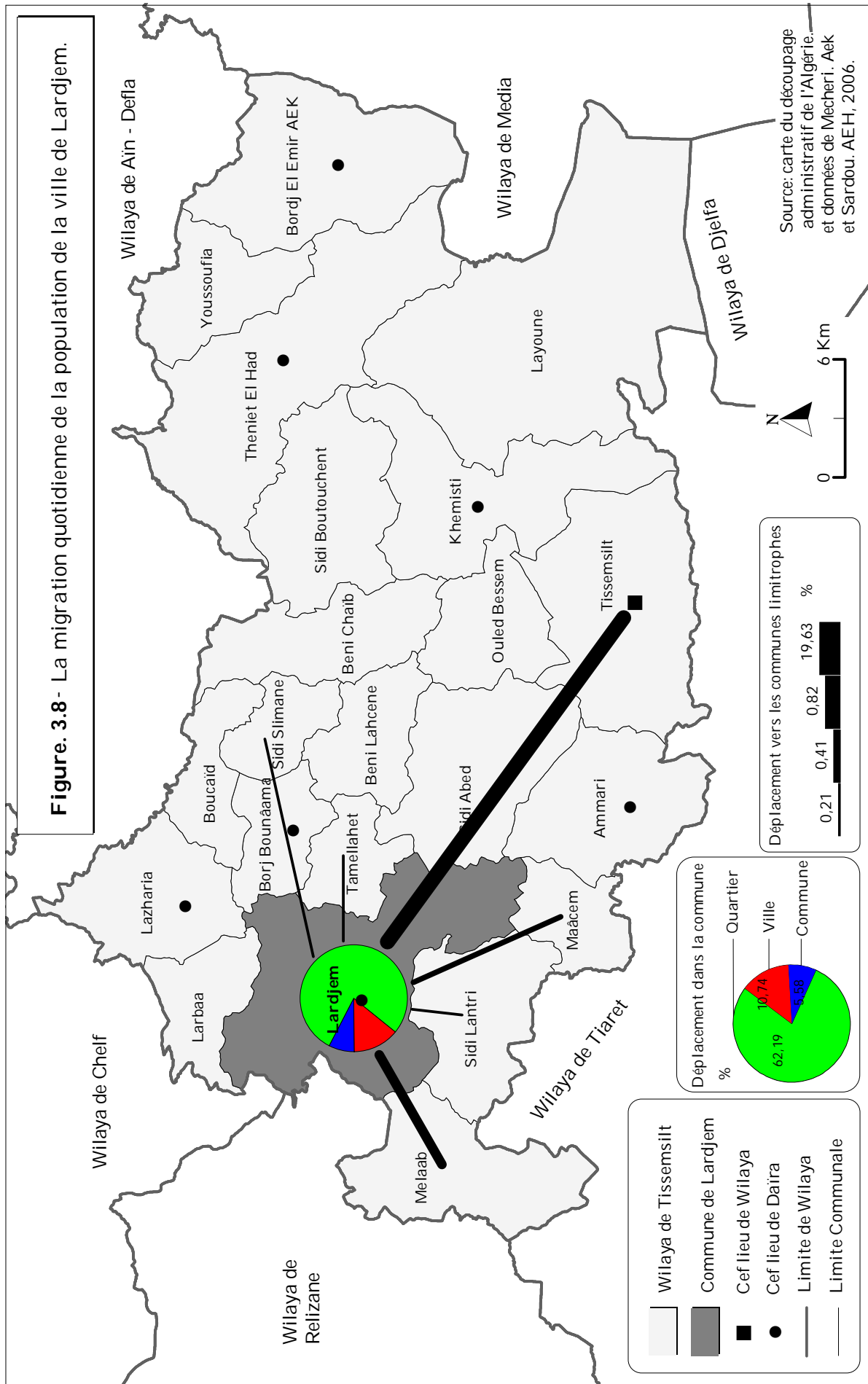
2.1.6 Mouvement migratoire

- **La migration quotidienne :**

Dans ce titre nous avons essayé de quantifier la vulnérabilité temporelle entre la nuit et le jour à travers l'étude de la migration quotidienne (Tab. 3.9, Fig. 3.8):

| Périmètre | Zone de déplacement | Nombre des enquêtés | Pourcentage % |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------|
| Commune | Le quartier | 301 | 62,19 |
| | La ville | 52 | 10,74 |
| | La commune | 27 | 5,58 |
| wilaya | Tissemsilt | 95 | 19,63 |
| | Melaab | 04 | 0,82 |
| | Maâcem | 02 | 0,41 |
| | Sidi Slimane | 01 | 0,21 |
| | Sidi Lantri | 01 | 0,21 |
| | Tamellahet | 01 | 0,21 |
| Total | | 484 | 100 |

Tableau. 3.9- La migration quotidienne de la population de la ville de Lardjem. (Mecheri. AEK et Sardou. AEH, 2006).



A travers le tableau 3.9 et la figure 3.8, on remarque que 72,93 % de la population enquêtée travaille dans la ville de Lardjem et ne se déplace pas pendant le jour, ce qui augmente leur vulnérabilité face à l'inondation si elle survient pendant le jour. Par contre 21,09 % de la population se déplace vers les communes limitrophes conséquemment leur vulnérabilité est moins de subir des pertes en vies pendant le jour.

Finalement, si on globalise les résultats de cette enquête on peut conclure que la vulnérabilité de la population de la ville de Lardjem face aux inondations est très élevée pendant le jour et la nuit.

▪ **La migration annuelle (1998 - 2003)**

La migration interne et externe d'une population dépend des facteurs d'attraction de qu'offre la ville, nous avons exposé le taux de migration durant la période 1998 - 2003.

| Année | Migration interne | Migration externe | Migration pure |
|-------|-------------------|-------------------|----------------|
| 1998 | 120 | 590 | -470 |
| 1999 | 66 | 271 | -205 |
| 2000 | 61 | 159 | -98 |
| 2001 | 85 | 71 | +14 |
| 2002 | 79 | 164 | -85 |
| 2003 | 86 | 224 | -138 |

Tableau. 3.10- La migration interne et externe dans la ville de Lardjem. (Mecheri. AEK et Sardou. AEH, 2006).

Le tableau 3.10, ci-dessus montre que la migration externe était toujours supérieure que celle interne, mais le nombre de migration externe était en diminution de 590 cas en 1998 jusqu'à 71 en l'an 2001, juste après cette année et qui coïncide avec la survenance de l'inondation d'octobre, on a remarqué que la migration externe a augmenté de façon progressive, ce constat montre:

- L'absence des facteurs d'attraction au niveau de la ville de Lardjem,
- Le développement du sentiment de l'insécurité et l'insatisfaction chez les habitants de Lardjem, vue l'exposition permanente au risque d'inondation.

2.2 Approche qualitative

Pour évaluer la vulnérabilité sociale, nous avons mis en place une enquête par un questionnaire, celle-ci représente un outil d'observation qui permet de quantifier et comparer l'information collectée auprès d'un échantillon représentatif de la population de la ville de Lardjem. Afin clarifier notre démarche, nous présentons les différentes étapes de cette enquête avant de discuter les résultats de celle-ci.

2.2.1 Méthodologie et démarche de l'enquête

Nous avons choisi l'enquête par questionnaire, car ce dernier permet d'obtenir des données chiffrées et de pouvoir en faire une analyse statistique. Il est alors possible de trouver des corrélations entre plusieurs données, pour trouver des explications en lien avec l'hypothèse de départ.

L'enquête est directe, entre un enquêteur et un enquêté, en raison de l'importance de l'ordre des questions qui interdit l'auto-administration des questions (car l'enquêté peut survoler l'ensemble des questions et revenir en arrière pour répondre).

Pour que le questionnaire soit claire et compréhensible pour les enquêtés, nous avons élaboré deux versions; la première en français et la deuxième en arabe.

2.2.1.1 Objectifs, hypothèses et questions de l'enquête

L'objectif principal de cette enquête est d'estimer un indice de vulnérabilité basé sur la représentation cognitive du risque d'inondation en fonction de certains nombre de facteurs, parmi lesquels la perception et la connaissance du risque d'inondation par la population de Lardjem²². Dans un autre volet il sera question de tirer des informations sur les crues historiques qui ont eue lieu à Lardjem et qui ont marqué la mémoire de la population. Cette enquête permettra aussi de vérifier plusieurs hypothèses, parmi lesquelles:

- La vulnérabilité de l'individu dépend de son exposition permanente ou temporaire à l'aléa,
- Le sentiment d'exposition à l'aléa inondation est lié à l'environnement immédiat de l'habitant,
- Le niveau d'instruction peut influencer la perception des habitants,

²² Les facteurs pris en compte pour l'évaluation de la représentation cognitive du risque d'inondation par la population de Lardjem sont discutés en paragraphe 3.2.2.2, chapitre 1, pp 28-29.

- La connaissance de l'aléa inondation et des consignes de sécurité dépend des facteurs sociodémographiques de l'habitant.

Les principales questions posées

- Q.1 : Est-ce que l'habitant de la ville de Lardjem se sente exposé au risque d'inondation? et est-ce qu'il peut imaginer qu'une inondation catastrophique puisse survenir dans le futur?
- Q.2 : Est-ce que les habitants ont une bonne mémoire du risque à travers la connaissance de l'historique des inondations qui ont eues lieu à Lardjem?
- Q.3 : Qu'est-ce que le risque d'inondation pour un habitant de Lardjem? et est-ce qu'il connait les consignes de sécurité?
- Q.4 : A qui attribue-t-il le rôle de la formation et l'information sur le risque d'inondation? Cette question permet d'aborder la répartition de la responsabilité entre les différents acteurs de point de vue les enquêtés.

2.2.1.2 Le choix de l'échantillon

Nous supposons que la représentation du risque par un individu varie selon sa proximité et plus particulièrement suivant son exposition permanente ou temporelle par rapport à une source de danger²³. A partir de ce constat nous avons constitué notre échantillon du questionnaire de l'ensemble des individus résidents et/ou qui travaillent dans la ville de Lardjem.

Etant donné les effectifs de la population de cette ville, nos moyens et le temps disponible pour cette étude, nous n'avons pas eu la disponibilité d'interroger l'ensemble de la population. Pour cela nous avons choisi 10% du nombre totale des ménages (Tab. 3.11), soit 200 individus pour cette étude (Fig. 3.9).

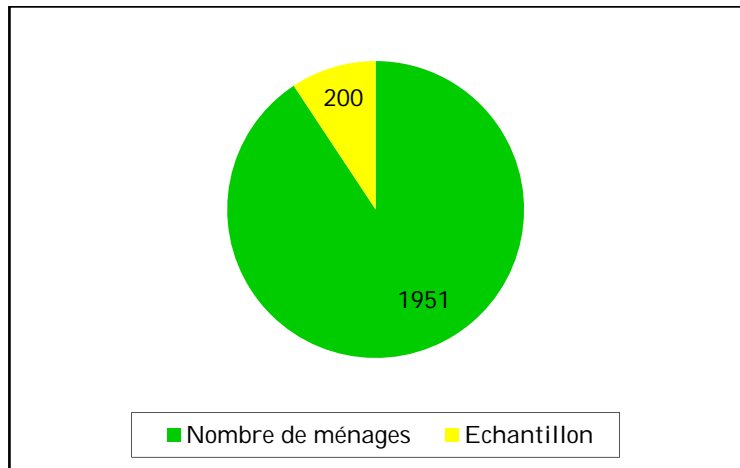
| N° du district | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | Total |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Nombre de ménages | 167 | 158 | 185 | 186 | 146 | 141 | 162 | 154 | 172 | 169 | 151 | 160 | 1951 |

Tableau. 3.11- Répartition des ménages par districts dans la ville de Lardjem.

(Données de l'APC de Lardjem, 2008).

²³ La source de danger dans notre cas concerne les trois oueds; Tamellahet, Mellah et Bouzegza.

Figure. 3.9- Nombre des enquêtés par rapport au nombre des ménages à Lardjem.



2.2.1.3 Structure du questionnaire

Le questionnaire permet d'obtenir des données chiffrées pour faire une analyse statistique. Il est alors possible de trouver des corrélations entre plusieurs données, pour trouver des explications en lien avec l'hypothèse de départ. Le questionnaire utilisé pour la présente étude comporte 23 questions, ce sont 15 questions fermées²⁴, trois questions péri-fermées²⁵ et cinq ouvertes²⁶ qui sont posées (*cf. Annexe n°3*). Ces questions s'intègrent en trois rubriques:

- Rubrique 01: concerne les facteurs sociodémographiques de l'enquêté,
- Rubrique 02: porte sur la perception du risque d'inondation,
- Rubrique 03: vise à examiner les connaissances de l'enquêté sur le risque d'inondation et les consignes de sécurité et précautions à suivre en cas de crise.

2.2.1.4 Traitement de l'enquête

Les résultats de l'enquête peuvent être interprétés de différentes manières en fonction des hypothèses à vérifier et des résultats recherchés. Dans le cadre de ce travail nous avons utilisé le logiciel Sphinx pour traiter les données récoltées par l'enquête, ce programme permet une analyse des résultats fine, rapide et poussée. Et pour analyser la répartition des réponses nous avons suivi deux méthodes statistiques:

²⁴ La question *fermée* fixe à l'avance les réponses possibles. L'enquête doit répondre le plus souvent entre deux ou plusieurs interrogations, mais une seule est possible.*

²⁵ La question *péri-fermée* propose une série de réponses parmi lesquelles l'enquêté choisit celle qui répond ou reflète le mieux son opinion.*

²⁶ La question *ouverte* laisse toute liberté à l'individu de s'exprimer comme il souhaite. (*G. Poirier-Coutansais, 1987).

a) Tris à plat (tableaux à plat): c'est un calcul de la distribution des effectifs et des pourcentages des modalités d'une question. Les tris à plat permettent une description simple d'une seule variable (E. Beck, 2006),

b) Tri croisé (tableaux croisés): C'est un calcul de la répartition des réponses données (variables à expliquer) selon un critère défini (variable explicative). Il consiste en une analyse bi-variée (deux variables) permettant de comprendre les réponses obtenues. Les variables à expliquer sont généralement les réponses aux questions spécifiques à l'enquête, les variables explicatives correspondent en général aux variables décrivant l'enquête; *socio-démographiques, de localisation*, (E. Beck, 2006).

▪ **Tri croisé et test χ^2 de Pearson**

Le test de l'hypothèse d'indépendance (χ^2) permet de déterminer si les deux variables étudiées dans le même tableau évoluent de façon aléatoire ou pas. La valeur du χ^2 permet de déterminer si la différence entre la valeur observée et la valeur théorique (pour un même tableau croisé) est significative, et donc de déterminer l'indépendance des deux variables.

Le logiciel Sphinx utilisé dans le cadre de cette étude calcule automatiquement le χ^2 , ainsi que la valeur 1-p qui représente en pourcentage la certitude de dépendance des deux variables. Cette certitude augmente lorsque l'on supprime du calcul du χ^2 les lignes ou colonnes comportant des effectifs très petits ou nuls.

En fonction de la valeur de 1-p, l'écart entre le χ^2 calculé et le χ^2 théorique est:

- 1-p > 99%: très significatif,
- 99% > 1-p > 95%: significatif,
- 95% > 1-p > 85%: peu significatif,
- 1-p < 85%: pas significatif.

Le logiciel Sphinx attribue également des couleurs aux modalités les plus significatives comme ceci : «*Les cases encadrées en bleu (rose) sont celles pour lesquelles l'effectif réel est nettement supérieur (inférieur) à l'effectif théorique.*»

Cela permet de lire plus facilement le tableau et de savoir quelles sont les modalités qui sont le plus fortement couplées (celles pour lequel l'effectif réel est nettement supérieur), (L. Roche, 2010).

2.2.2 Résultats et analyses

Dans ce titre, nous décrivons les principaux résultats obtenus à partir de l'enquête que nous avons menée dans la ville de Lardjem relative aux inondations.

2.2.2.1 Population enquêtée (composition de l'échantillon)

Deux cent (200) individus habitants ou travaillant dans la ville de Lardjem, ont été interrogés pendant quatre jours, entre la période 27/02/2011 et le 02/03/2011.

Nous avons construit l'échantillon tout en essayons de toucher toutes les cités de la ville de Lardjem ainsi que toute les catégories de la société (élèves, femmes, hommes, actifs, chômeurs...).

Parmi les personnes interrogées, 184 individus habitent dans la ville de Lardjem et 93 autres travaillent à Lardjem. La composition de l'échantillon est décrite en annexe n°5.

2.2.2.2 La perception du risque d'inondation par les habitants de la ville de Lardjem

On vise par cette rubrique de qualifier la perception du risque d'inondation par la population de Lardjem, et de voir aussi l'influence des facteurs sociodémographiques sur le niveau de perception de l'individu:

➤ *Peu d'expérience vécue face aux inondations*

La figure 3.10 montre que 57,5% des enquêtés n'ont jamais vécu une inondation ce qui influe sur leur connaissance et prise en compte de cet aléa dans leur vie quotidienne, et qui augmente leur vulnérabilité face aux inondations au future.

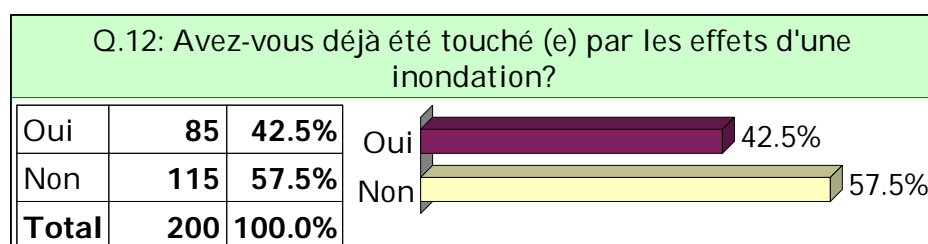


Figure. 3.10- Pourcentage des individus touchés par les effets d'une inondation.

➤ *La connaissance des personnes touchées par les inondations*

L'environnement d'un individu influe sans doute sur son comportement et c'est ce que nous avons essayé de savoir par la question (Q.14) (c'est-à-dire si quelqu'un qui n'a pas vécu une inondation et qu'il connaît ceux dans son environnement immédiat

qui ont été des victimes d'une inondation, aura une idée sur les inondations telles que celles de Lardjem). Dans notre cas plus 74% des individus connaissent des personnes touchées par les inondations (Fig. 3.11) ce qui augmente leur perception.

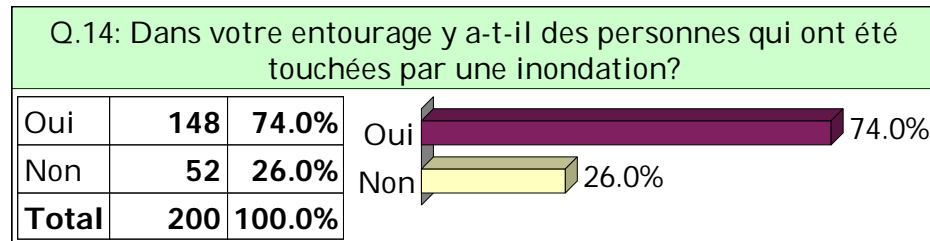


Figure. 3.11- Pourcentage des individus qui connaissent des personnes touchées par les effets d'une inondation.

➤ **Un sentiment d'exposition au risque d'inondation élevé chez les femmes par rapport aux hommes (Q.15 × Q.3)**

| Sentiment d'exposition à l'inondation | Oui | Non | TOTAL |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Sexe | | | |
| Masculin | 61,6% (90) | 38,4% (56) | 100% (146) |
| Féminin | 79,6% (43) | 20,4% (11) | 100% (54) |
| TOTAL | 66,5% (133) | 33,5% (67) | 100% (200) |

Tableau. 3.12- Le sentiment d'exposition à l'inondation entre les deux sexes. (La dépendance est significative. $\chi^2 = 5,72$, $ddl = 1$, $1-p = 98,33\%$).

Il existe donc une dépendance significative entre le sentiment d'exposition au risque d'inondation (Q.15) et le facteur sexe (Q.3). Cela confirme que les femmes ont une perception très élevée des risques, ce qui augmente leur vigilance (Tab. 3.12).

➤ **Un sentiment élevé d'exposition au risque d'inondation en fonction de l'expérience vécue de l'inondation (Q.12 × Q.15)**

| Sentiment d'exposition à l'inondation | Oui | Non | TOTAL |
|--|--------------------|--------------------|-------------------|
| Avez-vous touché (e) par une inondation | | | |
| Oui | 83,5% (71) | 16,5% (14) | 100% (85) |
| Non | 53,9% (62) | 46,1% (53) | 100% (115) |
| TOTAL | 66,5% (133) | 33,5% (67) | 100% (200) |

Tableau. 3.13- Pourcentage des individus qui se sentent exposés aux inondations. (La dépendance est très significative. $\chi^2 = 19,24$, $ddl = 1$, $1-p = >99,99\%$).

Le tableau 3.13, montre qu'il existe une dépendance entre les deux questions (Q.12, Q.15). La plus forte est que les gens qui ne pensent pas qu'ils sont exposés au risque d'inondation n'ont pas vécu une expérience auparavant (46,1%). Par déduction, une petite partie des habitants qui ont subi les effets de l'inondation dans le passé ne se sentent pas exposés aux inondations (16,5%).

➤ **Le degré de sentiment de sécurité ne dépend pas de l'exposition permanente ou temporaire à l'aléa « inondation » (Q.15 × Q.11)**

| Etes-vous locataire ou propriétaire | Locataire | Propriétaire | TOTAL |
|--|--------------------|--------------------|-------------------|
| Sentiment d'exposition à l'inondation | | | |
| Oui | 12,8% (17) | 87,2% (116) | 100% (133) |
| Non | 16,4% (11) | 83,6% (56) | 100% (67) |
| TOTAL | 14,0% (28) | 86,0% (172) | 100% (200) |

Tableau. 3.14- Degré de sentiment de sécurité en fonction de la durée de l'exposition aux inondations. (La dépendance n'est pas significative. $\chi^2 = 0,49$, $ddl = 1$, $1-p = 51,57\%$).

Le test du χ^2 ne révèle pas de dépendance entre le fait d'être en exposition permanente ou temporaire à l'aléa « inondation » (Q.11) et le sentiment de sécurité. Cela peut s'expliquer que les inondations à Lardjem n'ont pas survenus depuis presque 11 ans, et cela pourrait avoir une influence sur les perceptions des locataires et les propriétaires.

On ne peut pas déterminer, avec les résultats obtenus à l'heure actuelle, s'il existe une dépendance entre le fait d'être en exposition permanente ou temporaire à l'aléa « inondation » et le sentiment de sécurité (Tab. 3.14).

➤ **Une grande possibilité de survenance d'une inondation catastrophique à Lardjem (selon la population)**

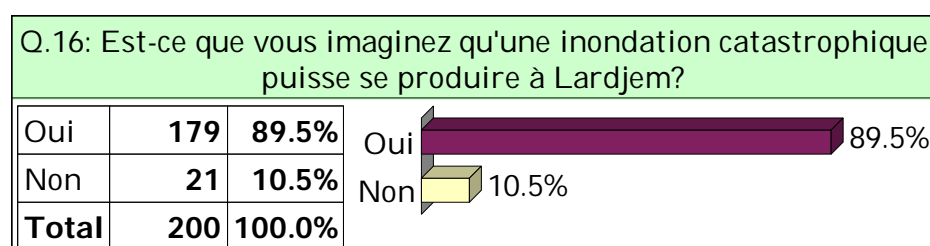


Figure. 3.12- Pourcentage des individus pensent qu'une inondation catastrophique peut avoir lieu à Lardjem dans futur.

La figure 3.12 ci-haut montre que la plus part des enquêtés imaginent qu'il y aura une inondation catastrophique à Lardjem dans le future avec 89,5%, par contre 10,5% des enquêtés qui eux n'imaginent pas l'occurrence d'un événement catastrophique à Lardjem.

➤ **Le sentiment d'exposition à l'inondation et la possibilité de survenance d'une inondation catastrophique à Lardjem (Q.15 × Q.16)**

| Sentiment d'exposition à l'inondation Survenance d'inondation catastrophique | Oui | Non | TOTAL |
|---|--------------------|--------------------|-------------------|
| Oui | 71,5% (128) | 28,5% (51) | 100% (179) |
| Non | 23,8% (5) | 76,2% (16) | 100% (21) |
| TOTAL | 66,5% (133) | 33,5% (67) | 100% (200) |

Tableau. 3.15- La relation entre le sentiment d'exposition au risque d'inondation et la probabilité de survenance d'un événement catastrophique dans le futur à Lardjem. (La dépendance est très significative. $\chi^2 = 19,20$, $ddl = 1$, $1-p = >99,99\%$).

Sur l'échantillon des enquêtés, le test du χ^2 révèle une dépendance entre la perception de l'exposition au risque d'inondation et la probabilité de survenance d'une inondation catastrophique à Lardjem.

La lecture du tableau ci-dessous (Tab. 3.15) montre que 76,2% de la population de Lardjem ne se considère pas exposée aux inondations et ne croit pas qu'il y aura un événement catastrophique dans le futur. Contrairement à cela, 23,8% de la population qui ne croit pas à la survenance des inondations catastrophiques mais, se sent exposée à cet aléa.

2.2.2.3 La connaissance du risque d'inondation par les habitants de la ville de Lardjem

Il s'agit d'examiner les connaissances des habitants de Lardjem acquises en matière du risque d'inondation d'une part, et de lier les facteurs sociodémographiques avec le degré de connaissance d'autre part.

➤ **Définition de l'aléa inondation en fonction du niveau d'instruction**
(Q.17 × Q.5)

| Définition de l'inondation Niveau d'instruction | Bonne réponse | Acceptable | Mauvaise réponse | TOTAL |
|--|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Sans instruction | 2,7% (1) | 21,6% (8) | 75,7% (28) | 100% (37) |
| Primaire | 9,1% (1) | 27,3% (3) | 63,6% (7) | 100% (11) |
| Moyen | 2,1% (1) | 19,1% (9) | 78,7% (37) | 100% (47) |
| Secondaire | 9,5% (6) | 54,0% (34) | 36,5% (23) | 100% (63) |
| Supérieur | 21,4% (9) | 57,1% (24) | 21,4% (9) | 100% (42) |
| TOTAL | 9,0% (18) | 39,0% (78) | 52,0% (104) | 100% (200) |

Tableau. 3.16- Définition de l'inondation en fonction du niveau d'instruction. (La dépendance est très significative. $\chi^2 = 45,34$, $ddl = 4$, $1-p = >99,99\%$).

Il existe donc une dépendance très significative entre la connaissance de l'aléa inondation (Q.17) et le niveau d'instruction de l'individu (Q.5). Cela peut expliquer que le niveau d'instruction influe sur la connaissance de l'aléa « inondation » et par conséquent une influence sur la vulnérabilité sociale (Tab. 3.16).

➤ **La connaissance des inondations récentes dans la ville de Lardjem en précisant la date** (Q.18 × Q.19)

| Connaissance d'inondation à Lardjem Si oui, quand ? (Date) ¹ | Oui | Non | TOTAL |
|--|---------------------|-------------------|--------------------|
| Défini la date | 100% (96) | 0,0% (0) | 100% (96) |
| Ne pas défini | 81,7% (85) | 18,3% (19) | 100% (104) |
| TOTAL | 90,5% (181) | 9,5% (19) | 100% (200) |

Tableau. 3.17- Connaissance des inondations récentes dans la ville de Lardjem par les enquêtés en précisant la date. (La dépendance est très significative. $\chi^2 = 19,38$, $ddl = 1$, $1-p = >99,99\%$).

Le tableau 3.17 montre que les habitants se rappellent des anciennes inondations à Lardjem et définissent facilement les dates de l'occurrence des inondations les plus récentes (les habitants se souviennent de l'inondation de 1994 et celle d'octobre 2000). Mais la dépendance la plus forte selon le test χ^2 est celle entre le fait que les gens qui n'ont pas une information sur les anciennes crues à Lardjem, et n'identifient pas la date de leurs survenances. Sachant que les deux dernières crues (1994 et l'an 2000) ont touché la ville de Lardjem pendant le mois d'octobre.

➤ **Les éléments les plus affectés en cas d'inondation**

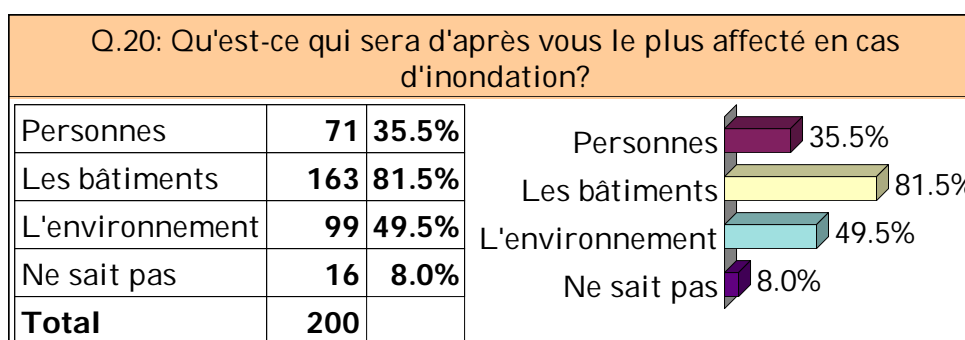


Figure. 3.13- Les éléments les plus affectés par l'inondation selon les enquêtés.

Selon le tableau 3.13, la plus part des enquêtés pensent que les bâtiments sont les plus affectés par les effets des inondations avec 81,5%, en second place l'environnement par 49,5%, et en dernier lieu les personnes avec 35,5%. Par contre 8% des enquêtés n'ont pas une idée clair sur cette question. Mais en réalité tout dépend de type d'inondation et des facteurs de l'aléa, ainsi que le degré de vulnérabilité des enjeux pour déterminer l'élément le plus affecté.

➤ **La connaissance des consignes à suivre en cas d'inondation en fonction du niveau d'instruction (Q.21 × Q.5)**

| Connaissance des consignes de sécurité | Oui | Non | TOTAL |
|--|--------------------|--------------------|-------------------|
| Niveau d'instruction | | | |
| Sans instruction | 18,9% (7) | 81,1% (30) | 100% (37) |
| Primaire | 0,0% (0) | 100% (11) | 100% (11) |
| Moyen | 21,3% (10) | 78,7% (37) | 100% (47) |
| Secondaire | 57,1% (36) | 42,9% (27) | 100% (63) |
| Supérieur | 71,4% (30) | 28,6% (12) | 100% (42) |
| TOTAL | 41,5% (83) | 58,5% (117) | 100% (200) |

Tableau. 3.18- La connaissance des consignes à suivre en cas d'inondation et le niveau d'instruction. (La dépendance est très significative. $\chi^2 = 45,34$, $ddl = 4$, $1-p = >99,99\%$).

Le tableau 3.18, montre qu'il existe une dépendance entre la connaissance des consignes de sécurité (Q.21) et le niveau d'instruction (Q.5). La plus forte est que les personnes qui ne pensent pas qu'ils sont exposés au risque d'inondation, n'ont pas vécu une expérience auparavant (46,1%). Par déduction, une petite partie des habitants qui ont subi les effets de l'inondation dans le passé ne se sentent pas exposé aux inondations (16,5%).

➤ **Les outils préférés par la population pour s'informer sur le risque d'inondation**

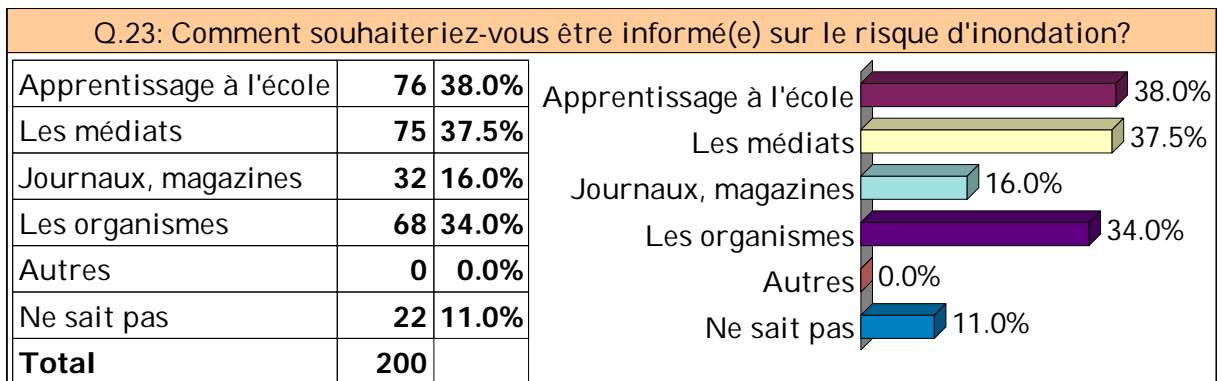


Figure. 3.14- Les outils préférés pour s'informer sur le risque d'inondation.

D'après la figure 3.14, nous remarquons que les enquêtés préfèrent en premier lieu l'école et les médias pour apprendre les connaissances sur le risque d'inondation avec un pourcentage approximative (38% et 37,5%), en seconde classe on trouve les organismes officiels (la protection civil, la commune...) et les associations de sensibilisation avec 34%, et dans la troisième place les journaux et les magazines par 16%, on note que 11% des enquêtés ne savent pas quel outil efficace pour s'informer.

2.2.2.4 La représentation cognitive du risque d'inondation par les habitants de la ville de Lardjem

Les habitants de Lardjem ont une perception élevé d'exposition à l'inondation, vu que certains ont été touché par les effets de cet aléa pendant les anciennes crues (1994, 2000), et d'autres connaissent dans leur environnement immédiat des gens touché par les inondations. Ainsi, un nombre important des enquêtés connaissent que Lardjem a subi des inondations dans le passé et croit qu'il y aura une inondation catastrophique dans le future.

Les habitants de Lardjem ont une faible connaissance en matière du risque d'inondation, vu qu'un nombre important des enquêtés n'arrivent pas à définir l'inondation et connaitre ses effets ainsi que les consignes et précautions à suivre en cas de crise.

Les facteurs sociodémographiques des habitants influencent sur leur représentation cognitive du risque d'inondation, et conséquemment sur leur vulnérabilité, et finalement les habitant voient que l'école, les médias, les organismes officiels et les associations de sensibilisation ce sont eux qui doivent

assumer la responsabilité en matière de la formation et l'information des habitants aux zone inondables telle que Lardjem.

2.3 Carte de la vulnérabilité sociale

Vu que la représentation cognitive est difficile à représenter sur une carte, nous n'avons considéré que le facteur densité car il présente un facteur aggravant de la vulnérabilité sociale.

De façon générale, la ville de Lardjem occupe une superficie près de 429,21 hectares, elle est caractérisée par une densité moyenne d'environ 32,25 hab/hectare²⁷.

Pour l'élaboration de la carte de vulnérabilité sociale, nous avons pris en compte la répartition spatiale des densités de la population de la ville de Lardjem par districts. Pour obtenir les valeurs des densités par districts; nous avons divisé le nombre de population par district sur sa superficie²⁸ (Tab. 3.19).

| Districts | | Population | |
|-----------|----------------------|------------|-----------------------|
| Numéro | Superficie (hectare) | Nombre | Densité (hab/hectare) |
| 18 | 50,63 | 1236 | 24,41 |
| 19 | 23,17 | 1106 | 47,73 |
| 20 | 16,37 | 1183 | 72,26 |
| 21 | 5,82 | 1169 | 200,58 |
| 22 | 47,07 | 1074 | 22,82 |
| 23 | 28,71 | 1080 | 37,62 |
| 24 | 41,74 | 1195 | 28,63 |
| 25 | 44,75 | 1116 | 24,94 |
| 26 | 73,84 | 1269 | 17,19 |
| 27 | 39,69 | 1234 | 31,09 |
| 28 | 20,33 | 1030 | 50,67 |
| 29 | 37,09 | 1148 | 30,95 |

Tableau. 3.19- Répartition des densités de la population de la ville de Lardjem par district. (Données de l'APC de Lardjem, 2008).

²⁷ La valeur de la densité moyenne est obtenue en divisant le nombre de population totale de la ville de Lardjem (13840 habitants) sur la superficie totale de la ville de Lardjem (429,25 hectare).

²⁸ Le nombre de population par district est délivré par les services techniques de la commune de Lardjem, par contre les valeurs de la superficie des districts sont obtenues par un simple double clic sur l'objet considéré (district) étant donné que la partie cartographie a été traité par le système d'information géographique (SIG).

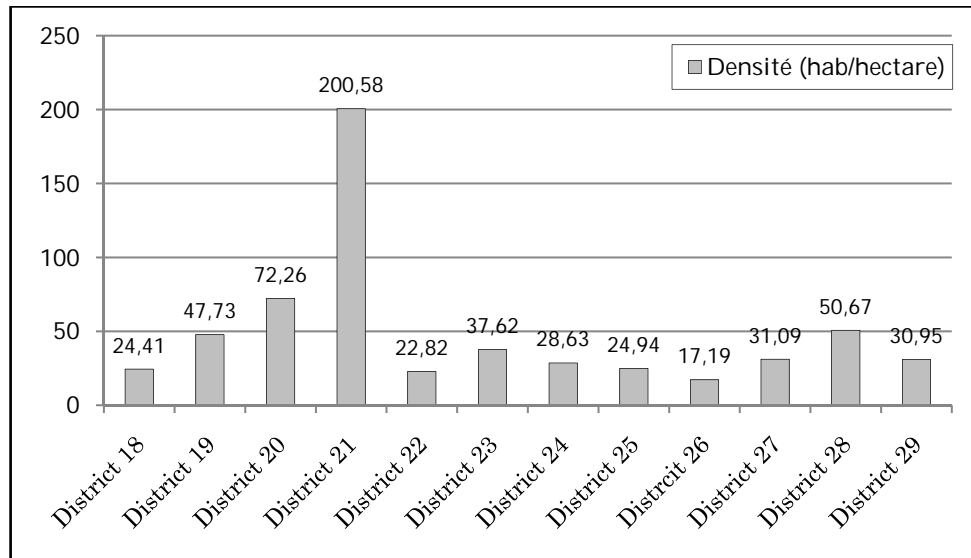


Figure. 3.15- Répartition des densités de la population de la ville de Lardjem par district.

Le tableau 3.19 et la figure 3.15 montrent que les densités les plus élevées sont rencontrées dans le district 21 avec 200,58 hab/hectare. Il représente le centre de la ville de Lardjem. Les districts 20 et 28 ont une densité de 50,67 et 72,26 hab/hectare respectivement. Un troisième groupe forme les districts 19, 23, 24, 27 et 29 qui enregistrent des densités approximatives variées entre 28,63 à 47,73 hab/hectare, enfin les districts 18, 22, 25 et 26 qui enregistrent des densités variées entre 17,19 à 24,94 hab/hectare.

Pour la représentation cartographique de la vulnérabilité sociale nous avons discrétisé les densités en quatre classes de manière à figurer différents niveaux de vulnérabilité qui seront intégrés dans l'indice de vulnérabilité totale.

La carte de la vulnérabilité sociale (Fig. 3.16) montre que le centre de la ville est le plus vulnérable vu qu'il concentre des densités importantes, et quand on s'éloigne du centre, la vulnérabilité diminue avec la densité:

- **Vulnérabilité faible à nulle:** représente les densités comprises entre 0 à 25 hab/hectare, et qui correspond aux districts 18, 22, 25 et 26,
- **Vulnérabilité modérée:** cette classe comprend les densités de 26 à 49 hab/hectare. Elle englobe les districts 19, 23, 24, 27 et 29,
- **Vulnérabilité moyenne:** représente les densités de 50 à 75 hab/hectare. Elle représente les districts 20 et 28,
- **Vulnérabilité élevée:** correspond à la classe de densité 76 à 201 hab/hectare. Cette classe concerne le district 21.

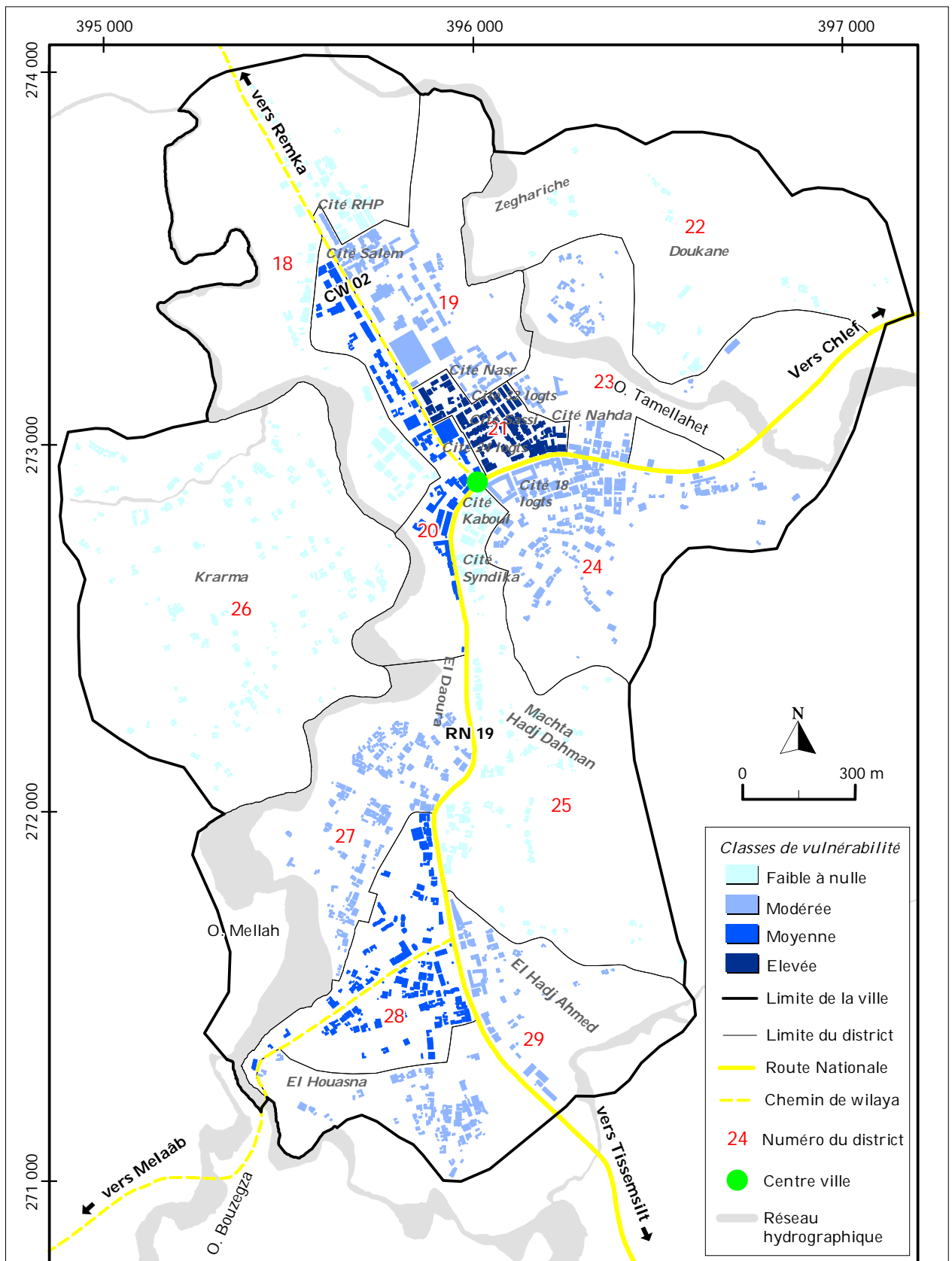


Figure. 3.16 - Carte de la vulnérabilité sociale (densité de population) de la ville de Lardjem face aux inondations. (Données de l'APC de Lardjem, 2008).

3 La vulnérabilité totale

La vulnérabilité totale prend en compte la vulnérabilité physique (état du bâti) et celle sociale (densité de la population), sous la forme d'un indice synthétique²⁹.

Pour obtenir les valeurs de la vulnérabilité totale nous avons pris la vulnérabilité physique comme un indice fixé et les valeurs de la vulnérabilité sociale comme un indice variable dans les quatre scénarios, mais on prend en compte toujours la valeur supérieure dans le croisement des deux types de vulnérabilité (Tab. 3.20):

| Les scénarios | Classes de la Vulnérabilité physique (bâti) | Classes de la vulnérabilité sociale | Classes de la vulnérabilité totale |
|---------------|---|-------------------------------------|------------------------------------|
| Scenario 1 | Faible | Elevée | Elevée |
| | Moyenne | Elevée | Elevée |
| | Elevée | Elevée | Elevée |
| Scenario 2 | Faible | Moyenne | Moyenne |
| | Moyenne | Moyenne | Moyenne |
| | Elevée | Moyenne | Elevée |
| Scenario 3 | Faible | Modérée | Modérée |
| | Moyenne | Modérée | Moyenne |
| | Elevée | Modérée | Elevée |
| Scenario 4 | Faible | Faible à nulle | Faible à nulle |
| | Moyenne | Faible à nulle | Moyenne |
| | Elevée | Faible à nulle | Elevée |

Tableau. 3.20- Principe de croisement et de classement des valeurs de la vulnérabilité totale.

D'après le tableau 3.20, quatre classes de vulnérabilité totale sont définies: nulle à faible, modérée, moyenne et élevée. La répartition spatiale des niveaux de la vulnérabilité totale est illustrée par la figure 3.17, une vulnérabilité élevée correspond à un espace de forte densité qui est supérieure à 76 hab/hectare et/ou il comporte des bâtiments en état dégradé.

²⁹ La vulnérabilité totale est évaluée à partir d'un indice subjectif fait par nos mêmes, qui est basé sur le croisement des valeurs des de la vulnérabilité physique et celle sociale, ramené aux districts de la ville.

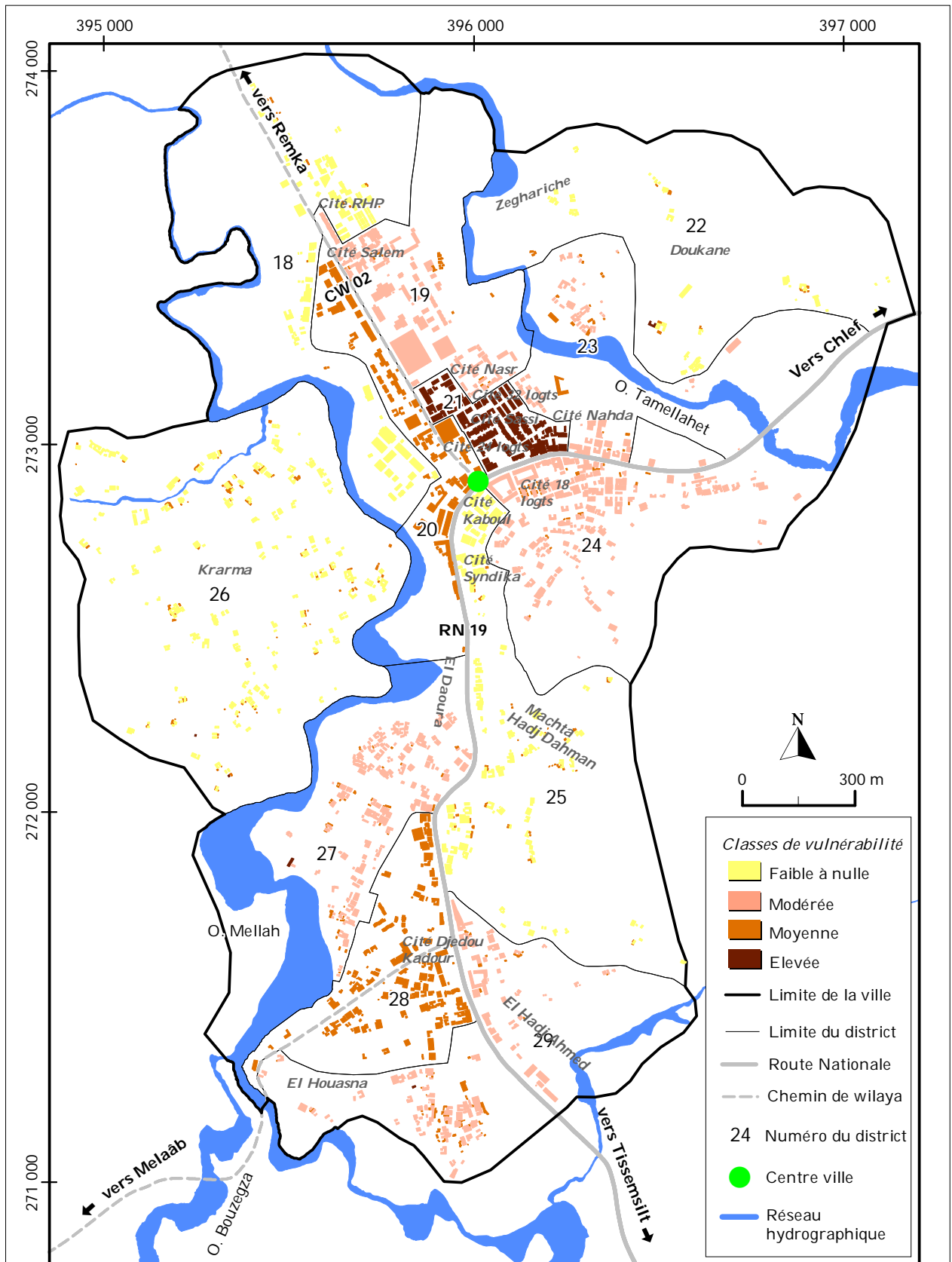


Figure. 3.17 - Carte de la vulnérabilité totale de la ville de Lardjem face aux inondations. (Données de l'APC de Lardjem, 2008).

A l'opposé, une vulnérabilité totale faible à nulle correspond à un espace de faible densité entre zéro à 25 hab/hectare et/ou un espace occupé par des bâtiments de bon état.

Du point de vue statistique et de façon générale, la ville de Lardjem est faiblement à modérément vulnérable avec 87,64%. D'après la carte de vulnérabilité totale, nous avons enregistré 46,18% pour la classe de la vulnérabilité totale faible à nulle, ensuite la classe de la vulnérabilité modérée avec 41,64%, en troisième lieu on constate la classe de vulnérabilité moyenne avec 10,75% et en dernier lieu la vulnérabilité élevée avec 1,43%.

Finalement le district 21 est celui qui concentre la forte densité tant que centre de la ville de Lardjem et qui comporte aussi les équipements sensibles (Blocs administratives, école...etc.), ce dont résulte une vulnérabilité totale plus élevée que pour les autres districts.

En conclusion, la ville de Lardjem possède une vulnérabilité physique faible dominante avec 66% et qui présente les bâtiments en bon état, ensuite la vulnérabilité moyenne par 19,38% représentant les bâtiments en état moyen, et en dernier lieu la classe de vulnérabilité élevée par 0,31%, elle représente les bâtiments dégradés.

La population de la ville de Lardjem possède une représentation cognitive du risque d'inondation faible, puisque elle aperçoit le risque sans estimer son ampleur. Une majeure partie de la population n'identifie pas le risque d'inondation et ne connaît pas les consignes à prendre en cas de survenance d'une inondation.

De point de vue densité de population, la vulnérabilité sociale dans la ville de Lardjem est de façon générale modérée, cette dernière diminue en s'éloignant du centre-ville de Lardjem, où nous avons enregistré la grande valeur avec 76 à 201 hab/hectare (district 21).

La vulnérabilité totale à Lardjem, qui se compose de la vulnérabilité physique et celle sociale est de façon générale faible à modérée, où les classes de la vulnérabilité totale faible et modérée enregistrent des valeurs approximatives entre 41% et 47%, les autres classes de vulnérabilité enregistrent des valeurs intermédiaires entre 1% et 11%.

4 Le risque d'inondation dans la ville de Lardjem

La réduction des dommages liés aux inondations nécessite d'abord une parfaite identification des zones présentant risque d'inondation élevé et les facteurs favorisant ou amplifiant les dégâts et les éventuelles pertes qui peuvent être engendrées. Le risque d'inondation représentera le produit issu de l'interaction complexe de plusieurs composantes, c'est le produit de la concomitance de facteurs topographiques, hydrogéologique, météorologique et géologique. La présente cartographie ne prend pas en considération les inondations catastrophiques, liées à un événement accidentel tel qu'une rupture de barrage ou de digue, et tout autre incident similaire. Seul le débordement « naturel » des cours d'eau est pris en compte dans la délimitation des zones d'aléa d'inondation. L'élaboration d'une carte des zones inondables est donc un outil précieux pour les planificateurs dans la définition des plans d'occupation des sols, la construction et la protection des ouvrages mais aussi une éventuelle prévision, système d'alerte aux crues qui peuvent réduire l'ampleur des dégâts générés par une inondation.

Avant l'établissement de la carte du risque d'inondation au niveau de la ville de Lardjem, nous avons réalisé une carte du couplage de l'aléa inondation (les zones historiquement inondées et les zones favorables à l'inondation) et de la vulnérabilité totale (Fig. 3.18).

La convolution de carte de l'aléa et celle de la vulnérabilité permet d'une part d'identifier et de visualiser les zones de croisement des différentes classes de la vulnérabilité totale et les zones inondables par le passé et/ou les zones favorables à l'inondation et d'autre part les secteurs de vulnérabilité totale élevée mais non exposés à l'aléa inondation; ce qui facilite la détermination des différents niveaux d'intensités du risque d'inondation à Lardjem. Un autre facteur est pris en compte dans la détermination des niveaux d'intensité, il s'agit du facteur proximité de la source du danger, qui sont les trois oueds dans notre cas.

Quant à la représentation cartographique du risque d'inondation cinq niveaux d'intensité ont été définis (Fig. 3.19). Cette carte délimite les zones caractérisées par

une valeur d'aléa et une relative à la vulnérabilité. En termes de valeurs, les cinq niveaux de risques sont:

La zone de risque faible à nul, celle à risque modéré, celui moyen, élevé et la zone de risque très élevé. Ce dernier correspond à la double localisation d'une vulnérabilité totale élevée ou moyenne et les zones historiquement inondées ou les zones favorables à l'inondation. Le risque élevé concerne les classes de la vulnérabilité totale moyenne, modérée et faible à nulle localisées dans les zones favorables à l'inondation et/ou inondées par le passé. Le risque moyen concerne les classes de vulnérabilité élevée et moyenne se trouvant à proximité des oueds, ou les zones exposées à l'inondation non occupées. Le risque modéré correspond à la vulnérabilité modérée et faible qui se situent à proximité des oueds. Le risque faible à nul concerne toutes les classes de vulnérabilité et/ou le reste de l'espace inoccupé par la population qui se trouvent loin des oueds.

Le tableau 3.21 illustre les différentes valeurs du risque et un exemple du site géolocalisé dans la zone de Lardjem.

| Niveaux du risque | Signification | Exemple du site |
|---------------------|---|--|
| Faible à nul | <ul style="list-style-type: none"> • Toutes les classes de vulnérabilité et l'espace inoccupé qui se trouvent loin des oueds. | <ul style="list-style-type: none"> • Doukane • Machta Hadj Dahman • L'ouest de la cité Krarma |
| Modéré | <ul style="list-style-type: none"> • Vulnérabilité modérée et nulle à proximité des oueds. | <ul style="list-style-type: none"> • Cité RHP • L'Est de la cité Krarma |
| Moyen | <ul style="list-style-type: none"> • Vulnérabilité élevée et moyenne à proximité des oueds. • Espace inoccupé mais inondable. | <ul style="list-style-type: none"> • Le marché • Une partie de Zeghariche |
| Elevé | <ul style="list-style-type: none"> • Vulnérabilité moyenne, modérée et faible à nulle. • Zone Inondée par le passé • Zone favorable à l'inondation | <ul style="list-style-type: none"> • Le CEM |
| Très élevé | <ul style="list-style-type: none"> • Vulnérabilité totale élevée ou moyenne • Zone Inondée par le passé • Zone favorable à l'inondation | <ul style="list-style-type: none"> • Cité Nahdha • Cité Nasr • Une partie de la cité Kaboul |

Tableau. 3.21- Illustration du principe de la classification des intensités du risque d'inondation dans la ville de Lardjem.

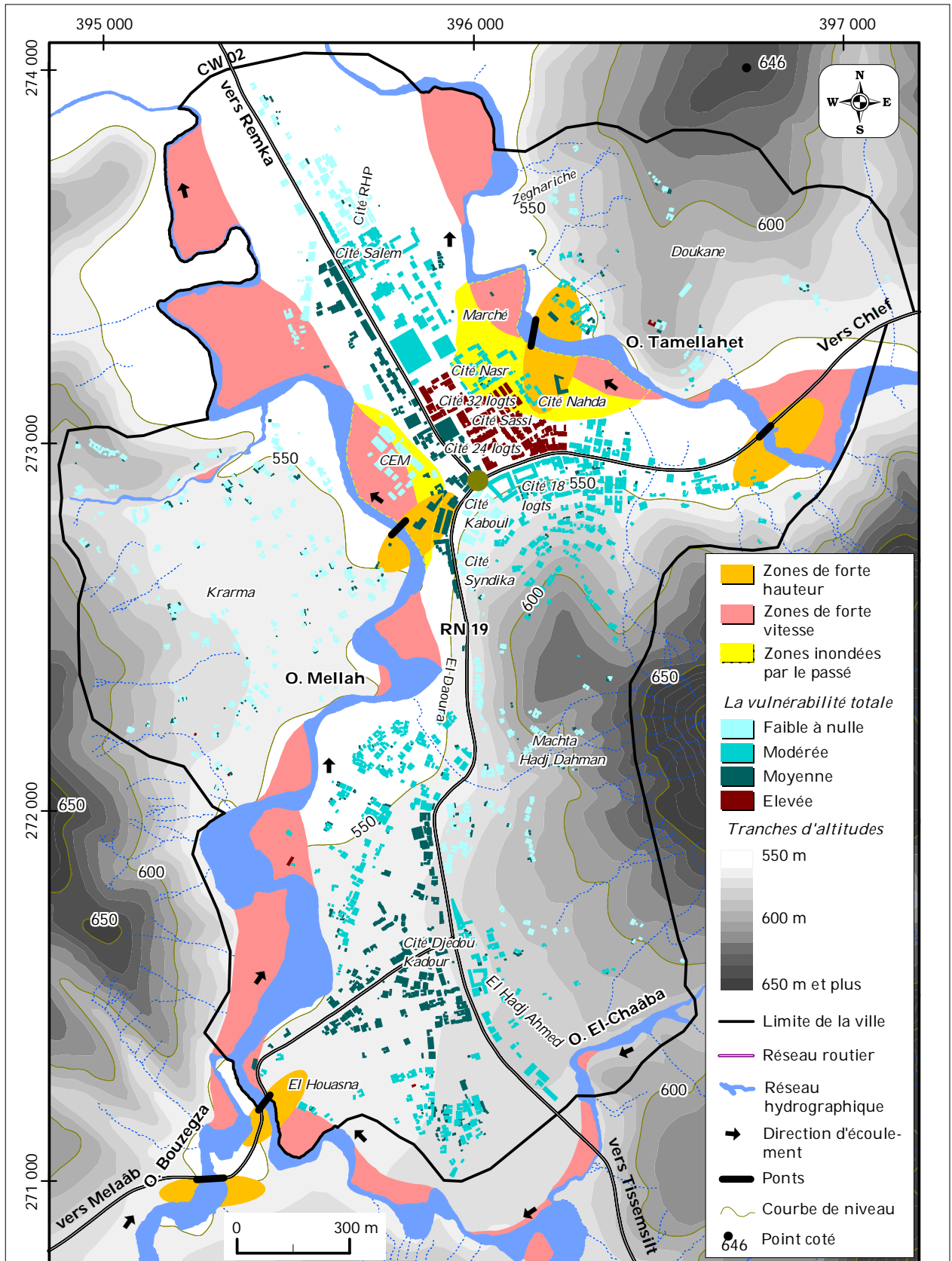


Figure. 3.18 - Carte du couplage de l'aléa inondation et de la vulnérabilité totale de la ville de Lardjem. (Carte topographique Ain Daliâ, 25000e, Plan cadastral de la ville de Lardjem).

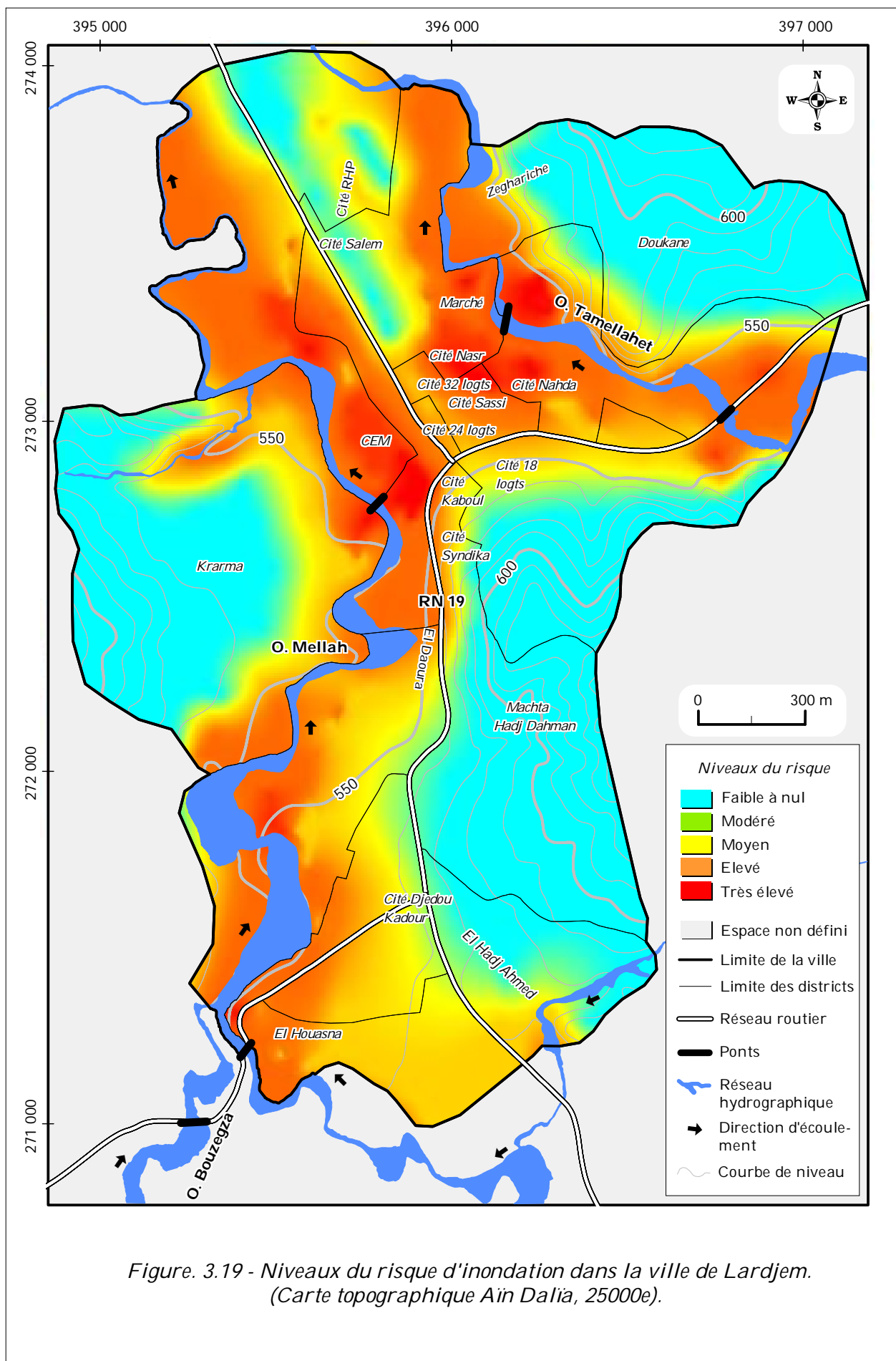


Figure. 3.19 - Niveaux du risque d'inondation dans la ville de Lardjem. (Carte topographique Aïn Dalia, 25000e).

Chapitre 4

Conclusion générale

L'objectif de ce travail de magistère était de tenter une estimation du risque d'inondation dans une ville, en adoptant une double approche, à la fois sociale et naturelle (démarche intégrée³⁰).

La méthodologie suivie dans le cadre de ce mémoire de magister évalue dans un premier temps des concepts généraux sur le phénomène d'inondation et la notion du risque d'inondation, ensuite de présenter le contexte historique et géographique de la ville de Lardjem a été implantée dans le point de confluence des trois oueds (Tamellahet, Bouzegza, Mellah), cette situation rend la ville de Lardjem très vulnérable face aux inondations. Ce contexte historique et géographique a permis de définir le type d'inondation qui caractérise cette région. Nous avons évalué l'aléa inondation à travers la méthode hydro-géomorphologique (HGM) qui convient au bassin versant de petite taille telle que celle du bassin versant de l'oued Lardjem d'une part, et la valeur des enjeux dans la ville de Lardjem d'autre part. En troisième lieu nous avons étudié la vulnérabilité physique où nous avons pris en compte le facteur état de bâtis. L'évaluation de la vulnérabilité sociale s'est faite par deux méthodes, l'une quantitative où nous avons pris en compte les facteurs sociodémographiques de la population de la ville de Lardjem et l'autre méthode dite qualitative a permis d'examiner la représentation cognitive du risque d'inondation par la population de Lardjem. Nous avons obtenu comme résultat après croisement des deux types de vulnérabilité un indice de vulnérabilité totale très important pour la ville de Lardjem. Cet indice associé aux paramètres d'aléa estimés nous ont permis de réaliser la carte du risque d'inondation au niveau de la ville de Lardjem.

³⁰ Démarche intégrée qui prend en compte les différentes composantes du risque [aléa et vulnérabilité] (E. Beck, 2006).

Le risque d'inondation dans la ville de Lardjem

Les facteurs naturels qui influent sur le risque d'inondation dans la ville de Lardjem montrent que l'oued Tamellahet constitue le grand danger pour cette ville avec un débit périodique de cent ans d'environ 355 m³/s, ainsi qu'une capacité de transport solide d'environ 46 % et une vitesse d'écoulement des eaux d'environ 1,26 m/s. En second lieu nous retrouvons oued Mellah qui enregistre une vitesse d'écoulement de l'ordre de 1,17 m/s, une capacité de transport solide d'environ 38 %, et un débit périodique de cent ans égale à 282 m³/s. Enfin l'oued Bouzegza qui a une vitesse d'écoulement de 1,26 m/s et un débit périodique de cent ans de l'ordre de 161 m³/s ainsi qu'une capacité de transport solide de 16 %. En plus de ces paramètres, d'autres facteurs aggravent la situation, tels que l'état dégradé de l'occupation des sols, l'irrégularité des pluies surtout celles torrentielles et la morphologie rude du bassin versant de l'oued Lardjem. Nous avons également traité les facteurs anthropiques qui aggravent le risque d'inondation à Lardjem. Cette étude montre que la dominance de la vulnérabilité totale faible à modérée caractérise la ville de Lardjem, où la classe de la vulnérabilité totale faible à nulle enregistre 46,18%. La classe de la vulnérabilité modérée est de 41,64%, celle moyenne est à 10,75% et finalement la vulnérabilité élevée est de l'ordre de 1,43%. Un autre résultat important est montré par l'enquête qui a soulevé le sentiment élevé d'exposition aux inondations chez la population, mais cela coïncide avec une faible connaissance du risque d'inondation. Ainsi, nous avons constaté que les facteurs sociodémographiques des habitants influencent leur représentation cognitive du risque d'inondation, et par conséquence leur vulnérabilité.

Dans cette étude seul le débordement naturel des cours d'eau est pris en compte pour le zonage de l'aléa. Par contre, d'autres scénarios sont probables, si par exemple le petit barrage de Bouzegza déborde, une grande partie de la ville peut être inondée et même le point de confluence des oueds peut approcher de la ville et augmenter le risque. La mobilité de ce point de confluence peut être déclenchée par le phénomène des méandres abandonnés. La carte du risque d'inondation dans la ville de Lardjem montre différents secteurs caractérisés par des niveaux de risque d'inondation moyen voir faible à nul mais avec des zones à risque élevé et très élevé notamment à proximité des oueds et au centre ville (la cité Nasr, celle de Nahdha et l'environnement du CEM).

La gestion du risque d'inondation à Lardjem

Face à la situation problématique de la ville de Lardjem, les autorités de la wilaya et de la commune en collaboration avec des bureaux d'études tels que celui de BNEDER, ont fait plusieurs études et projets d'aménagements pour diminuer les effets de l'inondation, tels que la mobilisation des eaux superficielles à travers la réhabilitation des retenues collinaires existantes et la réalisation de petits barrages comme celui réalisé au niveau de oued Bouzegza (photo. 4.1) et celui réalisé à oued Tamellahet (photo. 4.2). Ainsi que, l'aménagement des bassins versants qui consiste en la réhabilitation du couvert végétal pour sauvegarder les le sol et l'eau. Pour compléter les anciens projets, *la wilaya de Tissemsilt a bénéficié 1,2 milliard de Dinar Algérien pour le quinquennal 2010-2014, dont une bonne partie est réservée au renouvellement de l'ancienne étude de l'aménagement du bassin versant de Lardjem*³¹.



Photo. 4.1- Le petit barrage de Bouzegza.



Photo. 4.2- Le petit barrage de Tamellahet.

Ces efforts sont importants puisque les collectivités locales sont les cellules de base dans la prise en charge des risques majeurs. Elles doivent s'investir dans la prévention sous toutes ses formes car c'est sur elles que repose le développement durable du pays. Nous rappelons qu'il est très important d'adopter une démarche intégrée en évaluant le risque d'inondation à Lardjem, ce qui assure une gestion efficace dans le temps et l'espace. C'est dans cette optique que notre travail peut servir puisque il s'agit essentiellement d'une contribution à visualiser le risque d'inondation auquel la ville de Lardjem est exposée. Ainsi elle peut être un support de plus dans les efforts que les collectivités locales de Lardjem, celles wilayales de Tissemsilt font pour gérer ce risque. D'autres recherches peuvent être lancées pour réduire les effets de ce risque. Nous pensons particulièrement aux scénarios inondations, en utilisant les données de terrains en détail et d'autres paramètres, dont les résultats peuvent servir directement en cas de crise.

³¹ APS et Rapport de presse (4 juin 2010).

Bibliographie

- ALAIN FOUCAULT et JEAN-FRANÇOIS RAOULT, (1980, 1995), *Dictionnaire de géologie*, ouvrage 4^e édition, Edition Masson, Paris, 324 p.
- AYADI ABDELHAKIM et AÏNI DJAMEL, (2009). *Risques naturels et technologiques, importance d'une démarche unifiée*, publication, dans Préventique sécurité-N°103, pp 43-45.
- BECK ELISE, (2006). *Approche multi-risques en milieu urbain, le cas des risques sismiques et technologiques dans l'agglomération de Mulhouse (Haut-Rhin)*, thèse de Doctorat. Université Louis Pasteur Strasbourg I, 282 p.
- BNEDER -Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural- (2001). *Etude de protection de la ville de Lardjem contre les inondations, analyse-diagnostic de la situation actuelle, volet 2-phase I*, rapport provisoire, Direction de l'Hydraulique de la wilaya de Tissemsilt, octobre 2001, 59 p.
- BNEDER -Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural- (2001). *Proposition d'un schéma d'orientation des aménagements hydrauliques destinés à la ville de Lardjem*, rapport provisoire, Direction de l'Hydraulique de la wilaya de Tissemsilt, mai 2001, 30 p.
- BOUANANI ABDERRAZAK, (2004). *Hydrologie, transport solide et modélisation, Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW - Algérie)*, thèse de Doctorat d'état, discipline géologie appliqué, option hydrogéologie, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 250 p.
- Centre d'Etudes et de Réalisation en Urbanisme URBA-Tiaret, (2009). *Révision du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) de la commune de Lardjem*, rapport phase I, Wilaya de Tissemsilt, 43 p.
- Commune de Valréas-Service Hygiène et Sécurité, (2009). *Inondation*, dossier d'information, France, 7 p.
- CSTB -Centre Scientifique et Technique du Bâtiment- (2005). *Inondations*, guide d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments vis-à-vis de l'inondation, France, 37 p.

- Direction Générale de la Protection Civile. *Les inondations en Algérie*, Direction de prévention, sous-direction des risques majeurs, Bureau des risques naturels, rapport non daté, Algérie, 21 p.
- DRE, DGUHC-Direction Régionale de l'Environnement- Provence-Alpes-Côte d'Azur & -Direction Générale de l'Urbanisme de l'Habitat et de la Construction-, (Avril 2007). *Conception graphique*, Communication & Environnement - Rédaction : SIEE / GINGER Environnement et Infrastructures, France. 59 p.
- FAES. B et al, (novembre 2001). *La lutte contre les inondations*, Direction Générale des Voies Hydrauliques (DG2), rapport. France, 21 p.
- FERNAND JOLY, (1997). *Glossaire de géomorphologie (base de données sémiologiques pour la cartographie)*, ouvrage, Edition Masson & Armand Colin, Paris, 325 p.
- FRANÇOIS GAZELLE, (2002). *Plan de Prévention du Risque Inondation sur l'Agoût en amont de Castres*, Direction Départementale de l'Équipement, rapport, 50 p.
- GUERO. P, WILLMES. M, (2009). *Élaboration d'une carte d'aléa d'un PPRI sur la base d'une étude hydrogéomorphologique: cas du Petit-Morin*, article, DREIF / PST-CETE Ile-de-France. 01 p.
- HOSTACHE RENAUD, (2006). *Analyse d'images satellitaires d'inondations pour la caractérisation tridimensionnelle de l'aléa et l'aide à la modélisation hydraulique*, thèse de Doctorat, l'École Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts (ENGREF), Centre de Montpellier, France, 256 p.
- JORADP -JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE-, LOI n°04-20 du 25 Décembre 2004, relative à la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes, dans le cadre du développement durable.
- LELIEVRE MARIE-ANDREE et al, (2008). *L'approche hydrogéomorphologique pour la cartographie des zones à risque d'inondation dans les vallées de petites et moyennes tailles*, publication, dans la 4^{ème} Conférence canadienne sur les géorisques: des causes à la gestion, Presse de l'Université Laval, Québec, 8 p.
- MAUREL PIERRE, RACLOT DAMIEN et PUECH. CHRISTIAN, (2001). *Apport de la télédétection à très haute résolution spatiale à l'étude du risque d'inondation*, étude, UMR 3S Cemagref/ENGREF, Maison de la télédétection. Montpellier, 17 p.

- MECHERI ABDELKADER et SARDOU ABDELHADI, (2006). *Problématique de développement d'une agglomération péri-urbaine et les obstacles de son extension, cas de la ville de Lardjem wilaya de Tissemsilt*, mémoire d'ingénieur en arabe, Université d'Oran Es-Sénia, 186 p.
- MECIF FATIHA et METEN AHMED, (2008). *Etude hydrogéologique du bassin versant de l'oued Lardjem (wilaya de Tissemsilt)*, mémoire d'ingénieur, Université d'Oran Es-Sénia, 134 p.
- MEDAD-Ministère de l'Écologie du Développement et de l'Aménagement Durables- et Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture de Nièvre, (2009). *Cartographie de l'aléa*, Le plan de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN) inondation de la Nièvre, Alp'Géorisques, réunion du 02 juillet 2009, France. 22 p.
- MEDD -Ministère de l'Écologie et du Développement Durable- (Août 2004). *Les inondations*, document d'information, France, 24 p.
- MONTEBAULT. D et DAVODEAU. H, (Octobre, 2006). *De l'évolution de l'occupation des sols à la patrimonialisation des paysages de vallée*, communication, dans le séminaire « AGF », Université de Caen, 9 p.
- Nationale Eau et Environnement, (juin, 2002). *Etude de protection de la ville de Lardjem contre les crues*, rapport d'expertise, Direction de l'Hydraulique de la wilaya de Tissemsilt, 48 p.
- PIERRICK BLIN, (2001). *Développement d'une nouvelle méthode de cartographie du risque unitaire d'inondation (CRUE) pour des résidences*, mémoire de Maître ès-Sciences (M. Sc.) Géographie Physique, Université du Québec INRRS-EAU, 104 p.
- POIRIER-COUTANSAIS GENEVIEVE, (1987). *Méthodologie de la recherche « Le questionnaire »*, article, dans revue Recherche en soins infirmiers N° 8 Mars 1987, pp 76-81.
- RAHOUI HOUCINE, (2008). *Vulnérabilité et risques en milieu urbain : facteurs prépondérants et conséquences*, communication, dans colloque « les risques urbains » Constantine 2008, 8 p.
- RICHARD DIDIER, (1997). *Crues torrentielles ou crues des torrents?*, article, Risques Infos n°8 - Avril 1997, Cemagref, 27p.

- ROCHE LAURA, (2009-2010). *La perception du risque d'inondation par les habitants des zones inondables*, projet de fin d'étude (PFE), Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, Génie de l'Aménagement, 62 p.
- ROGER COQUE, (1997). *Géomorphologie*, ouvrage, 3^{ème} édition, Armand Colin, Paris, 429 p.
- SAOU MOHAMED AMINE, (2007). *L'aménagement du bassin versant de l'oued Lardjem, wilaya de Tissemsilt*, mémoire d'ingénieur, spécialité foresterie et protection de la nature, Institut National Agronomique El-Harrach, Alger, 124 p.
- SHELIA. B, (1995). *Introduction aux Aléas*, Programme de Formation à la Gestion de Catastrophes, pnud, DHA/95/224, deuxième édition, 177 p.
- SPPPI -Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions Industrielles- en Basse-Seine, (Novembre 2004). *Prise en compte du risque inondation dans les études de dangers et des installations classées*, Cahier technique N°8, 20 p.
- THENARD LUCAS, (2009). *Torrents et torrentialité dans la vallée de Guisane, Contribution d'une étude géographique à la gestion durable du risque torrentiel à Serre-Chevalier (Briançonnais; Hautes-Alpes; France)*, thèse de Doctorat en Géographie, Université de Lille 1- Sciences et Technologies, France, 549 p.
- THOURET JEAN-CLAUDE et D'ERCOLE ROBERT, (1994). *Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponse sociales*, article, Cahier des Sciences Humaines. 32 (2), pp 407-422.

Annexes

Annexe 1: Sigles utilisés

A: Argile.

AC: Alluvions Consolidées.

A.E.P: Alimentation en Eau Potable.

AI : Alluvions récentes.

AF: Affleurement rocheux.

B.N.E.D.E.R: Bureau National d'Etude pour le Développement Rural.

B.V: Bassin Versant.

C: Calcaire.

C.E.P.R.I: Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation.

C.G.S: Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique.

C.I.P.R: Commission Internationale pour la Protection du Rhin.

C.P: Conglomérats Poudingues

C.R.A.A.G: Centre de Recherche en Astronomie Astrophysique et Géophysique.

C.S.T.B: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

C.T.S: Centre des Techniques Spatiales.

D.G.U.H.C: Direction Générale de l'Urbanisme de l'Habitat et de la Construction.

D.H.W: Direction Hydraulique da la Wilaya.

D.P.A.T: Direction de la Planification et de l'Aménagement de Territoire.

D.P.P.R: Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques.

D.R.E: Direction Régionale de l'Environnement

Ds: Dénivelé spécifique.

F: Flysch.

Fig: Figure.

G: Grès.

Gy: Gypses.

HGM: Hydro-GéoMorphologie.

H.L.M: Habitation à Loyer Modéré

Ig: Indice de pente globale.

Ip: Indice de pente.

M: Marnes

M.A.T.E: Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

Mc: Marno-calcaires

M.C: Maquis Clairs

M.E.D.A.D: Ministère de l'Écologie du Développement et de l'Aménagement Durables.

M.E.D.D: Ministère de L'Écologie et du Développement Durable.

M.E.E.D.D.A.T: Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire.

O.N.M: Office National de Météorologie

O.N.S: Office National des Statistiques

ORSEC: Organisation des Secours

P.A: Pin d'Alep.

P.P.R: Plan de Prévention des Risques.

P.P.R.I: Plan de Prévention du Risque d'Inondation.

S.I.G: Système d'Information Géographique.

S.T: Superficie Totale

T.A: Terrain Agricole

Tab: Tableau

T.A.G: Taux d'Accroissement Global

T.F: Terrains en Friche

T.E: Terrain Erodé

V.R.D: Voiries et Réseaux Divers

Annexe 2: Glossaire

Bassin versant: surface réceptrice des eaux alimentant un cours d'eau. Le bassin versant a pour limite la ligne de partage des eaux qui le sépare des bassins adjacents. *Cartographiquement, c'est cette ligne qui définit l'extension et la forme du bassin-versant. (Fernand Joly, 1997).*

Érosion: ensemble des phénomènes externes qui, à la surface du sol ou à faible profondeur, enlèvent tout ou partie des terrains existants et modifient ainsi le relief. On distingue deux grands types de phénomènes dont, le plus souvent, les effets s'additionnent : 1)- *les processus chimiques*, 2)- *les processus physiques ou mécaniques. (Ch. POMEROL et al, 1980,1995).*

Géomorphologie: (du grec *gê*, terre; *morphê*, forme, et *logos*, discours) science qui a pour objet la description et l'explication du relief terrestre, continental et sous-marin. *(Roger Coque, 1997).*

Hypsométrie: n. f. [du gr. *hupsos*, hauteur, et *metron*, mesure] - Mesure des altitudes. adj. hypsométrique (courbe hypsométrique : Syn., partiel, de courbe de niveau). V. carte topographique; cf. bathymétrie, isohypse. *(Ch. POMEROL et al, 1980,1995).*

Lit majeur ou champ d'inondation: espace occupé par les eaux pendant les crues. *(Fernand Joly, 1997).*

Lit mineur: lit ordinaire normalement occupé par le cours d'eau et limité par des berges. *(Fernand Joly, 1997).*

Modélisation hydraulique: utilisation d'un logiciel mathématique pour simuler les écoulements dans un cours d'eau et obtenir des paramètres quantifiés de hauteurs et de vitesse pour différentes crues *(DRE et DGUHC, 2007).*

Morphogénétique: morphogenèse n. f. [du gr. *morphê*, forme. et *gennan*, engendrer] - Naissance et évolution des formes du relief, par le jeu conjugué des déformations de la croûte terrestre, du volcanisme, de l'érosion, et de la sédimentation. V. aussi glyptogenèse, orogenèse. adj. **morphogénétique.** *(Ch. POMEROL et al, 1980,1995).*

Morpho-dynamique: ensemble des paramètres morphologiques (tracé du cours d'eau, pente en long, etc.) et dynamiques (vitesse de montée des eaux, érosion, alluvionnement, etc.) d'un oued. (*DRE et DGUHC, 2007*).

Perception: "ensemble des mécanismes et des processus par lesquels l'organisme prend connaissance du monde et de son environnement sur la base des informations élaborées par ses sens". (*Cauvin, 1984 in E. Beck, 2006*).

Représentation cognitive: résultat d'une perception, mais également de croyances, d'informations indirectes, différés, inconscientes. La représentation cognitive ne nécessite pas une connaissance précise de l'objet et n'implique pas de l'avoir vu ou "perçu" par un autre sens, d'être en sa présence. (*Elise Beck, 2006*).

Annexe 3: Questionnaire de l'enquête



Université Abdelhamid Ibn Badis MOSTAGANEM

Faculté des Séances et de la Technologie

Département de Génie Civil

Questionnaire d'enquête

Préambule

Cette enquête rentre dans le cadre d'une recherche académique pour obtenir un grade de magister en Génie Civil, Option « Gestion des risques majeurs »

Thème : « Contribution à l'évaluation du risque d'inondation dan la ville de Lardjem, Tissemsilt ».

Nous portons par ce questionnaire à évaluer la représentation cognitive du risque d'inondation par la population de la ville de Lardjem exposée à ce risque.

- Date :
- No Enquête :
- L'enquêteur :

| | | | |
|---|--------|--|--------|
| 1. Êtes-vous habitant de la ville de Lardjem? | 1. Oui | | / __ / |
| | 2. Non | | |
| 2. Travaillez-vous dans la ville de Lardjem? | 1. Oui | | / __ / |
| | 2. Non | | |

✚ *Si les réponses sont non, le questionnaire est non valide, l'enquête s'arrête*

1. Informations générales

| | | | |
|--|---------------------|--|--------|
| 3. Sexe | 1. Masculin | | / __ / |
| | 2. Féminin | | |
| 4. Age | / __ / __ / | | / __ / |
| 5. Quelle est votre niveau d'instruction ? | 1. Sans instruction | | / __ / |
| | 2. Primaire | | |
| | 3. Moyen | | |
| | 4. Secondaire | | |
| | 6. Supérieur | | |
| 6. Quelle est votre profession ou occupation ? | | | / __ / |
| 7. Quelle est votre situation familiale ? | 1. Marié (e) | | / __ / |
| | 2. Célibataire | | |
| 8. Avez-vous des enfants ? | 1. Oui | | / __ / |
| | 2. Non | | |
| 9. Si oui, sont-ils en bas âge (- 6 ans) ? | 1. Oui | | / __ / |
| | 2. Non | | |
| 10. Dans quel type de constructions logez-vous ? | 1. Collectif | | / __ / |
| | 2. Individuel | | |
| 11. Etes-vous ? | 1. Locataire | | / __ / |
| | 2. Propriétaire | | |

2. Les questions suivantes portent sur la perception du risque d'inondation

| | | | |
|--|--------|--|--------|
| 12. Avez-vous déjà été touché (e) par les effets d'une inondation ? | 1. Oui | | / __ / |
| | 2. Non | | |
| 13. Si oui, quand ? (Date) | | | / __ / |
| 14. Dans votre entourage y a-t-il des personnes qui ont été touchées par une inondation ? | 1. Oui | | / __ / |
| | 2. Non | | |
| 15. Sentez-vous, actuellement exposé au risque d'inondation ? | 1. Oui | | / __ / |
| | 2. Non | | |
| 16. Est-ce que vous imaginez qu'une inondation catastrophique puisse se produire à Lardjem ? | 1. Oui | | / __ / |
| | 2. Non | | |

3. Les questions suivantes portent sur les connaissances acquises sur le risque d'inondation.

| | | |
|---|----------------------------|-------|
| 17. Que signifie pour vous une inondation ? | | /__ / |
| 18. Avez-vous eu connaissance d'une ou plusieurs inondations récentes dans la ville de Lardjem ? | 1. Oui | /__ / |
| | 2. Non | |
| 19. Si oui, quand ? (Date) | | /__ / |
| 20. Qu'est-ce qui sera d'après vous le plus affecté en cas d'inondation ? (vous pouvez choisir plus qu'une réponse). | 1. Personnes | /__ / |
| | 2. Les bâtiments | |
| | 3. L'environnement | |
| | 4. Ne sait pas | |
| 21. Connaissez-vous les consignes à suivre en cas d'inondation ? (Si la réponse est non, allez à la Q : 23). | 1. Oui | /__ / |
| | 2. Non | |
| 22. Si oui, quelle est votre source d'information ? (vous pouvez choisir plus qu'une réponse). | 1. Télévision | /__ / |
| | 2. Radio | |
| | 3. Les journaux | |
| | 4. Internet | |
| | 5. Autres | |
| 23. Comment souhaiteriez-vous être informé(e) sur le risque d'inondation ? | 1. Apprentissage à l'école | /__ / |
| | 2. Les médias | |
| | 3. Journaux, magazines | |
| | 4. Les organismes | |
| | 5. Autres | |
| | 6. Ne sait pas | |

Remarque:.....

.....
.....
.....

L'enquête est terminée, je vous remercie d'avoir bien voulu y répondre.

Annexe 4: Questionnaire de l'enquête version arabe

جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية



إستمارة تحقيق ميداني

تمهيد

إن هذا التحقيق الميداني يدخل في إطار انجاز بحث أكاديمي لنيل شهادة الماجستير في الهندسة المدنية، تخصص "تسيير الأخطار الكبرى" تحت عنوان:

« *Contribution à l'évaluation du risque d'inondation dans la ville de Lardjem, Tissemsilt* »

نهدف من خلال هذه الاستمارة إلى تقييم مدى تصور و درجة معرفة سكان مدينة لرجام لخطر الفيضانات الذي يهدد المدينة.

- التاريخ:.....
- رقم الاستمارة:.....
- المحقق:.....

| | | | |
|-------|--|--------|--------------------------------|
| /___/ | | 1. نعم | 1. هل أنت من سكان مدينة لرجام؟ |
| /___/ | | 2. لا | |
| /___/ | | 1. نعم | 2. هل تعمل في مدينة لرجام؟ |
| /___/ | | 2. لا | |

✚ إذا كانت الإجابات: لا، الاستمارة غير صحيحة، التحقيق يتوقف.

1. معلومات عامة

| | | |
|-----|---------------|---|
| / / | 1. ذكر | 3. الجنس |
| | 2. أنثى | |
| / / | / / | 4. العمر |
| / / | 1. بدون تعليم | 5. المستوى التعليمي |
| | 2. ابتدائي | |
| | 3. متوسط | |
| | 4. ثانوي | |
| | 5. تعليم عالي | |
| / / | | 6. المهنة |
| / / | 1. متزوج | 7. الحالة العائلية |
| | 2. أعزب | |
| / / | 1. نعم | 8. هل لديك أولاد؟ |
| | 2. لا | |
| / / | 1. نعم | 9. إذا كانت الإجابة بنعم، هل هم أقل من 6 سنوات؟ |
| | 2. لا | |
| / / | 1. فردي | 10. ماهي طبيعة مسكنك (فردي أو جماعي)؟ |
| | 2. جماعي | |
| / / | 1. مستأجر | 11. هل أنت مالك أم مستأجر للسكن؟ |
| | 2. مالك | |

2. الأسئلة الآتية تهدف إلى معرفة مدى تصورك لخطر الفيضانات

| | | |
|-----|--------|--|
| / / | 1. نعم | 12. هل سبق لك أن تعرضت لأثر الفيضانات؟ |
| | 2. لا | |
| / / | | 13. إذا كانت الإجابة بنعم، متى (التاريخ)؟ |
| / / | 1. نعم | 14. في محيطك، هل تعرض أشخاص إلى آثار الفيضانات؟ |
| | 2. لا | |
| / / | 1. نعم | 15. هل تشعر حالياً أنك معرض لخطر الفيضانات؟ |
| | 2. لا | |
| / / | 1. نعم | 16. في رأيك، هل يمكن أن تحدث فيضانات كارثية مستقبلاً في مدينة لرحام؟ |
| | 2. لا | |

3. الأسئلة الآتية تهدف إلى اختبار معلوماتك حول خطر الفيضانات

| | | |
|-------|---|--|
| /___/ | | 17. ماذا تعني لك الفيضانات؟ |
| /___/ | 1. نعم 2. لا | 18. هل تعلم أنه قد حدثت فيضانات في مدينة لرجام من قبل؟ |
| /___/ | | 19. إذا كانت الإجابة نعم، متى (التاريخ)؟ |
| /___/ | 1. الأشخاص 2. المباني (السكنات) 3. البيئة 4. لا أعلم | 20. في رأيك من هم الأكثر عرضة للفيضانات؟ (يمكنك اختيار أكثر من إجابة) |
| /___/ | 1. نعم 2. لا | 21. هل تعرف إجراءات الأمان في حالة حدوث فيضان؟ إذا كانت الإجابة بلا اذهب إلى السؤال رقم 22 |
| /___/ | 1. التلفاز 2. الراديو 3. الجرائد 4. الانترنت 5. أخرى..... | 22. إذا كانت الإجابة نعم، ما هو مصدر معلوماتك؟ |
| /___/ | 1. التعلم في المدرسة 2. وسائل الإعلام 3. الجرائد و المجالات 4. الحملات التحسيسية 5. أخرى..... 6. لا أعلم | 23. في رأيك، ما هي الوسيلة الأحسن لتعلم إجراءات الأمان؟ |

ملاحظات:

.....
.....
.....

-التحقيق انتهى، شكرا جزيلاً على تعاونكم-

Annexe 5: Composition de l'échantillon de l'enquête

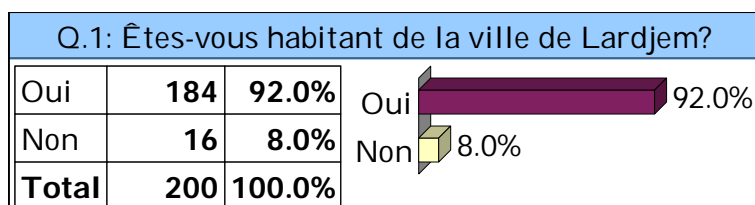


Figure. 4.1- Pourcentage des enquêtés qui habitent à Lardjem.

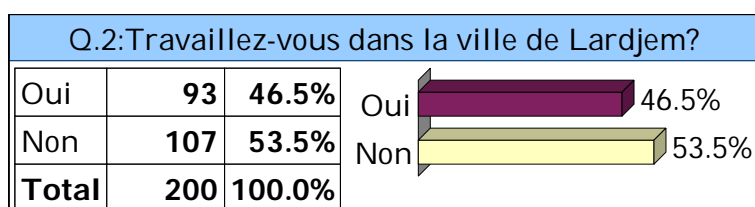


Figure. 4.2- Pourcentage des enquêtés qui travaillent à Lardjem.

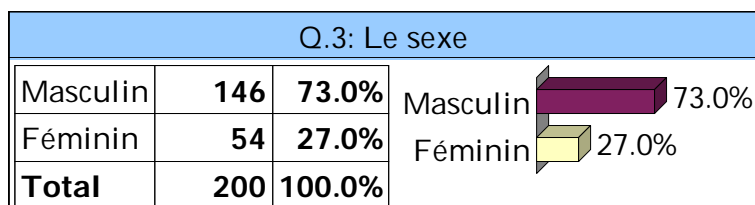


Figure. 4.3- Nombre de population enquêtée par sexe.

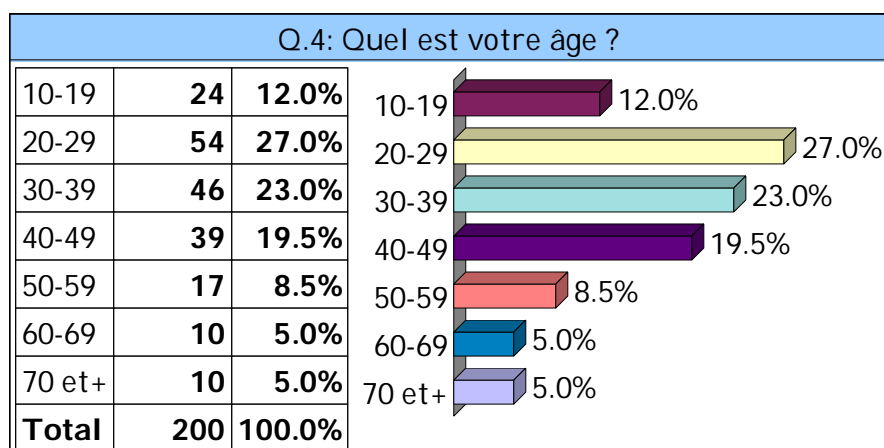


Figure. 4.4- Nombre de population enquêtée par groupe d'âge.

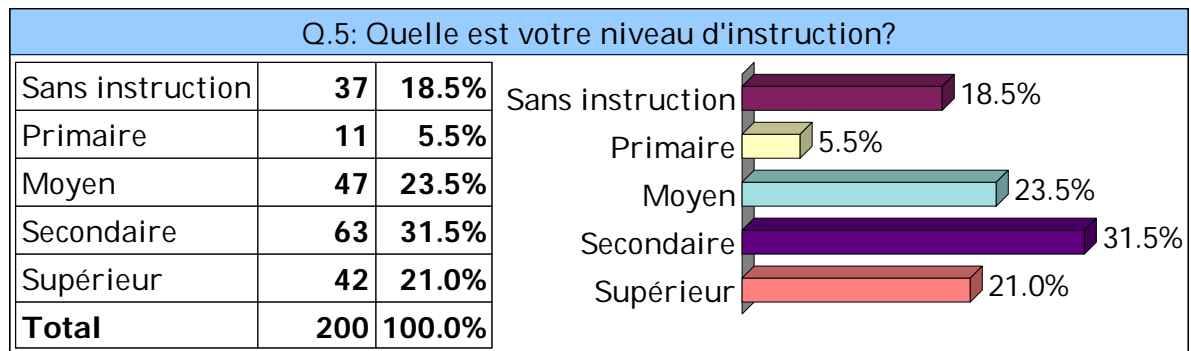


Figure. 4.5- Nombre de population enquêtée par niveau d'instruction.

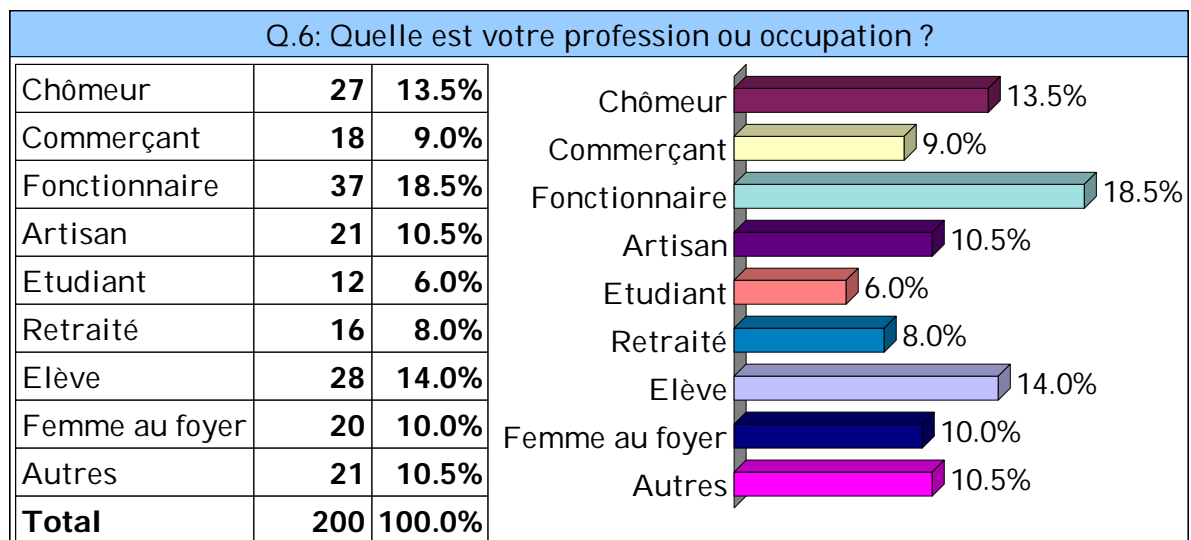


Figure. 4.6- Nombre de population enquêtée par profession.

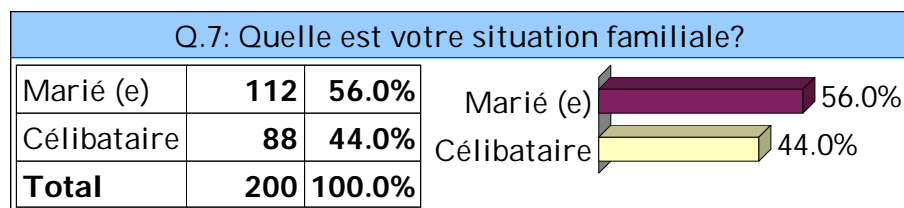


Figure. 4.7- Nombre de population enquêtée par situation familiale.

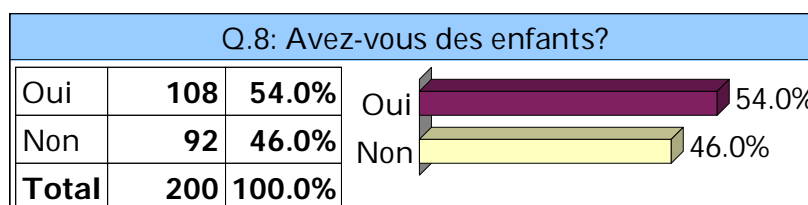


Figure. 4.8- Nombre de population enquêtée qui ont des enfants.

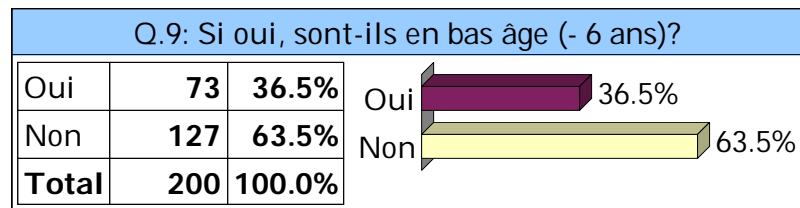


Figure. 4.9- Nombre de population enquêtée qui ont des enfants en bas âge.

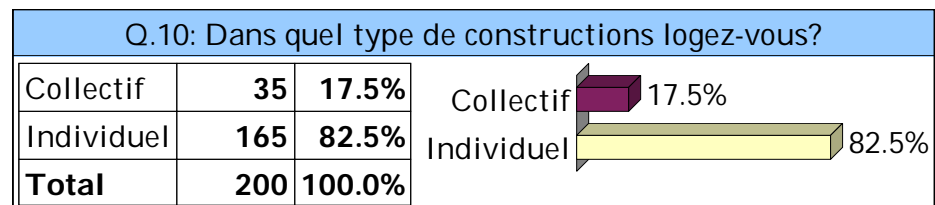


Figure. 4.10- Nombre de population par type d'habitat.

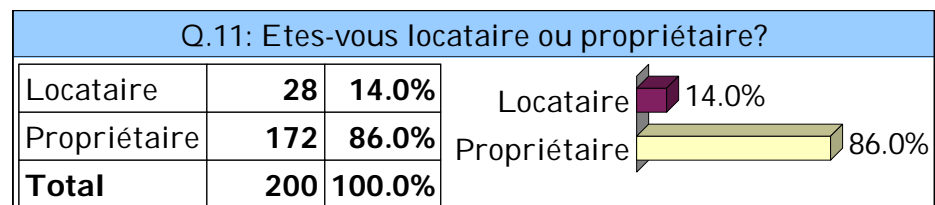


Figure. 4.11- Nombre de population locataire et propriétaire.

Annexe 6: Résultats de l'enquête

| Sentiment d'exposition à l'inondation Groupe d'âge | OUI | NON | TOTAL |
|---|--------------------|--------------------|-------------------|
| 10-19 | 41,7% (10) | 58,3% (14) | 100% (24) |
| 20-29 | 85,2% (46) | 14,8% (8) | 100% (54) |
| 30-39 | 39,1% (18) | 60,9% (28) | 100% (46) |
| 40-49 | 74,4% (29) | 25,6% (10) | 100% (39) |
| 50-59 | 76,5% (13) | 23,5% (4) | 100% (17) |
| 60-69 | 100% (10) | 0,0% (0) | 100% (10) |
| 70 et+ | 70,0% (7) | 30,0% (3) | 100% (10) |
| TOTAL | 66,5% (133) | 33,5% (67) | 100% (200) |

Tableau. 4.1- Sentiment d'exposition à l'inondation par les groupes d'âges, Q.4 × Q.15. (La dépendance est très significative. $\chi^2 = 37,51$, $ddl = 6$, $1-p = >99,99\%$).³²

| La survenance d'inondations importantes Groupe d'âge | Oui | Non | TOTAL |
|---|--------------------|--------------------|-------------------|
| 10-19 | 66,7% (16) | 33,3% (8) | 100% (24) |
| 20-29 | 96,3% (52) | 3,7% (2) | 100% (54) |
| 30-39 | 89,1% (41) | 10,9% (5) | 100% (46) |
| 40-49 | 89,7% (35) | 10,3% (4) | 100% (39) |
| 50-59 | 88,2% (15) | 11,8% (2) | 100% (17) |
| 60-69 | 100% (10) | 0,0% (0) | 100% (10) |
| 70 et+ | 100% (10) | 0,0% (0) | 100% (10) |
| TOTAL | 89,5% (179) | 10,5% (21) | 100% (200) |

Tableau. 4.2- Survenance d'inondation catastrophique selon les groupes d'âges, Q.4 × Q.16. (La dépendance est très significative. $\chi^2 = 18,35$, $ddl = 6$, $1-p = 99,46\%$).

| Sentiment d'exposition à l'inondation Avez-vous des enfants | OUI | NON | TOTAL |
|--|--------------------|--------------------|-------------------|
| Oui | 64,8% (70) | 35,2% (38) | 100% (108) |
| Non | 68,5% (63) | 31,5% (29) | 100% (92) |
| TOTAL | 66,5% (133) | 33,5% (67) | 100% (200) |

Tableau. 4.3- Sentiment d'exposition à l'inondation chez les parents, Q.8 × Q.15. (La dépendance n'est pas significative. $\chi^2 = 0,30$, $ddl = 1$, $1-p = 41,57\%$).

³² Les cases encadrées en bleu (rose) sont celles pour lesquelles l'effectif réel est nettement supérieur (inférieur) à l'effectif théorique.

| Définition de l'inondation Groupe d'âge | Bonne réponse | Acceptable | Mauvaise réponse | TOTAL |
|--|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 10-19 | 12,5% (3) | 70,8% (17) | 16,7% (4) | 100% (24) |
| 20-29 | 11,1% (6) | 38,9% (21) | 50,0% (27) | 100% (54) |
| 30-39 | 10,9% (5) | 47,8% (22) | 41,3% (19) | 100% (46) |
| 40-49 | 10,3% (4) | 35,9% (14) | 53,8% (21) | 100% (39) |
| 50-59 | 0,0% (0) | 17,6% (3) | 82,4% (14) | 100% (17) |
| 60-69 | 0,0% (0) | 0,0% (0) | 100% (10) | 100% (10) |
| 70 et+ | 0,0% (0) | 10,0% (1) | 90,0% (9) | 100% (10) |
| TOTAL | 9,0% (18) | 39,0% (78) | 52,0% (104) | 100% (200) |

Tableau. 4.4- Définition de l'inondation par groupes d'âge, Q.4 × Q.17.

(La dépendance est très significative. $\chi^2 = 36,53$, $ddl = 12$, $1-p = 99,97\%$).

| Définition de l'inondation La profession | Bonne réponse | Acceptable | Mauvaise réponse | TOTAL |
|---|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Chômeur | 3,7% (1) | 18,5% (5) | 77,8% (21) | 100% (27) |
| Commerçant | 0,0% (0) | 38,9% (7) | 61,1% (11) | 100% (18) |
| Fonctionnaire | 13,5% (5) | 56,8% (21) | 29,7% (11) | 100% (37) |
| Artisan | 9,5% (2) | 28,6% (6) | 61,9% (13) | 100% (21) |
| Etudiant | 16,7% (2) | 66,7% (8) | 16,7% (2) | 100% (12) |
| Retraité | 0,0% (0) | 6,3% (1) | 93,8% (15) | 100% (16) |
| Elève | 10,7% (3) | 67,9% (19) | 21,4% (6) | 100% (28) |
| Femme au foyer | 0,0% (0) | 20,0% (4) | 80,0% (16) | 100% (20) |
| Autres | 23,8% (5) | 33,3% (7) | 42,9% (9) | 100% (21) |
| TOTAL | 9,0% (18) | 39,0% (78) | 52,0% (104) | 100% (200) |

Tableau. 4.5- Définition de l'inondation en fonction des professions, Q.6 × Q.17.

(La dépendance est très significative. $\chi^2 = 58,07$, $ddl = 16$, $1-p = >99,99\%$).

| Connaissance des consignes de sécurité La profession | Oui | Non | TOTAL |
|---|--------------------|--------------------|-------------------|
| Chômeur | 40,7% (11) | 59,3% (16) | 100% (27) |
| Commerçant | 16,7% (3) | 83,3% (15) | 100% (18) |
| Fonctionnaire | 64,9% (24) | 35,1% (13) | 100% (37) |
| Artisan | 19,0% (4) | 81,0% (17) | 100% (21) |
| Etudiant | 75,0% (9) | 25,0% (3) | 100% (12) |
| Retraité | 0,0% (0) | 100% (16) | 100% (16) |
| Elève | 60,7% (17) | 39,3% (11) | 100% (28) |
| Femme au foyer | 15,0% (3) | 85,0% (17) | 100% (20) |
| Autres | 57,1% (12) | 42,9% (9) | 100% (21) |
| TOTAL | 41,5% (83) | 58,5% (117) | 100% (200) |

Tableau. 4.6- Connaissance des consignes de sécurité selon les professions, Q.6 × Q.21. (La dépendance est très significative. $\chi^2 = 46,32$, $ddl = 8$, $1-p = >99,99\%$).

| Connaissance des consignes de sécurité Enfants en bas âge (-6 ans) | Oui | Non | TOTAL |
|---|--------------------|--------------------|-------------------|
| Oui | 37,0% (27) | 63,0% (46) | 100% (73) |
| Non | 44,1% (56) | 55,9% (71) | 100% (127) |
| TOTAL | 41,5% (83) | 58,5% (117) | 100% (200) |

Tableau. 4.7- Connaissance des consignes de sécurité chez les parents qui ont des enfants en bas âge (- 6 ans), Q.9 × Q.21. (La dépendance n'est pas significative. $\chi^2 = 0,96$, $ddl = 1$, $1-p = 67,40\%$).

| Définition de l'inondation Eléments affectés par l'inondati | Bonne réponse | Acceptable | Mauvaise réponse | TOTAL |
|--|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Personnes | 14,1% (10) | 50,7% (36) | 35,2% (25) | 100% (71) |
| Les bâtiments | 10,4% (17) | 41,1% (67) | 48,5% (79) | 100% (163) |
| L'environnement | 12,1% (12) | 46,5% (46) | 41,4% (41) | 100% (99) |
| Ne sait pas | 0,0% (0) | 0,0% (0) | 100% (16) | 100% (16) |
| TOTAL | 9,0% (39) | 39,0% (149) | 52,0% (161) | 100% (349) |

Tableau. 4.8- Relation entre définition de l'inondation et les éléments les plus affectés par les effets de ce risque, Q.17 × Q.20. (La dépendance est très significative. $\chi^2 = 23,38$, $ddl = 6$, $1-p = 99,93\%$).

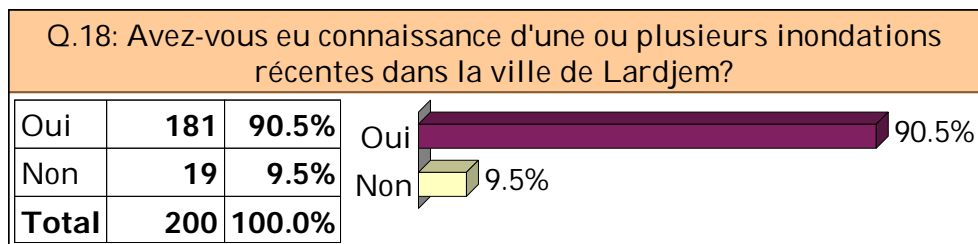


Figure. 4.12- Connaissance des anciennes inondations à Lardjem par la population enquêtée.

Tables

Table des figures

| | | |
|----------------------|--|----|
| Figure. 1.1- | Processus de la genèse des crues..... | 13 |
| Figure. 1.2- | Illustration de l'augmentation du débit de pointe de crue due à l'urbanisation des bassins versants..... | 14 |
| Figure. 1.3- | Schéma conceptuel de la notion de risques naturels..... | 18 |
| Figure. 1.4- | Relations topographiques entre les différents lits de l'oued..... | 22 |
| Figure. 1.5- | La complémentarité entre les approches d'évaluation de l'aléa inondation..... | 25 |
| Figure. 1.6- | Situation du bassin versant de Lardjem au sein du bassin de Chélif..... | 30 |
| Figure. 1.7- | Localisation de la zone d'étude..... | 31 |
| Figure. 1.8- | Limites administratives de la zone d'étude..... | 33 |
| Figure. 1.9- | Localisation de la ville de Lardjem..... | 34 |
| Figure. 1.10- | Les dommages causés par oued Tamellahet suite aux inondations du 22 et 23 octobre 2000..... | 35 |
| Figure. 1.11- | Les dommages causés par oued Mellah suite aux inondations du 22 et 23 octobre 2000..... | 36 |
| Figure. 1.12- | Les zones historiquement inondées dans la ville de Lardjem..... | 37 |
| Figure. 2.1- | Précipitations moyennes annuelles pour la période 1996-2005..... | 42 |
| Figure. 2.2- | Fréquence des pluies torrentielles..... | 44 |
| Figure. 2.3- | Répartition spatiale des tranches pluviométriques dans la région de Lardjem..... | 46 |
| Figure. 2.4- | Températures moyennes annuelles pour la période 1996-2005..... | 48 |
| Figure. 2.5- | L'occupation globale des sols du bassin versant de Lardjem..... | 49 |
| Figure. 2.6- | Carte d'occupation des sols du bassin versant de Lardjem..... | 53 |
| Figure. 2.7- | Classes d'érosion dans le bassin versant de Lardjem..... | 56 |
| Figure. 2.8- | Carte hypsométrique du bassin versant de Lardjem..... | 59 |
| Figure. 2.9- | Classes des pentes dans le bassin versant de Lardjem..... | 61 |
| Figure. 2.10- | Carte lithologique du bassin versant de Lardjem..... | 67 |
| Figure. 2.11- | Classes de résistance des formations lithologiques à l'érosion..... | 68 |
| Figure. 2.12- | Carte hydrologique du bassin versant de Lardjem..... | 70 |

| | |
|---|-----|
| Figure. 2.13- Vitesse d'écoulement des oueds; Bouzegza, Mellah et Tamellahet..... | 79 |
| Figure. 2.14- Débit centennal des oueds; Tamellahet, Mellah et Bouzegza..... | 80 |
| Figure. 2.15- Transport solide des oueds; Tamellahet, Mellah et Bouzegza..... | 81 |
| Figure. 2.16- Carte hypsométrique de la ville de Lardjem..... | 83 |
| Figure. 2.17- Les zones favorables à l'inondation dans la ville de Lardjem..... | 84 |
| | |
| Figure. 3.1- Découpage de la ville de Lardjem par districts..... | 92 |
| Figure. 3.2- Répartition des constructions par districts dans la ville de Lardjem..... | 93 |
| Figure. 3.3- Typologie de l'habitat de la ville de Lardjem..... | 95 |
| Figure. 3.4- Etat de bâtis dans la ville de Lardjem..... | 97 |
| Figure. 3.5- Carte de la vulnérabilité physique (bâtiments) de la ville de Lardjem face aux inondations..... | 98 |
| Figure. 3.6- Périodes de concentration de la population dans la ville de Lardjem..... | 101 |
| Figure. 3.7- Pyramide des âges de la population de la commune de Lardjem... | 103 |
| Figure. 3.8- La migration quotidienne de la population de la ville de Lardjem..... | 105 |
| Figure. 3.9- Nombre des enquêtés par rapport au nombre des ménages à Lardjem..... | 109 |
| Figure. 3.10- Pourcentage des individus touchés par les effets d'une inondation..... | 111 |
| Figure. 3.11- Pourcentage des individus qui connaissent des personnes touchées par les effets d'une inondation..... | 112 |
| Figure. 3.12- Pourcentage des individus pensent qu'une inondation catastrophique peut avoir lieu à Lardjem dans futur..... | 113 |
| Figure. 3.13- Les éléments les plus affectés par l'inondation selon les enquêtés..... | 116 |
| Figure. 3.14- Les outils préférés pour s'informer sur le risque d'inondation..... | 117 |
| Figure. 3.15- Répartition des densités de la population de Lardjem par district..... | 119 |
| Figure. 3.16- Carte de la vulnérabilité sociale (densité de population) de la ville de Lardjem face aux inondations..... | 120 |
| Figure. 3.17- Carte de la vulnérabilité totale de la ville de Lardjem face aux inondations..... | 122 |
| Figure. 3.18- Carte du couplage de l'aléa inondation et de la vulnérabilité totale de la ville de Lardjem..... | 126 |
| Figure. 3.19- Niveaux du risque d'inondation dans la ville de Lardjem..... | 127 |

| | | |
|----------------------|---|-----|
| Figure. 4.1- | Pourcentage des enquêtés qui habitent à Lardjem..... | 147 |
| Figure. 4.2- | Pourcentage des enquêtés qui travaillent à Lardjem..... | 147 |
| Figure. 4.3- | Nombre de population enquêtée par sexe..... | 147 |
| Figure. 4.4- | Nombre de population enquêtée par groupe d'âge..... | 147 |
| Figure. 4.5- | Nombre de population enquêtée par niveau d'instruction..... | 148 |
| Figure. 4.6- | Nombre de population enquêtée par profession..... | 148 |
| Figure. 4.7- | Nombre de population enquêtée par situation familiale..... | 148 |
| Figure. 4.8- | Nombre de population enquêtée qui ont des enfants..... | 148 |
| Figure. 4.9- | Nombre de population enquêtée qui ont des enfants en bas âge.... | 149 |
| Figure. 4.10- | Nombre de population par type d'habitat..... | 149 |
| Figure. 4.11- | Nombre de population locataire et propriétaire..... | 149 |
| Figure. 4.12- | Connaissance des anciennes inondations à Lardjem par la population enquêtée..... | 152 |

Liste des tableaux

| | | |
|-----------------------|---|----|
| Tableau. 1.1- | Processus de dégradation des matériaux/ouvrages lors d'une inondation..... | 26 |
| Tableau. 2.1- | Cordonnées des stations climatiques représentatives de la zone d'étude..... | 41 |
| Tableau. 2.2- | Précipitations moyennes annuelles entre deux périodes (1996-2005) et (1913-1963)..... | 41 |
| Tableau. 2.3- | Précipitations moyennes annuelles pour la période 1996-2005..... | 42 |
| Tableau. 2.4- | Fréquence des pluies torrentielles..... | 43 |
| Tableau. 2.5- | La nivrosité dans la région de Lardjem..... | 47 |
| Tableau. 2.6- | Températures moyennes annuelles pour la période 1996-2005..... | 48 |
| Tableau. 2.7- | L'occupation globale des sols du bassin versant de Lardjem..... | 49 |
| Tableau. 2.8- | L'occupation forestière des sols du bassin versant de Lardjem..... | 50 |
| Tableau. 2.9- | L'occupation agricole des sols du bassin versant de Lardjem..... | 51 |
| Tableau. 2.10- | L'occupation diverse des sols du bassin versant de Lardjem..... | 52 |
| Tableau. 2.11- | Superficie des classes d'érosion dans le bassin versant de Lardjem..... | 54 |
| Tableau. 2.12- | Superficie des unités topographiques du bassin versant..... | 57 |
| Tableau. 2.13- | Caractéristiques physiographiques des sous bassins versants..... | 60 |
| Tableau. 2.14- | Classes des pentes dans le bassin versant de Lardjem..... | 61 |
| Tableau. 2.15- | Valeurs des différentes unités lithologiques du bassin versant de Lardjem..... | 64 |
| Tableau. 2.16- | Classes de formations lithologiques selon leur résistance à l'érosion..... | 67 |
| Tableau. 2.17- | Données générales des sous bassins versants..... | 69 |
| Tableau. 2.18- | Caractéristiques du réseau hydrographique des sous bassins versants..... | 72 |
| Tableau. 2.19- | Paramètres d'évaluation de la vitesse de ruissellement..... | 75 |
| Tableau. 2.20- | Débits périodiques par bassin versant..... | 77 |
| Tableau. 2.21- | Volume de matière transportée par bassin versant..... | 78 |
| Tableau. 2.22- | Critères d'identification et d'évaluation de l'intensité de l'aléa inondation..... | 82 |

| | | |
|-----------------------|---|-----|
| Tableau. 3.1- | Répartition de constructions et de logements par districts dans la ville de Lardjem..... | 93 |
| Tableau. 3.2- | Types de logements existants dans la ville de Lardjem..... | 94 |
| Tableau. 3.3- | Etat de bâtis dans la ville de Lardjem..... | 96 |
| Tableau. 3.4- | Evolution de la population de la ville de Lardjem..... | 99 |
| Tableau. 3.5- | Evolution des densités de population dans la commune de Lardjem..... | 100 |
| Tableau. 3.6- | Périodes de concentration de la population dans la ville de Lardjem..... | 101 |
| Tableau. 3.7- | Répartition de la population de la commune de Lardjem par groupe d'âge et sexe..... | 102 |
| Tableau. 3.8- | Niveau d'instruction de la population de la commune de Lardjem âgée de 6 ans et plus..... | 104 |
| Tableau. 3.9- | La migration quotidienne de la population de la ville de Lardjem..... | 104 |
| Tableau. 3.10- | La migration interne et externe dans la ville de Lardjem..... | 106 |
| Tableau. 3.11- | Répartition des ménages par districts dans la ville de Lardjem.. | 108 |
| Tableau. 3.12- | Le sentiment d'exposition à l'inondation entre les deux sexes..... | 112 |
| Tableau. 3.13- | Pourcentage des individus qui se sentent exposés aux inondations..... | 112 |
| Tableau. 3.14- | Degré de sentiment de sécurité en fonction de la durée de l'exposition aux inondations..... | 113 |
| Tableau. 3.15- | La relation entre le sentiment d'exposition au risque d'inondation et la probabilité de survenance d'un événement catastrophique dans le futur à Lardjem..... | 114 |
| Tableau. 3.16- | Définition de l'inondation en fonction du niveau d'instruction.... | 115 |
| Tableau. 3.17- | Connaissance des inondations récentes dans la ville de Lardjem par les enquêtés en précisant la date..... | 115 |
| Tableau. 3.18- | La connaissance des consignes à suivre en cas d'inondation et le niveau d'instruction..... | 116 |
| Tableau. 3.19- | Répartition des densités de la population de la ville de Lardjem par district..... | 118 |
| Tableau. 3.20- | Principe de croisement et de classement des valeurs de la vulnérabilité totale..... | 121 |
| Tableau. 3.21- | Illustration du principe de la classification des intensités du risque d'inondation dans la ville de Lardjem..... | 125 |
| Tableau. 4.1- | Sentiment d'exposition à l'inondation par les groupes d'âges..... | 150 |
| Tableau. 4.2- | Survenance d'inondation catastrophique selon les groupes d'âges..... | 150 |

| | | |
|----------------------|--|-----|
| Tableau. 4.3- | Sentiment d'exposition à l'inondation chez les parents..... | 150 |
| Tableau. 4.4- | Définition de l'inondation par groupes d'âge..... | 151 |
| Tableau. 4.5- | Définition de l'inondation en fonction des professions..... | 151 |
| Tableau. 4.6- | Connaissance des consignes de sécurité selon les professions..... | 151 |
| Tableau. 4.7- | Connaissance des consignes de sécurité chez les parents qui ont des enfants en bas âge (- 6 ans)..... | 152 |
| Tableau. 4.8- | Relation entre définition de l'inondation et les éléments les plus affectés par les effets de ce risque..... | 152 |

Table des photographies

| | |
|--|-----|
| Photo. 1.1- Personnes et biens noyés lors l'inondation de Bâb El Oued 2001..... | 17 |
| Photo. 1.2- Un bus emporté. Inondation de Bâb El Oued, 10/11/2001..... | 17 |
| Photo. 2.1- La neige au niveau du pic Sidi Amar (monts de l'Ouarsenis)..... | 47 |
| Photo. 4.1- Le petit barrage de Bouzegza..... | 131 |
| Photo. 4.2- Le petit barrage de Tamellahet..... | 131 |

Résumé

Au regard de l'impact des inondations, cet aléa naturel est considéré comme un risque majeur. En Algérie il touche, d'après les rapports de la protection civile, une commune sur trois en partie ou en totalité. Par conséquent l'amélioration de la résilience des sociétés aux inondations est un réel enjeu pour le développement de celles-ci. Les villes en milieu montagneux telle que Lardjem ont connu des mutations importantes ces dernières années, ce qui a aggravé leur vulnérabilité face aux risques. Ce travail contribue à l'évaluation du risque d'inondation dans la ville de Lardjem à travers deux aspects principaux, le premier naturel porte sur l'identification des facteurs naturels qui font accroître cet aléa dans le bassin versant de Lardjem. Le second aspect, qui est d'ordre social, vise à mettre en évidence les facteurs anthropiques et sociodémographiques qui peuvent fragiliser la population riveraine et augmenter par conséquent la vulnérabilité de la ville face aux inondations. Les paramètres d'aléa évalués montrent le risque potentiel lié aux oueds traversant la ville de Lardjem. Un intérêt particulier est donné à la cartographie des zones favorables à l'inondation. Ces zones associées à l'indice de la vulnérabilité totale nous ont permis d'estimer et de faire un zonage du risque d'inondation dans le site urbain de Lardjem. Les différents résultats de l'étude en termes de cartographie constituent un élément fort pour la gestion du risque d'inondation dans le site de Lardjem, puisqu'il s'agit d'une banque de données géolocalisées rassemblant à la fois des informations sur l'aléa inondation et sur la vulnérabilité des enjeux.

Mots-clés: Lardjem, Inondation, Socio-démographie, Aléa, Vulnérabilité, Risque.

ملخص

بالنظر إلى أثر الفيضانات، تعتبر هذه الظاهرة من بين الأخطار الكبرى. ففي الجزائر تمس هذه الأخيرة حسب تقارير الحماية المدنية، بلدية من بين ثلاثة بشكل كلي أو جزئي. بالتالي تحسين تأقلم و أداء المجتمعات تجاه الفيضانات يعتبر تحد حقيقي لتنميتها. لقد عرفت المدن في الوسط الجبلي على غرار مدينة لرجام تغيرات هامة خلال الأعوام الأخيرة، مما أدى إلى زيادة هشاشتها تجاه الأخطار. هذا العمل يسهم في تقييم خطر الفيضانات بمدينة لرجام من خلال جانبين رئيسيين، الأول طبيعي يهدف إلى إظهار العوامل الطبيعية التي تزيد من حدة هذه الظاهرة بالحوض السفحي لواد لرجام. الجانب الثاني ذو طابع اجتماعي، يرمي إلى توضيح العوامل الإنسانية و السوسيوديموغرافية التي يمكن أن تضعف السكان المحاذين للواد و بالتالي تزيد من هشاشة مدينة لرجام تجاه الفيضانات. معايير الظاهرة المدروسة تبين الخطر الكامن في الأودية التي تقطع مدينة لرجام. لقد أوليت أهمية خاصة لتعيين الأماكن المعرضة للفيضانات. هذه المناطق مضافة إلى معيار الهشاشة العامة سمحوا لنا بتحديد خطر الفيضانات في المنطقة الحضرية للرجام. مختلف نتائج الدراسة الخاصة بجانب الخرائط تشكل عامل مهم في تسيير خطر الفيضانات بمجموعة لرجام، لأنها تمثل قاعدة بيانات موجهة جغرافيا تجمع في آن واحد معلومات حول ظاهرة الفيضانات و حول هشاشة الرهانات.

الكلمات المفتاحية: لرجام، فيضان، سوسيوديموغرافيا، ظاهرة، هشاشة، خطر.