REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE COLONEL EL HADJ LAKHDAR DE BATNA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

En vue de l'obtention de diplôme de Magister en aménagement du territoire

Option : Dynamique des milieux physiques et risques naturels

Thème

Evaluation et spatialisation des contraintes en milieu montagnard pour une gestion intégrée des risques majeurs par les techniques de la géomatique. Cas de la ville d'Arris

Réalisé par: Merdassi Abdelmoumene

Jury:

Pr. DRIDI Hadda	**Univ. Batna**	**Présidente**
Pr. GUETTOUCHE Mohamed Said	**USTHB**	**Examinateur**
Dr. HOUHA Belkacem	**C.U. Khenchela**	**Examinateur**
Dr. BAHEDDI Mohamed	**Univ. Batna**	**Examinateur**
Pr. KALLA Mahdi	**Univ. Batna**	**Rapporteur**

2010/2011

Table des Matières

Introduction 13

1ere Partie- Analyse de l'état des lieux

Chapitre 01 – Analyse du milieu physique

1. Situation Géographique et limites administratives 19
2. Aspects physique…… 19
1.2. Le Les grandes lignes de relief …… 19
1.3. Assiette de la ville…….. 19
3. Aperçu géologique sur la région d'Arris …… 23
3.1. La structure géologique ……... 23
3.1.1. Disposition des masses sédimentaires …… 23
3.2. Tectonique de la région …… 25
4. Climatologie…….. 25
4.1. Réseau hydrographique …….. 25
4.2. Hydrologie…….. 26
4.3. Topographie et paramètres physiographiques ……..... 27
4.4. La température…….. 30
4.5. Les précipitations …….. 30
4.6. Les vents ……... 33
5.4. La nivosité et la gelée …….. 33
5. Caractéristiques du couvert végétal …… 33
5.1. Occupation agricole …….. 33
5.2. Forets …….. 34
Conclusion …….. 36

Chapitre 02 - Contexte socio-démographique

1. Evolution de la population ……..…… 38
2. L'accroissement de la population ……..…… 39
2.1. Les natalités ……..…… 40
2.2. Les mortalités …….. 41
2.3. L'accroissement naturel ……. 41
3. La répartition géographique des habitants du secteur …… 41
3.1. La répartition des habitants…….. 41
3.2. Concentration de la population…….. 41
3.3. La densité de la population…….. 42
3.4. La structure qualitative…….. 43
3.5. La structure par âge…….. 43
4. La répartition rurale et urbaine de la population du secteur à l'an 2010…….. 43
5. La structure économique…….. 44
6. Les populations actives et non actives…….. 45

Conclusion 47

Chapitre 03 – Contexte économique

1. L'Agriculture 49
1.1. Structure du sol 49
1.2. Exploitations Agricoles 49
1.3. La production agricole 50
1.4. La production pastorale et animale 51
1.4.1. L'élevage ovin 53
1.4.2. L'élevage caprin 53
1.4.3. L'hapiculture 53
1.5. Matériels et Infrastructures Agricoles 53
2. L'habitat 54
2.1. Habitats individuels style traditionnel 55
2.2. Habitats individuels style moderne 55
2.3. Habitat collectives 55
3. Equipements 55
4. Infrastructure 56
4.1. Le réseau routier 57
4.2. Le réseau d'eau potable 59
4.2.1. Le réseaux de distribution 59
4.2.2 Le pouvoir de stockage 59
4.3. Ressources hydriques 59
4.4. Le réseau d'assainissement 59
Conclusion 60

2me Partie - Méthodologie de travail et analyse des contraintes

Chapitre 01 – généralités sur les risques naturels

1. Aléa et vulnérabilité pour une gestion intégrée des risques naturels en milieu montagnard 63
1.1. Définir le risque naturel 63
1.1.1. *Agir sur l'aléa ou la vulnérabilité. Mesures structurelles ou non structurelles ?* 64
1.1.2. Evaluer la vulnérabilité 65
1.1.3. *Prévention ou gestion de la catastrophe* 66
1.2. Evaluation des aléas 66
1.2.1. *Définition de l'érosion hydrique* 67
1.2.2. *Les mouvements de terrain* 67
1.2.2.1. *Définition des types de mouvements de terrain* 68
1.2.2.2. Modélisation des mouvements de terrain 69
1.2.2.3. Les chutes de blocs 70
1.2.3. *Les crues torrentielles* 73
1.2.3.1. Définition des crues torrentielles 73
1.2.3.2. Modélisation des crues torrentielles 75

1.2.4. *le sismique*…….. 76
1.3. Evaluation de la vulnérabilité …… 76

Chapitre 02 – Méthodologie de travail (Moyens et Materiels)

Introduction …… 78
1. MATÉRIEL ET MÉTHODE …… 78
1.1. Logiciels utilisés …… 79
1.2. Approche suivie …… 79
1.2.1. Numérisation des cartes existantes…… 79
1.2.2. Dérivation de nouvelles données …….. 79
1.3. Les données …… 83
1.3.1. Les données descriptives 83
1.3.2. Les carte 83
1.3.3. Traitement d'image 65

Chapitre 03- Analyse et spatialisation des contraintes

1. EVALUATION ET SPATIALISATION DES CONTRAINTES…….. 85
1.1. Contraintes du facteur lithologique …… 85
1.2. Modèle numérique d'altitude et facteur des pentes…… 90
1.3. Contrainte du facteur d'occupation des sols…… 94
1.4. Contraintes du facteur des Précipitations 98
Résultats …… 100

3eme Partie – Zonage des risques et analyse des résultats

Chapitre 01 – Cartographie des zones à risque d'érosion

Introduction 103
1. La carte des contraintes Union :(Pente_Occupation des sols)…….. 105
1.1. Règle de décision du potentiel d'érosion…… 105
1.2. Répartition surfacique de la contrainte union pente_occupation…… 105
2. La carte des contraintes Union :(Pente_Occupation des sols)_Lithologie…….. 107
2.1. Règle de décision du risque d'érosion avec Union (Occupation_pente) _Lithologie…… 107
2.2. Répartition surfacique de la contrainte union (pente_occupation)_lithologie…… 107
3. La carte des contraintes Union :((Pente_Occupation)_Lithologie)_précipitations 109
3.1. Règle de décision du risque d'érosion avec Union ((Occupation_pente) _Lithologie)_Précipitations…….. 109
3.2. Répartition surfacique de la contrainte union ((pente_occupation)_lithologie)_précipitation …….. 109
4. Résultats…… 110
5. Discussion…… 110
6. Conclusion…….. 111

Chapitre 02 – Cartographie des zones à risque sismique

INTRODUCTION 114
1. Alea, vulnérabilité et risque sismique…….. 114

1.1. Aléa sismique…… 114
1.1.1. Principe d'évaluation de l'aléa sismique…… 114
1.1.2. Identification des sources sismiques et réalisation d'un zonage sismique…… 114

CAS DE LA VILLE D'ARRIS

1. Sectorisation de la ville d'Arris…… 117
2. L'habitat…… 119
2.1. Introduction…… 119
2.2. Evolution du parc logements selon les deux derniers RGPH…… 120
2.3. La topologie de l'habitat…… 120
3. Méthodes de réalisation des cartes prévisionnelle des risques…… 121
4. Répartition de la micro-sismicité –région d'Arris-…… 121

A. FACTEURS NATUREL

1. Rupture de sol…… 121
1.1. Carte d'indice rupture dans le sol (IG)…… 123

B. FACTEURS ANTROPIQUES

1. Facteur Age des constructions…… 125
1.1. Classes des indices âge des constructions…… 127
2. Facteur de la densité de l'habitat…… 129
2.1. Classes de la densité d'habitat…… 130

C. L'APPLICATION MATRICIELLE

1. Contraintes naturelles (union Pente_ Rupture de sol)…… 134
1.1. Résultat de la requête avec la répartition surfacique et spatial de l'union (1 134
2. Contraintes anthropiques union (âge des constructions_densité d'habitat)…… 136
2.1. Résultat de la requête avec la répartition surfacique et spatial de l'union (2 136
3. Matrice des contraintes aux risque sismique : Union (Contraintes naturelles_ contraintes anthropiques)…… 138
4. RÉSULTATS…… 140
5. Discussion…… 140
Les recommandations…… 141
CONCLUSION GENERALE
Références bibliographiques
Annexes

Listes des cartes

Carte N° (01) : Carte de Situation

Carte N°(02) : MNT (Model Numérique de terrain)

Carte N°(03) : Carte Hypsométrique

Carte N°(04): Carte géologique

Carte N°(05): Carte Structurale

Carte N°(06): Carte du réseau hydrographique

Carte N°(07): Carte des précipitations

Carte N°(08): Carte d'occupation des sols

Carte N°(09): Carte des équipements

Carte N°(10): Carte des contraintes lithologique

Carte N°(11): Carte indicielle des classes lithologiques

Carte N°(12): Carte des contraintes de pente

Carte N°(13): Carte indicielle des classes de pente

Carte N°(14): Carte de l'indice de végétation normalise (NDVI)

Carte N°(15): Carte de l'occupation des sols d'après la classification d'érigée de l'image

Carte N°(16): Carte des contraintes de l'occupation des sols

Carte N°(17): Carte indicielle des classes de l'occupation des sols

Carte N°(18): Carte des contraintes de précipitation

Carte N°(19): Carte indicielle des classes de précipitation

Carte N°(20): Carte des contraintes union pente_Occupation.

Carte N°(21): Carte des contraintes union (pente_Occupation)_lithologie.

Carte N°(22): Carte des contraintes union ((pente_Occupation)_lithologie)_précipitation.

Carte N°(23): Carte de la sismicité des Aurès

Carte N°(23): Carte rupture de sol

Carte N°(24): Carte indicielle des classes de rupture de sol

Carte N°(25): Carte de l'évolution urbaine

Carte N°(26): Carte indicielle des classes d'âge des constructions

Carte N°(27): Carte de la densité de l'habitat par secteur

Carte N°(28): Carte indicielle des classes de la densité de l'habitat

Carte N°(29): Carte des contraintes Naturelles Union (Rupture de sol_Pentes)

Carte N°(30): Carte des contraintes Anthropiques Union (âge des constructions _ densité de l'habita)

Carte N°(31): Carte des zones a risque sismique

Index des figures

Figure N°(01) : Bloc diagramme montrant les différentes parties d'un glissement de terrain (Besson, 1996)

Figure N°(02) : l'Alea chute de blocs

Figure N°(03) : Schéma synthétique de l'aléa chute de blocs (Cattiau, 1994)

Figure N°(04) : Schéma synthétique de l'aléa crue torrentielle

Figure N°(05) : schéma définissant les différentes laves torrentielles (Meunier, 1994)

Figure N°(06) : vue générale de la commune d'Arris

Figure N°(07) : Répartition mensuelle des précipitations

Figure N°(08) : Diagramme de l'Evolution de la Population entre 1977- 2008

Figure N°(09) : Histogramme du nombre des natalités et des mortalités (1997-2008)

Figure N°(10) : diagramme du mouvement de la population au cours de l'année 1997

Figure N°(11) : Population par sexes

Figure N°(12) : Population par âge

Figure N°(13): la structure rurale et urbaine de la population d'Arris 2008

Figure N°(14) : le taux des employés dans les trois secteurs

Figure N°(15) : la répartition de la population active et non active par sexe, dans la commune d'Arris (2008).

Figure N°(16) : les différents types de production agricole de la commune d'Arris (2008-2009)

Figure N°(17) : l'arboriculture fruitière

Figure N°(18) : la répartition de la production animale

Figure N°(19) : répartition de cheptel

Figure N°(20a): Organigramme des différentes étapes pour générer le plan de prospection

Figure N°(20b): Organigramme de la méthodologie suivie dans le mémoire

Figure N°(21): Aléa, vulnérabilité, risque : Représentation schématique de l'évaluation du risque sismique

Figure N°(22): Aléa, vulnérabilité, risque : Les trois étapes d'évaluation de l'aléa sismique régional et local

Figure N°(23) : Surfaces des secteurs urbains.

Figure N°(23) : Nombre de populations par secteurs.

Figure N°(24) : répartition surfacique des valeurs de la rupture de sol.

Figure N°(25) : répartition surfacique des indices contrainte rupture de sol.

Figure N°(26) : répartition surfacique du facteur âge des constructions.

Figure N°(27) : répartition surfacique des contraintes âge des constructions.

Figure N°(28) : densité de population par secteur urbain.

Figure N°(29) : répartition surfacique des contraintes densité de population.

Figure N°(30) : répartition surfacique des contraintes Naturelles.

Figure N°(31) : répartition surfacique des contraintes Anthropiques.

Figure N°(32) : Répartition surfacique des zones a risque sismique.

Index des tableaux

Tableau N° (01) : **Répartition mensuelle des températures en C°**

Tableau N° (02) : **Répartition mensuelle des précipitations en mm**

Tableau N°(03) : **évolution de la population entre 1977 – 2008**

Tableau N°(04) : le nombre des natalités et des mortalités au cours de l'année 1997-2008,

Tableau N°(05) : taux des natalités et des mortalités et l'accroissement naturel dans le secteur d'Arris.

Tableau N°(06) : la répartition de la population d'Arris par sexe (2010)

Tableau N°(07): **la répartition de la population du secteur d'Arris selon l'âge (2010)**

Tableau N°(08) : **La répartition rurale et urbaine du secteur à l'an (2008)**

Tableau N° (09) : la répartition de la population active selon les domaines de l'emploi par secteur

Tableau N° (10) : la répartition de la population active selon la catégorie (1997-2008)

Tableau N°(11) : répartition de la SAU en 2008

Tableau N°(12) : RENDEMENT DE CULTURES en 2008-2009

Tableau N°(13) : la répartition de la production animal dans la commune d'Arris en 2009/2010

Tableau N°(14) : Distribution de la production animale, 2009/2010 (1975/1976- 2004/2005)

Tableau N°(15) : Matériels et Infrastructures Agricoles

Tableau N°(16) : **les équipements de la commune d'Arris 2008 + terrains**

Tableau N°(17) : **ressources hydriques existantes**

Tableau N°(21) : Répartition surfacique de la lithologie de la zone d'Arris

Tableau N°(22) : Classes de la friabilité des sols et indices attribués

Tableau N° (23) : surface de la contrainte Lithologique

Tableau N°(24): Répartition surfacique des pentes dans la zone d'Arris

Tableau N°(25) : Classes des pentes et indices attribués

Tableau N°(26) : **Répartition surfacique des classes de la contrainte pentes dans la zone d'Arris**

Tableau N°(27) : **Répartition des surfaces d'occupation des sols.**

Tableau N°(28) : **Occupation des sols et indices attribués**

Tableau N°(29) : Répartition surfacique des classes de la contrainte occupation des sols dans la zone

Tableau N°(30): Répartition spatiale des zones de Pluies dans la zone d'étude

Tableau N°(31) : **Précipitation et indices attribués**

Tableau N° (32) : **Répartition surfacique des classes de la contrainte Précipitation dans la zone d'Arris**

Tableau N° (33) : **Règle de décision du potentiel d'érosion.**

Tableau N°(34) : **Répartition surfacique de la contrainte union pente_occupation.**

Tableau N°(35) : **Règle de décision du risque d'érosion avec Union (Occupation_pente) _Lithologie**

Tableau N° (36) : **Répartition surfacique de la contrainte union (pente_occupation)_lithologie.**

Tableau N°(37) : **Règle de décision du risque d'érosion avec Union ((Occupation_pente) _Lithologie)_précip.**

Tableau N°(38) : **Répartition surfacique de la contrainte union ((pente_occupation)_lithologie)_précipitation.**

Tableau N° (39) : **les secteurs urbain dans la ville d'Arris.**

Tableau N° (40) : **l'évolution urbaine dans la ville d'Arris.**

Tableau N° (41) : **Répartition surfacique de rupture de sol dans la zone d'Arris**

Tableau N° (42) : **Classes des ruptures de sol et indices attribués.**

Tableau N° (43) : **Répartition surfacique des classes de la contrainte rupture de sol dans la zone d'Arris.**

Tableau N° (44) : **Répartition surfacique d'âge des constructions dans la zone d'Arris**

Tableau N° (45) : **Classes d'âge de la construction et indices attribués.**

Tableau N° (46) : **Répartition surfacique des classes de la contrainte âge des constructions dans la zone d'Arris.**

Tableau N° (47) : **Répartition surfacique de la densité d'habitat dans la ville d'Arris.**

Tableau N° (48) : **Classes de la densité d'habitation et indices attribués.**

Tableau N° (49) : **Répartition surfacique des classes de la densité d'habitat dans la zone d'Arris.**

Tableau N° (50) : **Contraintes naturelles (union Pente_ Rupture de sol).**

Tableau N° (51) : **Résultat de la requête avec la répartition surfacique et spatial de l'union (1).**

Tableau N° (52) : **Règle de décision des contraintes anthropiques union(âge des construction_ densité de population).**

Tableau N° (53) : **Résultat de la requête avec la répartition surfacique et spatial de l'union (2).**

Tableau N° (54) : **Matrice des contraintes aux risque sismique : Union (Contraintes naturelles_ Contraintes anthropiques).**

Tableau N° (55) : **Répartition spatial des zones a risque sismique sans la ville d'Arris.**

Remerciements

Avant tous au Dieux

A mes parents et mes sœurs

- Il m'est agréable d'adresser mes remerciements et ma profonde reconnaissance à monsieur Professeur : Kala Mahdi qui a accepté de me guider et de diriger ce travail malgré ses diverses occupations.

Je lui suis également reconnaissant pour m'avoir initié aux techniques de la géomatique

- Je tiens à exprimer ma gratitude à Professeur : Dridi H. (Mme Kala) pour ses conseils judicieux et fructueux.

- J'adresse également mes sincères remerciements au Professeur. Guettouche M.S pour son aide précieuse et pour ses nombreux conseils.

- Je tiens à remercier vivement m : Rahali Faiza, Fella, Leila, Omar KhouKhou (l'equipe de l'ANRH d'Alger) pour leurs aides et conseil.

- Mes remerciements s'adressent à mes collègues et à mes amis pour toute l'aide et le soutient moral.

- Je remercié les enseignants de l'institut des sciences de la terre, Université de BATNA pour leurs encouragements.

- Que tous ceux qui m'ont aidé de prés ou de loin trouvent ici l'expression de ma gratitude.

Introduction générale

Introduction générale

Les conflits liés à l'utilisation de l'espace par la société sont nombreux. Les risques naturels et les catastrophes naturelles en font partie. La géographie se distingue par son objet qui est l'étude de l'espace terrestre et son organisation. S'intéressant à cet espace et à son organisation dans ses composantes culturelles et naturelles (Gumuchian, Marois, 2000), de situations conflictuelles la logique physique de l'espace et sa logique Social apparaissent régulièrement et s'expriment par de multiples aléas. D'où l'intérêt accordés aux risques naturels. Ce sont des phénomènes fortement spatialisés. La prévisibilité temporelle (la date, le moment, l'heure) est quasi impossible à réaliser avec précision, en revanche la prévisibilité spatiale, c'est à dire le lieu, peut être plus facile à établir (Lambert, 1995)

En Aménagement du territoire, nous nous intéressons aux caractéristiques qui structurent l'espace. Espace vu en tant qu'étendue terrestre utilisée et aménagée par les sociétés avec ses atouts et ses contraintes.

La recherche concernant les risques n'est pas purement théorique ; il s'agit d'améliorer, dans la mesure du possible, des décisions impliquant des vies humaines et marquant l'espace par des choix d'aménagement, donc aussi d'orienter le développement économique et social des secteurs concernés. passe forcement par l'expertise scientifique.

L'expertise scientifique exige une approche pluridisciplinaire. Il s'agit de répondre à des questions concrètes, concret qui est toujours analysable selon une multiplicité de points de vue. Il est donc impératif, pour appréhender la gestion des risques naturels, de faire appel à plusieurs disciplines. Le cadre de ce travail se situe essentiellement en Aménagement et, pour les outils, en informatique, mais aborde aussi les sciences connexes. Cette pluridisciplinarité est aussi indispensable pour aborder les problématiques de l'environnement.

Le choix d'une recherche sur les risques naturels s'explique par le fait qu'ils sont appréhendés grâce à des modèles spatiaux. Un modèle compréhensible des risques naturels est généralement une composition de modèles (donc des représentations de la réalité), c'est à dire un modèle des enjeux, des aléas, de la vulnérabilité, et enfin de la mesure du risque (Taylor *et al*. 1998), chacun s'inscrivant à l'intérieur du même espace. A partir de là, l'analyse spatiale permet de contribuer à l'amélioration des connaissances et ouvres des possibilités d'analyses a des échelles plus fines et plus pertinentes. De la même façon, nous entrons aussi dans les sciences géomatiques qui

concernent l'ensemble des méthodes et procédures de traitement des données géographiques.

De plus, s'intéresser aux risques naturels nous amène à nous préoccuper de la société puisque l'importance d'une catastrophe ne traduit pas uniquement l'intensité du phénomène qui en est à l'origine, mais aussi, et même surtout, la vulnérabilité de la société qui la subit (Ledoux, 1995). La société est fragile : elle manque de souplesse dans ses structures qui ne sont pas adaptées à l'imprévu, elle n'a pas de solutions techniques pour se protéger de tous les effets dommageables, et elle ne sait pas vraiment maîtriser l'occupation et l'exploitation de son espace. Toute analyse des risques naturels doit être menée avec cette idée. La prévention des risques permet d'éviter des catastrophes mais il y aura toujours des catastrophes puisque le risque nul n'existe pas et la connaissance est incertaine.

Positionné en géographie, nous nous situons aussi dans le domaine de la cindynique qui désigne les divers aspects des recherches sur le danger au sens le plus large. La cindynique se propose de répondre au besoin d'une représentation la plus complète possible de la scène du danger, afin de regrouper dans une méthodologie cohérente les formalismes et méthodes de compréhension et de gestion du danger. En ce sens, une approche géographique des risques portant sur la vulnérabilité des territoires s'y intègre parfaitement.

Un des autres aspects d'une recherche sur les risques est l'aide à la décision. Tout incite à penser que les décisions en matière de risques impliquent de ne pas attendre de disposer de tous les éléments pour prendre des décisions dont l'avenir dépend ; de cesser d'entretenir cette fausse conception selon laquelle une décision ne serait légitime que rationnellement fondée sur une connaissance rigoureuse. Si une telle connaissance rigoureuse n'existe pas, il faut en prendre acte et confronter l'un à l'autre le champ des décisions (nécessaires, souhaitables, ou simplement envisageables) et celui des connaissances (certaines, incertaines, discutables ou simplement « absentes »). Pour résumer : « *il ne faut ni laisser l'exigence de rationalité paralyser le processus de décision, ni laisser ce processus renoncer à toute rationalité* » (Roqueplo, 1993).

Et pour cela, accéder à l'information devient une fonction vitale des acteurs d'analyse des risques qui sont souvent placés en dehors du terrain du risque et doivent avoir une information complète et à jour de la situation. Plusieurs systèmes d'aide à la gestion proposent d'assister les acteurs dans leur tâche d'analyse. Il s'agit des systèmes de gestion de l'information, comme les bases de données ou les systèmes d'information géographique (Wybo, 1998).

Ainsi, l'objectif de ce travail est de contribuer à une meilleure connaissance de la vulnérabilité pour la gestion des risques naturels. Pour cela, nous nous appuyons sur l'analyse de l'espace géographique dans ses composantes physiques et sociales. Pour aborder la vulnérabilité au travers de la notion d'espace. Il s'agit donc de répondre à la question de la prise en compte de la vulnérabilité pour la gestion d'un type de risques naturels, puisque nous nous intéressons à un territoire précis, celui de la montagne. Pour cela, les risques en montagne. Sont le sujet et le support de cette étude, sachant qu'ils sont moins étudiés que d'autres risques (comme les inondations de plaine), ce qui répond à une forte demande sociale suite aux différentes catastrophes que nous connaissons.

Mais ce premier objectif qui est de définir la vulnérabilité, nous oblige à redéfinir cette dernière vis à vis des territoires, tout en nous intéressant à la définition des aléas pour arriver à la notion de risque naturel. La définition des aléas de montagnes est une étape indispensable puisqu'elle nous permet de connaître les limites de nos connaissances dans ces différents domaines, pour ainsi adapter notre approche de la vulnérabilité.

Cela pose trois types de questions : celle de la définition de la vulnérabilité, des aléas, et des risques et celles relatives à la gestion des risques, du coté de l'expertise, et du coté des décideurs. Ainsi, la démarche a été de s'intéresser aux différents aléas gravitaires pour bien comprendre leurs relations avec la vulnérabilité, comme cela est illustré dans la première partie. Ceci étant insuffisant pour améliorer la prise en compte de la vulnérabilité dans la gestion des risques naturels, le support méthodologique et technique a été la mise en place de systèmes d'information pour la gestion, intégrant les différentes notions relatives au concept de risque. Le choix des systèmes d'information se fait naturellement puisqu'il s'agit de phénomènes spatiaux, et le territoire sert de référentiel commun aux différents paramètres. De plus, il s'agit d'un outil de communication et de diffusion des connaissances du domaine, aspect essentiel de la gestion des risques.

Par contre, des choix ont été effectués pour limiter ce sujet de recherche. Nous nous intéressons à un type de phénomène naturel (les phénomènes gravitaires rapides) dans les zones montagneuses et à la vulnérabilité de l'existant en terme de constructions et de territoires utilisés par la société.

Pour répondre a ces questionnements dans les limites des données accessibles, nous avons organisé ce mémoire en quatre partie :

Ainsi, ce mémoire s'organise Troie parties :

- ✓ La première partie présente un diagnostique de l'état de fait de la région d'Arris qui se déroule en trois Chapitres.

-le premier chapitre et l'analyse de du milieu physique

-le deuxième chapitre et l'analyse du contexte socio-démographique.

-le troisième chapitre et l'analyse du contexte économique.

- ✓ La deuxième partie présente la Méthodologie de travail dans ce mémoire et l'analyse des contraintes en milieu montagnard qui se déroule en trois Chapitres.

-le premier chapitre présent le domaine des risques naturels au travers de la définition et de la critique des concepts d'aléa et de vulnérabilité, tout en expliquant les raisons de la situation actuelle en matière de gestion des risques. Cela permet de faire un bilan des connaissances actuelles et nous permet de développer la définition de la vulnérabilité spatiale ainsi qu'un premier prototype

-Un deuxième chapitre : Méthodes et moyen utilisés

-Le troisième chapitre: Méthode d'évaluation et de spatialisation (matrice de décision)

- ✓ La troisième partie c'est le zonage des risques et l'analyse des résultats

1ére Partie

Analyse de l'état des lieux

Chapitre 01

Analyse du milieu physique

1. Situation Géographique et limites administratives

La ville d'Arris est située au cœur de l'imposant massif de l'Aurès, en bordure de la R.N31 relient au Nord-Ouest, l'agglomération à Batna (55Km) principale pole d'attraction de la région et, au Sud-ouest, Biskra (110Km), au travers du pittoresque défilé des gorges de l'Oued El Abiod. La vallée formée d'alluvions et des dépôts limoneux de l'Oued Labiad, de l'Oued Arris et de leur affluents, constitue une zone agricole très riche ou dominent principalement les Arbres fruitiers, principale ressource de la région. Limitée :

Au Nord par la commune d'Oued Taga
Au Sud par la commune de Tighanimine
A l'Est par la commune de Foum Toub et Ichemoul
A l'Ouest par la commune de Theniet El Abed.
La région d'étude se situe approximativement dans les fourchettes des coordonnés géographiques suivants :

• Une longitude de 6° 31' Est à 6° 37' Ouest ;
• Une latitude de 35° 28' Nord à 35° 22'Sud.

2. Aspects physique

2.1. Les grandes lignes du relief

L'air d'étude se trouve au centre du massif des Aurès, cette situation lui confère un rôle de desserte des zones montagneuses où culmine les plus haut sommets de l'Algérie (Djebel Chelia à 2328 m et Djebel Mahmel à 2321 m)

Se sont des montagnes massives dont l'altitude varie de 900 m à l'extrémité Sud – Ouest à 2328 m au sommet du Chelia, où les pentes de l'infléchissement entre le Djebel Ichmoul et Djebel Chelia dépassent parfois 50 %. Cette chaine est presque continue pouvons dors et déjà avancer en rapide sur toute sa longueur.

Elle est bordée au Nord comme au Sud par de longues vallées à fond généralement plat ce sont les vallées de L'oued Labiod au Sud. L'oued Abdi au Nord

2.2. Assiette de la ville

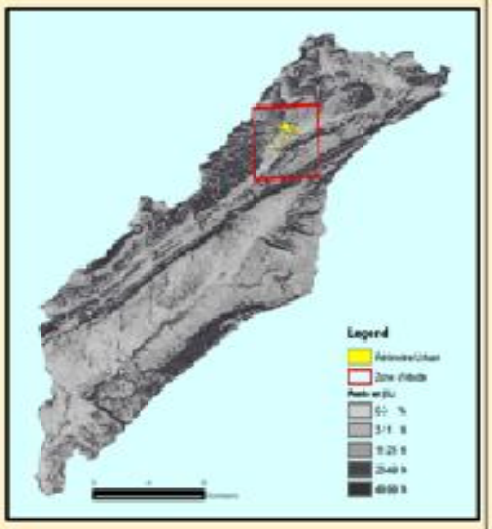
Le centre de la ville s'est construit sur la plateforme d'un massif rocheux à 1150m d'altitude environ, et présente une déclivité très apparente vers le Sud.

Les différents quartiers, composant l'ensemble de l'agglomération occupent outre quelques plateformes séparées du centre par des oueds fortement creusés, les pentes

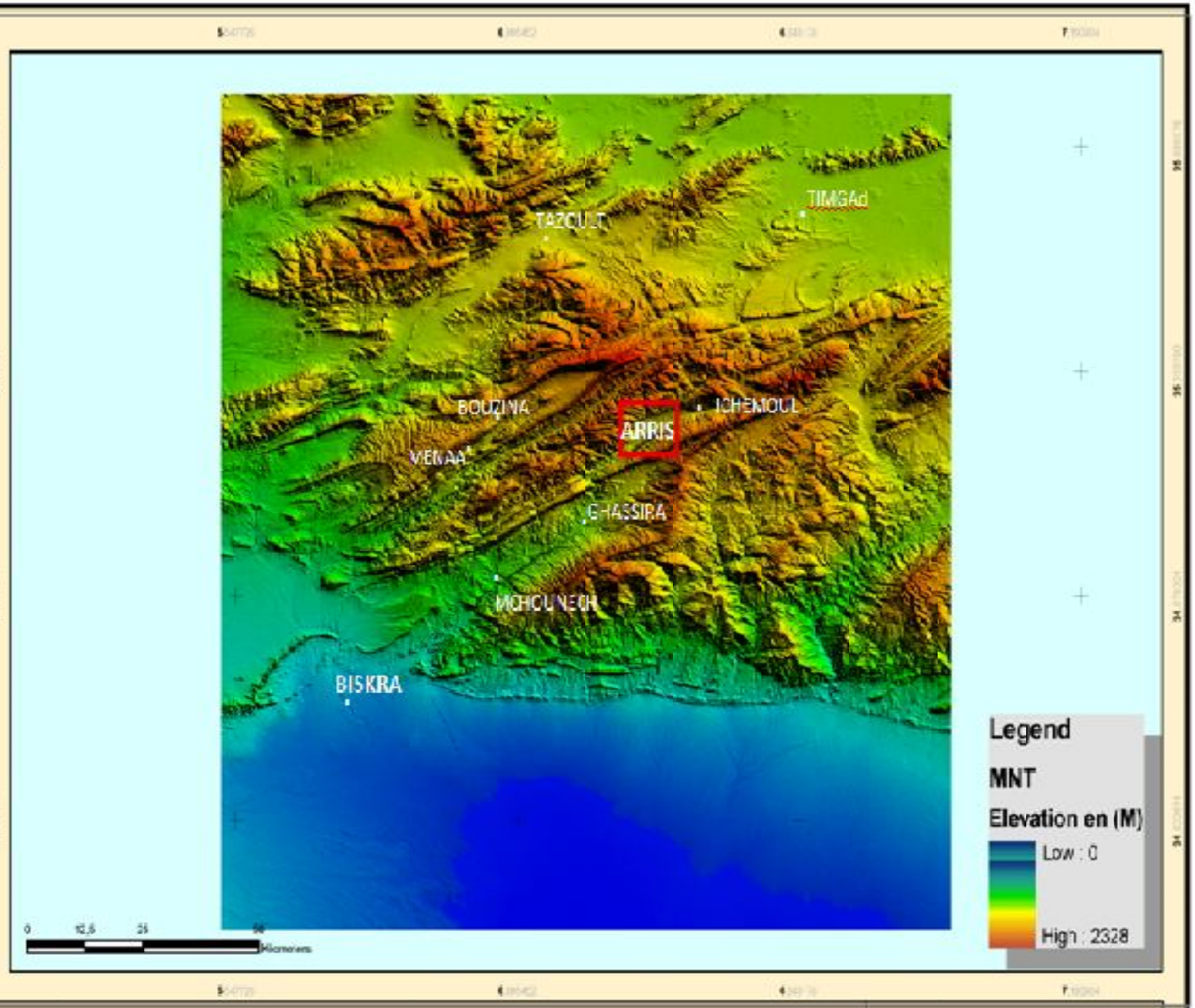
de djebel Sidi Brahim dominant la ville au nord (Mechta Inerkeb – Mechta Baali- Mechta Tahricht- Eddechra· **(APC d'Arris.** (Allawi et fayssa).mai 2010).

Figure 06 : VUE GENERALE DE LA COMMUNE D'ARRIS

B.V Oued Labiod



Algerie



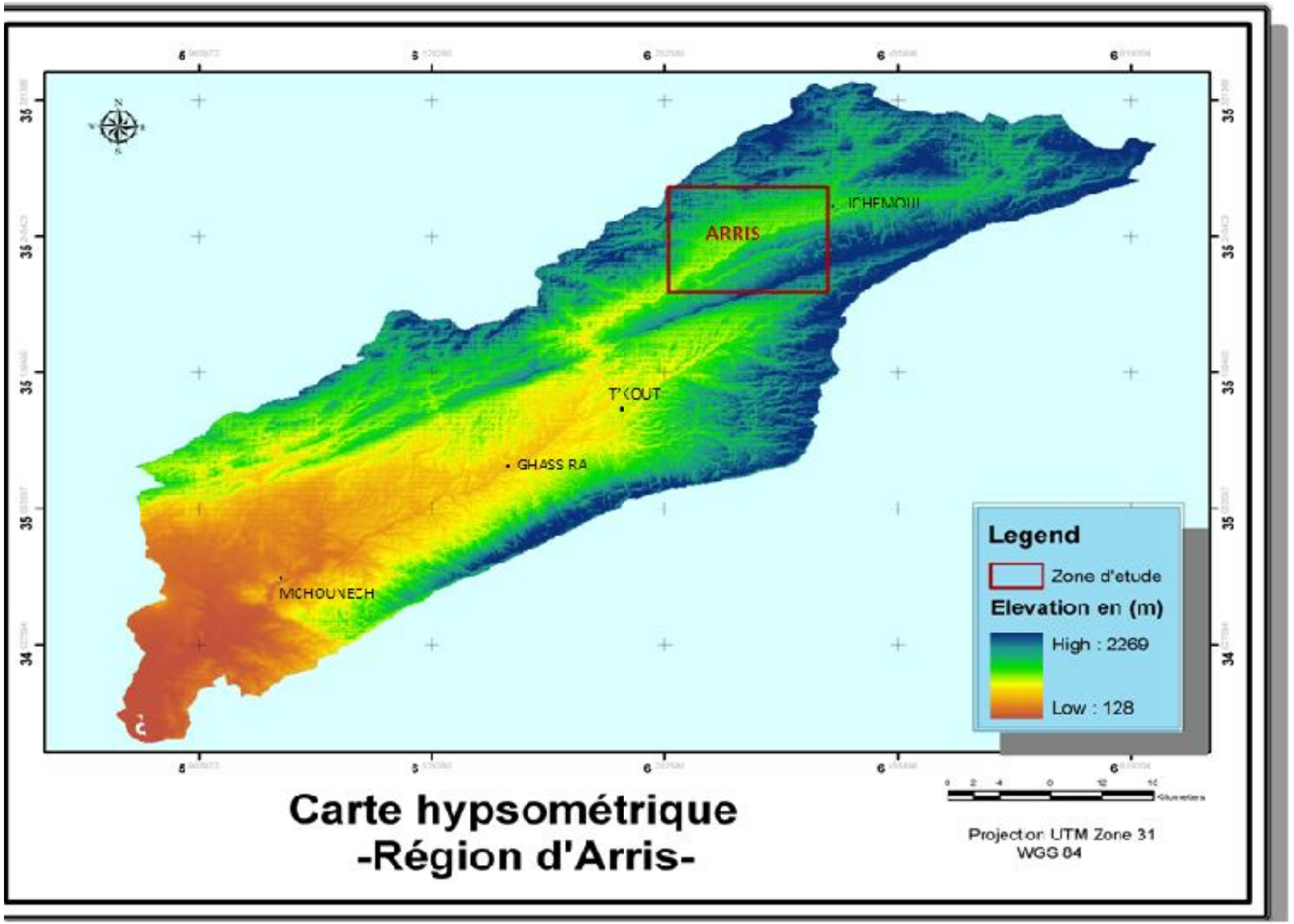
Legend

Zone d'etude

Carte de situation -Region d'Arris-

N

Projection UTM Zone 31N
WGS 84



Carte hypsométrique
-Région d'Arris-

3. Aperçu géologique sur la région d'Arris

L'étude géologique du terrain à le plus souvent pour objet de classer les matériaux selon leur résistance et plus ou moins leur perméabilité ; celle-ci intervient de façon directe sur la réponse de la région d'étude, lors des crues ou le soutien qu'elle apporte aux débits d'étiage par les nappes souterraines, de plus elle apporte beaucoup d'indications sur l'érodibilité du matériau rocheux, indispensables à l'évaluation de l'érosion et le transport solide.

La région d'Arris, constitue le cœur d'une chaîne de montagnes intercontinentales, relativement récente, d'âge crétacé**.**

3.1. La structure géologique

(Les Aurès forment un imposant massif crétacé formé, superficiellement de terrains cénomaniens calcaires à caractère dolanitique avec alternance de banc marneux et des grés.

La structure de cette région forme un vaste anticlinal ayant subit des plissements importants dans l'axe est orienté du Nord – Est au sud –Ouest.

Des vallées parallèles à cette Direction ont été creusées dans cette formation par une érosion puissante, matérialisée d'ailleurs par une topographie très contrastées :

Une série de chaînes de montagnes, séparées par des dépressions parcourues généralement par de grands Oueds.

3.1.1. Disposition des masses sédimentaires

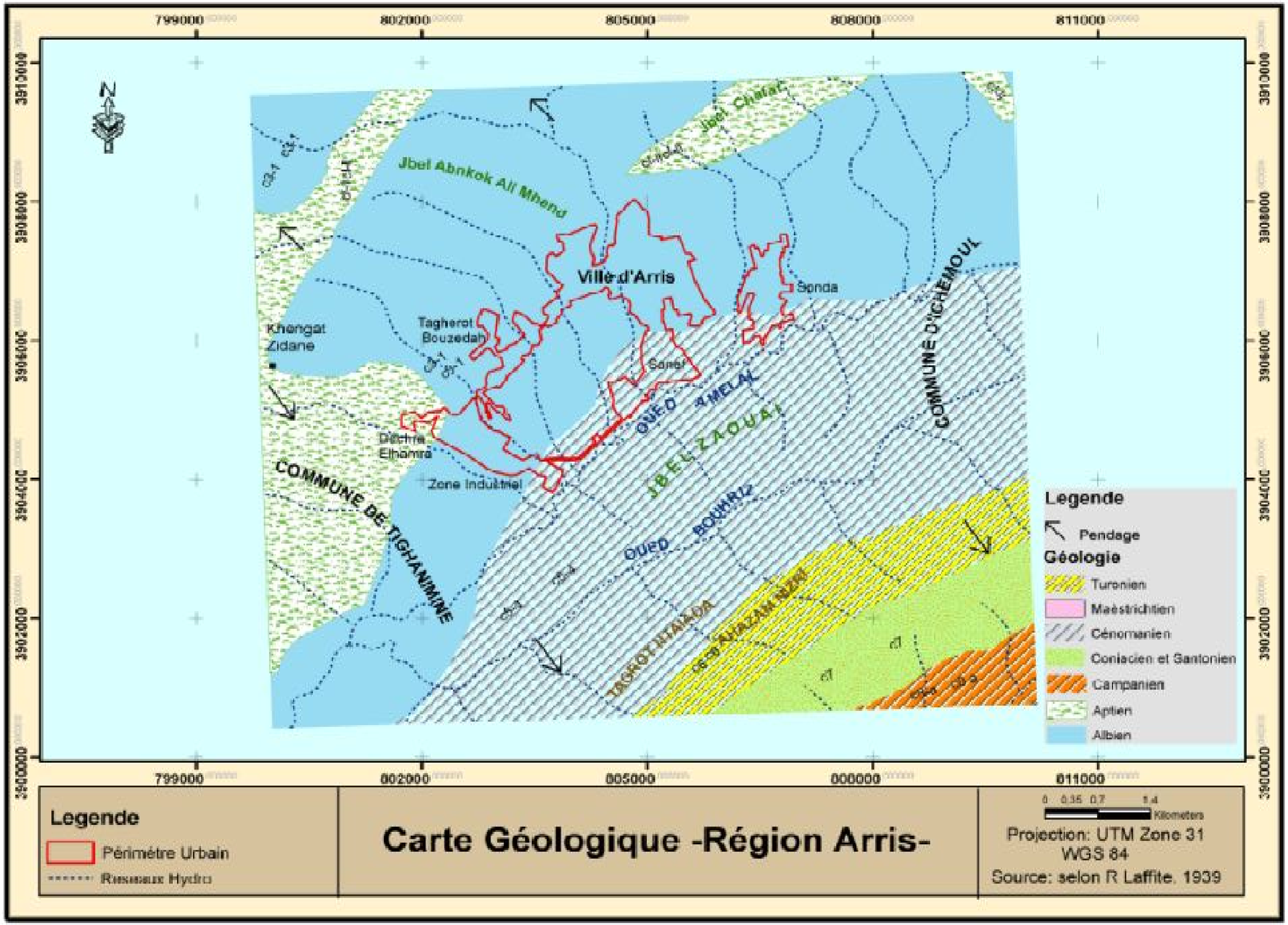
Les vallées formées par l'érosion ont été en partie comblées par des dépôts récents : Eocène, Oligocène.

La carte géologique semble former des bandes parallèles de direction Nord Est - Sud Ouest de terrains tertiaires, alternant avec des bandes crétacées.

Ces terrains très plissés, font affleurer, des sédiments anciens du crétacé inférieur et même du jurassique - quelques lambeaux triasiques (roches gypseuses) apparaissent à la faveur de quelques cassures ou sous forme de pointe ment diapirique.

La sédimentation calcaire uses massive, à marne calcaire, de ces terrains est de formation plus récente essentiellement crétacée.

Les contreforts de ces massifs sont tertiaires, auquel succèdent des plaines à comblement quaternaire. (R Lafitte.1939).


799000
802000
805000
808000
811000
3910000
3908000
3906000
3904000
3902000
3900000
Jbel Abnkok Ali Mhend
Jbel Chelat
Ville d'Arris
Sonda
Khengat
Zidane
Tagherot
Bouzedah
Sonor
Dechra
Elhamra
Zone Industriel
COMMUNE DE TIGHANIMINE
COMMUNE D'ICHEMOUL
OUED AMELAL
JBEL ZAOUA
OUED BOUHRIZ
Legende
Pendage
Géologie
Turonien
Maëstrichtien
Cénomanien
Coniacien et Santonien
Campanien
Aptien
Albien
Legende
Périmétre Urbain
Reseaux Hydro
Carte Géologique -Région Arris-
0 0.35 0.7 1.4
Kilometers
Projection: UTM Zone 31
WGS 84
Source: selon R Laffite. 1939

3.2. Tectonique de la région

La région se caractérise par d'importants accidents tectoniques, cette tectonique peut être souple et/ou cassante

(Elle est intense est caractérisée par un réseau de failles ; qui affectent les terrains plissées, et Leur expression est surtout marquées dans les massifs calcaires compacts.

Les principales failles se développent suivant l'axe Nord – Est, Sud – Ouest des plis. D'autres faisceaux de fossile sont orthogonaux à ces dernières, indiquent des phases tectoniques successives, Les dépressions correspondant les plus souvent à de fossés d'effondrement entre deux failles majeures. Les formations tectoniques affleurent à la faveur de structures diapiriques. Ces mouvements Halocinétiques sont parfois récent (H.Dridi et Al 2002).

4. Climatologie

C'est l'étude des caractéristiques météorologique qui se manifestent sur le territoire (précipitations, températures, les vents……..).Les hautes altitudes de la vallée d'oued L'abiod entrainent la présence d'un domaine subhumide froid en hiver, et semi aride, sec et chaud en été. Les températures moyennes de la région ainsi que le gradient thermique font partie des climats secs.

L'influence du climat sur la couverture végétale et la réussite d'un aménagement du territoire n'est plus à démontrer.

Arris subit les rubes assauts climatiques de la région montagneuse, avec alternance d'une d'une saison rigoureuse en hiver (Octobre à Mars) avec chutes de neige, et chaude en été (Juin a Septembre) avec des nuits très fraiches apportant des variations considérables (32° le jour, 16° la nuit). Les saisons intermédiaires sont très courtes, il n'y a pratiquement pas pas d'automne et très peu de printamps.

4.1. Réseau hydrographique

La ville d'Arris situé au Bassain Oued labiod, qui est compris dans la région hydrographique Sahara. Selon le découpage de L'ANRH, le bassin versant de l'Oued El Abiod appartient au bassin du chott Melghir. La Carte présente le réseau hydrographique du bassin versant ainsi que ses principales caractéristiques physiographiques l'oued El Abiod.

Le bassin versant totalise 4 774 Km de cours d'eau lui conférant une densité de drainage de 3,635 Km/Km2 qui est plus accentuée en rive droite qu'en rive gauche. Plusieurs affluents rejoignent le cours d'eau principal et la présence de bancs de sable par endroits lui confère un lit très large. Le coefficient de sinuosité est 0.81 (Tecsult international.2008).

L'oued El Abiod parcoure 115,8 Km de distance avec un temps de concentration des eaux de 11.87 h avec une vitesse de transfert de 9,76Km/h. il prend sa source à 2 041m avant

d'atteindre la cuvette de barrage à 184 m d'altitude sur une pente moyenne de 16,04m/Km. Son cours présente plusieurs cassures ou changements de pente. En effet, dans la partie amont, la pente du cours d'eau est importante à plus de 30% sur une 20Km. Celle-ci s'adoucit légèrement sur environ 80Km, pour s'adoucir encore plus à son entrée dans la cuvette de l'exutoire.

La constante de stabilité ou coefficient de Schumm, reflétant le nombre de m2 de surface du bassin nécessaire pour maintenir les conditions hydrologiques stables dans un cours d'eau de 1m de longueur est de 0,28. (Tecsult international.2008).

En revanche Le réseau hydrographique de la ville d'arris est assez important, comprenant plusieurs Oueds, Bassins versants et des zones d'émergence acquières, dont le principal Oued est l'Oued Labiod.

La majeure partie des eaux d'écoulement superficiel prend naissance dans les zones montagneuses.

Les chutes de neige importantes pendant l'hiver constitue une réserve importante qui alimente par la suite les Oueds et les sources.

L'écoulement des eaux se fait suivant un axe principal du Nord vers le Sud (Chott Melghir).

Enfin, on note l'existence d'une seule retenue collinaire dans le territoire d'une capacité de 43000m3

4.2. Hydrologie

Le bassin versant de l'Oued Labiod, s'ouvre vers le Sud après un parcours de prés de 100 km depuis le Djebel Chelia jusqu'au Foum El Gherza

Une partie importante du débit est fournie par les sources jaillissant des calcaires fissurés, assurant un débit pérenne dés l'origine de l'Oued. Par contre les eaux de ruissellement abondantes en certaines saisons provoquent de violentes crues. celle-ci fournit des débits entraimes important en raison d'une lithologie essentiellement marneuse assurant l'imperméabilité du B.V et d'autre par une topographie a forte pente.

On appelle crue le seuil plus au moins explicite ou de là duquel on estime les crues suffisamment peu probable pour qu'on puisse se dépasser d'en tenir compte dans l'établissement d'un ouvrage donnée sur un cours d'eau.

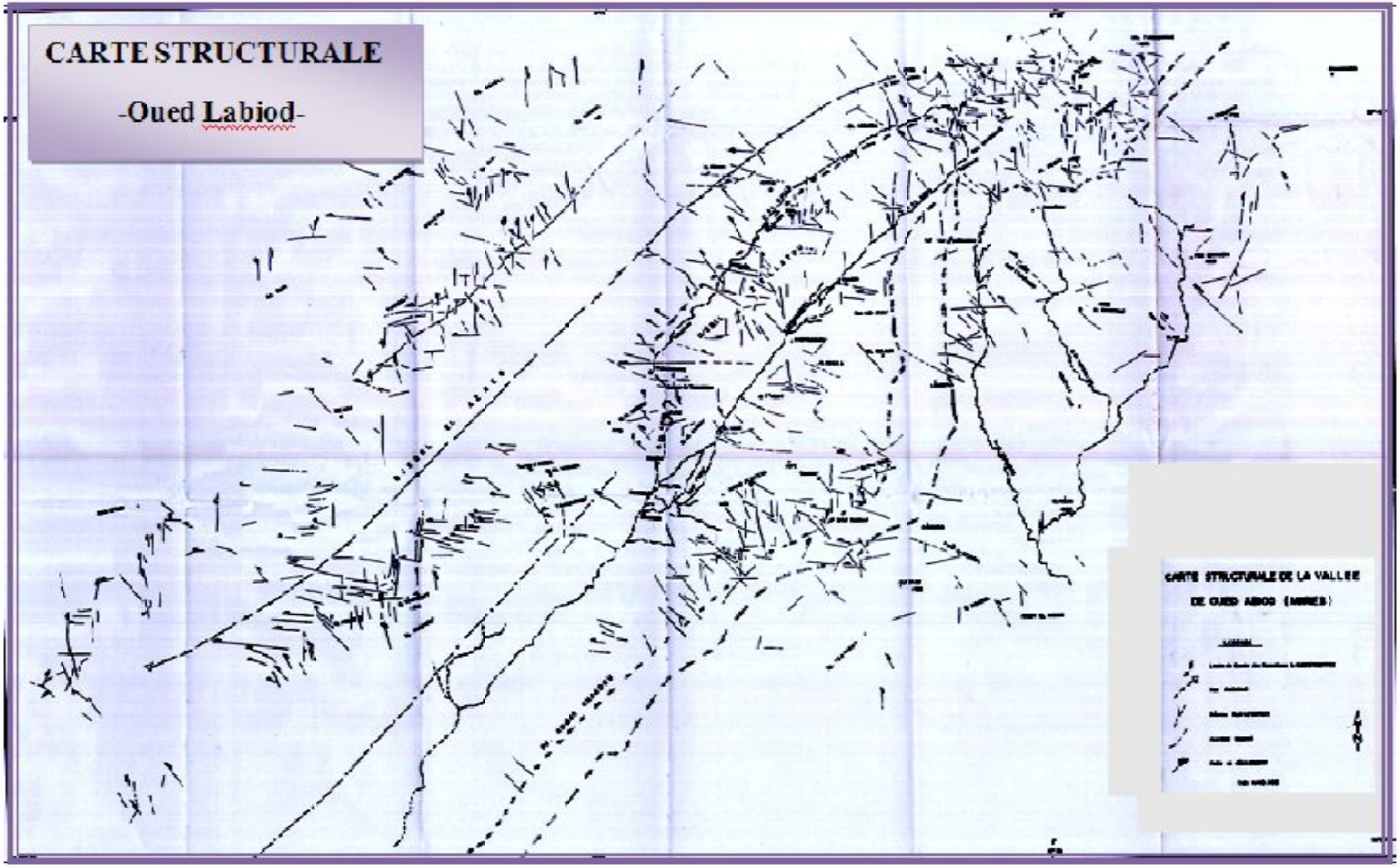
Le choix de la crue relevé donc de l'appréciation souveraine de l'étendue des risques qu'une crue supérieure à la crue probable pourrait faire courir aux personnes et au biens par dépassement d'une certaine côte, d'une certaine vitesse de montée ou d'un certain débit, indiquant à cet égard qu'on adopte souvent les crues décennales cinquantaines ou centaine comme crues probables lorsqu'il n'y a pas le moindre risque de pertes humaines et les crues millénaires dans le cas contraire.

4.3. Topographie et paramètres physiographiques

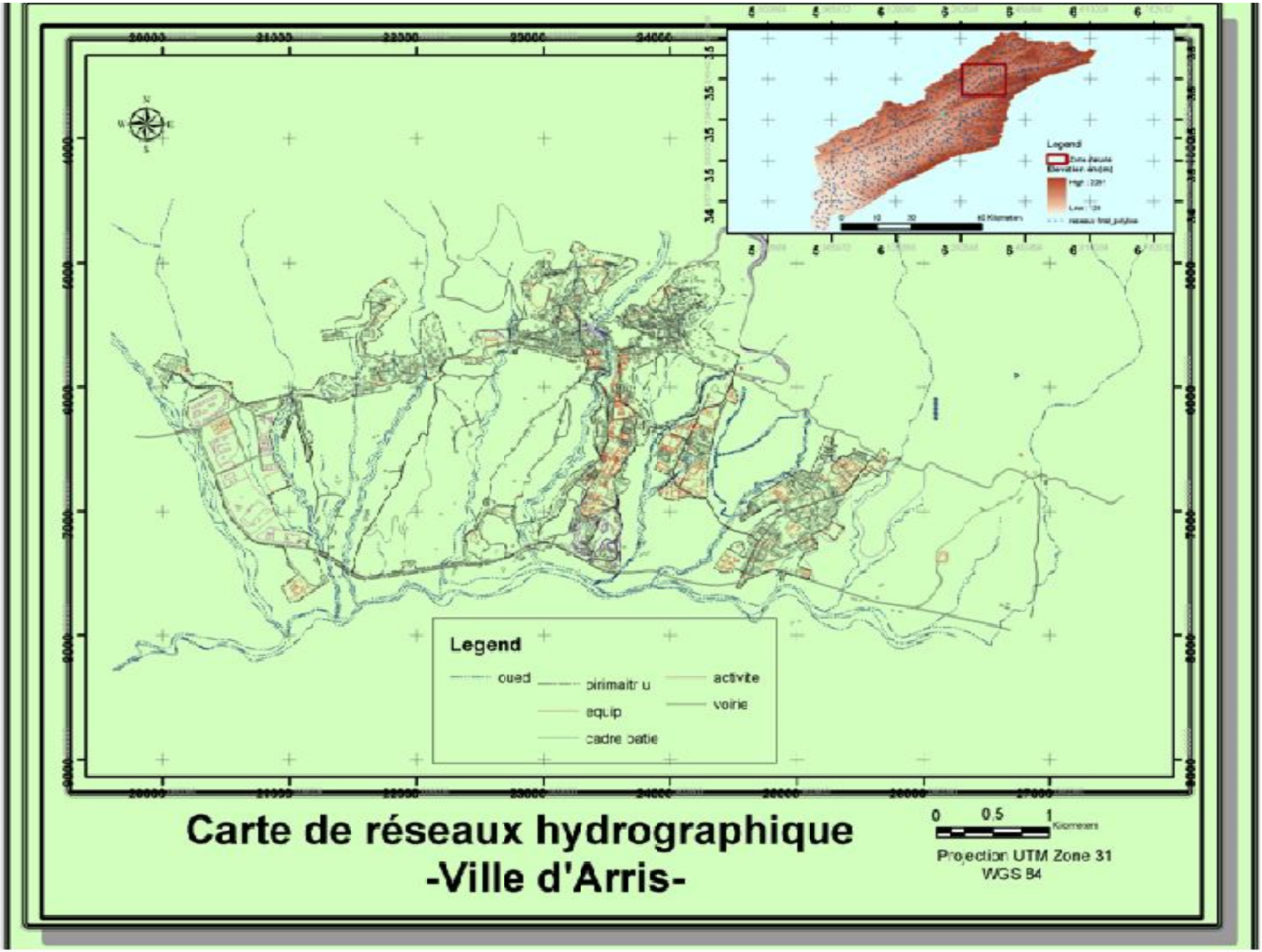
Le bassin versant totalise 232,1Km de périmètre pour une surface topographique de 1313,4 Km2. Le coefficient de compacité est égal à 1,81 et montre la forme très étirée du bassin versant. Sa longueur est de 103,6Km pour une largeur de 12,5Km reflétant une forme rectangulaire très prononcée du bassin. La pente moyenne des versants est très prononcée et est égale à 22%.

Voici un résumé des principales caractéristiques physiographiques du bassin versant :

Superficie du bassin versant	1 313,4	Km^2
Périmètre du bassin versant	232,6	Km
Longueur du rectangle équivalent	103,6	Km
Largeur du rectangle équivalent	12,5	Km
Indice de compacité de Gravelius (K_G)	1.81	
Altitude Maximale	2 303	m
Altitude moyenne	1 309	m
Altitude Médiane	1 178	m
Altitude Minimale (Axe du barrage)	184	m
Dénivelée moyenne (Fournier)	1 125	m
Dénivelée utile (H5%-H95%) :	1 355	m
Dénivelée spécifique	488	m
Pente moyenne du bassin	22%	
Indice global de pente (l_G)	13,47	
Longueur du cours d'eau principal	115,8	Km
Pente moyenne de l'oued principal	16,04	m/Km
Densité du drainage	3,635	Km/Km^2
Coefficient de Schumm	0,28	
Coefficient de sinuosité	0,81	
Temps de Concentration des eaux	11,87	h
Vitesse de transfert des eaux	9,76	Km/h



Source : Sonatrach. 2006.



Carte de réseaux hydrographique
-Ville d'Arris-

4.4. La température

Par l'indisponibilité des relevés au niveau du territoire nous avons jugé utile de prendre la moyenne de Seltzer (1913 –1938)

Répartition mensuelle des températures en C°

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
M	**0.8**	**1.2**	**3.3**	**6.6**	**9.3**	**15.6**	**17.1**	**16.6**	**14.0**	**9.9**	**4.5**	**1.1**	**8.3**
M	**9.9**	**11.9**	**14.3**	**19.7**	**22.3**	**29.0**	**32.1**	**30.7**	**26.5**	**20.1**	**15.3**	**10.4**	**20.2**
Moyenne	**5.3**	**6.5**	**8.8**	**13.1**	**15.8**	**22.3**	**24.6**	**23.6**	**20.2**	**15.0**	**9.9**	**5.7**	**14.2**

TABLEAU N°01 Répartition mensuelle des températures en C°
Source : P. SELTZER

m : moyenne des minimas
M : moyenne des maximas .

D'après ce tableau on constate que la température de l'air décroît de Septembre jusqu'a Janvier et en suite elle augmente.

. Juillet est le mois le plus chaud avec une moyenne de **24 .6 °**

. Janvier est le mois le plus froid avec une moyenne de **5.3 °**.

La moyenne mensuelle de la période de 25 ans est de **14.2 °**.

4.5. Les précipitations

Les précipitations moyennes du territoire peuvent-varier de 300 mm à 600 mm.

D'après les données Seltzer et à titre indicatif de la période (1930-1938) les précipitations moyennes sont de 345 mm .

Mois	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**Année**
P	**28**	**29**	**40**	**22**	**37**	**19**	**11**	**15**	**28**	**36**	**42**	**38**	**345**
Nbre Jour	**07**	**06**	**07**	**05**	**06**	**04**	**02**	**03**	**05**	**06**	**07**	**07**	**65**

Tableau N°02 Répartition mensuelle des précipitations en mm

Source : P. SELTZER.

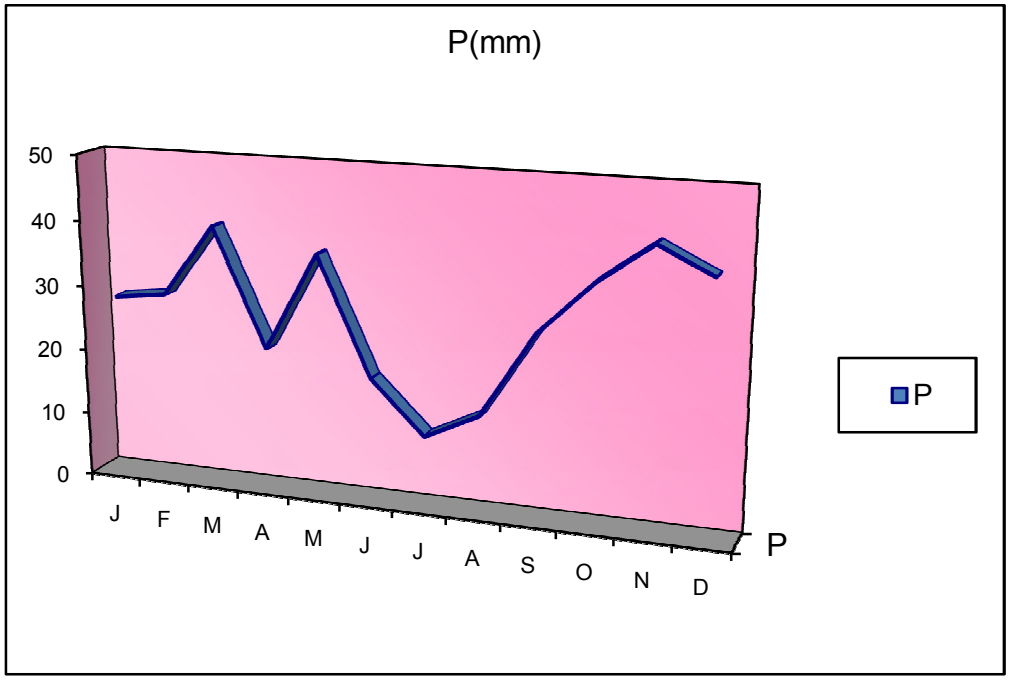


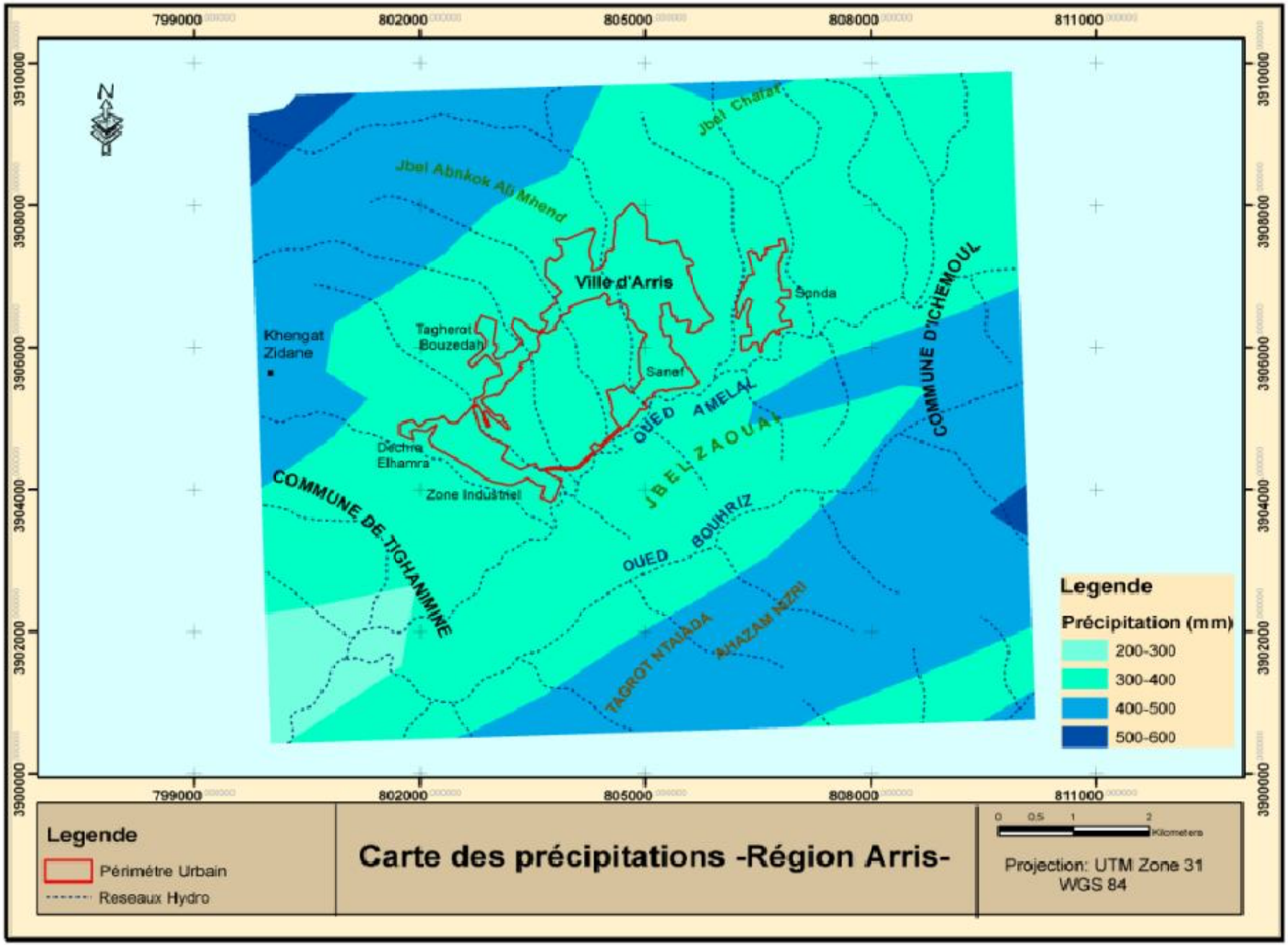
Figure 07 : Répartition mensuelle des précipitations

D'après le tableau des précipitations, en remarque un maximum de pluie qui se situe au mois de Novembre avec 42 mm, par contre, le minimum de précipitation se situe au mois de Juillet avec 11mm, alors qu'en septembre on constate une augmentation brute des pluies) premier pluies d'automne).

La moyenne des précipitations enregistrées sur période de 25 ans est de 345 mm avec 65 Jours de pluies.

Il y a lieu de signalé que la moyenne de 345 jour est a titre indicatif car des écarts si justificatifs sont observable en fonction d'un graduant altitudinal, ou nous pouvons passer à des valeurs allant jusqu'à 750 mm et parfois plus vers les sommets du massif. Il existe donc un étagement bioclimatique très contrasté.

Enfin, on constate que les précipitations connaissent une certaine régularité en raison du relief et de l'altitude, et que les quantités de pluies sont insuffisantes.


799000
802000
805000
808000
811000
3910000
3908000
3906000
3904000
3902000
3900000
N
Jbel Chafar
Jbel Abnkok Ait Mhend
Ville d'Arris
Sonda
Tagherot Bouzedah
Khengat Zidane
Sanef
OUED AMELAL
JBEL ZAOUAI
Dechra Elhamra
Zone Industriel
COMMUNE DE TIGHANIMINE
COMMUNE D'ICHEMOUL
OUED BOUHRIZ
TAGROT NTAIADA
AHAZAM NZRI
Legende
Précipitation (mm)
200-300
300-400
400-500
500-600
Legende
Périmétre Urbain
Reseaux Hydro
Carte des précipitations -Région Arris-
0 0.5 1 2
Kilometers
Projection: UTM Zone 31
WGS 84

4.6. Les vents

La zone des Aurès, montagneuse et accidentée, avec un quadrillage de lignes de cote importante subit l'influence des vents conformément aux grandes directions des structures atlasiques selon des corridors orientés NE-SO

Le maximum de force des vents se manifeste au cours de l'hiver et le minimum au début de l'été.

Les vents du Nord, provenant des zones littorales ont peu d'influence sur la région, alors que les vents locaux sont prédominants et sont de direction Sud-ouest, Nord-est.

Le siroco, vent chaud et asséchant, ravageur pour l'agriculture emprunte les vallées au sud-ouest et souffle violemment, très chargé de sable et de poussière durant des périodes de 2 à 5 jours.

Le maximum de fréquence est enregistré au mois de juillet.

4.7. La nivosité et la gelée

(Les chutes de neiges sont importantes en hiver surtout sur les parties hautes et les sommets.

L'épaisseur de neige peu atteindre quelques dizaines de centimètres et entraîne la coupure de toutes communication avec Arris.

La neige dure assez longtemps et son forte progressive constitue un réservoir hydrique efficace.

La gelée est fréquente durant les mois de Décembre, Janvier et le début de Février). **(BET HYDRAME**.2007**)**

En revanche la température est élevée durant l'été et le vent chaud du Sud-Ouest, chargé de poussières, la rend plus pénible. Toutefois, il faut tenir compte de la fraicheur nocturne, ramenant un équilibre et aidant à supporter les grosses chaleurs.

5. Caractéristiques du couvert végétal

5.1. Occupation agricole

(La superficie agricole utile est estimée à 6466 Ha, soit 42.60 % de la superficie totale de la commune, l'irriguée est estimée a 659 Ha, soit 10.19 % de la superficie agricole utile localisée principalement dans la vallée de l'Oued Labiod.

La superficie agricole est limitée en raison des irrégularités des ressources en Eau des difficultés de mètre les terrains en productions (les déclivités des terrains sont fortes) et le froid (gelées) se qui explique le développement d'un certain type d'arboriculture (le pommier ….).

Les zones agricoles sont caractérisées par le morcellement des parcelles, et l'agriculture qui est pratiquée est une agriculture intensive.

La céréaliculture qui est une culture extensive exigent de vastes superficies est très peut utilisée a cause de la rareté du sol cultivable et la topographie de la région qui ne permet pas le labourage mécanique.

L'arboriculture est un type de culture dominant est diversifiée (pommes, poires, abricots, pêches...).S'est imposés ces dernières années est constitué une spécificité de la région.

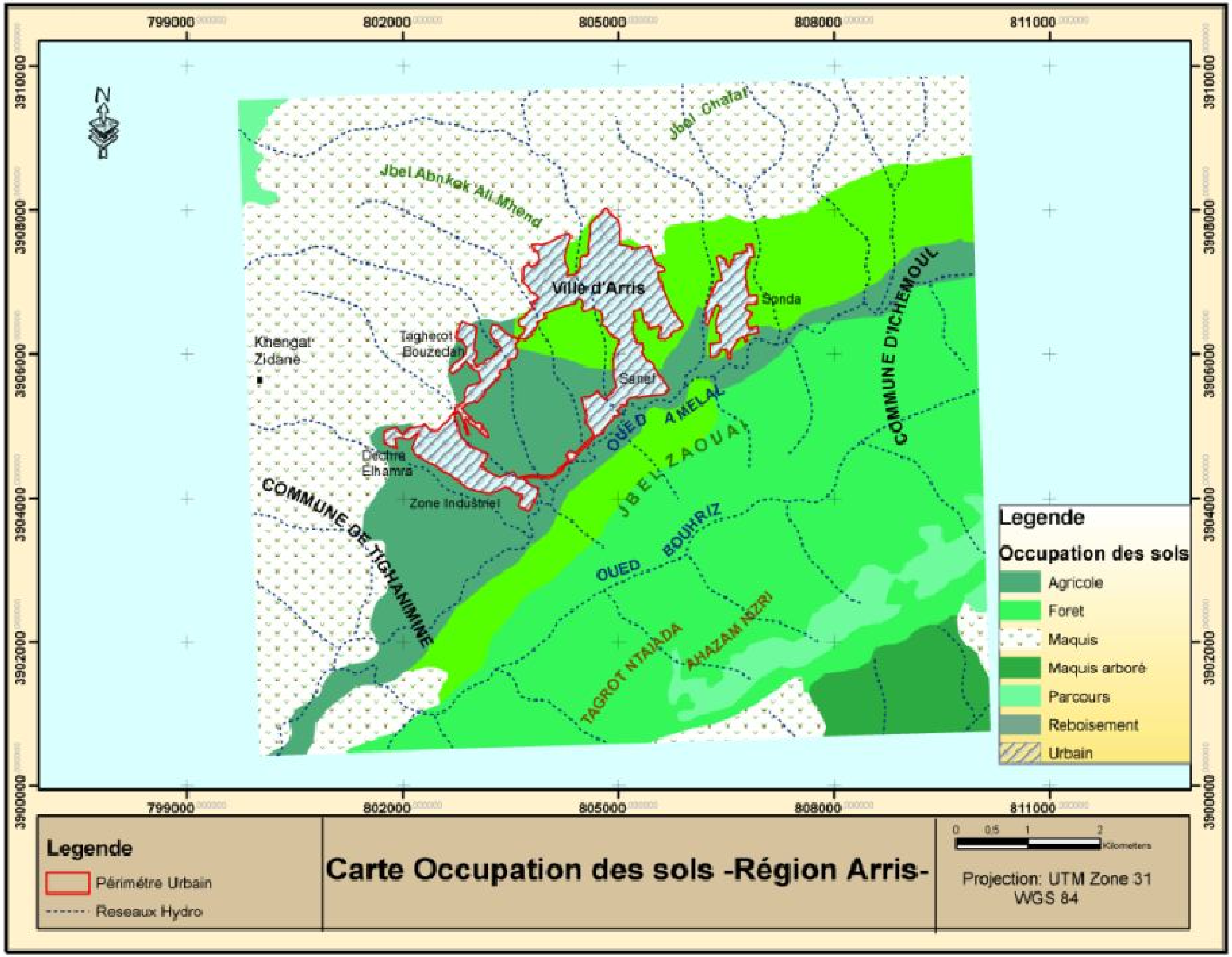
6. Forets

La surface forestière est de 3000 Ha, soit 19.77 % de la superficie totale de la commune.

Le patrimoine forestier est formé principalement de pins d'Alep et de cèdres et d'un point de vue économique elle est mal exploitée, mais dans le future les terrains maigre et dénudés pourraient servir d'assiettes a des actions de reboisement , c'est a dire la reconstitution de la forêt naturelle en moyen de mise en défens est à préconiser pour assurer un équilibre écologique à la région servir d'exploitation économique arrêter l'érosion et a embellir le cadre physique des espaces non utilisés par l'agriculture .

Dans le domaine des techniques culturelles la région se caractérise par un niveau de technicité assez important.

En conclusion, les actions prioritaires en matière agricole devraient donc porter sur l'aménagement et l'exploitation du foret en liaison avec un développement agricole axé sur l'arboriculture de montagne bien adapté aux conditions rigoureuses de température) (**Direction des forets.** Consultation service technique. Mars/2010**).**


Carte Occupation des sols -Région Arris-
Legende
Occupation des sols
Agricole
Foret
Maquis
Maquis arboré
Parcours
Reboisement
Urbain
Legende
Périmétre Urbain
Reseaux Hydro
Projection: UTM Zone 31
WGS 84
Kilometers
Ville d'Arris
Sonda
Saref
Taghecot Bouzedan
Khengat Zidane
Dechra Elhamra
Zone Industriel
Jbel Chafar
Jbel Abnkek Ali Mhend
COMMUNE D'ICHEMOUL
COMMUNE DE TIGHANIMINE
OUED AMELAL
JBEL ZAOUAI
OUED BOUHRIZ
TAGROT NTAIADA
AHAZAM NZRI
799000
802000
805000
808000
811000
3900000
3902000
3904000
3906000
3908000
3910000

Conclusion

L'aire d'étude est particulièrement montagneuse, elle englobe environ 65 % de montagnes situé au centre du massif des Aurès.

Ce massif est en formation plissée compliquée. Le site de la ville d'Arris domine la vallée de L'Oued Labiod.

Les terrains sont agricoles et datent du quaternaire.

Les conditions climatiques et pédologiques est fortement sur la valeur et l'ampleur de la végétation

Le climat est semi aride, très rigoureux en hiver et très chaud et sec en été, dont la pluviométrie est insuffisante.

Les précipitations diminuent au fur et mesure que l'altitude baisse et que l'on s'approche de l'influence saharienne. On notera toute fois que la haute vallée d'Arris est relativement isolée et protégée des influences du Sud par la barrière des Djebels EL Krouma et Zellatou, franchie par les gorges de Tighanimine.

Le réseau hydrographique est assez important, l'écoulement des eaux se fait suivant un axe principal vers le Sud. Les chutes de neiges sont importantes en hiver et constitue un réservoir hydrique alimentant par la suite les Oueds et les sources.

L'importance du problème hydraulique mérite qu'on lui donne une place particulière car il conditionne tout développement et concerne essentiellement trois secteurs vitaux à savoir : Eaux potables –Eaux d'irrigation – Eaux industrielles. Cette situation nécessite la réalisation des retenues collinaires des petits ceds et des forages.

Donc a partir de ce diagnostique du milieu physique on a constaté que notre zone d'étude est montagneuse et il y a une diversité géologique, lithologique ainsi une certaine dyssimetrie dans la répartition du couvert végétal qui entraîne des conséquences sur le régime d'écoulement. Théoriquement favorable aux risques lies à l'eau (érosions, inondations, mouvement de masse,….).

Chapitre 02

Contexte socio-démographique

Comme nous l'avons constaté l'analyse de l'aspect physique de la région nous laissent entrevoir déjà la nature et l'importance des aléas naturels. Ils convient donc d'estimer et d'analyser l'organisation socio économique de l'espace pour permettre de dégager le niveau de socialisation du géosystème, ce qui nus permettre d'appréhender le niveau de vulnérabilité de cet espace montagneux.

Les éléments qui s'imposent ici sont ceux liés à la démographie et sa répartition spatio-temporelle, les activités socio économiques et les infrastructures associés

La politique visant une maitrise du rythme d'accroissement démographique engagé par les pouvoirs publics a permis une réduction du taux d'accroissement naturel qui est passé de 12,59 en 1977à 0,83 en 2008.Ceci s'inscrit dans un contexte général des mutations des mœurs familiales marqués notamment par l'évolution des modèles de nuptialité, de fécondité et de l'amélioration du niveau de vie. Ce qui a engendré une baisse sensible des taux de natalité et de mortalité. Donc le rythme d'accroissement démographique décroit de plus en plus. Le taux d'accroissement de la commune d'Arris a atteint 0,83 % en 2008 (RGPH), ce qui est en dessous de la moyenne nationale et de la wilaya qui sont de 1,6 % en 2008.

1- Evolution de la population :

Le nombre de population de la commune d'Arris a atteint 12600 hab. au cours de l'année 1977, ce nombre a poursuivi son accroissement jusqu'à l'année 1987 ou il a atteint 18985 hab ; avec une augmentation de 6385 hab, le taux d'accroissement entre l'année 1977-1987 a été estimé de 5,06%.

N°	Année	Nombre de population
1	1977	12600
2	1987	18985
3	1997	24365
4	2005	29299
5	2008	30306

Tableau N°03 : évolution de la population entre 1977 – 2008
Source : ONS

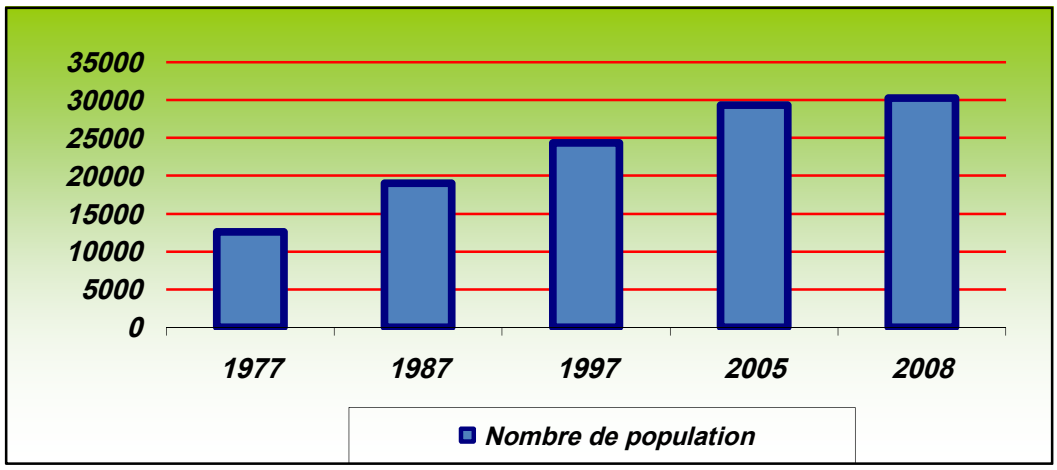


Figure 08 : Diagramme de l'Evolution de la Population entre 1977- 2008

Au cours de l'année 1997 le nombre d'habitant a atteint 24365 avec une croissance de 5380 hab et un taux d'accroissement de 2,83% entre l'année 1987-1997.

D'après la direction de planification et d'aménagement des agglomérations de la willaya de Batna, le nombre de population en 2005 a été estimé de 29299 hab avec une croissance de 4934 hab et le taux d'accroissement entre 1997-2005 est considéré de 2,53%.

En 2008 le nombre d'habitant a atteint 30306 habitants avec une croissance de 1007 hab.

- On remarque que l'augmentation diminue d'un recensement à l'autre, se qui implique la diminution du taux d'accroissement et ceci est la cause des facteurs suivants :

1- la situation sécuritaire qu'avait vécue notre pays

2- la migration vers les villes pour les études, le travail et l'amélioration du niveau de vie.

3- la situation économique et sociale des habitants.

4- l'absence des facteurs attractifs pour les habitants.

2 - L'accroissement de la population

Année du recensement	Nombre des naissances	Nombre des mortalités
1997	986	156
2008	960	152

Tableau N° 04 le nombre des natalités et des mortalités au cours de l'année 1997-2008, Source : Bureau du recensement des habitats et des Habitants de la commune d'Arris

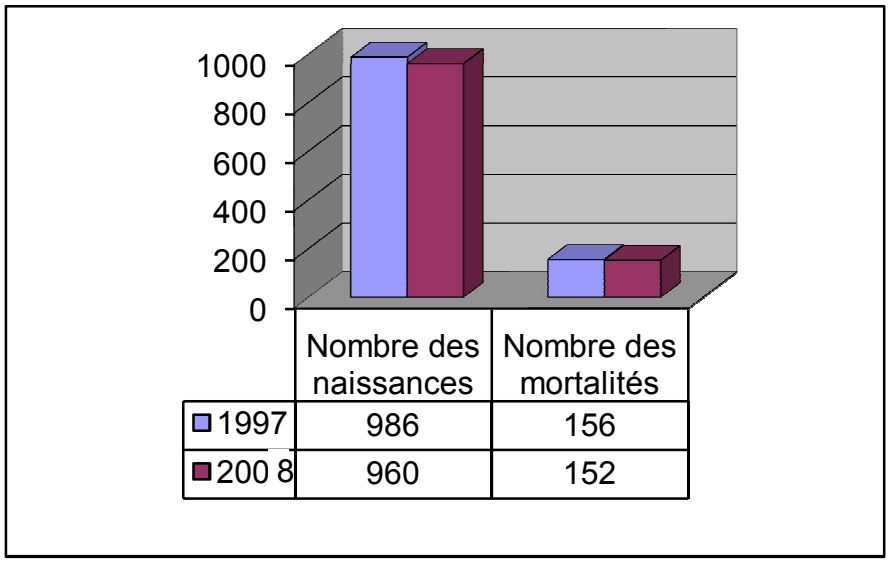


Figure 09 Histogramme du nombre des natalités et des mortalités (1997-2008)

Année du recensement	Nombre de population	Taux de natalité‰	Taux de mortalité‰	Taux d'accroissement naturel‰
1997	24365	40,4	6,4	34
2008	29299	32,7	5,1	27,6

Tableau N°05 taux des natalités et des mortalités et l'accroissement naturelle dans le secteur d'Arris l'année 1997-2008

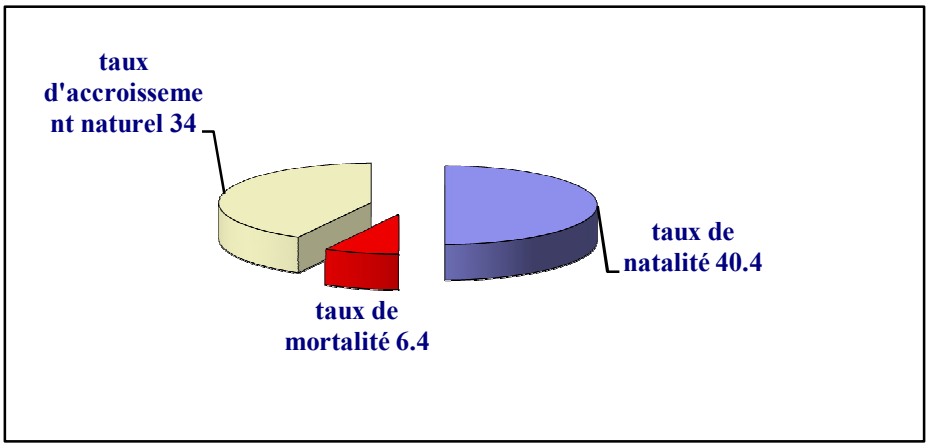


Figure 10 : diagramme du mouvement de la population au cours de l'année 1997

2-1-Les natalités :

Selon le tableau N°10, le taux de natalité à l'an 1997 est supérieur à celui de l'an 2005, en conclus que ce taux est en décroissance a cause des changements économiques et sociales que la population a connu, ce qui a poussé les gents à la limitation des naissances, le retardement du mariage en plus la migration des habitants vers les grandes villes pour l'emploi et les études.

2-2-Les mortalités

Selon les statistiques (1997-2005), en constate que le nombre des mortalités entre les deux recensements est faible (6,4 et 5,1‰) à cause de la bonne charge des

responsables du coté sanitaire et la disponibilité des centres sanitaires, des salles de soins et des hôpitaux (260 lits) au niveau de la commune d'Arris.

2-3-L'accroissement naturel :

Le taux d'accroissement naturel entre les deux recensements a diminué (de 34 à 27,6‰) ceci est à cause de la diminution du taux de natalité, plus les mêmes causes précédentes.

3-La répartition géographique des habitants du secteur :

3-1-La répartition des habitants :

La répartition géographique des habitants du secteur d'Arris est en fonction des :

- conditions naturelles comme le terrain.
- les facteurs économiques comme l'agriculture.
- les facteurs administratifs comme les endroits de travail.

À cause de la grande importance de l'agriculture, les habitants se centralise au chef-lieu (Arris) et ceci a cause des facteurs suivants :

- la composition physique du site.
- la fertilité des terres agricoles aux limites de Oued labyad.
- le rapprochement des sources d'eaux.

En 2008, Arris compté 30306 habitants

3-2-Concentration de la population :

Une population estimée à 30306 habitants se répartisse à travers la superficie du secteur, qui est évaluée à 15178 Ha, quelque zones se caractérise par une grande concentration des habitants alors qu'elle est réduite dans d'autres zones, on remarque que le chef lieu est d'une forte concentration estimé à 73,44%, parce qu'il procure de différents services, ensuite vient l'agglomérations secondaire qui est la zone urbaine nouvelle (ZHUN) avec 18%, alors que les zones rurales sont les moins concentré avec un taux de 8,51% a cause de la non disponibilité des conditions de vie nécessaire.

3-3-La densité de la population :

La densité de la population est l'un des mesures déterminantes du degré de répartition spatial de la population, la population de la commune d'Arris se répartisse avec une densité de 193 habitants/ km^2 qui une densité élevée révélant l'intimité du secteur du point de vue sociale et culturelle où se regroupe les habitants en forme de grande familles, plus la diminution des superficies destinée à la construction étant

donné la pénibilité de la topographie se qui produit le regroupement dans un seul endroit. **(APC d'Arris**. Service technique (Allawi et fayssal). 10/05/2010.).

catégorie	Total de la population	Masculin	Féminin
Nombre des habitants	29299	14357	14942

Tableau N°06 la répartition de la population d'Arris par sexe (2010) :
Source : l'étude « la monographie » de l'an 2008

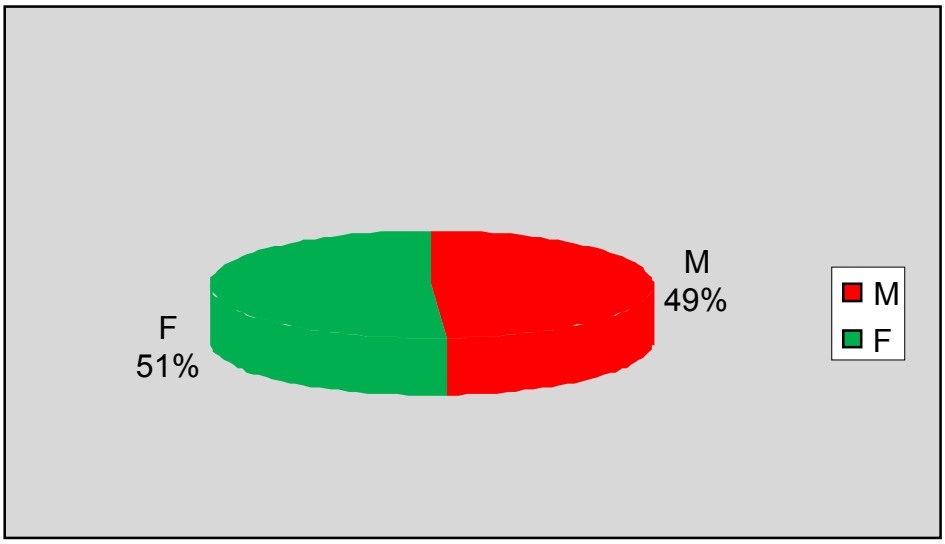


Figure 11 :Population par sexes

catégories	0 - 5	6 - 12	13 - 15	16 - 18	19 - 59	> 60
nombre	4693	5267	2419	2206	12831	1883

Tableau N°07: la répartition de la population du secteur d'Arris selon l'âge (2010)
Source : bureau de recensement de la commune.

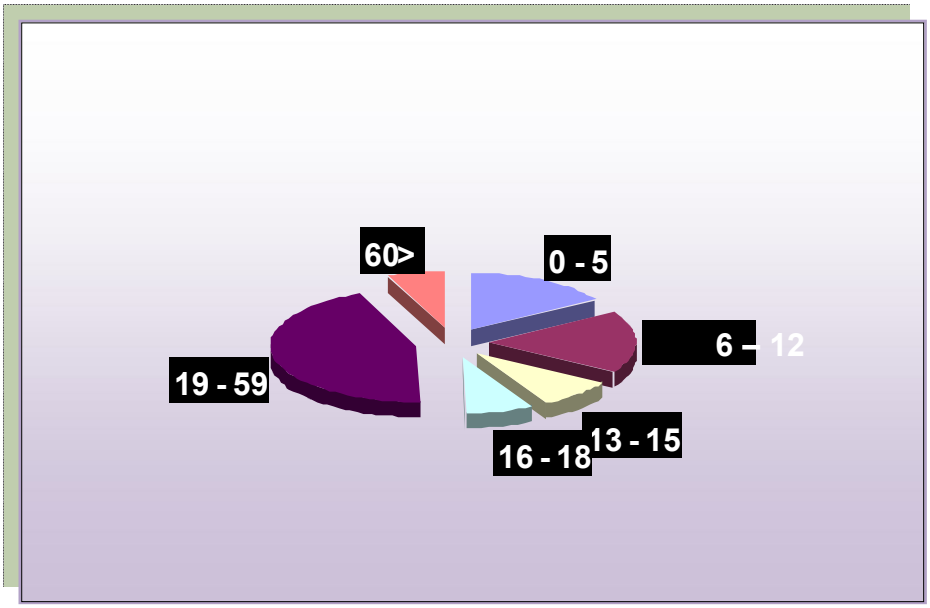


Figure 12 : Population par âge

3-4-La structure qualitative :

C'est l'une des plus importante mesure utilisé pour connaitre l'équilibre qualitatif entre la population du secteur et selon les statistiques en remarque que le taux de la population masculine et féminine est approximatif (49% - 51%)

3-5-La structure par âge :

On veut dire par ça, l'ensemble de la population répartie selon la catégorie d'âge et ceci en fonction du type d'activité, le bute de cette étude c'est de connaitre le nombre des individus actifs, les retraités, les travailleurs, la catégorie des jeunes et des vieux et en peu déduire ce qui suit :

- 16% du total de la population âge pré enseignement (0-5 ans).
- 26,23% du total de la population en âge d'enseignement (6-15 ans).
- 51,32% du total de la population en âge de travail (16-59 ans).
- 6,42% du total de population hormis l'âge de travail (60 ans et +)

Selon cette structure, la population en âge de travail est estimée à 51,32% ce qui signifie le dynamisme de la population du secteur, en plus le taux de prise en charge estimé à 1habitant / travailleur ce qui représente le bon niveau économique de la population du secteur d'Arris.

4-La répartition rurale et urbaine de la population du secteur à l'an 2010 :

Selon le Tableau N°08 on distingue que le taux de la population urbaine est de 91% contre 9 % de population rurale et cela a cause de :

- La population d'Arris se centralise dans le centre aggloméré qui leur assure l'enseignement et les différents services.

La migration interne des zones secondaires et des zones rurales vers la zone agglomérée.

La commune	Nombre de population	Urbain (hab)	%	Rurale (hab)	%
Arris	29299	26805	92	2494	9

Tableau N°08 : La répartition rurale et urbaine du secteur à l'an 2008 :

Source : l'étude « la monographie » de l'an 2008

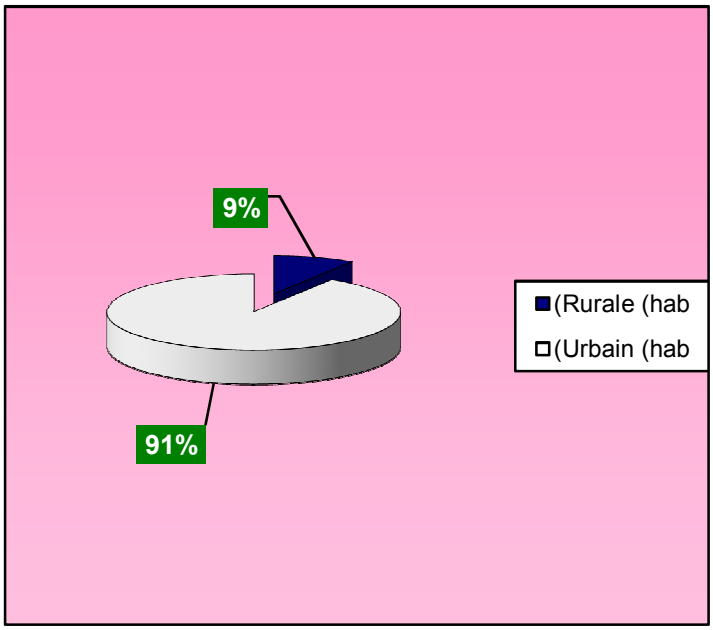


Figure 13 : la structure rurale et urbaine de la population d'Arris 2008.

5-La structure économique

L'étude de la structure économique et l'une des plus importants éléments qu'on doit entamer dans n'importe qu'elle étude agglomérée, étant donné son importance dans la limitation du rôle de la population du point de vu économique et le développement du domaine rural

Année du recensement	L'agriculture	L'industrie	Commerce et services	total
1997	5085	310	5502	10897
2005	7110	400	7527	15037

Tableau N°09:la répartition de la population active selon les domaines de l'emploi par secteur .Source : bureau de recensement des habitants et de habitas de la commune d'Arris

Selon le Tableau N°09 qui montre les actions économiques entre 1997-2008, on remarque que les travailleurs dans les trois secteurs sont en croissance qui se varie d'un secteur à l'autre, le taux des travailleurs à l'an 2008 est estimé à 47% du total de la population actives en agriculture, 50% en commerce et services et 3% en industrie.

Le taux élevé du secteur de commerce et services est dû au rôle administratif qu'a atteint la région, car la majorité de ce taux sont des employés dans le secteur administratif.

Le taux élevé en secteur d'agriculture est du à la disponibilité des terres agricoles ce qui nous pousse à classé la commune d'Arris avec les agglomérations rural malgré que la majorité de ses habitants se centralise au chef lieu à cause de leur profession.

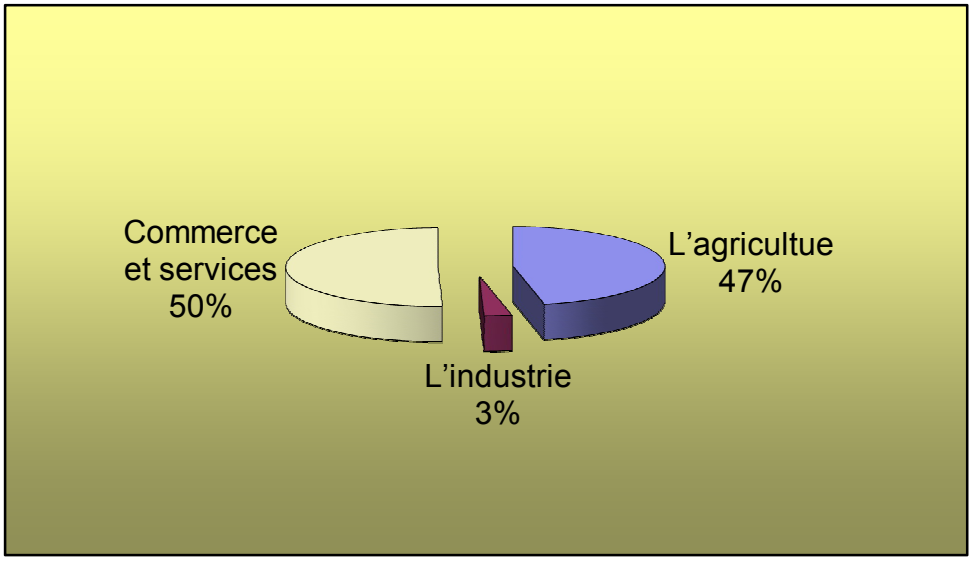


Figure 14 : le taux des employés dans les trois secteurs

6-Les populations actives et non actives :

D'après le tableau, Le volume de la force active dans se secteur se base sur les facteurs démographique, en remarque que le taux de la population masculine (63%) est supérieur à celui de la population active et le taux de la population féminine est approché à la moitié de la population masculine travaillante (37%), ce qui signifie que la population active d'Arris est fondé principalement sur les Hommes avec la participation des femmes pour diminué les charges économiques.

population active		**total**	**population non active**		**total**
M	**F**		**M**	**F**	
9474	5563	15037	8986	5276	14262

Tableau N°10 : la répartition de la population active selon la catégorie (1997-2008)
Source : Bureau de recensement de la commune d'Arris

Le taux de prise en charge qui est le résultat de la division du nombre de la population non active sur le nombre de la population active, qui est égal à 1 montrant ainsi que chaque individu active est opposé à un individu non active ce qui signifie l'équilibre dynamique de la structure de la population.

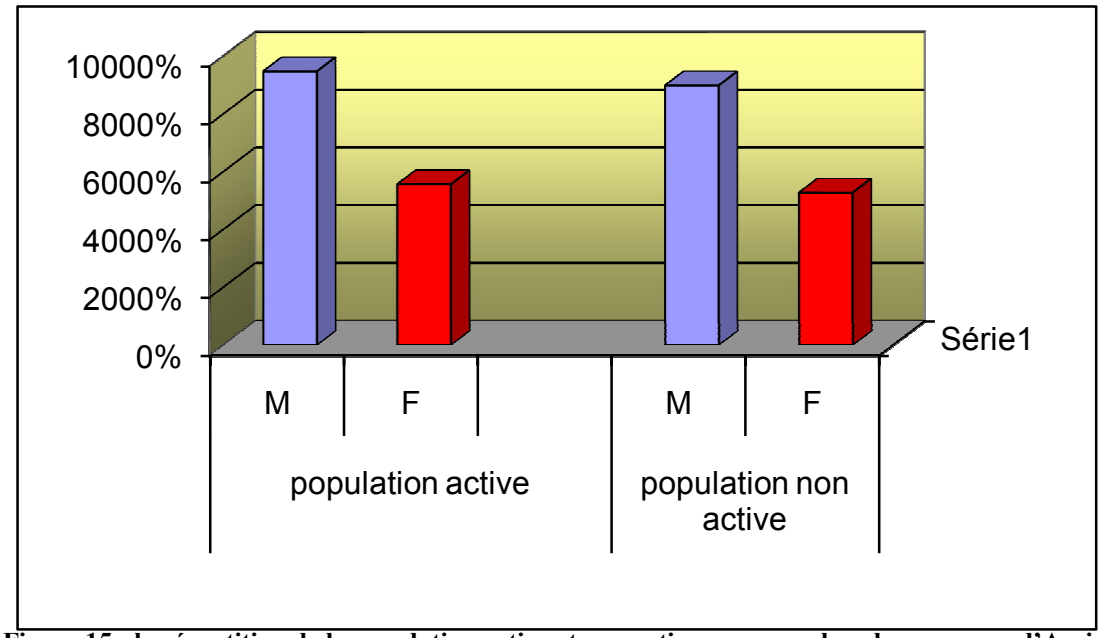


Figure 15 : la répartition de la population active et non active par sexe, dans la commune d'Arris (2008).

Conclusion :

- La régression de la population de la zone éparse s'est caractérisée par une répulsion manifeste, qui est due à un exode rural très important au profit des autres agglomérations qui commencent à prendre de l'ampleur, ainsi que l'intégration de certaines mechtas aux agglomérations tel que Dechra Elhamra,…
- Une augmentation continuée de la population de la commune d'Arris d'un recensement à l'autre.
- Stabilité du taux des mortalités et variabilité du taux des natalités ceci indique qu'il y'a une augmentation, mai avec un rythme long.
- La densité de la population de la commune d'Arris est élevée (193 hab / km^2)
- Le taux de population féminine (51%) et masculine (49%) est approximative.
- La population d'Arris est rustique du point de vue travail, car le taux des employés en secteur agricole est estimé à 47%.
- La force active est basé beaucoup plus sur la population masculine que la féminine.
- La situation économique des habitants est bonne en vue du taux de prise en charge qui a atteint 1habitant / travailleur.
- Le développement de la commune est confronté aux difficultés de construire (Terrains très accidentés), absence de terrains conséquents pouvant recevoir d'important programme à cause des contraintes naturelles (Oued Abdi et ses affluents). (**Bet hydrame.** Schéma directeur de gestion des déchées inter communal -Arris-. Direction de l'environnement wilaya de Batna 2006-2007).

Chapitre 03

Contexte économique

1-**L'Agriculture :**

Les terrains agricoles sont situés à l'Est et Sud de l'agglomération et occupent les terrains alluviaux le long de l'Oued Labiod. Elles offrent de grandes potentialités concernant l'arboriculture fruitière, pour le reste des terrains limitrophes au tissu est inculte vu que la roche mère est avis présente marno-calcaire.

La superficie agricole totale dans la commune d'Arris est estimée à 9500 ha tandis que la superficie agricole utile est considérée à 6466 ha.

- les superficies irriguées à partir de forage et puits : 378 hectares, 228 hectares sont irrigué à partir de sources et 30 hectares sont irrigués à partir de Oued Labiod.

1-1-Structure du sol :

Le sol de la région est essentiellement limoneux à tendance argileuse c'est le matériau de la basse terrasse

Structure des sols (SAU)	**Pourcentage**
Argileux - sablonneux	20 %
Limoneux -argileux	20 %
Argileux - Limoneux	60 %

1-2-Exploitations Agricoles :

Type d'Exploitations Agricoles	**Nombres**	**Superficie (ha)**
Exploitations Agricoles Individuel (E.A.I)	29	45
Privée	939	5221
Concessions	288	1200

Type d'agriculture	**Superficie Agricoles (ha)**
Forêt	3000
Parcours	2500
Grandes cultures	1200
Arboriculture fruitière	350,39
Maraichage plein champ	48
Oléiculture	19,43
Viticulture	4

Tableau N°11 : répartition de la SAU en 2008 :

1-3-La production agricole :

Arris est connue comme zone pommicole par excellence, on constate le développement de certaines spéculations ; Parmi les principales productions agricoles dans la commune d'Arris, comme il est indiqué dans les tableaux ci après, on site:

1- le blé : il est considère parmi la production la plus importante dans la région d'Arris et il occupe la première position du point de vue production, qui a atteint 10.000 Qx sur une superficie de 100 ha.

2- l'orge : occupe la deuxième position après le blé, avec une production de 7200 Qx sur une superficie de 100 hectares. (Consultation subdivision de l'Agriculture commune d'Arris. 2010.)

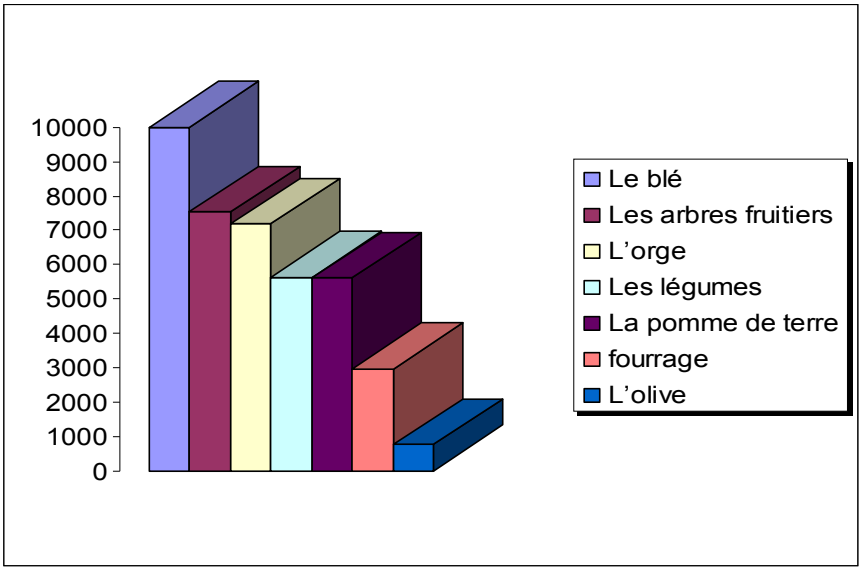


Figure 16 : les différents types de production agricole de la commune d'Arris (2008-2009)

3- Les arbres fruitiers : le pommier, le figuier, l'olivier, le prunier, la pêche et la noix sont parmi les plus importantes espèces fruitières dans le secteur d'Arris, on note la production de l'olivier qui a atteint 750 Qx sur une superficie de 75.5 Ha.

4- Les légumes : les légumes occupent une grande superficie (140 Ha) du total de la superficie agricole et c'est la pomme de terre qui est classé en première position du point de vue production (5600 Qx).

Type de production agricole	Consistance (Qx)
Pépin	21606
Noyau	5034
Rustique	1615
Olives	350
Viticulture	800
Blé dur	1925
Orge	1377
Fourrage orge en vert	140
Maraichage	2311
Pomme de terre	1189,54

Tableau N°12: RENDEMENT DE CULTURES en 2008-2009
Source : service agricole de la commune d'Arris.

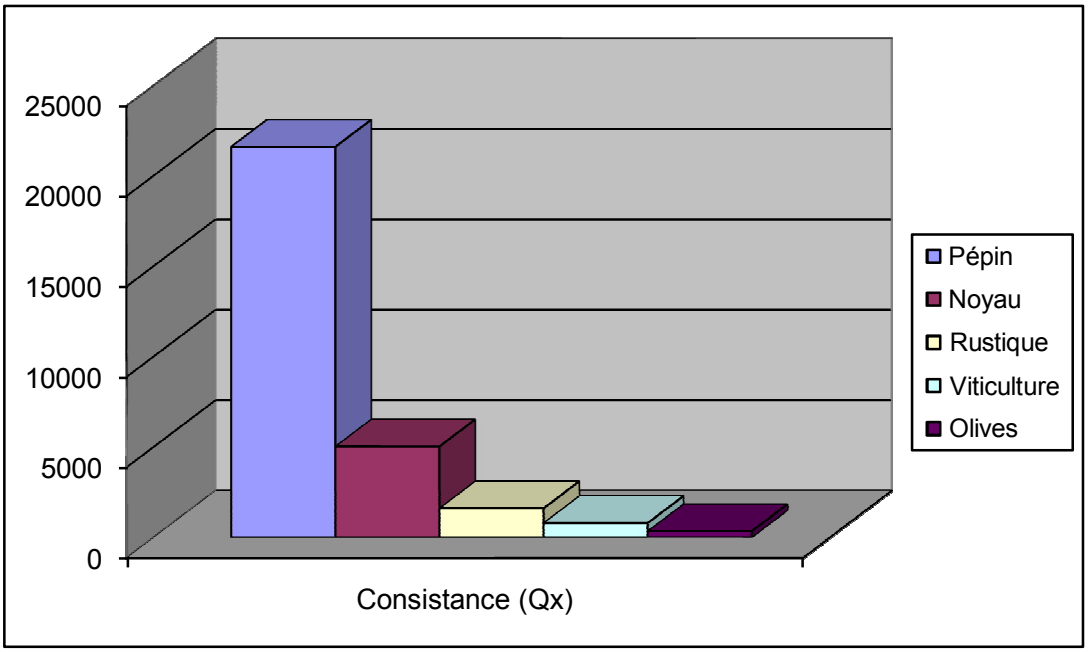


Figure 17 : l'arboriculture fruitière

1-4-La production pastorale et animale :

- **Les zones pastourelles constantes** : les zones pastorales appartenant au secteur privé, sont estimées à 3910 Ha avec un taux de 26 % du total de la superficie globale.

❖ **La répartition de la production animale :**

Le cheptel	Le nombre
Bovins	121 dont 74 vaches laitières
Ovins	3503 dont 2630 brebis
caprins	3904 dont 2650 chèvres
Aviculture chair	1117000
Aviculture ponte	1179300
Dindes	34200
Apiculture	1820
Equins	58

Tableau N°13: la répartition de la production animal dans la commune d'Arris en 2009/2010
Source : service agricole de la commune d'Arris.

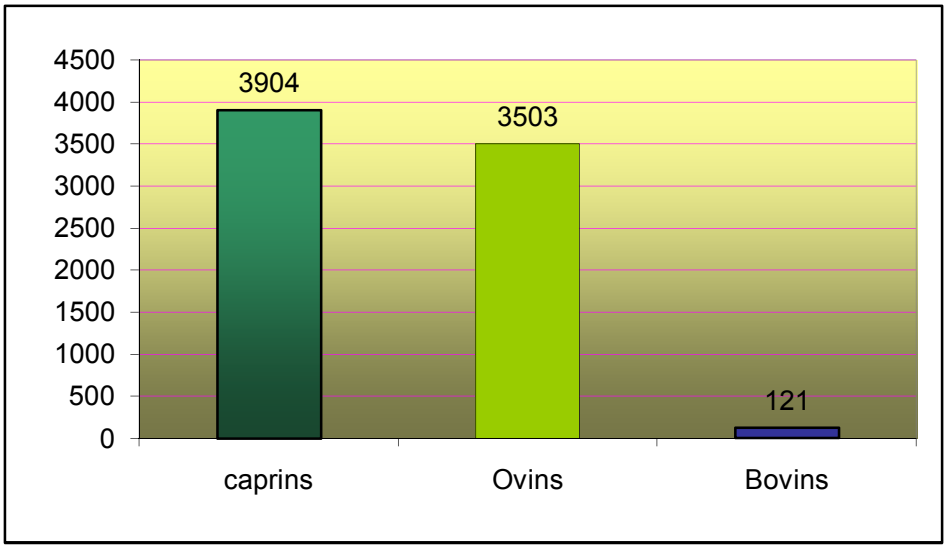


Figure 18 : la répartition de la production animale

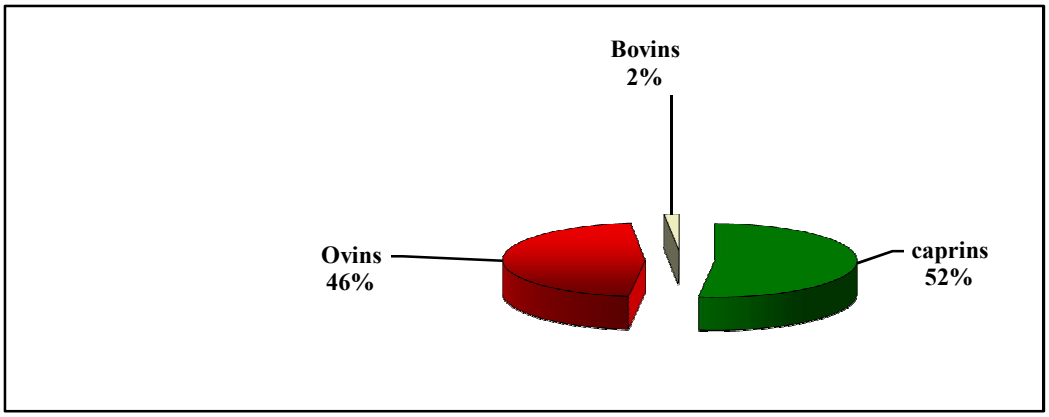


Figure 19 : répartition de cheptel

Production Animale	Quantité
Lait	364432 L
Viande rouge	1179,37 kg
Viande Blanche	4770 kg
Œufs	1179000
Miel	455 kg
Laine	4932

Tableau N°14: Distribution de la production animale, 2009/2010

Source : service agricole de la commune d'Arris.

1-4-1-L'élevage ovin :

La production animale dans la commune d'Arris est basé sur l'élevage ovin avec un taux de 47%, dont on bénéficié de sa viande et de sa laine qui est exploité dans la fabrication des textiles et les couvertures traditionnelles (burnous, tapis…ets).

1-4-2-L'élevage caprin :

Avec un taux de 51 %, l'élevage caprin est également important pour les habitants d'Arris, qui profitent beaucoup plus de son lait que de sa viande.

1-4-3-L'hapiculture :

Arris est considéré parmi les zones produisant le miel montagnard de qualité avec 800 ruches (12 kg/ruches). Les nouvelles études ont montré que les zones ou existe une hapiculture, la production s'amplifie c'est pour cela que les agriculteurs implante des ruches proche de leur vergers, d'autant plus que ça l'hapiculture constitue un rendement économique supplémentaire surtout si celle-ci soutenu par les pouvoirs publique.

Ce survole sur l'activité socio économique nous démontre que l'activité agricole sous dent des formes et profondément et finement adapté à la fragilité des géosystème montagnard. Nous constatons un véritable équilibre entre la nature et l'importance de l'activité agricole de même que la production animale et les besoins réels des habitants.

1-5-Matériels et Infrastructures Agricoles :

Désignation	Nombre
Matériels de Traction : - Tracteur Pneumatiques - Tracteur Motoculteurs	 40 15
Matériels arratoires : - Camion - Remorques	 80 : 2,5 T 30 : 2,5 T

- Charrue à Socs - Charrue à disques	20 27
Matériels de Traitement : - Pulvérisateurs	 300
Matériels de récolte : - Moissonneuses - Faucheuses - Ramasseuses	 04 03 04
- chambre froide	01
- Poulailler de ponte	02
- Poulailler de chair	48

Tableau N°15: Matériels et Infrastructures Agricoles

Source : service agricole de la commune d'Arris.

Le niveau de mécanisation de l'agriculture reste modeste en raison de la morphologie de la région et les dimensions des exploitations. Une plus grande mécanisation fonction de la constituera un impact important sur la dynamique érosive. On notera par ailleurs que la faiblisse des moyens de stockage tel que les chambres froides n'encourage par une gestion et un rendement efficace pour les producteurs.

2-L'habitat :

L'habitat individuel est le type dominant, les rues et ruelles épousent la forme du terrain afin de réduire les pentes. Les rues sont étroites afin de s'adapter à la rudesse du climat. Le parc logements d'Arris est estimé à 4941 unités. Mise à part les constructions récentes en bon état dont le matériau de construction utilisé est le béton armé et la brique, le reste c'est de l'habitat traditionnel en pierre et la majorité est en mauvaise état.

Le nombre d'habitat dans la commune d'Arris est évalué à 4941 logements contre une population estimé à 29299 hab et un taux de 5,9 individu / logts.

L'habitat dans la commune d'Arris se caractérise par une diversité qu'on peut résumer de la manière suivante:

2-1-Habitats individuels style traditionnel :

L'habitat traditionnel s'affirme encore dans la commune, généralement il est simple comportant le rez de chaussée et un étage, bâtis avec des matériaux traditionnels, mai non confortable car il n'est pas bien équipé. Il répond a des besoins, simple d'une aire maintenant révolue il constitue cependant un héritage culturel à protéger il se localise essentiellement dans les secteurs (El Baidha, Dechrat Taarichte,..)

2-2-Habitats individuels style moderne :

Ce type d'habitat se répartie dans le chef lieu (Arris) reflétant ainsi de développement et le changement morphologique qu'a connu le domaine urbain ses derniers temps. L'habitat est jugé en bon état, bâti avec le ciment et il comporte deux à trois étages. Ce type occupe les zones longeant les grandes artères et les routes principales.

2-3-Habitat collectives :

Se divise en deux catégories : l'une campagnard et l'autre moderne.

3-Equipements:

En observant le volume de la population, le nombre des infrastructures et des équipements est jugé acceptable.

Type d'équipements	**Le nombre**
Les Hôpitaux	01
Centre d'hémodialyse	01
Polyclinique	01
Centre sanitaire	01
Salle de soin	05
Ecole Primaire	13
C.E.M	04
Lycée	02
Centre de formation professionnelle	01
Agence postale	05
Central téléphonique	02
La daïra	01
Le centre communal	01
Tribunal	02
Service des impôts	01
B.A.D.R (banque agricole du développement rural)	01
Société d'assurance C.A.A	01
Minoterie de la société d'El-Riadh	01
Mosquées	16
Centre culturel	01
Stade	01
Maison de jeunes	01

Cinéma	01
Salle de lecture	01
Stade sportif ouvert	01
Bibliothèque communale	01
Piscine	01
Salle polyvalente	01

Tableau N°16 : les équipements de la commune d'Arris 2008 + terrains

Source : Monographie fin 2008 D.P.A.T de la wilaya de Batna+terrain

Cet inventaire général nous exhaustif du bâtit (Habitant et équipement) nous indique la ville d'Arris présente des enjeux socio économique important pouvant constituer une grande vulnérabilité eu égard des aléas notamment ceux liées à la sismicité. Le niveau du risque qui en découle sera en fonction de répartition spatiale des enjeux et des aléas comme nous le verrons plus loin.

4-Infrastructure :

4-1-Le réseau routier :

Le territoire d'Arris comporte un réseau routier important, variant et en bon état.

On peu le classer comme suivants :

Les voies principales : 17,5 km.

Les chemins de wilaya : 14km

Les chemins communaux : 14 km

Les sentiers : 12 km

Les voies agricoles : 45 km.

Les voies forestières : 60 km.

Et on peu classer ces voies en trois niveaux :

- Au niveau national : la route nationale N°31 qui relie Batna et Biskra en traversant Arris et la région de oued labiod et en général la route est en bon état.

- Au niveau sectoriel :

1- Le chemin de wilaya N°45 qui est en bon état, relie la route nationale N° 31 et traverse le nord de la montagne de Chilia.

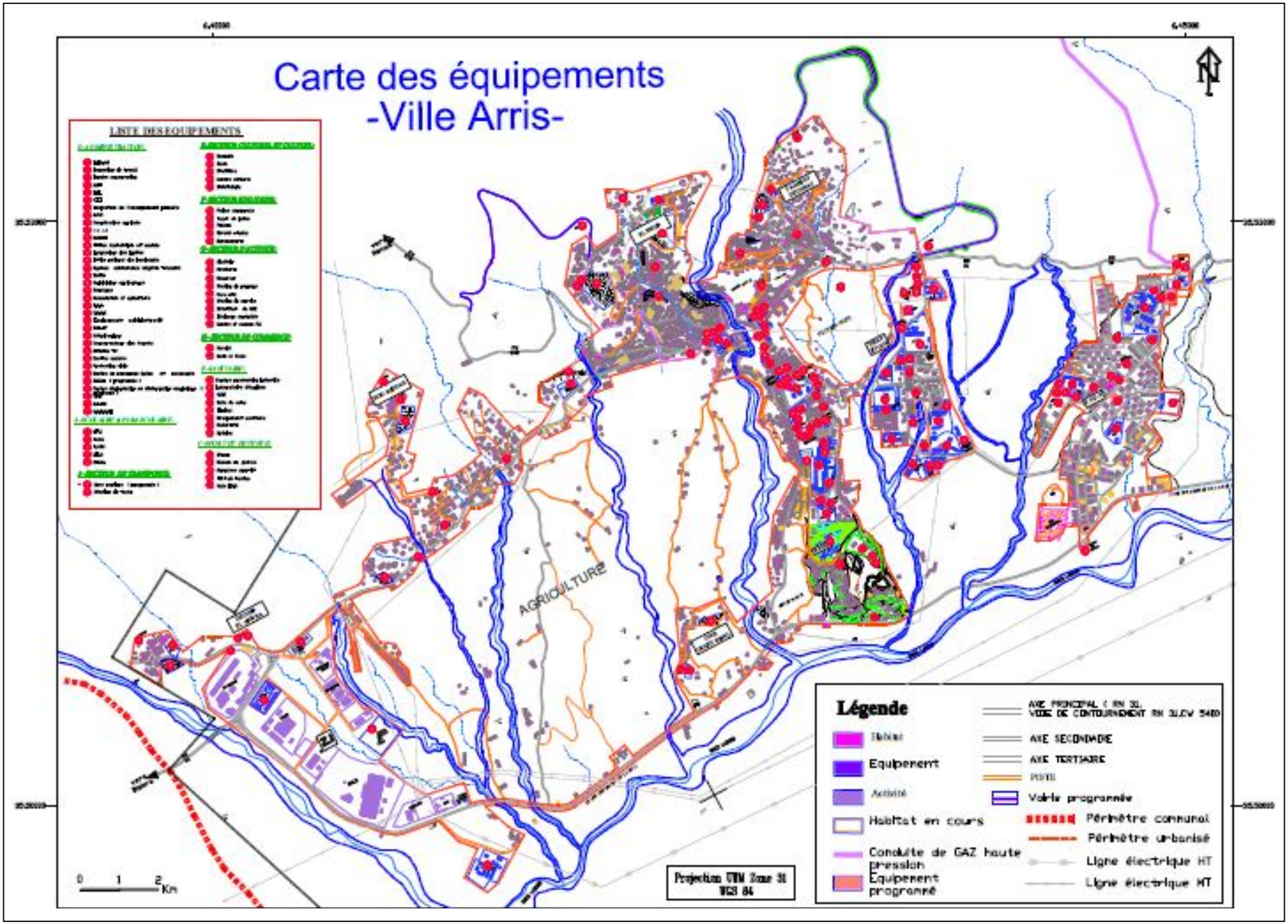
2- Le chemin de wilaya N°54 qui est aussi en bon état, relie la route N°31 et la route N° 87 traversant Theniet Elabed.

3- Le chemin de wilaya N°160 relie la route N° 31 et Foum Toub et il est en bon état.

4- Le chemin de wilaya N°172 relie la route nationale N°31 et la ville.

Les routes classées au deuxième niveau provoquent de grandes difficultés en hiver, à cause de la neige ce qui provoque le glissage de la route.

- Au niveau régional : il y'a une seule route communal qui se divise en plusieurs chemins permettant la pénétration à travers les montagnes.


Carte des équipements
-Ville Arris-
LISTE DES EQUIPEMENTS
AGRICULTURE
Légende
Habitat
Equipement
Activité
Habitat en cours
Conduite de GAZ haute pression
Equipement programmé
AXE PRINCIPAL (RN 31, VOIE DE CONTOURNEMENT RN 31/CW 5480
AXE SECONDAIRE
AXE TERTIAIRE
PISTE
Voirie programmée
Périmètre communal
Périmètre urbanisé
Ligne électrique HT
Ligne électrique HT
Projection UTM Zone 31 WGS 84
0 1 2 Km

4-2-Le réseau d'eau potable :

Le réseau de distribution : La commune d'Arris est alimenté par un double réseau d'une longueur de 33287 m alors que les canaux d'aspersion sont d'une longueur de 3665m, le débit est de 37 l/s de la somme de 150 L/s et l'eau potable est estimée à 68 L/hab/jour.

4-2-1-Le pouvoir de stockage :

Il y'a 17 réservoirs au niveau de la commune d'Arris, d'une capacité de stockage de 2138 m3 / jour.

L'approvisionnement en eau potable est de 2138m3 / jour avec distribution de 73 L/hab.

4-3-Ressources hydriques :

Les besoins sont estimé à 4395 m^3 / jours et un taux de satisfaction de 49% et en comparant la puissance de stockage avec les besoins, on trouve qu'il y'a une insuffisance dans l'alimentation et un manque dans le pouvoir de stockage malgré que le réseau est en bon état ce qui nous pousse à déduire qu'il y'a un déficit en eau potable.

Type de Ressources hydriques	Nombre	Débit cumulés
Forage	9	80
Puits	338	270
sources	38	228

Tableau N°17 : ressources hydriques existantes
Source : service technique de l'APC- Arris-

4-4- Le réseau d'assainissement :

Le double réseau d'assainissement est en forme de canaux capitales se trouvant dans les routes, assurant ainsi l'évacuation directe des eaux usées au oued Labiod, le taux d'assainissement est estimé à 80% mai cette méthode d'évacuation pose un problème de pollution surtout pour les terres agricoles.

Conclusion :

Selon les points que nous avons entamé en conclu :

- La prédominance de l'agriculture montagneuse est assez adaptée aux aptitudes du milieu physique montagneux. Il faut valoriser ce savoir faire des gens de la montagne

- La plupart des habitats(4992) sont de type traditionnel simple spatialiser dans les quartiers anciens et les plus denses d'habitats (Dechra Elhamra, Dachrat Taarichte, Elbaidha,..) qu'ils sont présentent un véritable enjeu exposé au risque sismique. avec l'orientation vers la construction moderne surtout à travers la route dirigée vers Biskra.

- L'infrastructure nécessaire est disponible qualitativement et quantitativement et offre des services satisfaisant aux habitants mai la nouvelle orientation de la région nécessite plus d'infrastructure.

Il est important de noter qu'un évènement potentiellement dangereux qui viendrait à frapper une tel que cette région serait très dommageable si les bâtis et les infrastructures et les équipements sont mal répartis. Ils constitueront des enjeux notamment vulnérables par rapport aux aléas.

2eme Partie

Approche Methodologique

Chapitre 01

Généralités sur les risques naturels

1. Aléa et vulnérabilité pour une gestion intégrée des risques naturels en milieu montagnard

On parle de risque naturel quand il existe une possibilité de déclenchement d'un phénomène naturel destructeur, susceptible d'atteindre des biens, des personnes et des activités.

Le risque décrit le niveau de dommages attendu. Ainsi, une petite chute de pierres sur une route fréquentée peut être un risque important, alors qu'un siesme au fond d'une ville représente un risque quasi nul.

Les risques sont traduits sous la forme d'une modélisation, c'est à dire une représentation schématique de la réalité présentant les relations entre les composantes du phénomène modélisé.

Elle permet de restituer au milieu les réalités de fonctionnement des processus et leur interaction en intégrant un niveau de paramètres quantifiables

1.1 Définir le risque naturel

Le concept de risque repose sur un modèle théorique. Il est la résultante de deux autres concepts : celui d'aléa et celui de vulnérabilité.

• L'aléa représente le phénomène naturel au moyen de sa fréquence et de ses descripteurs physiques ;

• la vulnérabilité exprime le niveau d'effet prévisible d'un phénomène naturel sur les enjeux.

• Les enjeux, quant à eux, représentent les personnes, biens, activités, moyens, patrimoines, etc. susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel (MATE, 1997).

Le rapport d'évaluation des politiques publiques retient les définitions suivantes (Commissariat Général du Plan, 1997) :

• L'aléa naturel représente un événement qui a pour origine un phénomène«naturel » par opposition à un événement provoqué par une action humaine. C'est donc un événement possible qui a sa source et se développe initialement dans un milieu naturel (air, eau, sol …).

• Le risque est un concept généré par un événement dommageable, doté d'une certaine probabilité, conséquence d'un aléa naturel survenant dans un milieu vulnérable. Le risque résulte donc de la conjonction d'un aléa et d'un enjeu ; la vulnérabilité étant la mesure des dommages de toutes sortes rapportée à l'intensité de l'aléa. A cette définition technique du risque, doit être associée la notion d'acceptabilité, pour y intégrer sa composante sociale.

Cette définition est quelque peu restrictive puisqu'elle ne définit pas vraiment les enjeux et néglige l'explication de la « conjonction » d'un aléa et d'enjeu.
Malgré ces conflits de définitions, la gestion des risques fonctionne par des mesures dites structurelles ou plus récemment, non structurelles.

1.1.1 Agir sur l'aléa ou la vulnérabilité. Mesures structurelles ou non structurelles ?

Dans la pratique courante d'analyse des risques naturels, les aléas ont été, jusqu'à une date récente, pris en compte en priorité selon une logique de suppression du phénomène (défense active) ou de ses conséquences néfastes (défense passive) faisant appel dans tous les cas à la construction d'ouvrages de protection. C'est ce que l'on nomme les mesures structurelles. Pour dimensionner des ouvrages de protection, il suffit théoriquement de bien caractériser le phénomène : on peut en quelque sorte « ignorer » les enjeux protégés par cet ouvrage.

Et pourtant la lutte contre les risques naturels s'oriente de plus en plus vers les mesures dites non structurelles pour compenser les défauts des mesures structurelles. Le terme de « mesures non structurelles » est utilisé par opposition aux mesures structurelles pour désigner tous les types d'actions qui ne relèvent pas du génie civil à usage collectif. Ces mesures visent en particulier, à modifier les pratiques d'usage et d'utilisation du sol et à réduire les enjeux (Pottier, 1998). Il s'agit essentiellement de la réglementation de l'occupation et de l'usage du sol, de la mise en œuvre de normes de construction, de la prévision des phénomènes d'une intensité anormale et en second lieu, de l'organisation des secours, de l'assurance, de l'indemnisation et de l'information du public.

Les mesures structurelles ont été longtemps la technique la plus utilisée en matière de protection. Mais dans une logique de développement durable, elles sont de plus en plus contestées. Les ouvrages de génie civil posent plusieurs problèmes : d'une part, les coûts de construction sont très élevés et d'autre part, l'entretien des ouvrages collectifs est également coûteux et souvent mal assuré car ils n'ont plus, une fois terminés, de maître d'ouvrage solvable. Par ailleurs, ce type d'approche n'est pas durable car la construction d'ouvrages de protection est une incitation à la densification des constructions en aval, d'où un accroissement de la vulnérabilité. Etant donné que la fiabilité des ouvrages n'est jamais assurée, on conçoit que cette logique, associant la construction de nouveaux ouvrages et leur « rentabilisation » par un accroissement de l'occupation du sol, mène inéluctablement à des accidents.

1.1.2 Evaluer la vulnérabilité

On peut définir la vulnérabilité de façon purement physique, en évaluant les risques d'endommagement matériel de constructions données. On peut aussi dire que la vulnérabilité doit mesurer la capacité de systèmes interdépendants à fonctionner pour résister à des perturbations extérieures, même les plus imprévisibles (Theys, Fabiani, 1988), c'est à dire sa capacité à résister à un phénomène destructeur. Dans ce cas, la vulnérabilité est définie de façon beaucoup plus complète. Elle peut intégrer les risques de dommages physiques directs, mais elle comprend beaucoup d'autres éléments, comme les dommages indirects, les coûts indirects, les coûts non marchands et, d'une façon générale, tout élément d'endommagement social lié à une catastrophe éventuelle.

Si on doit convenir que les politiques publiques dans les années a venir doivent se soucier de réduire la vulnérabilité pour mener leur première mission qui consiste a assurer la sécurité civile, il est clair que le succès de ces actions sera lié a la construction d'indicateurs a même d'évaluer objectivement la vulnérabilité.

C'est ce qui nous conduit à entreprendre l'étude de la vulnérabilité dans le cadre de l'évaluation des risques naturels en montagne.

La gestion des risques naturels permet d'éviter les catastrophes, puisqu'il s'agit d'un cycle, celui de la crise :

Ainsi, la connaissance des risques quels qu'ils soient, constitue un préalable fondamental à la prévention. En effet, pour mettre au point des mécanismes de prévention, il faut avant tout disposer d'une information la plus complète possible sur les données du risque considéré.

1.1.3 Prévention ou gestion de la catastrophe

La gestion préventive des risques se situe en amont de la gestion des catastrophes. Elle cherche à éviter les catastrophes ou, à en réduire les conséquences.
Dans le cadre de notre travail, nous nous intéressons uniquement à la gestion préventive des risques. Le domaine de la gestion de catastrophes ne sera que très peu abordé.

1.2 Evaluation des aléas

Les phénomènes naturels considérés sont classés parmi ce que la communauté scientifique convient d'appeler « aléas gravitaires » ou « mouvements gravitaires

rapides ». Ils affectent toutes les régions de montagne. Il s'agit de l'érosion par ravinements, des mouvements de terrains et des crues torrentielles.

Quelle que soit la stratégie retenue pour la lutte contre les catastrophes naturelles, il faut d'abord évaluer les aléas. Cela consiste à recenser les occurrences passées d'un phénomène inscrit dans une zone donnée, à les représenter dans l'espace, à évaluer leur fréquence à un niveau d'intensité donnée et, si possible, à utiliser ces données pour valider et ajuster des modèles à but plus ou moins prédictif. De nombreux travaux ont été menés dans ce sens.

Toujours pour améliorer la connaissance des phénomènes, des approches techniques sont développées avec différentes perspectives pour chaque type de phénomène. Anticiper un problème c'est d'empêcher ce dernier de ce produire. L'approche est essentiellement à caractère prospectif, un rapide inventaire de ces travaux, de modélisation qui pour la plupart, constituent une aide non négligeable dans le but de connaître plus globalement les risques et de les représenter.

1.2.1 Définition de l'érosion hydrique

L'érosion est un phénomène de déplacement des matériaux à la surface du sol sous l'action de l'eau, du vent, de l'homme ou simplement de la gravité. Elle causerait annuellement une perte de 25 milliards de tonnes de sol (Brown et Wolf, 1984). L'érosion hydrique, recouvre des processus très différents selon que l'eau se présente sous forme de gouttes de pluie, de nappes ruisselantes ou de courants concentrés dans des chenaux.

L'érosion limite la disponibilité en terres cultivables. Elle contribue à la dégradation des terres et des eaux : abrasion progressive de la couverture pédologique, diminution de la fertilité des terres, entraînement des polluants véhiculés par les fractions colloïdales et particules de terre, en particulier phosphore, pesticides, métaux, ... C'est un problème étudié depuis longtemps dans les régions tropicales, méditerranéennes ou de montagne, caractérisées, soit par l'agressivité de leur climat, soit par leurs fortes pentes, soit par des couverts végétaux à faible recouvrement du sol (vignobles, vergers, ...) ou dégradés (désertification, défrichement, ...) (Roose, 1996).

1.2.2 Les mouvements de terrain

Les mouvements de terrain sont l'un des phénomènes géodynamiques les plus répandus dans le monde. Ce sont des phénomènes naturels très complexes, qui se manifestent de façon varié en raison de la multitude de mécanismes de déformations qui sont à leur origine (érosion, dissolution, déformation et rupture sous charge statique ou dynamique).

Sous la dénomination générique de « mouvements de terrain », on regroupe des phénomènes extrêmement divers et complexes qui impliquent toujours une rupture et un déplacement simultanés de matériaux (Flageollet, 1989).

Il s'agit soit de phénomènes fréquents développant des énergies réduites ou au contraire, dephénomènes rares se traduisant par des déplacements en masse. Ils sont peu meurtriers dans les pays européens sauf pour quelques accidents historiques (comme celui du Mont Granier proche de Chambéry en Savoie …). Ils peuvent être très dévastateurs en termes matériels et humains dans certains pays, au même titre que les inondations auxquelles ils peuvent être associés lors de pluies très intenses (comme beaucoup de glissements de terrain en Amérique Latine).

1.2.2.1 Définition des types de mouvements de terrain

Compte tenu de la grande diversité des phénomènes de mouvements de terrain, de nombreuses classifications existent à ce jour. Celle que nous retenons ici, à titre indicatif, est basée sur le mode de déplacement dissociant deux groupes principaux : les mouvements lents et continus d'une part, les mouvements rapides et discontinus d'autre part.

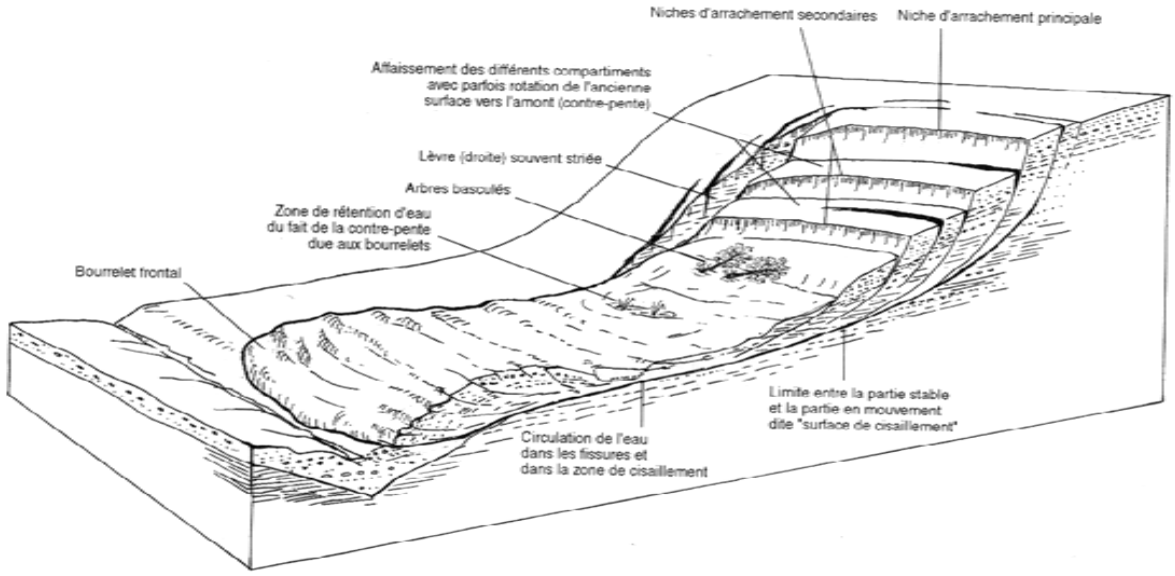


Figure 01 : Bloc diagramme montrant les différentes parties d'un glissement de terrain (Besson, 1996)

Selon le mode de déplacement, on distingue plusieurs ensembles de mouvements :

• Les mouvements lents et continus où la déformation n'est pas accompagnée de rupture et où aucune accélération brutale ne doit être redoutée. On retiendra particulièrement :

- ✓ Les affaissements consécutifs à l'évolution de cavités souterraines naturelles ou artificielles (carrières ou mines), évolution amortie par le comportement souple des terrains superficiels ;
- ✓ Les tassements par consolidation de certains terrains très compressibles (vases, tourbes) ;
- ✓ Le fluage de matériaux plastiques sur faible pente ;
- ✓ Le gonflement ou le retrait de certains matériaux argileux en fonction de leur teneur en eau.

• Les mouvements rapides et discontinus qui peuvent être scindés en plusieurs groupes, selon le mode de propagation des matériaux, en masse ou à l'état remanié;

- ✓ Les effondrements, qui résultent de la rupture brutale de cavités souterraines naturelles ou artificielles, sans atténuation par les terrains de surface ;
- ✓ Les chutes de pierres ou de blocs, provenant de l'évolution mécanique de falaises ou d'escarpements rocheux très fracturés ;
- ✓ Les éboulements de pans de falaise ou d'escarpements rocheux, selon des plans de discontinuité préexistants. Les éboulements peuvent atteindre des volumes considérables (plusieurs milliers à plusieurs centaines de milliers de m3) ;
- ✓ Les glissements, qui correspondent au déplacement en masse le long d'une surface de rupture plane, cylindrique ou complexe, de sols peu cohérents (marnes et argiles).

En zone de montagne, les phénomènes qui nous intéressent principalement sont les chutes de pierres ou de blocs, les éboulements de falaises ainsi que les glissements. Pour ces derniers cas, plusieurs approches existent.

1.2.2.2 Modélisation des mouvements de terrain

Malgré la complexité des mécanismes de déplacement et la difficulté de modéliser les glissements de façon fidèle, il existe néanmoins plusieurs modèles mécaniques représentant des mécanismes de glissement qui sont le plus souvent applicables à des cas de figure plus ou moins simples. Cette modélisation sert alors de support à la mise en œuvre de méthodes analytiques pour un calcul de stabilité de pentes (Rezig, 1998).

Dans la même logique que le système ELSA pour les avalanches, le système XPENT (Faure, 1994) essaie de déterminer le caractère de stabilité ou d'instabilité d'un versant, à partir des données telles que : la géologie, la climatologie, les indices observables sur le terrain, dans le but de fournir une aide à la cartographie.

1.2.2.3 Les chutes de blocs

Généralement, les chutes de blocs sont considérées comme des mouvements de terrain. On distingue les chutes de blocs isolés et les écroulements en masse. Il existe une typologie des chutes de blocs (pierre, petit bloc, gros bloc, …).

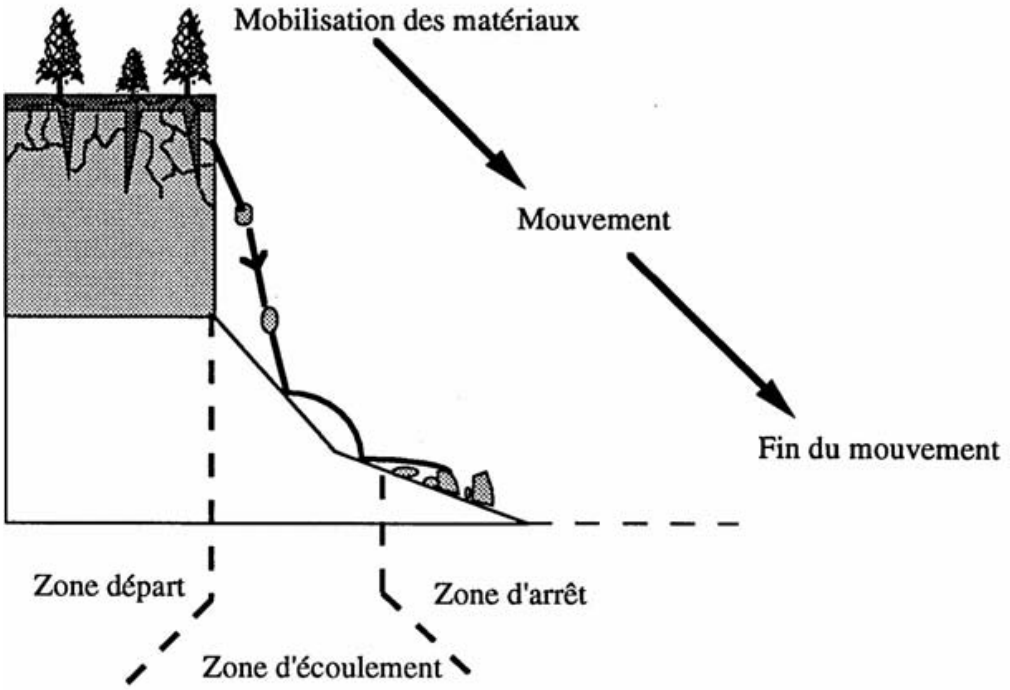


Figure : 02 l'Alea chute de blocs

La probabilité d'occurrence est quasiment impossible à estimer en l'état actuel des connaissances, exception faite pour quelques sites à phénomènes répétitifs pouvant donner lieu à des analyses fréquentielles. Tout au plus est-il possible d'évaluer la prédisposition d'un site à l'égard du phénomène considéré et sur une période donnée, par une approche naturaliste combinant les études historiques, géologiques, hydrologiques, pluviométriques…

Certains modèles applicables aux chutes de blocs, décrits ci-après, se présentent, néanmoins, comme probabilistes. Ils reposent, en fait, sur une approche pseudo-probabiliste qui consiste à remplacer certains paramètres mal connus par des variables aléatoires, ce qui permet de faire appel à des méthodes de type Monte Carlo et de fournir des résultats assortis d'intervalles de confiance. (L Astrade. R Nedjai. 02/2007)

L'intensité du phénomène est représentée par le volume ou la masse des blocs en mouvement auquel on peut adjoindre l'estimation de leur trajectoire ainsi que l'énergie développée par la chute. Il s'agit en premier lieu d'une approche qualitative.

L'extension spatiale du phénomène résulte aussi de l'observation mais on peut faire appel à des études de trajectographie basées sur des modèles numériques.

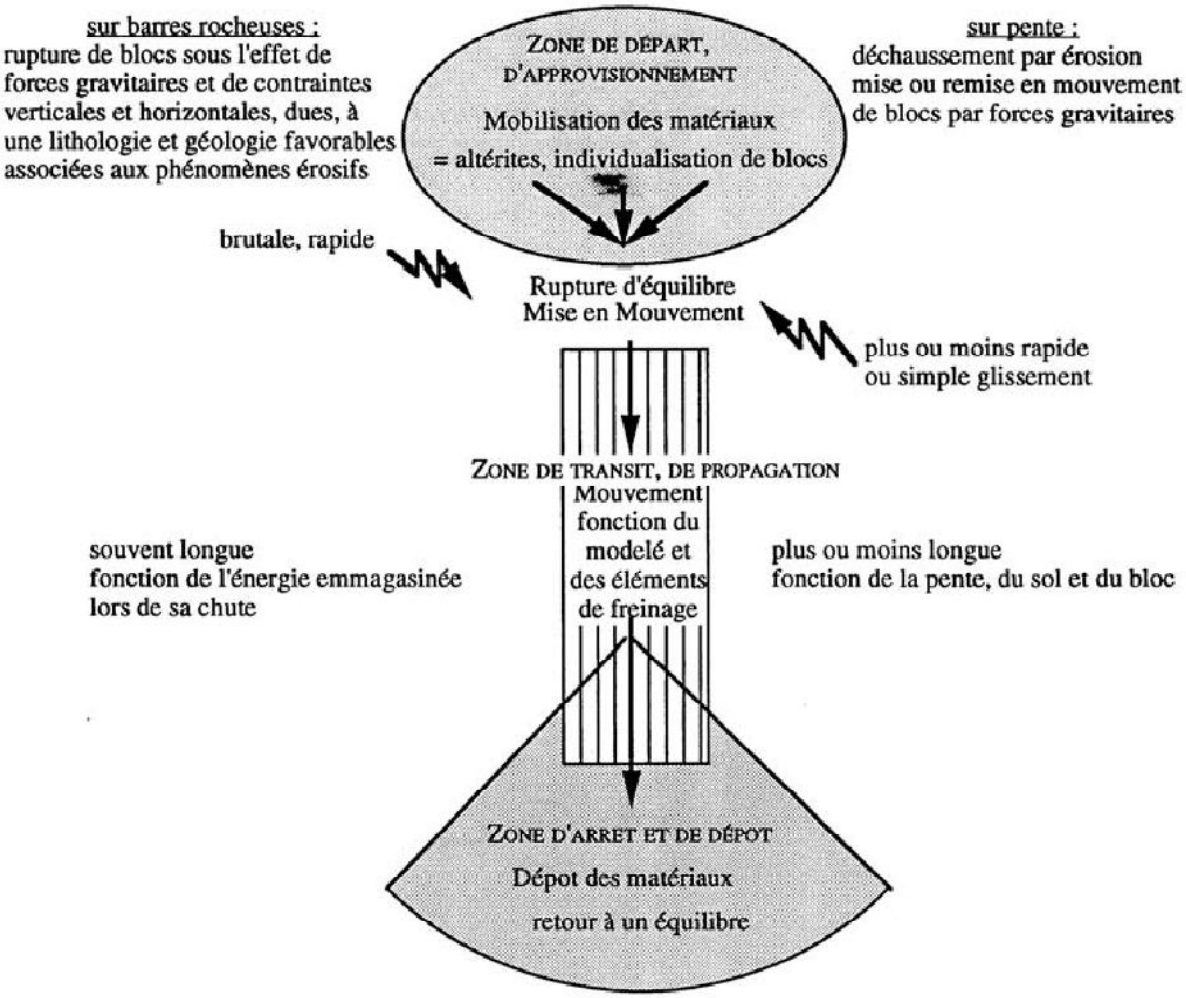


Figure 03 : Schéma synthétique de l'aléa chute de blocs (Cattiau, 1994)

De nombreux modèles de simulation de trajectoire de blocs ont été développés, par exemple :

• Modèle développé par le LCPC[1]. Ce modèle demande quelques paramètres pour fixer la forme des blocs et effectue un calcul énergétique au niveau de l'impact par trois fonctions de transfert, selon la nature du sol et de la topographie. Il en résulte une seule trajectoire enveloppe ;

• Modèle de l'ADRGT. Comme le modèle précédent, il exige de caractériser les blocs pour ensuite effectuer un calcul énergétique à chaque impact, en tenant compte de la végétation et du sol rencontrés entre l'impact précédent et le présent. Entre les impacts le mouvement est considéré comme une chute libre. Il fonctionne en réalisant de

nombreuses simulations pour effectuer des statistiques ; c'est un modèle à deux dimensions ;

• PIR3D de l'ENTPE[2]. Ce dernier propose des simulations de chutes de blocs sur un terrain en trois dimensions, ce qui apporte une nouveauté par rapport aux modèles classiques qui réalisent les chutes le long d'un profil. Le modèle s'appuie sur le rebond d'une masse ponctuelle sur un triangle, le caractère aléatoire de forme du rocher et du terrain étant simulé par un cône de rebond donné pour un type de terrain (Cligniez, 1998).

De nombreux autres modèles ont été développés, comme ceux du BRGM[3] et de l'EPFL[4], qui sont des modèles tridimensionnels.

Les méthodes de calcul, toujours simplificatrices par rapport à une réalité très complexe, conduisent à être prudent dans l'interprétation des résultats. Etant donné que la plupart des modèles sont assez récents, trop peu d'éboulements se sont produits sur des sites préalablement modélisés pour permettre une validation correcte des résultats (Besson, 1996).

1 LCPC : Laboratoire Central des ponts et Chaussées ; ADRGT : Association pour le Développement de Recherche sur les Glissements de Terrain ;2 ENTPE : Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (lexique des abréviations et acronymes en fin de document).

3 BRGM : Bureau de Recherche Géologique et Minière ; EPFL : Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

1.2.3 Les crues torrentielles

Les torrents[4] sont le lieu de crues soudaines et violentes. Elles sont souvent provoquées par des précipitations elles-mêmes intense. Ce sont des crues dynamiques et rapides.

Les crues se distinguent des inondations dans la mesure où elles restent confinées dans le lit principal du cours d'eau. Suivant la nature et la morphologie du terrain, elles peuvent « s'étaler » et occuper des zones spatialement plus vastes, on parlera alors d'inondations.

1.2.3.1 Définition des crues torrentielles

La principale particularité des écoulements torrentiels, par rapport aux écoulements de rivières à faible pente, consiste en un transport de sédiments (ou transport solide) beaucoup plus important, au moins en période de crue. La pente figure au premier rang des causes de ce transport solide accru. Les écoulements, accélérés du fait de la pente, exercent des forces d'arrachements et d'entraînement des particules sédimentaires composant les lits torrentiels. A ces forces, s'ajoute la composante motrice de la force gravitaire, également augmentée par la pente. Par conséquent, même des éléments solides de grandes dimensions, jusqu'à des blocs rocheux de plusieurs tonnes, peuvent être mises en mouvement et transportés par les écoulements. Ces crues se produisent soudainement et pendant une courte durée. Elles déplacent des quantités de matériaux considérables, de l'ordre de la dizaine de milliers de mètres cubes, qui sont arrachés au lit du torrent puis déposés dès que la pente devient trop faible. Ce dépôt provoque souvent un changement de lit et finalement, de crue en crue, le balayage d'un cône de déjection torrentielle (MATE, 1999).

Les laves torrentielles ne s'étalent pas dans un champ d'inondation comme les écoulements liquides (comme les inondations de plaines). Leur soudaineté, leur charge solide considérable, le balayage de leur zone de dépôt sont des facteurs d'aléa très importants auxquels s'ajoute parfois la rareté du phénomène qui confère au torrent un aspect faussement débonnaire.

---

4 Un torrent est un cours d'eau de montagne, rapide et irrégulier, de faible longueur, plus ou moins à sec entre des crues violentes et brusques (Le petit Larousse Illustré - édition 1996).

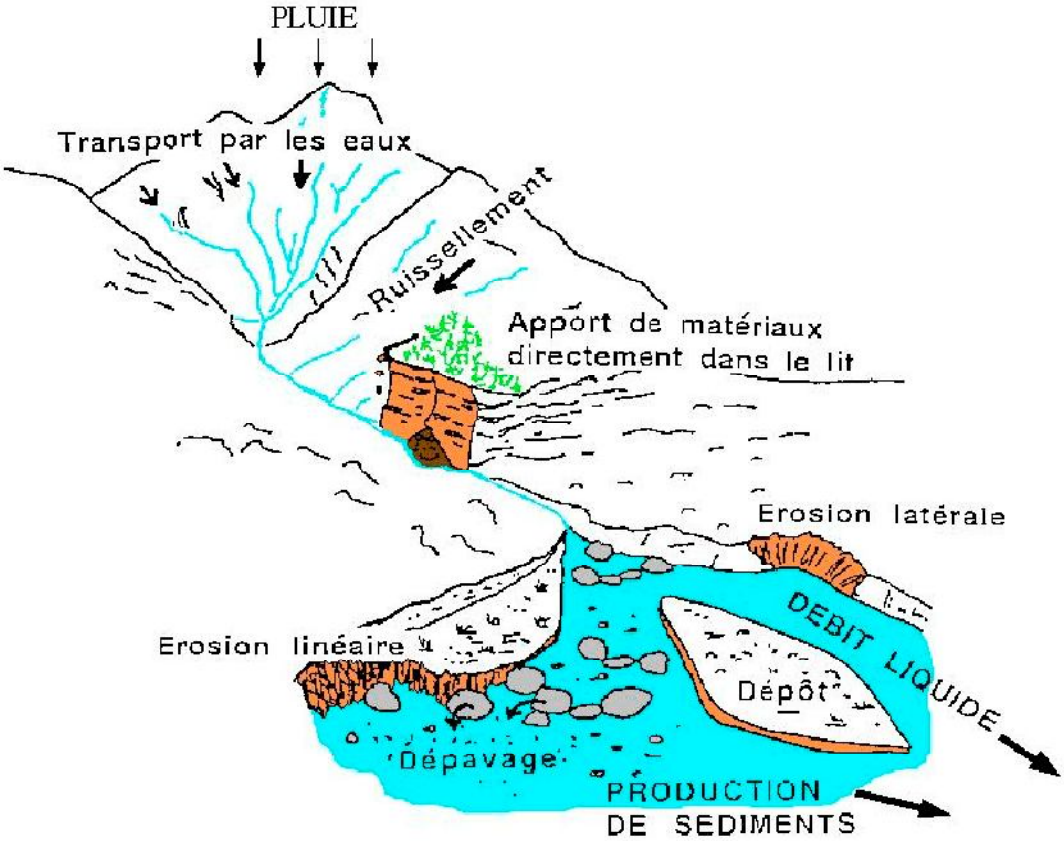


Figure 04 : Schéma synthétique de l'aléa crue torrentielle

Les laves torrentielles se distinguent des autres écoulements naturels à surface libre par les quatre caractéristiques suivantes (Meunier, 1994) :

• la nature du fluide en écoulement, qui est constitué d'un mélange d'eau, d'argile et de matériaux granulaires de taille variable ;

• les caractéristiques de l'écoulement lui-même, qui est rapide, transitoire et présente un front raide le plus souvent constitué de blocs ;

• d'un point de vue macroscopique, le matériau constituant une lave torrentielle se comporte le plus souvent comme un fluide homogène (pas de ségrégation entre l'eau et les matériaux solides) ce qui permet de l'étudier dans le cadre de la mécanique des milieux continus ;

• ce matériau s'écoulant généralement en régime laminaire, l'étude de ses propriétés rhéologiques revêt toute son importance.

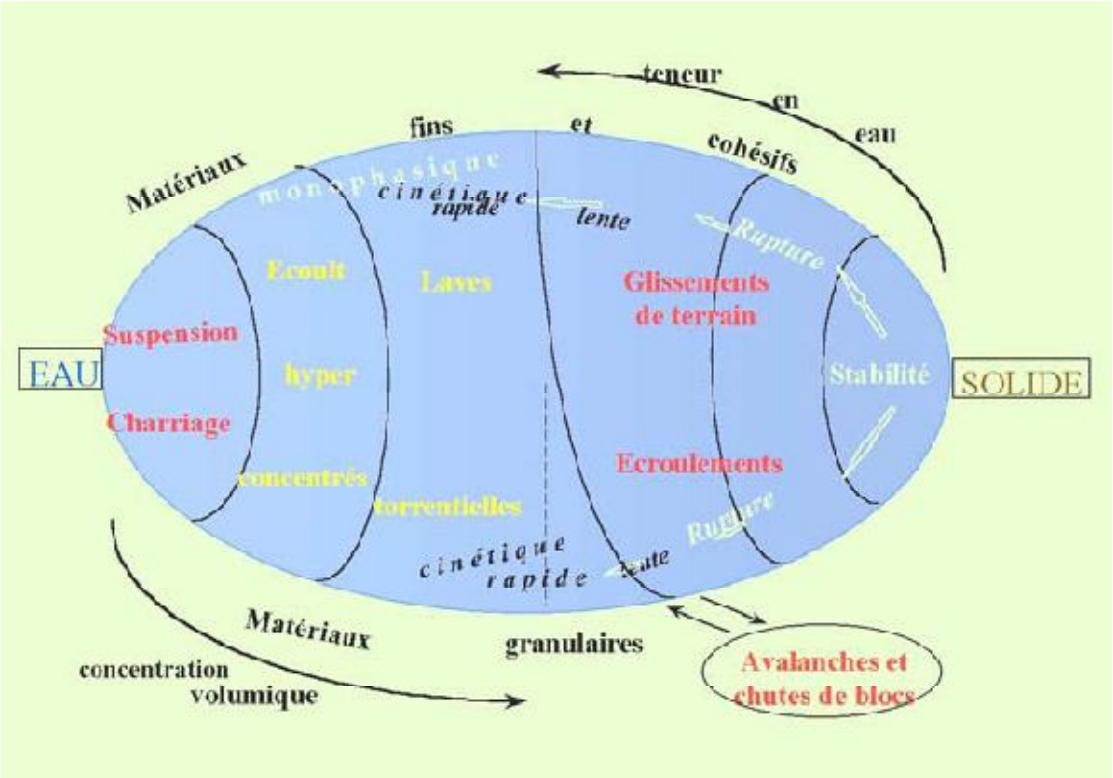


Figure 05 : schéma définissant les différentes laves torrentielles (Meunier, 1994)

Restent à distinguer les crues lentes de rivières ou de fleuves, des crues rapides de rivières torrentielles ou de torrents. Parmi les crues rapides, on distingue encore les crues torrentielles, les laves torrentielles et les coulées de boue :

• les crues torrentielles comprennent soit des matériaux en suspension, soit des matériaux charriés par le courant mais dont le comportement est indépendant d'un objet à l'autre ;

• les laves torrentielles sont particulières dans la mesure où chaque bloc charrié ne se déplace pas indépendamment mais fait partie d'un ensemble dont le comportement d'écoulement fluide est alors particulier ;

• la coulée de boue ressemble plus à la lave torrentielle mais est constituée de matériaux meubles, formant un amalgame assez dense dont le comportement est aussi celui d'un fluide.

1.2.3.2 Modélisation des crues torrentielles

Les conditions d'initiation des crues, des laves ou des coulées, sont les mêmes que celles des inondations. Cependant, il faut rajouter aux facteurs hydrologiques cités, les

caractéristiques géomorphologiques et mécaniques du terrain (pente, stabilité, géologie, pédologie,...) qui favoriseront la formation ou non des phénomènes d'érosion en question.

Les coulées boueuses proviennent généralement de l'évolution des fronts de glissements sur des pentes instables. Leur mode de propagation est intermédiaire entre le déplacement en masse et le transport fluide ou visqueux.

Certains travaux menés sur la rhéologie des laves torrentielles ont permis d'établir une distinction entre des laves torrentielles granulaires à faible teneur en argile et des laves torrentielles à matrice boueuse pour lesquelles les dissipations visqueuses restent prédominantes (Coussot, 1996).

Les laves torrentielles étant des phénomènes rapides et très transitoires, seuls des modèles numériques sont en mesure de représenter les écoulements de façon suffisamment fine. Les lois d'écoulement des laves ont été introduites dans deux modèles numériques monodimensionnels et bidimensionnels, fondés sur les équations de type Saint-Venant et dont la finalité est de représenter respectivement les écoulements canalisés dans le chenal torrentiel et les étalements sur une surface quelconque telle qu'un cône de déjection. Compte tenu du peu de données disponibles sur des événements réels, les deux modèles numériques ont été validés en laboratoire par comparaison à des écoulements transitoires de fluide modèle. Il reste quelques points limitant ces approches notamment dus à une connaissance partielle des processus de débordement et des phénomènes d'initiation des laves (Laigle, 1998).

1.3. Le sismique

L'aléa sismique indique la probabilité d'une action sismique due à la contribution des possibles tremblements de terre (de magnitude ou intensité différentes) lors d'une période de temps donnée. C'est l'élément de base pour l'estimation du risque sismique d'une région donnée.

Pour calculer l'aléa sismique d'une zone, il est nécessaire de connaître la distribution des séismes dans le temps et l'espace, c'est à dire qu'il faut connaître la sismicité de la zone. Sans une bonne connaissance de la sismicité d'une zone, le danger sismique ne peut pas être bien estimé. Sans une bonne estimation du danger sismique, il n'est pas possible de réaliser de bonnes mesures de prévention. Ainsi, les normes parasismiques des bâtiments doivent être adaptées à la sévérité du mouvement du sol qui ait été déterminé.

Pour pouvoir faire un bon calcul du risque sismique, il est également nécessaire d'étudier l'influence des effets locaux de la zone, étant donné que ces effets influeront en augmentant les degrés de dégâts provoqués sur les constructions, voies de communication, installations de gaz, eau, etc. (BRGM.2008)

1.4. Evaluation de la vulnérabilité

Comme nous l'avons déjà vu, les travaux concernant l'évaluation de la vulnérabilité restent de très loin les parents pauvres des recherches sur les risques et la sécurité. Il n'existe pour ainsi dire aucun corpus théorique et aucun modèle de son évaluation. La plupart du temps, il s'agit d'études de cas qui ne sont pas généralisables. Mais la prévention passe par le contrôle de l'occupation du sol, donc de la vulnérabilité.

Deux approches ont abouti. La première concerne l'endommagement, qui sera repris dans le cadre de notre travail, et la deuxième est une méthode développée pour les inondations, expliquée ici à titre d'exemple de méthode fonctionnelle, puisqu'elle n'est pas applicable en l'état à un autre type de risque naturel.

Par la suite, nous exposerons de manière pratique notre approche de la vulnérabilité.

Chapitre 02

Méthodologie de travail (Moyens et Materiels)

Introduction

L'homme est aujourd'hui confronté à des problèmes globaux liés à l'anthropisation rapide des milieux naturels. Ainsi, les constructions, les aménagements multiples, l'exploitation des sols ou encore le contrôle des eaux courantes, modifient fortement l'environnement naturel qui devient alors siège de déséquilibres profonds. Fortement investis, ces espaces, où se conjuguent des aléas naturels forts et des enjeux considérables, deviennent des territoires à risques. Les gestionnaires se retrouvent alors confrontés au dilemme de l'aménagement des espaces à fortes contraintes, où la coexistence de contraintes de nature radicalement différentes est source de risques aggravés.

Quels sont ces espaces à fortes contraintes et comment se traduit la rencontre entre contraintes anthropiques et naturelles sur ces territoires ? Quelles solutions adopter pour concilier ces contraintes antagonistes et limiter l'émergence des risques ? Dans ce mémoire, nous dégagerons les principales contraintes naturelles et anthropiques entrant en ligne de gestion des risques naturels.

I. MATÉRIEL ET MÉTHODE

La méthodologie suivie au cours de ce mémoire repose sur des données satellitaires, topographiques, géologiques ainsi que sur des mesures et des observations effectuées sur le terrain. Ces données sont ensuite intégrées et analysées dans un environnement SIG pour la restitution et la cartographie des zones exposées aux risques.

- une image LandSAt du satellite LandSAT, acquise le 28 juin 2000 ; il a une résolution spatiale élevée (30 m) dans le visible et le proche infrarouge (VPIR) ainsi que la possibilité d'observation stéréoscopique dans la bande 3 ; il possède aussi une bonne résolution spectrale dans l'infrarouge moyen (IM) ;
- une carte topographique au 1 : 50 000 de la région, avec une équidistance des courbes de niveau de 10 m ; cette carte a été numérisée et géopositionnée en fonction de la projection Latitude /longitude WGS84
- une carte géologique au 1 : 100 000 de la région (**R Laffite.** 1939), numérisée et géopositionnée en fonction de la projection Latitude /longitude WGS84;
- des observations effectuées sur le terrain pendant la saison pluvieuse: sur une vingtaine de sites bien répartis sur la zone d'étude et couvrant les différents états d'érosion, on a relevé les paramètres qui contrôlent celle-ci, comme la pente, la l'érodibilité du sol et le couvert végétal.

I.1 Logiciels utilisés

Les logiciels utilisés sont :

- ArcGis 9.3 et ArcView GIS 3.2 pour le SIG mode vecteur.
- Map*Info 8*
- Spatial Analyst pour le SIG mode raster et pour générer le MNT et les produits dérivés.
- ERDAS IMAGINE 8.5 pour le traitement d'images.

Le choix a pris en considération les paramètres suivants :

- ✓ La facilité d'utilisation ;
- ✓ La réalisation de toutes les étapes du mémoire

I.2 Approche suivie

L'approche globale pour la réalisation des différentes tâches a été basée sur l'utilisation de la technologie de télédétection et des SIG. En effet, cette méthodologie repose sur l'accomplissement de 3 phases principales Figure (18)

I.2.1. Numérisation des cartes existantes

- conversion des documents graphiques en données raster par moyen de balayage électronique en utilisant un scanner A0.
- Géoréférencement des cartes numériques sous ERDAS 8.5. ou MapInfo
- Numérisation directe, sous ArcGis 9.3 ou ArcView GIS 3.2, sur écran des données cartes d'intérêt :
    - ✓ Cartes topographiques d'échelle 1/50000 (points côtés, réseau hydrographique, réseau routier).
    - ✓ Cartes Géologique existantes à différentes échelles.

I.2.2. Dérivation de nouvelles données

Tous les attributs (données thématiques) associées aux données spatiales numérisées ont été saisis directement dans la table d'attributs correspondante. Il est à noter que la résolution choisie pour les différentes données raster (image) est de 30m. La raison de ce choix est que la résolution de l'image sattellite Landsat 7 est de 30m de pixel.

- Dérivation, sous ArcGis9.3 ou ArcView GIS 3.2, des données lithologiques en se basant sur les données géologiques numériques.

- Dérivation, sous Spatial Analyst, du Modèle Numérique de Terrain (MNT) à partir des points côtés numérisées sur les cartes topographiques.

- Dérivation, sous Spatial Analyst, des pentes en pourcentage à partir du MNT.

- Dérivation de l'occupation des sols (végétation, habitat, . . . etc.), sous ERDAS IMAGINE 8.5 en utilisant l'image LANDSAT 7 ETM, la numérisation des sites d'entraînement (Vérité terrain) au GPS et la classification supervisée par l'algorithme de maximum de vraisemblance.

- Dérivation de la réflectance spectrale des états de surface des sols en utilisant les points de prospection, l'analyse en composante principale et la classification supervisée par maximum de vraisemblance.

- Dérivation des unités homogènes par croisement des données lithologiques, des pentes en % et des données de l'occupation des sols.

L'intégration des données images et celles issues du SIG a permis de délimiter des zones homogènes par rapport aux principaux facteurs de risques naturel (Pente, Lithologie et Occupation des sols). L'hypothèse de travail repose sur le fait que, en principe, des zones ayant la même lithologie, la même pente et la même couverture végétale devraient avoir le même type de risque.

La prospection de terrain a été réalisée sur la zone d'étude après avoir fait un raisonnement sur le choix du nombre et de l'emplacement des zones d'observation à décrire et à prélever. Cette tâche a été faite par l'étudiant.

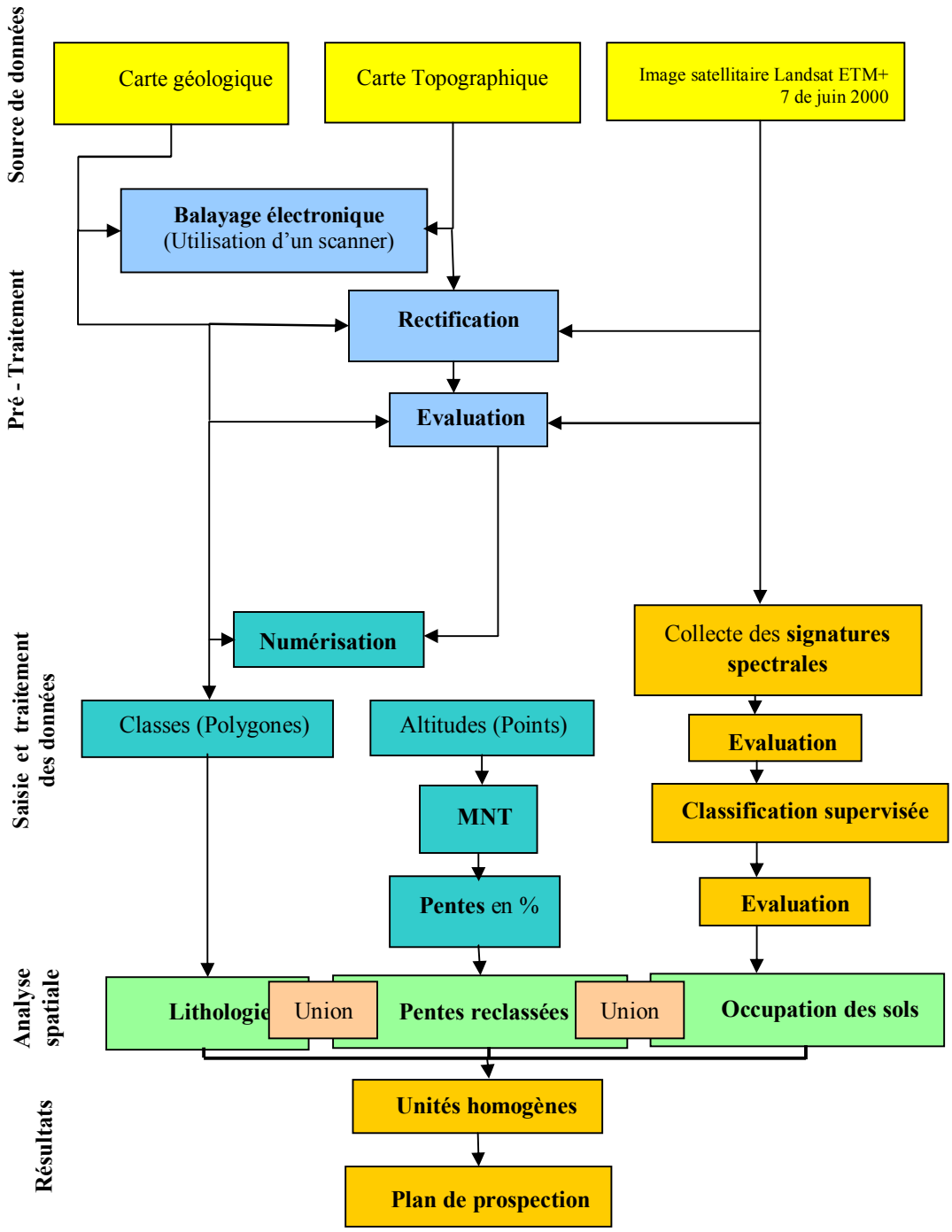


Figure 20 : Organigramme des différentes étapes pour générer le plan de prospection

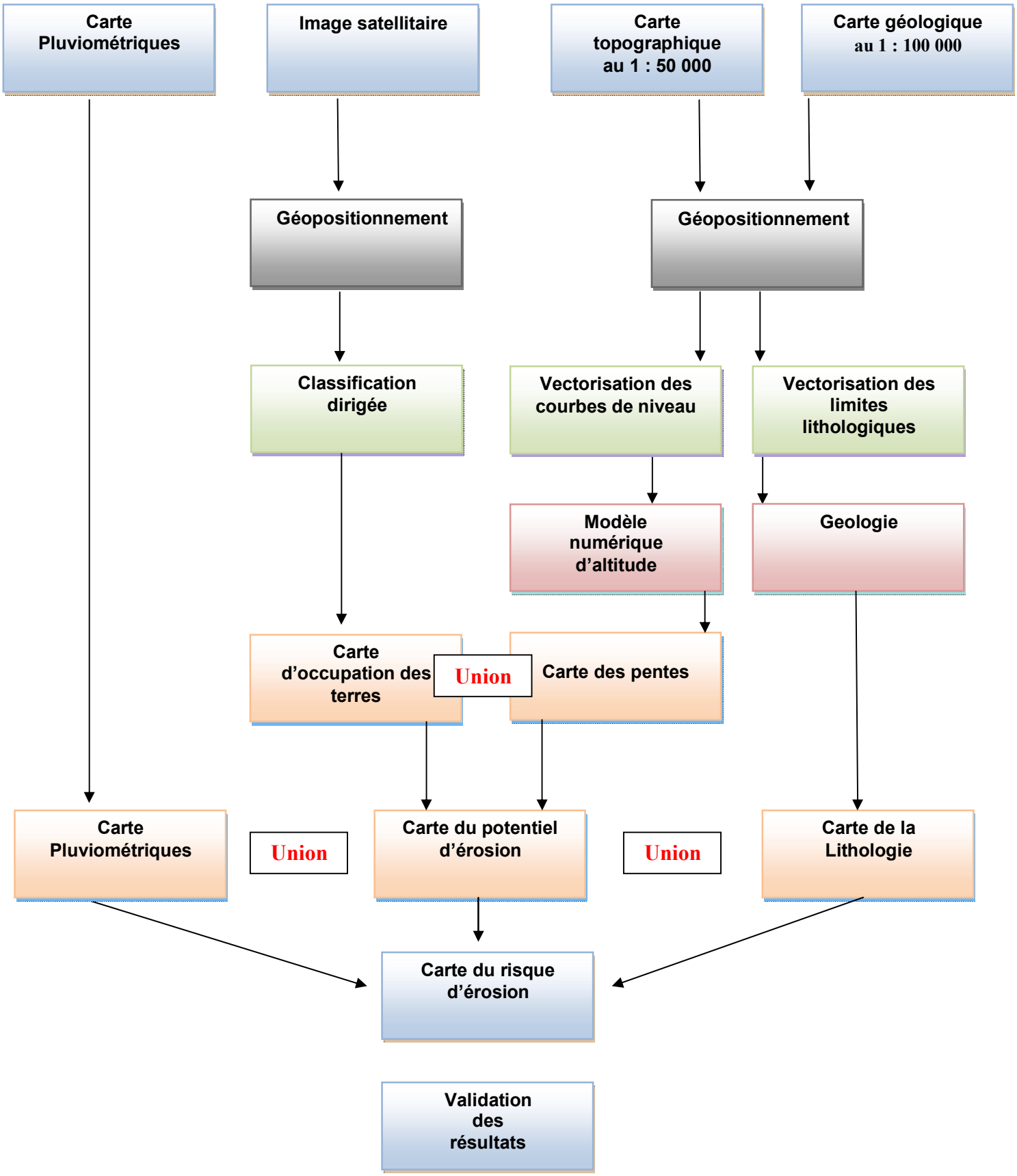


Figure 20 : Organigramme de la méthodologie suivie dans ce mémoire.

1.3. Les données :

Les données utilisées dans ce mémoire comprennent :

1.3.1. Données descriptives

Les donnée descriptives son des données apportée directement sur le terrain ou d'après les services technique (Non, Chiffres, Quantités, Bilans ….).

1.3.2. Les Cartes :

Les cartes utilisées son des carte thématiques ou dégrevées telle que la carte lithologique, la carte des pente, la carte de l'occupation des sols, et la carte des précipitations.

1.3.3. Traitement d'image

Le logiciel utilisé dans le traitement de l'image est *Erdas Imaging*. Dans une première étape, l'image a été géopositionnée en fonction de la projection UTM (WGS84) et calée en fonction du système de coordonnées de référence de la zone Arris. De la carte topographique au 1 : 50 000, une vingtaine de points bien visibles ont été choisis pour caler l'image : croisements de routes, de pistes et de cours d'eau. La précision planimétrique est de l'ordre de 0,31 pixel selon l'axe X et 0,34 selon l'axe Y. Cette précision a été calculée à la suite du géopositionnement à l'aide d'une transformation polynomiale du deuxième ordre avec 22 points de contrôle et elle devait se situer à moins de 1 pixel.

Chapitre 03

Analyse et spatialisation des contraintes

II. Evaluation et spatialisation des contraintes.

II.1. Contraintes du facteur Lithologique

La nature du sol est l'un des principaux facteurs déterminant le risque. Elle est traduite par la carte lithologique simplifiée issue de la numérisation des cartes géologiques couvrant la zone d'étude. Celle-ci montre que les faciès marnes, calcaires, grés occupent presque 45% de la superficie. et marnes et marno-calcaires, calcaires 30 %. Et 12.5% Par calcaires,dolomies, marnes, grés Les formations superficielles issues de l'érosion des sols en pente et accumulées sous forme des débris de calcaire et de marne (localement gypse) dans les parties basses et en bas de pente occupent 2 % de la superficie totale de la zone d'étude. Le reste est constitué par des curiosités lithologiques apparentées aux formations lithologiques précitées (voire Tableau 21).

Tableau 21 : Répartition surfacique de la lithologie de la zone d'Arris

LITHOLOGIE	Surf (m2)	SURFACE (Ha)	SURFACE (%)
calcaires	1839,142	0,183	0,01
calcaires et marnes	10505343,392	1050,534	5,66
calcaires,dolomies, marnes, grés	23176789,064	2317,678	12,50
marnes et calcaires	8689479,924	868,947	4,68
marnes et marno-calcaires, calcaires (localement gypse)	57406470,596	5740,647	30,95
marnes noires, marnes crayeuses a la base, localement gypse	2885937,140	288,593	1,56
marnes, calcaires, grés	82810504,966	8281,050	44,64

Avec notre connaissance du terrain et la description de la nature des roches sur la carte géologique, nous avons déterminé la friabilité des matériaux affleurant. On peut ainsi distinguer deux classes de matériaux (tableau 22) : résistants, moyennement résistants,. À chaque classe est assigné un indice variant entre 1 et 2, 1 étant affecté aux matériaux moins exposés à l'érosion et 2 aux matériaux moyen exposés à l'érosion.

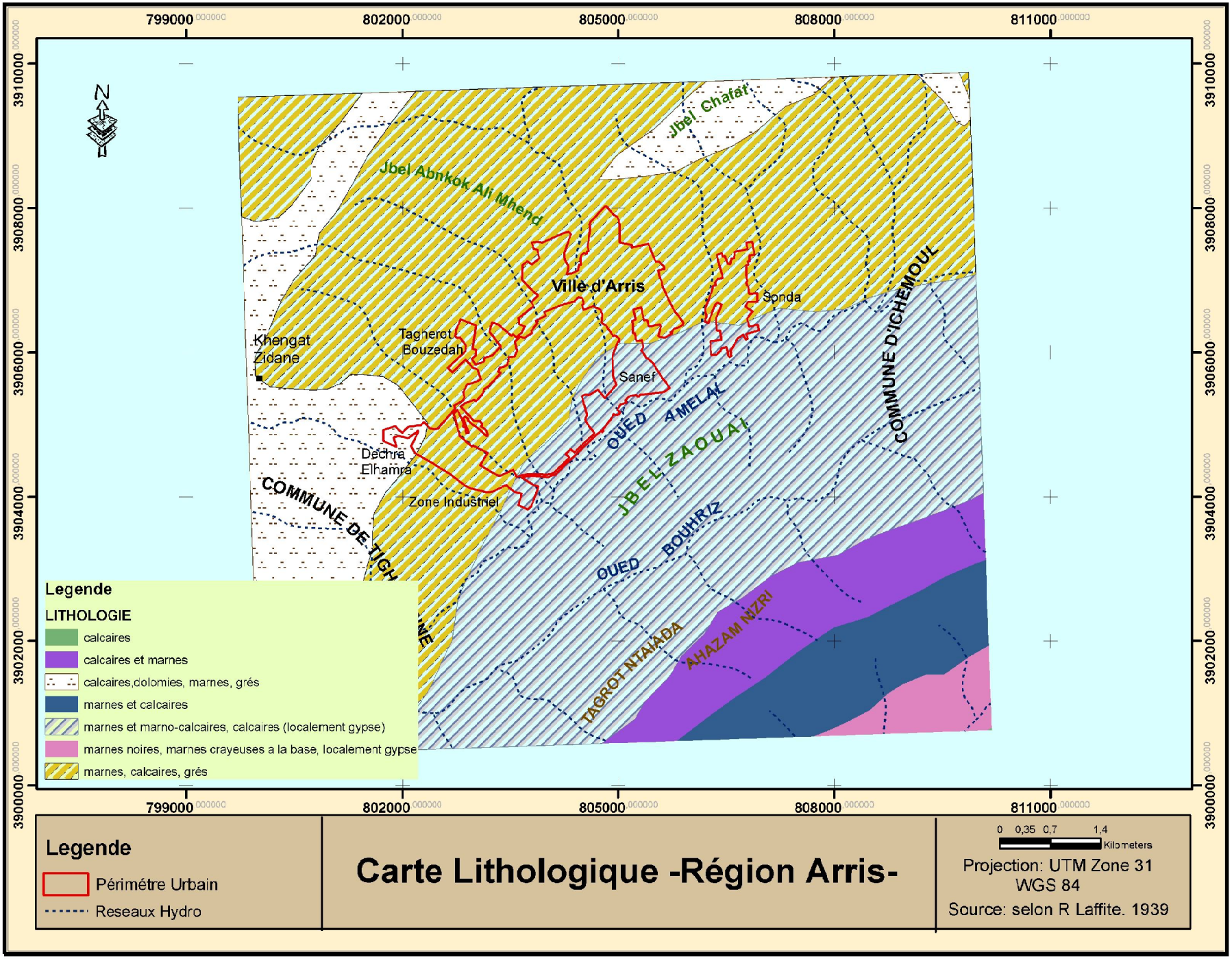
Tableau 22 : Classes de la friabilité des sols et indices attribués.

Lithologie	Indice attribué
Matériaux résistants	**1**
Matériaux moyennement résistants	**2**

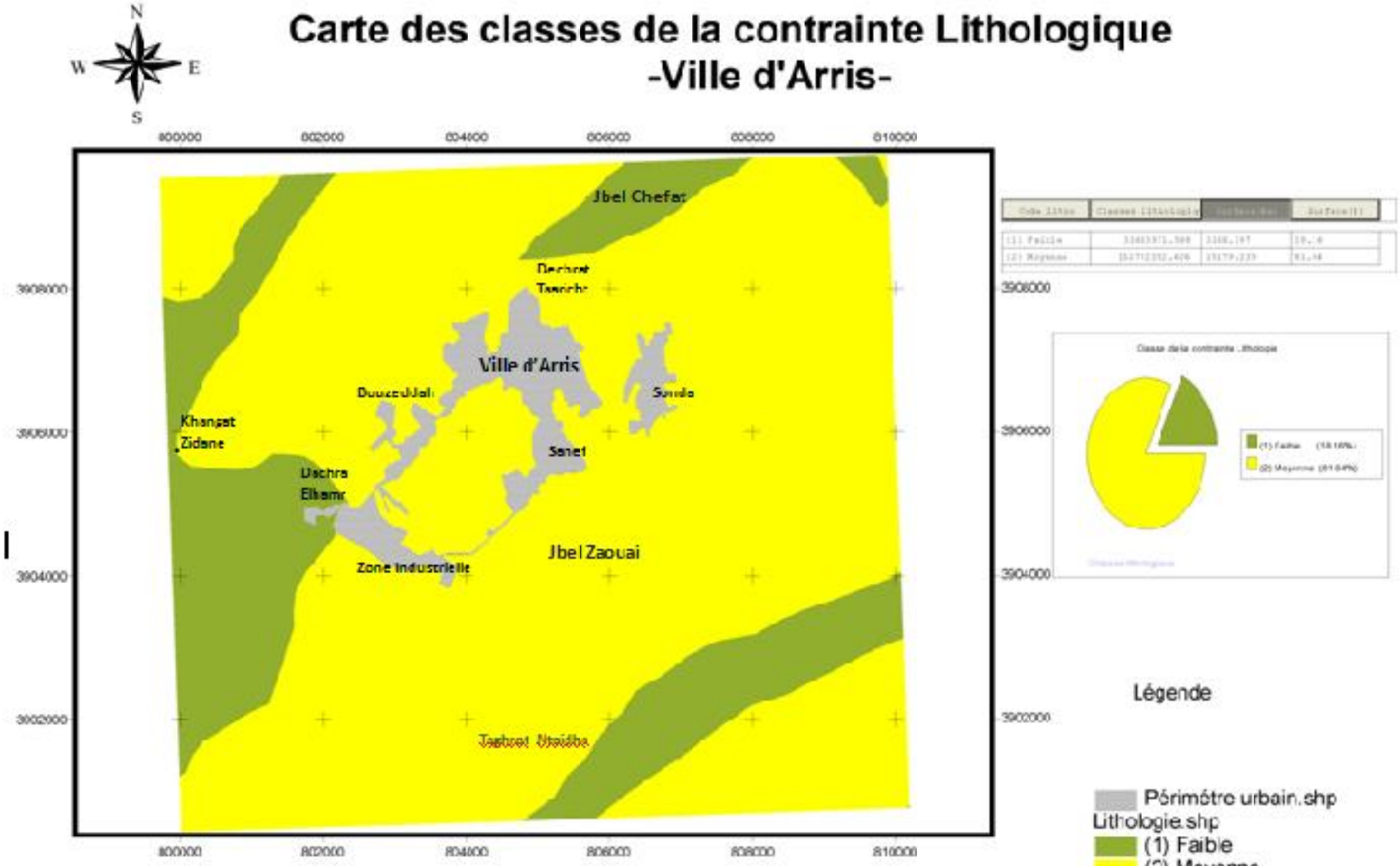
Tableau 23 : surface de la contrainte Lithologique

Classes de la contrainte lithologique	SURFACE (Ha)	SURFACE (%)
(1) Faible	3368.397	18.16
(2) Moyenne	15179.239	81.84

A partir du tableau précédent (23), On peut distinguer que la zone d'étude est occupée par une contrainte lithologique moyenne représente (81,84%) de la surface totale.


799000
802000
805000
808000
811000
3910000
3908000
3906000
3904000
3902000
3900000
N
Jbel Chafaf
Jbel Abnkok Ali Mhend
Ville d'Arris
Sonda
Khengat Zidane
Tagherot Bouzedah
Sanef
Dechra Elhamra
Zone Industriel
COMMUNE DE TIGH
COMMUNE D'ICHEMOUL
OUED AMELAL
JBEL ZAOUAI
OUED BOUHRIZ
AHAZAM NZRI
TAGROT NTAIADA
Legende
LITHOLOGIE
calcaires
calcaires et marnes
calcaires,colomies, marnes, grés
marnes et calcaires
marnes et marno-calcaires, calcaires (localement gypse)
marnes noires, marnes crayeuses a la base, localement gypse
marnes, calcaires, grés
Legende
Périmétre Urbain
Reseaux Hydro
Carte Lithologique -Région Arris-
0 0,35 0,7 1,4
Kilometers
Projection: UTM Zone 31
WGS 84
Source: selon R Laffite. 1939

Carte des classes de la contrainte Lithologique
-Ville d'Arris-



3.4. Modèle numérique d'altitude et facteur des pentes

Le deuxième facteur c'est le relief. Il peut être exprimé par la pente du terrain qui règle la distribution de l'eau et qui influence fortement la sensibilité du sol à l'érosion hydrique. La pente est obtenue en utilisant le modèle numérique de terrain (MNT).

Les classes de pente à considérer peuvent varier en fonction de l'objectif de l'étude. Cependant, pour les études des risques, les classes de pente généralement utilisées sont (> 3 %) et les possibilités de mécanisation de gestion et de protection sans problème (< 25 %).

Le (tableau 24) et la (carte 12) montrent qu'environ 25 % de la superficie de la zone d'étude présente une pente faible. Par contre 43 % de la superficie se présente sous une morphologie développant des pentes supérieures à 11 %. Et 32% des pentes très forte. Ainsi, des départs de sédiments par érosion des parties en pente vers les zones planes ou en dépression sont prévisibles, surtout si la végétation naturelle est défrichée.

Tableau 24 : Répartition surfacique des pentes dans la zone d'Arris

Pente	Surface (m^2)	HECTARE	%
0-3%	4398505,853	440	5
3-11%	18669687,144	1867	20
11-25%	39634287,776	3963	43
25-49%	28833140,932	2883	31
49-99%	1202189,149	120	1

À l'aide du logiciel *Arc Gis*, la vectorisation des courbes de niveau de la carte topographique au 1 : 50 000 a permis de produire un modèle numérique d'altitude (MNA). Celui-ci a servi à produire la carte des pentes, qui a été subdivisée en quatre classes de pentes : 0 à 11°; 11 à 25°; 25 à 40° et +de 40°. Pour chaque classe de pente est assigné un indice variant entre 1 et 4 (tableau 25), 1 étant affecté aux pentes faibles (< 11°) et 4 aux pentes fortes (> 40°). Les classes de pentes sont définies à partir des mesures de pente reliées aux observations sur l'état de l'érosion sur le terrain pendant la saison pluvieuse.

Tableau 25 : Classes des pentes et indices attribués.

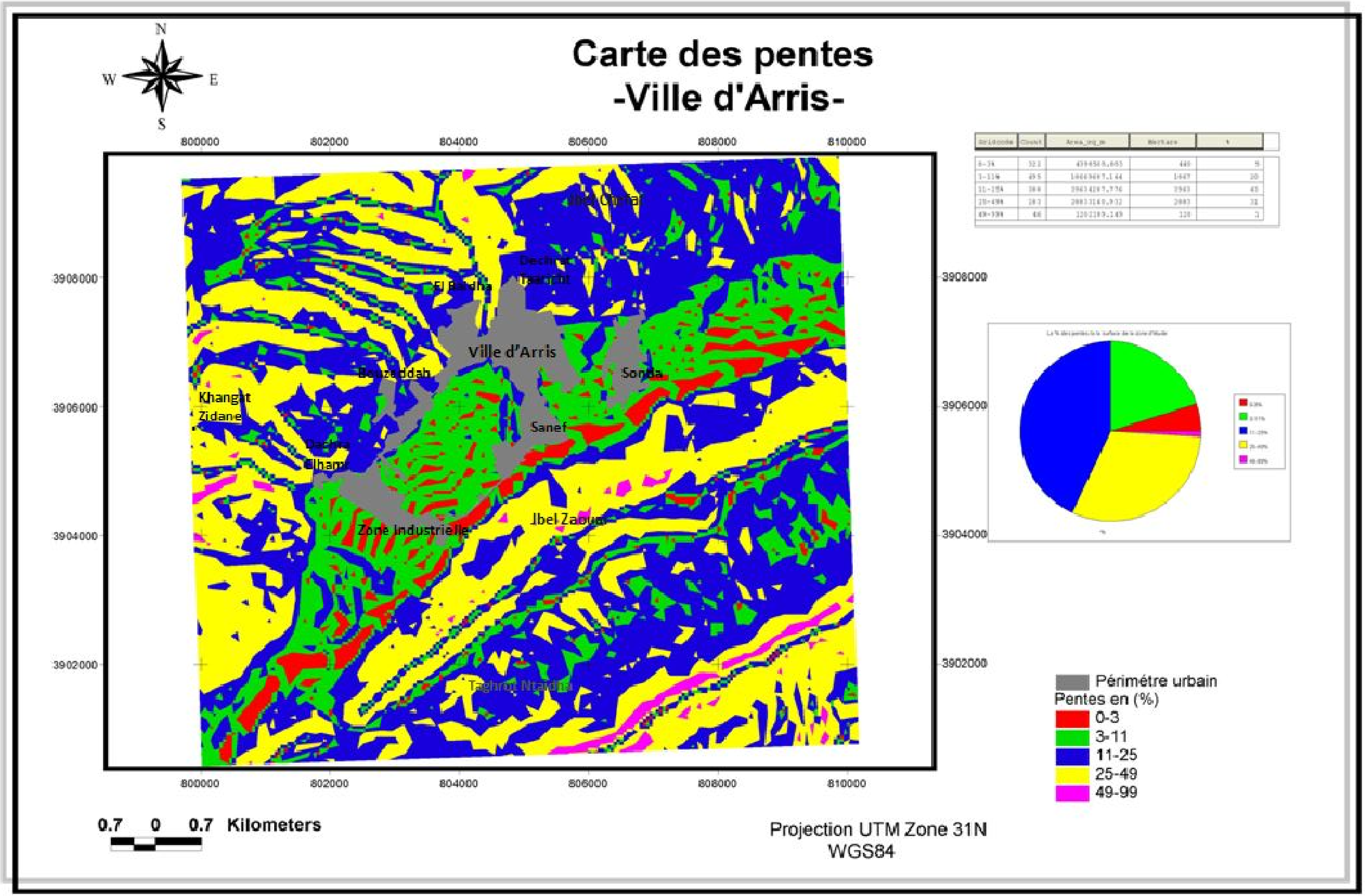
Degré de pente (°)	Indice attribué
0-11	1

11-25	2
25-40	3
+ 40	4

Tableau 26 : Répartition surfacique des classes de la contrainte pentes dans la zone d'Arris

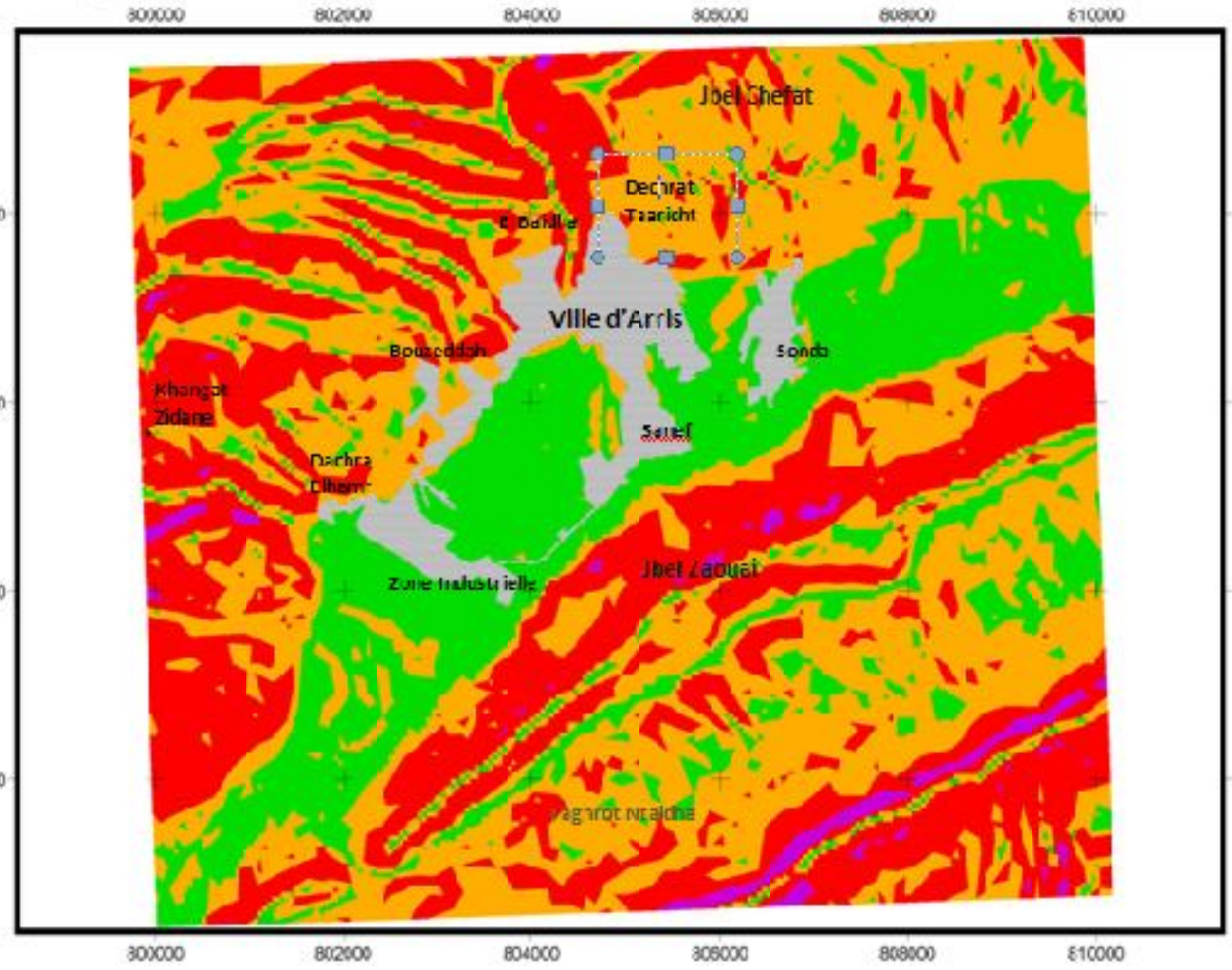
Classes de la Contrainte pente	Surface (Ha)	Surface (%)
(1) Faible	2306.819	24.87
(2) Moyenne	3963.428	42.74
(3) Forte	2883.314	31.09
(4) Très forte	120.218	1.30

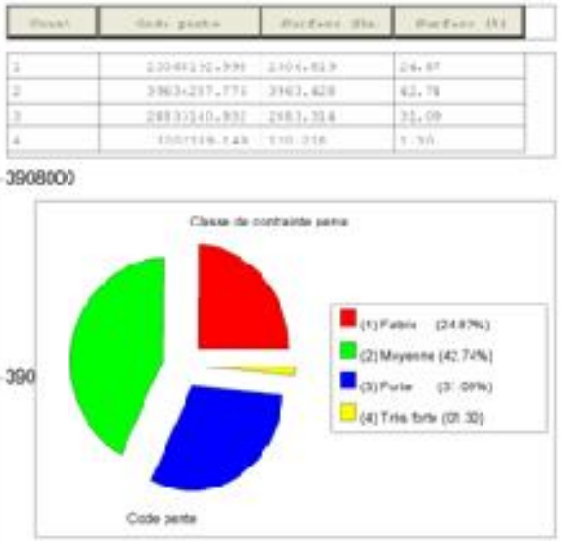
A partir du tableau précédent (26), Il ressort que la contrainte pente Moyenne à forte occupe 3/4 de la surface totale de la zone d'étude.



Carte des pentes
-Ville d'Arris-
N
S
E
W
800000
802000
804000
806000
808000
810000
3908000
3906000
3904000
3902000
Jbel Chelia
Dechrat Taanqout
El Baidha
Ville d'Arris
Bouzeddah
Sonda
Khangat Zidane
Sanef
Dechra Elhamra
Zone Industrielle
Jbel Zaoui
Taghrout Ntardha
Périmétre urbain
Pentes en (%)
0-3
3-11
11-25
25-49
49-99
0.7 0 0.7 Kilometers
Projection UTM Zone 31N
WGS84

Carte des classes de la contrainte Pente
-Ville d'Arris-





Légende

- Périmétre urbain
- Contrainte pente
- (1) Faible
- (2) Moyenne
- (3) Forte
- (4) Trés Forte

0.7 0 0.7 Kilometers

Projection UTM Zone 31N
WGS84

2.3. Contrainte du facteur d'occupation des sols

La végétation joue un rôle essentiel dans la protection du sol, elle exerce une protection mécanique directe sur l'écoulement fluviale, en diminuant la force vive des eaux et en favorisant leur infiltration.

L'occupation des sols est constitué de forêt (cèdre, chêne vert,..) environ (27%) de la surface total de la zone d'étude, les maqués représentes (39%).donc notre zone et occupée par une végétation dance (88%) qui joue un rôle important dans la diminution de l'érosion et les mouvements de terrain. et le reste des terres présente des affleurements rocheuses (terre inculte).

Tableau 27 : Répartition des surfaces d'occupation des sols.

TYPE_OCCUP	SURFACE (m2)	SURFACE (Ha)	SURFACE (%)
Agricole	10834052,564	1083.405	11.68
Foret	25217773,640	2521.777	27.19
Maquis	35765074,098	3576.507	38.57
Maquis arboré	2855652,330	285.565	3.08
Parcours	3108571,403	310.858	3.35
Reboisement	10241175,140	1024.117	11.04
Urbain	4716676,401	471.668	5.09

La classification dirigée par la méthode de maximum de vraisemblance, basée sur l'observation directe des catégories d'utilisation des terres, a permis d'obtenir une carte d'occupation des terres. Qu'âtres classes sont ainsi identifiées : les terrains cultivés, terrains nus, végétation très dense avec périmètre urbain, végétation éparse ou de densité moyenne.

Chaque classe est assignée à une valeur entre 1 et 4, 1 étant affecté à la classe la moins vulnérable et 4 à la classe la plus vulnérable.

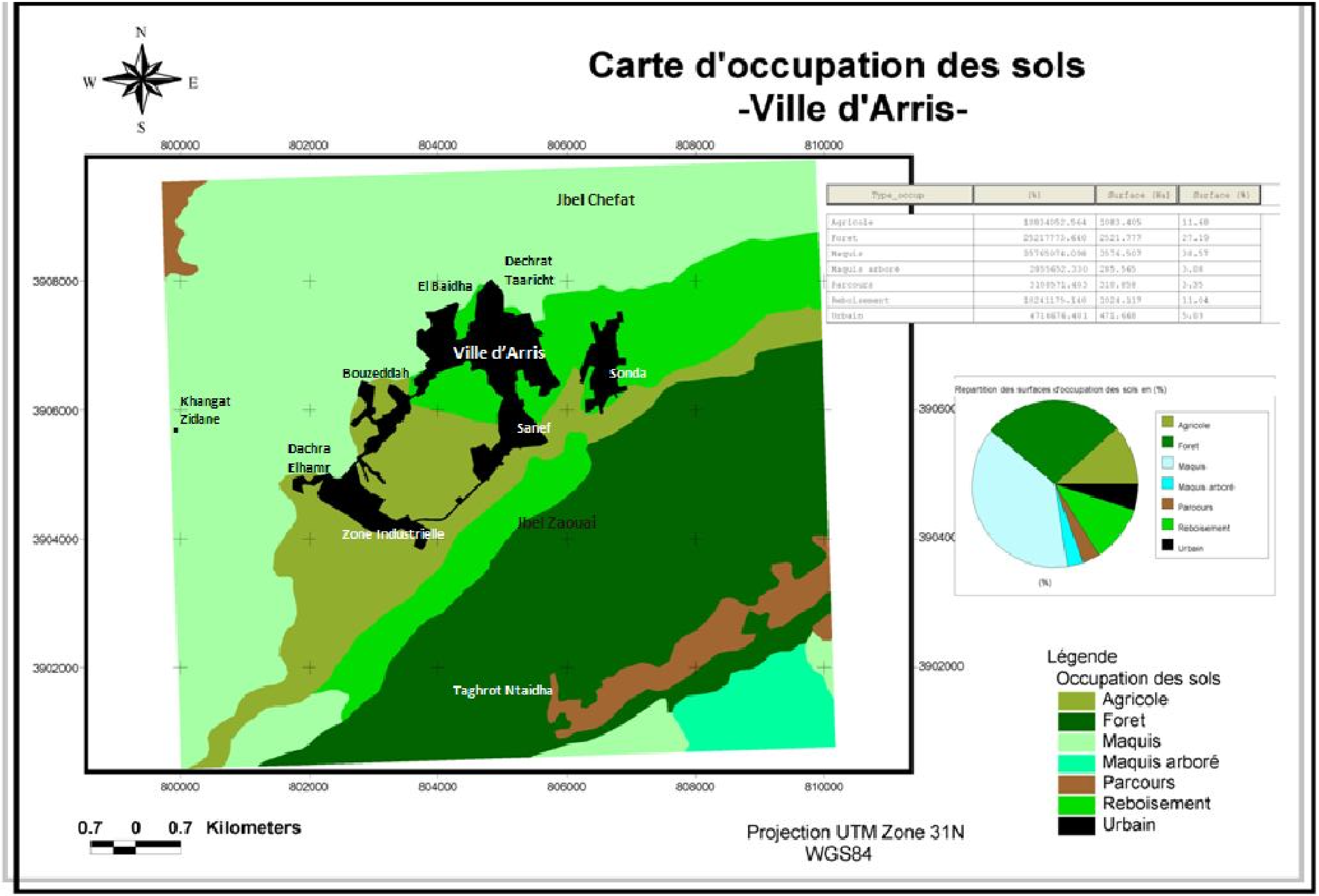
Tableau 28 : Occupation des sols et indices attribués.

Occupation des terres	Indice attribué
Végétation très dense	**1**
Végétation éparse ou de densité moyenne	**2**
Végétation éparse ou de densité faible	**3**
Terrain nu	**4**

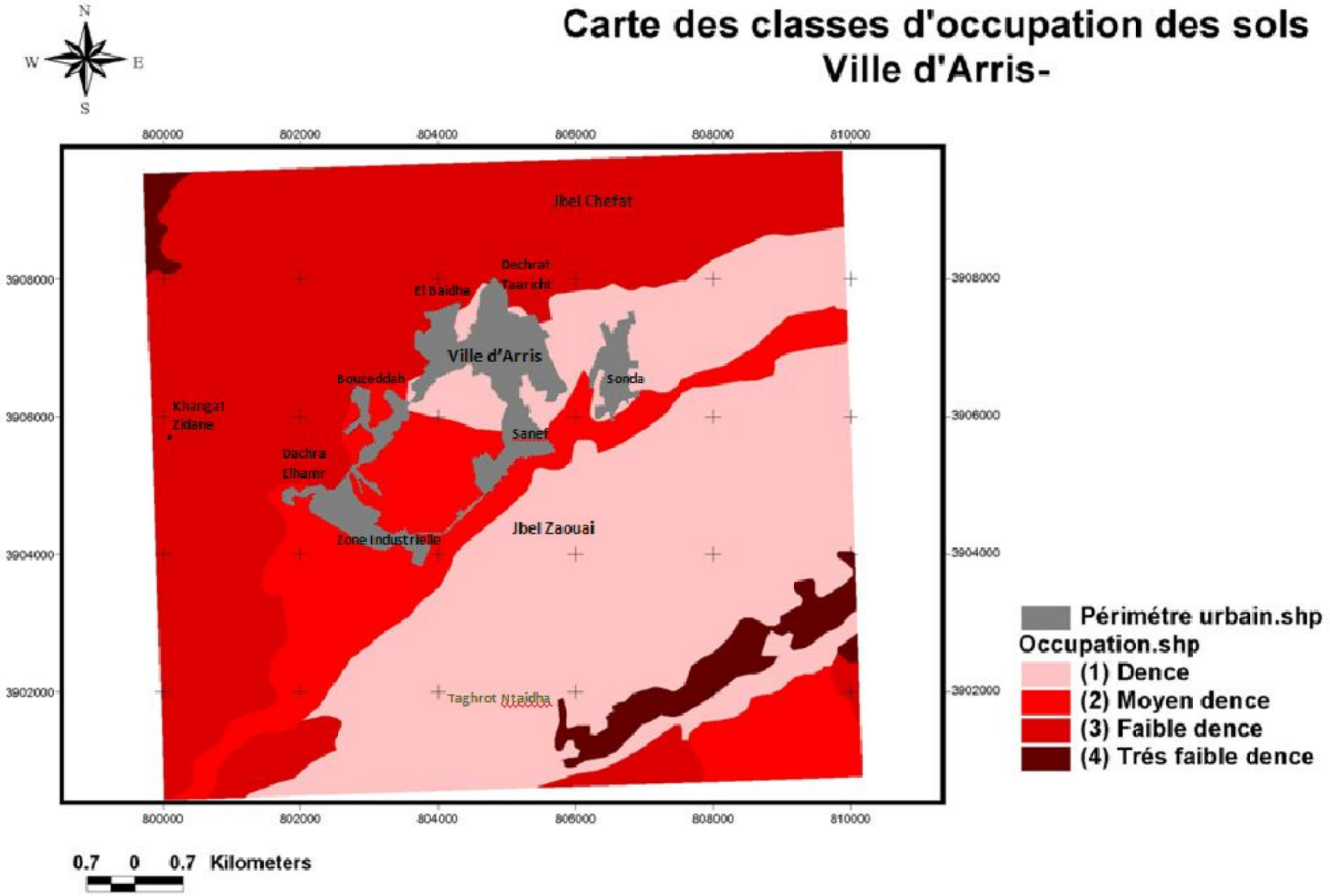
Tableau 29 : Répartition surfacique des classes de la contrainte occupation des sols dans la zone d'Arris

Classes contrainte occupation	Surface (Ha)	Surface (%)
(1) Faible	3799.317	40.96
(2) Moyenne	1543.650	16.65
(3) Forte	3620.073	39.03
(4) Très forte	310.860	3.36

A partir du tableau précédent (29), Il apparait que la domination de la contrainte occupation faible représente (40%) et forte représente (39%) de la surface totale de la zone d'étude.


Carte d'occupation des sols
-Ville d'Arris-
N
S
W
E
800000
802000
804000
806000
808000
810000
3908000
3906000
3904000
3902000
Jbel Chefat
Dechrat Taaricht
El Baidha
Ville d'Arris
Bouzeddah
Sonda
Khangat Zidane
Sanef
Dachra Elhamr
Zone Industrielle
Jbel Zaouai
Taghrot Ntaidha
Type_occup
Surface (Ha)
Surface (%)
Agricole
Foret
Maquis
Maquis arbore
Parcours
Reboisement
Urbain
Repartition des surfaces d'occupation des sols en (%)
Légende
Occupation des sols
Agricole
Foret
Maquis
Maquis arboré
Parcours
Reboisement
Urbain
0.7 0 0.7 Kilometers
Projection UTM Zone 31N
WGS84

Carte des classes d'occupation des sols
Ville d'Arris-



2.4. Contraintes du facteur des Précipitations

Certaines influences climatiques comme les changements de température, la hauteur des précipitations et le vent ont des effets prépondérants sur l'érosion (Gréco. 1966).

- Les précipitations qui forment les ruissellements superficiels agissent principalement sur le développement de l'érosion.

- L'intensité et l'irrégularité des précipitations (la quantité qui tombe sur la même région) sont la cause essentielle de l'érosion hydrique.

- Celle ci se développent beaucoup avec les orages quand dans un intervalle de temps assez court, il tombe une grande quantité d'eau que le sol, asséché n'arrive pas à laboure ce qui donne naissance au ruissellement. L'influence du climat sur l'érosion est difficile à évaluer à cause des variations des paramètres climatiques. (Greco. 1978).

-Tableau 30 : Répartition spatiale des zones de Pluies dans la zone d'étude

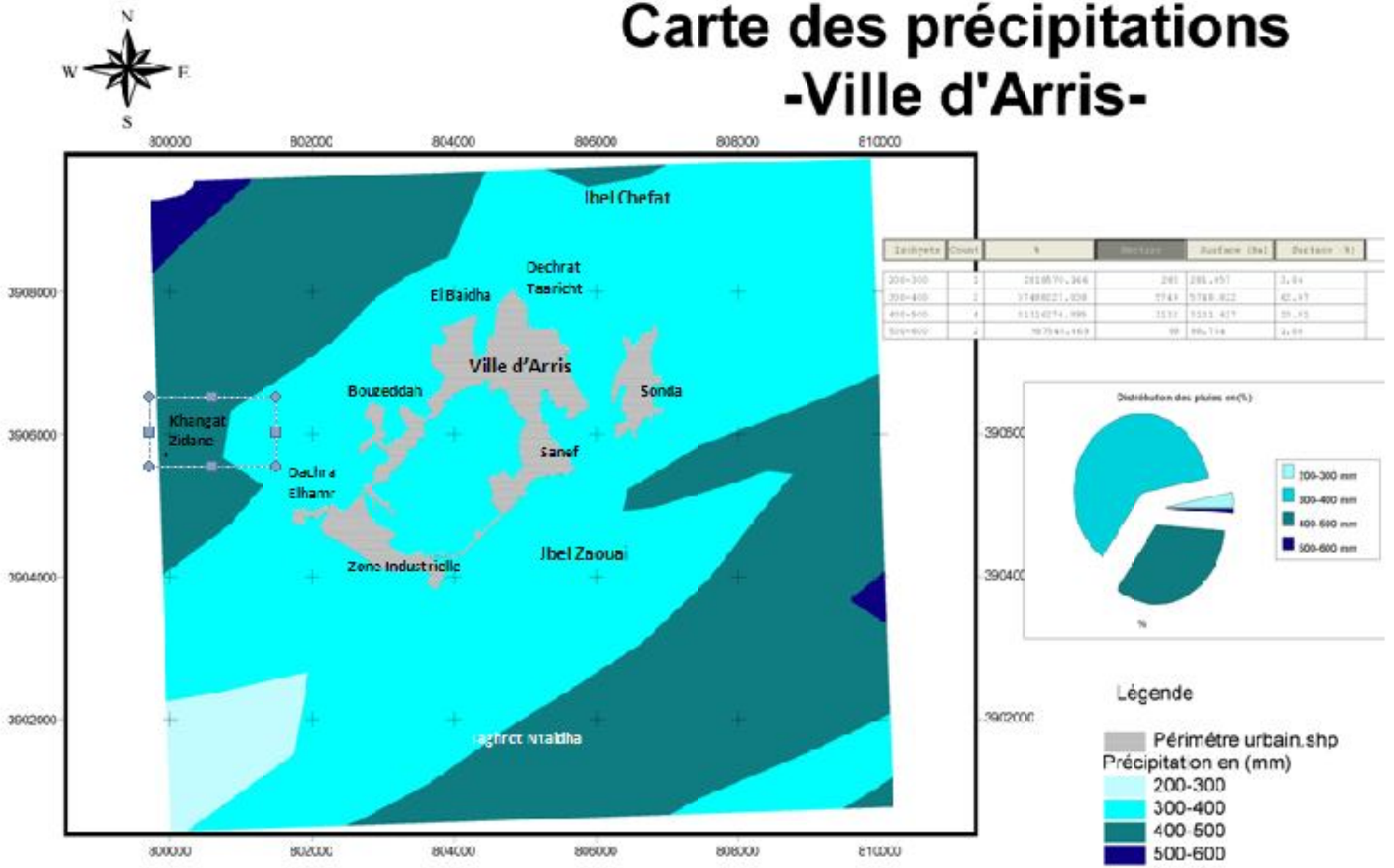
Précipitation en (Mm)	Surface en (m2)	Surface en (Ha)	Surface en (%)
200-300	2818570,166	281.857	3.04
300-400	57488227,038	5748.822	62.07
400-500	31316276,095	3131.627	33.81
500-600	987545,469	98.754	1.08

A partir du tableau (31) précédent, On peut ainsi distinguer deux classes des précipitations tell que précipitation faible avec un indice de (1) et précipitation moyenne avec un indice de (2).

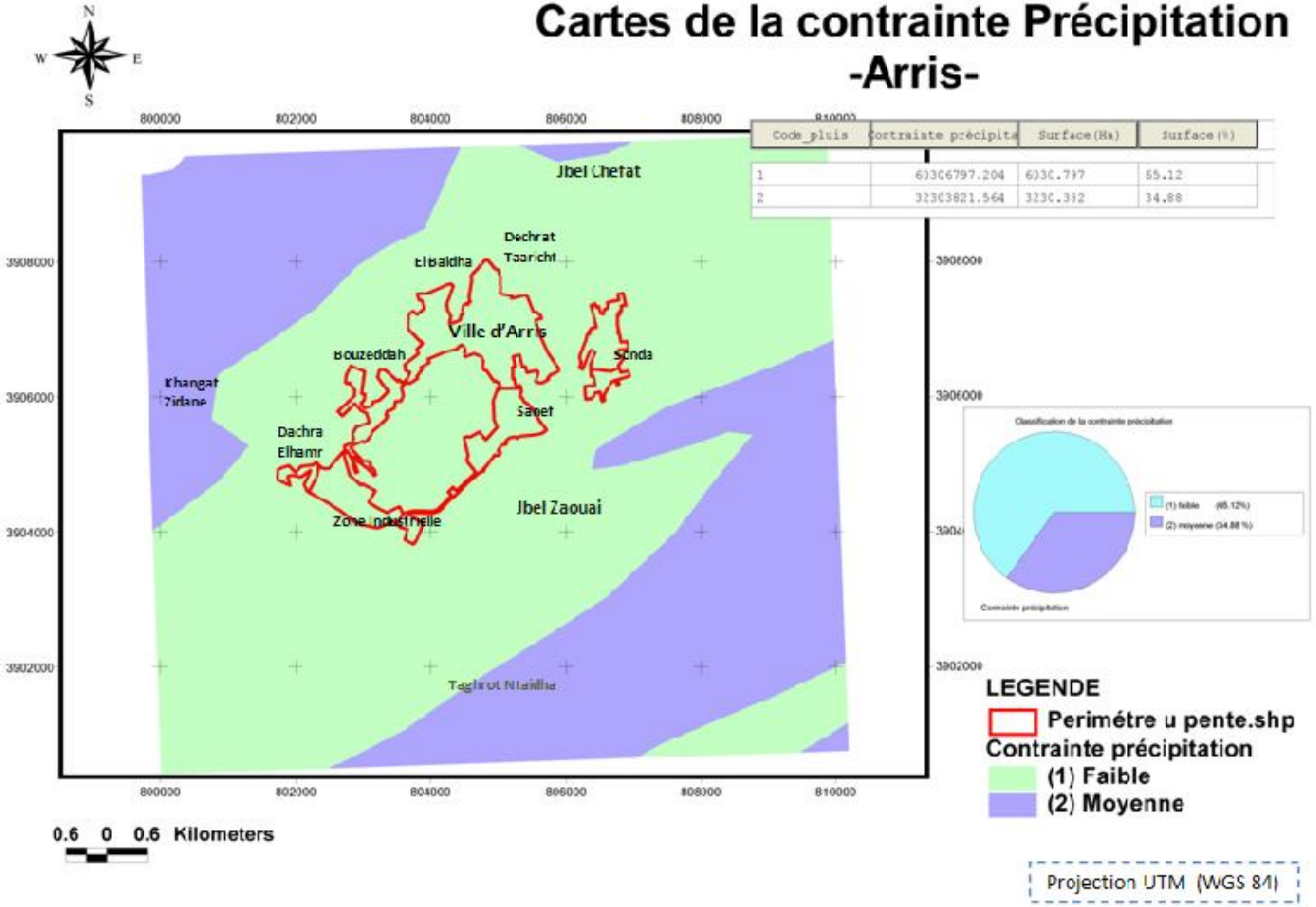
Tableau 31 : Précipitation et indices attribués.

Précipitation	Indice attribué
Précipitation faible	1
Précipitation moyenne	2

Carte des précipitations
-Ville d'Arris-



Cartes de la contrainte Précipitation
-Arris-



Code_pluis	Contrainte précipite	Surface(Ha)	Surface(%)
1	61306797.204	6030.797	65.12
2	32303821.564	3230.382	34.88

Tableau 32 : Répartition surfacique des classes de la contrainte Précipitation dans la zone d'Arris

Classes contrainte précipitation	Surface (Ha)	Surface (%)
1	6030.797	65.12
2	3230.382	34.88

A partir du tableau précédent, On peut distinguer que la contrainte précipitation et faible sur la zone d'étude (66.12%) par contre on trouve une contrainte moyenne représente (34.88%) de la surface totale de la zone d'étude.

III. RESULTATS

Les résultats de cette étude méthodologique seront présentés de manière progressive pour aboutir à la carte des contraintes de la zone d'étude. Certaines cartes sont issues directement de l'interprétation de l'image satellitaire, d'autres par numérisation des données existantes et en fin les cartes finales résultent de l'intégration des données satellitaires et celles du SIG.

3eme Partie

Zonage des risques et méthode d'évaluation et de spatialisation (matrice de décision)

Chapitre 01

Cartographie des zones à risque d'érosion

Introduction

Les études récentes sur la vulnérabilité aux changements climatiques dans la région méditerranéenne indiquent une tendance à un accroissement de l'aridité qui accélère l'érosion hydrique (De Ploey *et al*. 1991). L'érosion des sols par la pluie et le ruissellement est un phénomène largement répandu dans les différents pays méditerranéens (Bou Kheir *et al*., 2001). Elle continue à prendre des proportions considérables de sol, en particulier sur les pentes, à cause de la nature torrentielle des pluies, de la forte vulnérabilité des terrains (roches tendres, sols fragiles, pentes fortes et dégradation du couvert végétal) et de l'impact défavorable des activités humaines (déforestation, incendies, mauvaise conduite des travaux agricoles, urbanisme chaotique, surexploitation des carrières, etc.). La télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG) sont de plus en plus utilisés pour l'étude des phénomènes de surface et forment des outils essentiels dans les systèmes interactifs d'aide à la décision et opérationnels pour des opérations de gestion du risque (Wachal and Hudak, 2000 ; Shrimalil *et al*. 2001 ; Lee, 2004 ; Bou Kheir *et al*. 2006). L'exécution des mesures efficaces de conservation de sol doit d'abord être précédée par une évaluation dans l'espace du risque d'érosion (Moussa et al., 2002 ; Souchère et al., 2005). Pour estimer le taux ou l'état de l'érosion, plusieurs méthodes sont adoptées, dont les plus utilisées sont : l'équation de perte de sol (Wischmeier and Smith, 1978), sa version modifiée (Foster et al., 1996) et la technique de prédiction de l'érosion hydrique (Laflen et al., 1991). Le choix du modèle dépend de la variabilité de la surface du bassin, de la disponibilité des données ponctuelles et des données de précipitations (Bonn, 1998). Cependant, lorsque ces méthodes de calcul des pertes de sol, qui sont établies sur une base parcellaire, sont extrapolées à des échelles plus englobantes, il en résulte généralement certaines contraintes d'utilisation qui ne sont pas toujours respectées (Chakroun,1993).

Depuis quelques années, les méthodes de calcul des pertes de sol sont associées aux SIG et à la télédétection. Il est vrai, qu'avec ces méthodes modernes, on découvre progressivement l'intérêt de la spatialisation des méthodes de calcul des pertes de sol, de la cartographie pour représenter les résultats des pertes de sol sur de grandes étendues et de la création de scénarios pour les interventions humaines sur le milieu (Bonn, 1998). Dans notre zone d'étude, le paysage est complexe : il se compose d'une mosaïque d'unités de paysage, dont chaque groupe d'unités peut réagir différemment aux actions érosives de l'eau. La cartographie de l'érosion hydrique à l'aide d'une de ces méthodes de pertes de sol reste très difficile et demande de lourds

investissements, sans compter sur la carence des données pluviométriques à cause de l'absence de stations climatiques dans le secteur d'étude.

Si les problèmes de l'eau sont surtout ressentis à travers les sécheresses, le territoire Algérien, malgré son caractère semi-aride, est soumis, comme tous les pays méditerranéens, à des crues importantes des cours d'eau et à du ruissellement en nappe. Ces phénomènes sont aujourd'hui ressentis de façon plus tangible en raison des forts développements démographique, économique, urbain, agricole et industriel. Le développement urbain s'est souvent fait à proximité des cours d'eau et l'expansion des communes à tendance à se faire également dans des zones inondables plus faciles et moins coûteuses pour la construction. À la suite de forts orages d'été, de crues torrentielles et du ruissellement en nappe, des dégâts énormes aussi bien en perte de vies humaines qu'en destruction d'habitats et d'infrastructures peuvent se produisent. L'exemple caractéristique est l'événement sur le site touristique de la vallée de Oued Labiad. Ainsi, après une forte averse sur la montagne, le débit de l'oued Labiad est passé de1 m3 à 780 m3 en une période de 15 min, faisant 2 morts et d'importants dégâts matériels. (Crue 2004).

La ville D'Arris, sujet de cette étude, compte parmi les premières agglomérations de l'Algérie les plus touchées par les inondations. Le dernier événement en ce sens est survenu au mois de Septembre 2005 causant de nombreux dégâts matériels. La charge solide emportée par les oueds traversant la ville, causent de sérieux dommages aux infrastructures et aussi à la propreté de la ville, et ce malgré les efforts effectués dans l'aménagement des lits des cours d'eau et du réseau d'assainissement.

Dans ce mémoire, nous proposons une méthodologie cartographique pour les zones vulnérables à l'érosion hydrique qui constituent la source des matériaux solides arrachés et transportés par l'eau, en se basant sur des données de terrain, des données de télédétection et des données topographiques. Le SIG mise en œuvre nous a permis de superposer et d'analyser plusieurs facteurs, tels que la pente, la lithologie, le couvert végétal et les précipitations. La carte de risque déduite a été ensuite confrontée à la réalité de terrain pour validation. Celle-ci pourrait constituer un document de base pour les planificateurs et les décideurs dans l'aménagement des Aurès.

1. La carte des contraintes Union :(Pente_Occupation des sols)

1.1 Règle de décision du potentiel d'érosion.

		Pente			
		0-11	11-25	25-40	40-90
		1	**2**	**3**	**4**
Occupation des Sols	**1**	1	2	3	3
	2	1	2	3	3
	3	2	3	3	4
	4	2	4	4	4

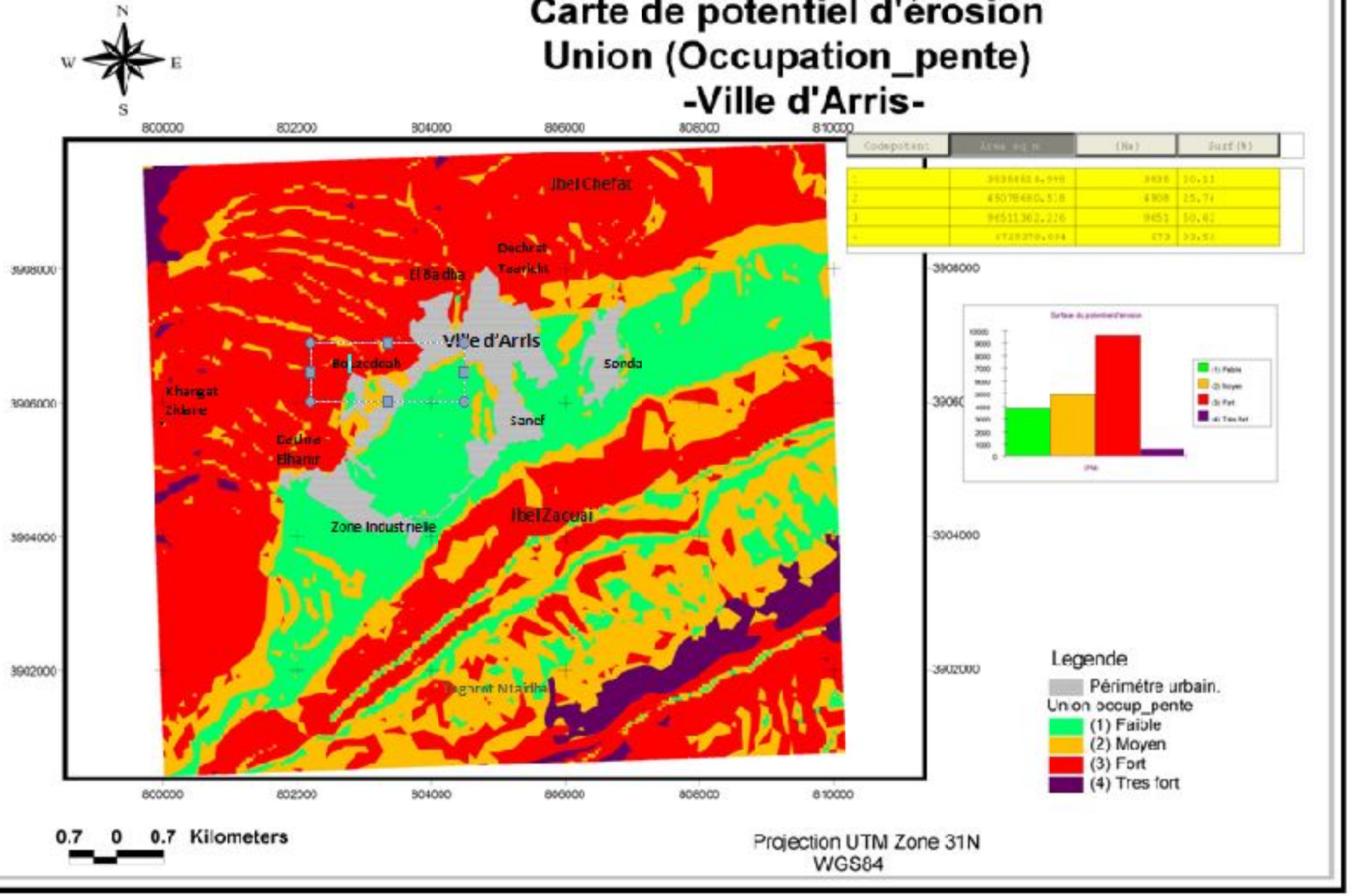
Tableau 33 : Règle de décision du potentiel d'érosion.

La carte des contraintes au risque d'érosion (Potentiel d'érosion) a été élaborée par l'interaction entre l'occupation et les pentes (zones homogène), à l'aide de la règle de décision présentée dans le tableau (33). Quatre classes aussi des contraintes sont délimitées : faible, moyen, fort et très fort.

CODE POTENT	Surface (m^2)	SURF(HA)	SURF(%)
1 **(faible)**	38354514,998	3835	20.11
2 **(moyen)**	49078680,518	4908	25.74
3 **(fort)**	96511362,226	9651	50.62
4 **(très fort)**	6729378,034	673	03.53

Tableau 34 : Répartition surfacique de la contrainte union pente_occupation.

Carte de potentiel d'érosion
Union (Occupation_pente)
-Ville d'Arris-



2. La carte des contraintes Union :(Pente_Occupation des sols)_Lithologie.

2.1. Règle de décision du risque d'érosion avec Union (Occupation_pente) _Lithologie

		Lithologie	
		1	**2**
Potentiel d'érosion	**1(faible)**	1	1
	2(moyen)	1	2
	3(fort)	2	3
	4(très fort)	3	4

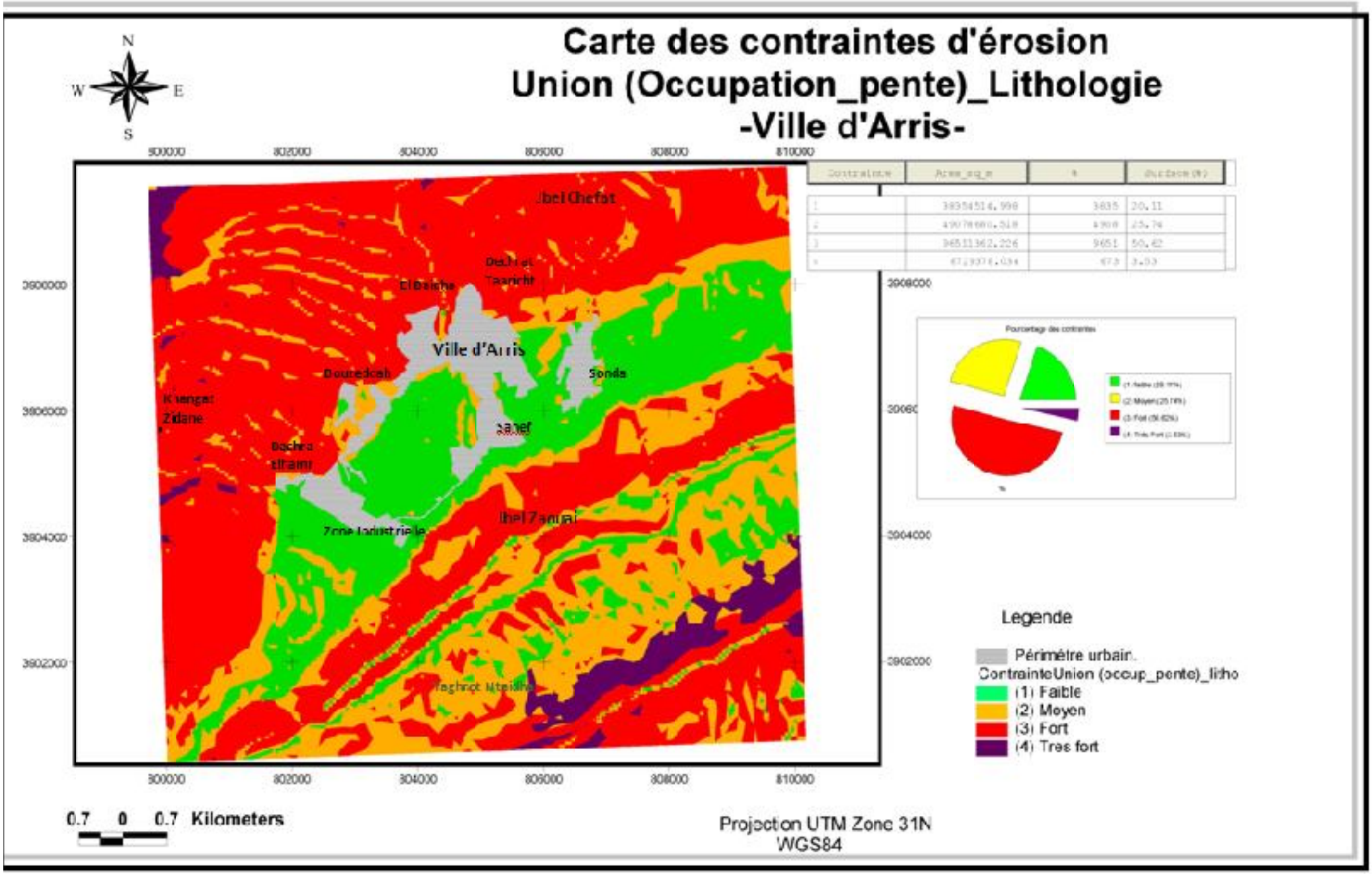
Tableau 35 : Règle de décision du risque d'érosion avec Union (Occupation_pente) _Lithologie

La carte des contraintes au risque d'érosion a été élaborée par l'interaction entre le potentiel d'érosion et la Lithologie, à l'aide de la règle de décision présentée dans le tableau 5. Quatre classes aussi des contraintes sont délimitées : faible, moyen, fort et très fort.

Contrainte	Surface (m2)	SURFACE (Ha)	SURFACE (%)
1 **(faible)**	38354514,998	3835	20.11
2 **(moyen)**	49078680,518	4908	25.74
3 **(fort)**	96511362,226	9651	50.62
4 **(très fort)**	6729378,034	673	3.53

Tableau 36 : Répartition surfacique de la contrainte union (pente_occupation)_lithologie.

Carte des contraintes d'érosion
Union (Occupation_pente)_Lithologie
-Ville d'Arris-



Contrainte	Area_sq_m	%	Surface (%)
1	38354514.998	3835	20.11
2	49078680.518	4908	25.74
3	96511362.226	9651	50.62
4	6729376.034	673	3.53

3. La carte des contraintes Union :((Pente_Occupation)_Lithologie)_précipitations

3.1 : Règle de décision du risque d'érosion avec Union ((Occupation_pente) _Lithologie)_Précipitations

		Union (Occupation_pente) _Lithologie		
		1	**2**	**3**
Précipitations	**1 (faible)**	1	1	2
	4 (fort)	1	2	3

Tableau 37 : Règle de décision du risque d'érosion avec Union ((Occupation_pente) _Lithologie)_précip.

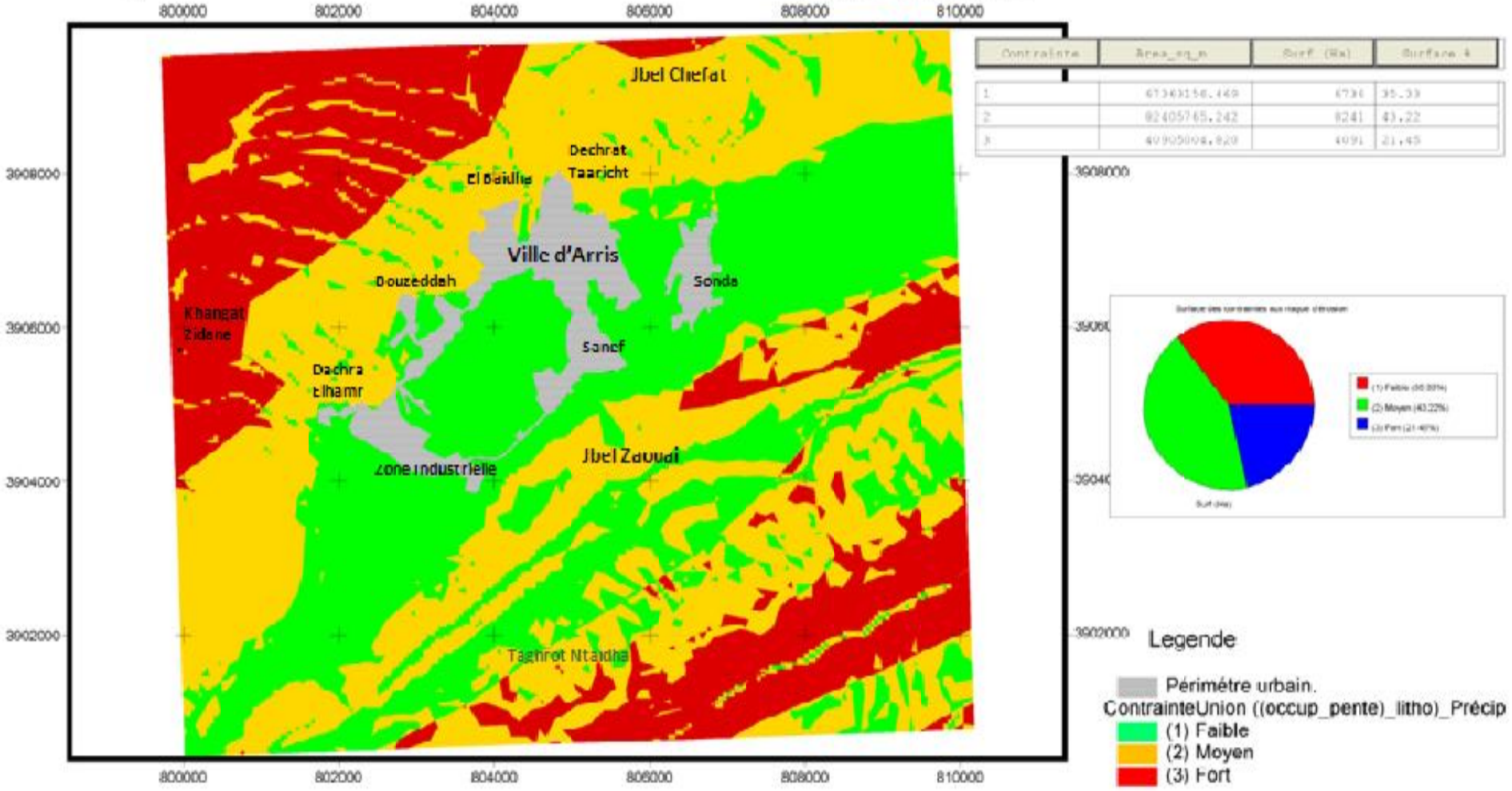
La carte de risque d'érosion a été élaborée par l'interaction entre le potentiel d'érosion, la Lithologie et les précipitations, à l'aide de la règle de décision présentée dans le tableau (35). Trois classes aussi de risque d'érosion sont délimitées : faible, moyen et fort.

CONTRAINTE AU RISQUE D'EROSION	SURFACE (m2)	SURFACE (Ha)	SURFACE (%)
1 **(faible)**	67363156,469	6736	35.33
2 **(moyen)**	82405765,242	8241	43.22
3 **(fort)**	40905004,820	4091	21.45

Tableau 38 : Répartition surfacique de la contrainte union ((pente_occupation)_lithologie)_précipitation.

Les cartes thématiques de potentiel et de risque d'érosion montrent que les superficies des Trois classes sont comparables avec une légère augmentation de 8 % pour les zones à très fort risque d'érosion. Ceci est dû aux pratiques agricoles sur des terrains à fort degré de pente (> 25°). Ces résultats montrent aussi que la vulnérabilité à l'érosion dans la région d'étude est essentiellement contrôlée par la densité du couvert végétal et le degré de pente. Quant à l'influence de la Lithologie sur l'érosion hydrique, elle est déclenchée par l'action humaine suite aux pratiques agricoles sur les terrains à fortes pentes (> 11°).

Carte des contraintes d'érosion
Union ((Occupation_pente)_Lithologie)_Précipitation
-Ville d'Arris-



Contrainte	Area_sq_m	Surf (Ha)	Surface %
1	67343150.449	6734	35.33
2	82405765.242	8241	43.22
3	40905098.920	4091	21.45

4. RÉSULTATS

La méthodologie développée dans ce mémoire utilise des règles qualitatives, des évaluations et une hiérarchisation des paramètres intervenant dans l'érosion hydrique : occupation des terres (figure 22), lithologie (figure 25) et degré de pente (figure 28) les pluies (figure 31). L'ensemble de ces données est intégré dans un SIG pour une meilleure gestion de l'information. La combinaison de ces cartes, suivant la règle de décision mentionnée sur le tableau 4, a permis de produire une carte thématique appelée carte du potentiel d'érosion (figure 33). Celle-ci comprend quatre classes : faible, moyen, et très. Les zones à vulnérabilité faible ou moyen à l'érosion se trouvent dans la plaine où le degré de pente est faible (< 5°). En revanche, sur le piémont et dans la haute montagne, les terrains à pente forte (> 15°), dont le couvert végétal est absent, sont les plus exposés à l'érosion hydrique.

5. DISCUSSION

La méthodologie adoptée dans ce mémoire a permis de réaliser une carte du risque d'érosion. En l'absence de travaux antérieurs, la validation a été faite par confrontation directe avec la réalité de terrain. Le taux d'exactitude a été évalué à environ 80 % lors d'une mission sur le terrain à la suite de la production de la carte de risque, et c'eu examinant le résultat à une dizaine de points régulièrement répartis sur le territoire et couvrant les différentes classes d'érosion. Aussi, ces points étaient différents de ceux qui avaient été choisis lors de l'acquisition des données.

Les zones détectées à risque d'érosion fort sont riches en débris de roches calcaires. Elles sont traversées par plusieurs entailles fluviatiles. Celles-ci se connectent aux principaux cours d'eau, en l'occurrence l'oued labiod. La charge solide en suspension ainsi transportée est véhiculée depuis la montagne jusqu'à la plaine, en passant notamment par la ville d'Arris. La canalisation des oueds traversant la ville est sous dimensionnée, ce qui provoque des inondations et des déversements des charges solides dans le périmètre urbain lors de fortes pluies ou du ruissellement en nappe. Plusieurs points de la ville sont devenus chroniquement inondable aussi bien pendant la saison pluvieuse que lors des orages d'été. Les premiers points touchés de la ville sont les vergées et les principaux carrefours et croisements de voies de communication. Et ce malgré les aménagements des tronçons des cours d'eaux traversant la ville. Actuellement, la ville d'Arris demeure toujours menacée par les inondations. Un aménagement en zone montagneuse, en amont de la ville, s'impose. En effet, afin de minimiser les risques d'inondation qui menacent de plus en plus la ville d'Arris, donc parmi les recommandations l'installation d'une retenue collinaire en amont de la ville sur

les principaux cours d'eau. L'érection de cette retenue favoriserait une meilleure protection de la ville contre les inondations. Cependant, ils seraient condamnés à l'envasement à moyen et à long terme si on ne procède pas à un aménagement des zones à risque d'érosion par l'interdiction des pratiques agricoles sur les pentes (> 11°), la protection de la forêt, le reboisement des zones dénudées, l'installation des murs de soutènement et la construction de terrasses qui conservent les terrains pour l'agriculture.

6. CONCLUSION

Les résultats de ce mémoire montrent l'intérêt de l'utilisation de la technologie de la télédétection et des SIG dans l'évaluation de la vulnérabilité à l'érosion en zone montagneuse. La carte du risque d'érosion élaborée pourrait constituer un document de base pour tout aménagement proposé. La méthode utilisée a permis d'identifier des zones à risque d'érosion dans les Aurès entourant la ville D'Arris. Elle peut être généralisée sur tout le piémont de la région qui connaît actuellement un développement grandissant des habitations construites dans des zones à risque d'érosion et sur le lit des cours d'eau. Elle peut être aussi transposable à d'autres régions montagneuses des Aurès vu la similitude géologique, géomorphologique et climatique. Néanmoins, il serait intéressant de l'appliquer sur d'autres régions montagneuses où des travaux de cartographie de l'état de l'érosion par les méthodes conventionnelles sont disponibles afin de comparer les résultats obtenus.

Chapitre 02

Cartographie des zones à risque sismique

INTRODUCTION

Le risque lié à l'activité sismique est présent partout sur le territoire à plus ou moins grande intensité. Les risques sismiques seront atténués par l'application des normes de construction parasismique en vigueur dans le pays. La commune d'Arris où sont localisés l'ensemble de la région ne sont pas soumises à des mouvements sismiques. La région est localisé en zone de faible sismicité (Zone sismique 1).Voir carte de zonage sismique du territoire national RPA 99 V.2003.Toute fois un niveau minimal de protection sismique devra être accordé aux ouvrages selon leur destination et leur importance.

1-ALEA, VULNERABILITE ET RISQUE SISMIQUE

Le risque se caractérise par deux composantes (Figure 15) :

1) l'aléa, c'est-à-dire la probabilité pour un lieu géographique donné d´occurrence d´un événement sismique de caractéristiques données (intensité, magnitude, profondeur focale en particulier) ;

2) les enjeux et leur vulnérabilité (ou fragilité) par rapport au phénomène sismique.

1.1. Aléa sismique

1.1.1. Principe d'évaluation de l'aléa sismique

L'évaluation de l'aléa sismique comporte trois étapes : les deux premières concernent l'évaluation de l'aléa régional, la troisième concerne l'évaluation de l'aléa local (Figure 21).

1.1.2. Identification des sources sismiques et réalisation d'un zonage sismique

L'identification des sources sismiques consiste à localiser les failles actives et à évaluer leur potentiel sismique.

Cette première étape qui requiert une analyse détaillée des données géologiques et sismologiques permet d'aboutir à la réalisation d'un zonage sismique. Il s'agit là d'une délimitation de surfaces géographiques dans lesquelles, pour chacune d'elles, la probabilité d'occurrence d'un séisme de caractéristiques données (magnitude ou intensité, profondeur focale, période de retour) peut être considérée homogène en tout

Effets directs ou induits par le séisme

Effets de site directs

Il s'agit d'une amplification des ondes sismiques liée directement à la configuration topographique ou géologique du site ; les ondes sismiques se trouvent piégées dans la structure. On en distingue deux types (Figure) :

- Les effets de site topographiques : les sommets de butte, crêtes allongées, rebords de plateaux et de falaises sont le siège d'amplification importante du mouvement sismique.

- Les effets de site liés à la structure et à la nature du sol : les caractéristiques

mécaniques (densité, rigidité, compressibilité), la géométrie des formations (empilement, remplissage de fond de vallée) peuvent aggraver les effets du mouvement sismique (Figure 21) point.

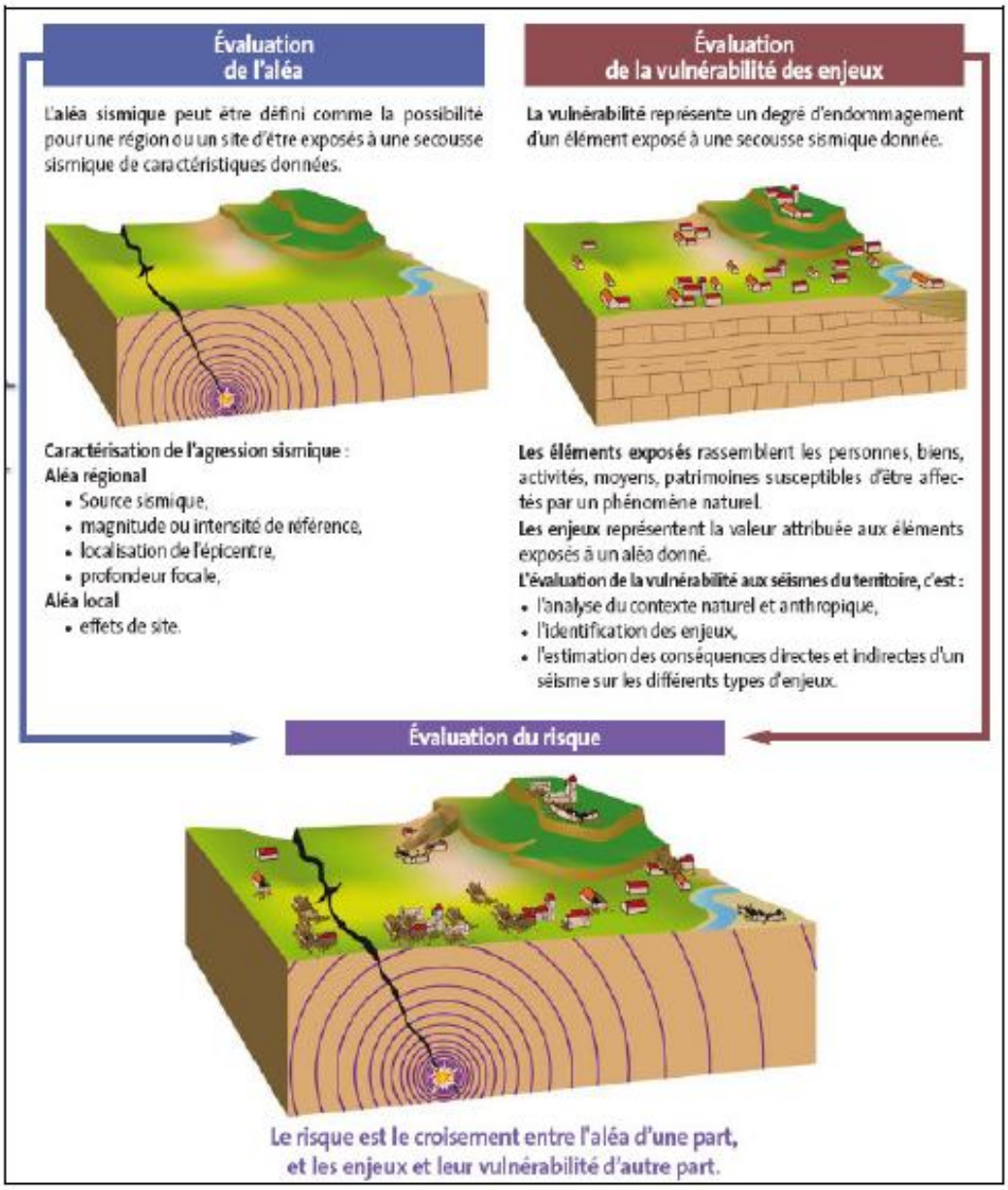


Figure 21 – Aléa, vulnérabilité, risque : Représentation schématique de l'évaluation du risque sismique

Extrait du Classeur « Le risque sismique en PACA », coédition BRGM, DIREN PACA, Région PACA, décembre 2006

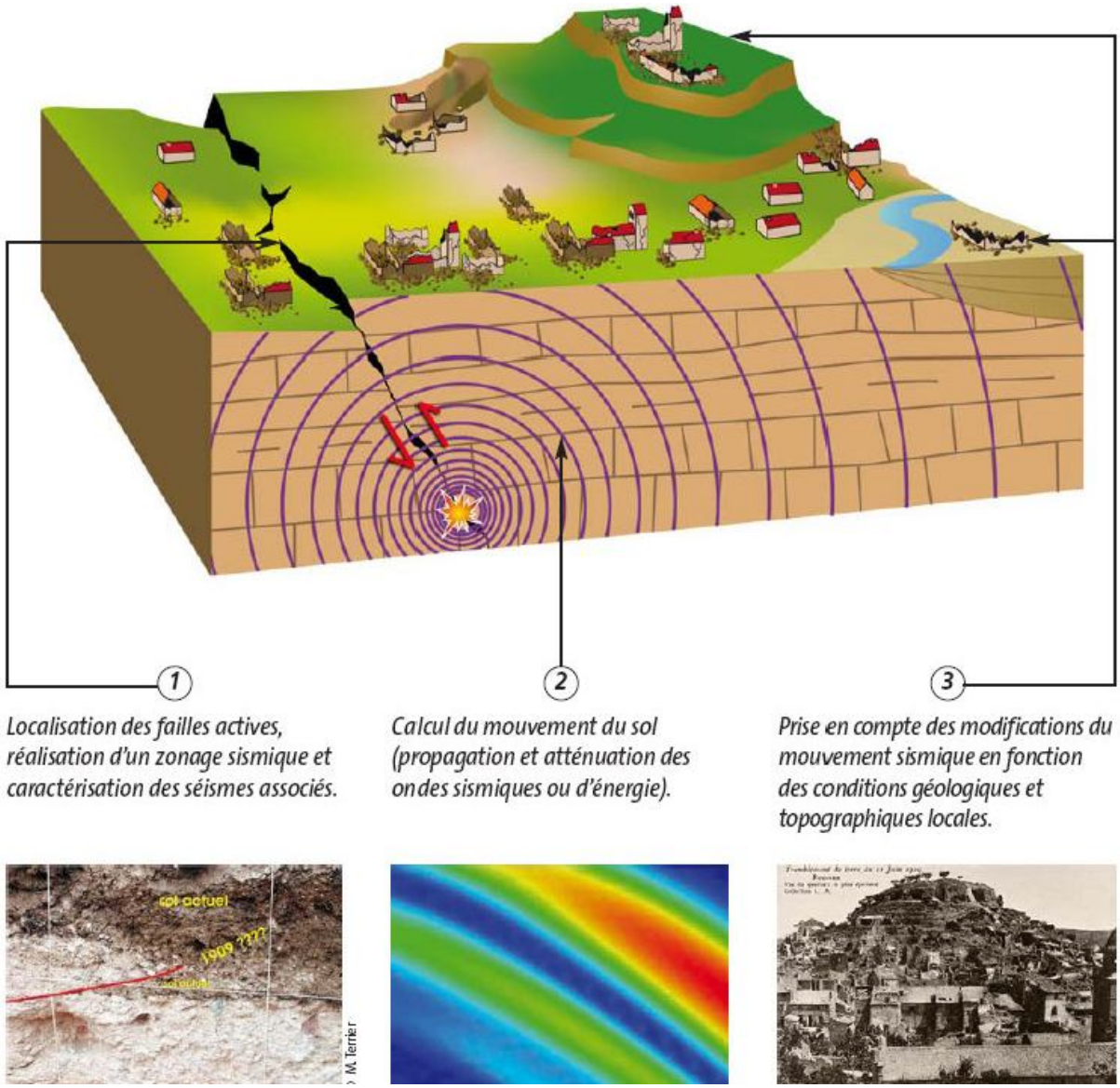
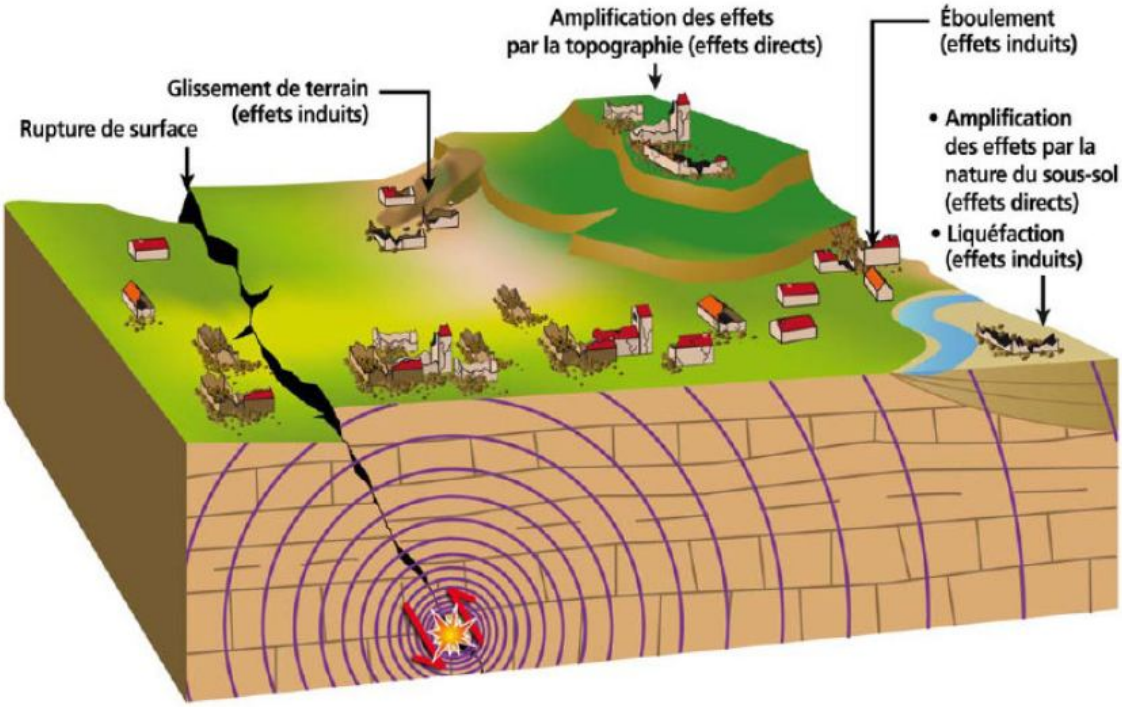


Figure 22 – Aléa, vulnérabilité, risque : Les trois étapes d'évaluation de l'aléa sismique régional et local
Extrait du Classeur « Le risque sismique en PACA », coédition BRGM, DIREN PACA, Région PACA, décembre 2006



L'aléa sismique local est évalué sur l'ensemble d'un territoire national, départemental ou communal. L'échelle cartographique considérée est de l'ordre du 1/5 000 ou 1/10 000ème. A cette échelle, (le cas de notre mémoire et de 1/5 000) il est donc tenu compte des conditions géologiques et topographiques susceptibles d'entraîner localement une amplification de la vibration sismique (effets de site directs), ou induire d'autres phénomènes naturels dangereux (effets de site induits).

I-Cas la ville D'Arris

1. **Sectorisation de la ville d'Arris.**

Code de secteur	Non de secteur	Surface (Ha)	Population
01	Dechra El Hamra	6.96	285
02	Bou Seddan	45.6	1730
03	El Baidha	51.14	4055
04	Taaricht Dechra	42.03	3005
05	Centre ville	37.88	1815
06	Sanef	37.00	935
07	Chir Nah Smail	20.32	565
08	Draa Ezitoun	62.24	1025

09	Z.H.U.N	60.31	9055
10	Z. Industriel	75.05	------

Tableau 39 : les secteurs urbain dans la ville d'Arris. (enquête de terrain).

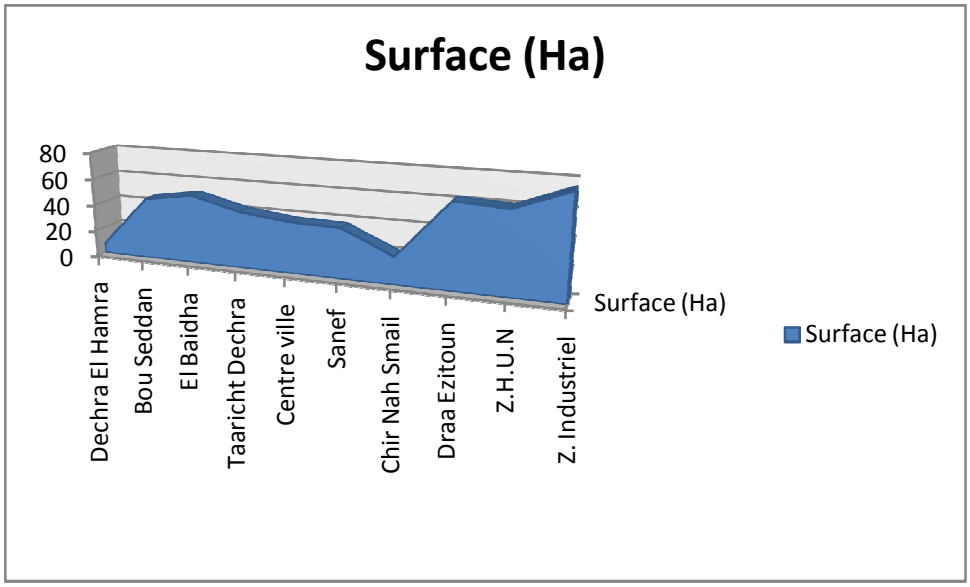


Figure 23 : Surfaces des secteurs urbains.

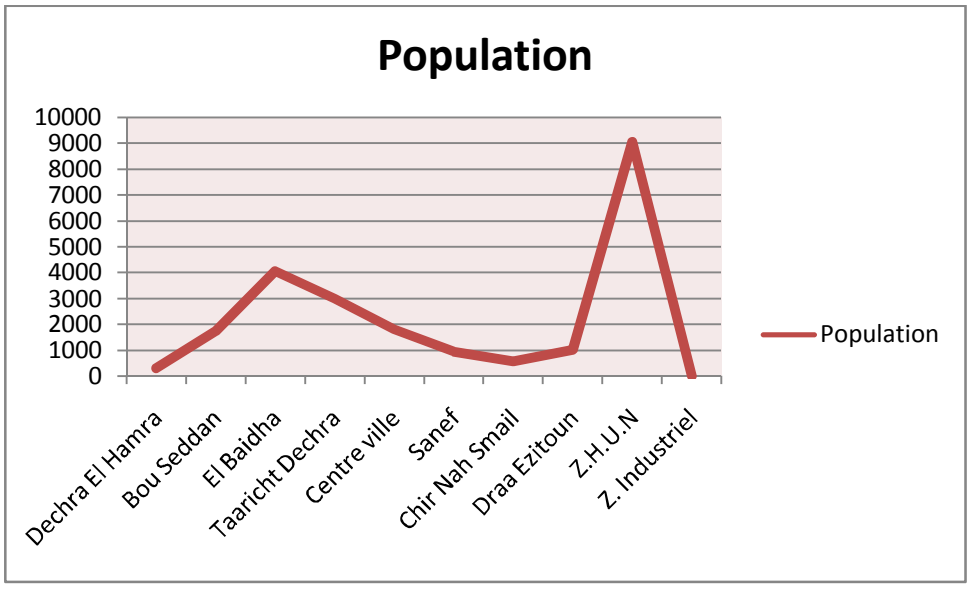


Figure 23 : Nombre de populations par secteurs.

2. L'habitat :

2.1. Introduction :

L'objet de ce chapitre consiste d'une part, en l'évolution de l'état de fait en matière d'habitat, et d'autre part en la détermination l'état du parc logement à l'heure actuelle, et à court terme selon une approche principalement quantitative.

Des considérations d'ordre plus qualitatif (répartition des logements par taille de ménage etc…) seront aussi prise en compte, en particulier pour ce qui est des besoins en logements, aux fins d'adapter aux nécessités de la population les prévisions en structures physiques.

Le bilan du parc logement constituera la première partie de ce chapitre où seront présentés les résultats de l'analyse sur l'état de fait existant.

L'analyse sera menée selon une optique comparative laquelle permettant d'établir une échelle dans l'urgence des interventions selon la situation de chaque type d'habitat.

2.2. Evolution du parc logements selon les deux derniers RGPH :

Parallèlement à l'analyse des variantes naturelles qui influent directement sur le site et qui sont exposées dans l'étude physique, nous entreprenons ici l'analyse du cadre bâti afin d'appréhender les facteurs de vulnérabilité, leur interaction et leur ampleur car ils traduisent les enjeux socio-economique potentiellement soumis a l'alea sismique du milieu urbain.

Le chapitre a pour objet des données concernant l'état de fait ressortir le rapport entre les structures physiques et la population qui les utilise.

Dispersions	RGPH 1998			RGPH 2008			E. en V.A
	POP	Parc logts	TOL	POP	Parc logts	TOL	
ACL ARRIS	17921	3895	4.60	21333	3837	5.55	-58

Tableau 40 : l'évolution urbaine dans la ville d'Arris.
E. en V.A : Evolution en valeur absolue. (Réversion du PDAU d'Arris 2011).

A l'échelle communale, les logements recensés au cours du dernier recensement sont au nombre de 5923 de tous types confondus.
L'actualisation du parc logement global (dur et précaire) à l'échelle de toutes les composantes du territoire étudié à utiliser comme base, les données du recensement général de la population et de l'habitat 2008.
Au plan de la répartition spatiale de ce parc au niveau de l'ensemble de l'aire d'étude, il est une concentration de l'ordre de 63% au niveau du chef lieu.
La répartition du taux d'occupation par logement (TOL) varie entre 4 et 5 personnes par logement a qui nous incite à dire que la situation est assez critique en comparaissant

avec celui de 1998 où on a dégagé un TOL qui tourne autour de 3 à 4 personnes par logement. (Réversion du PDAU d'Arris 2011).

2.3. La typologie de l'habitat :

La ville d'ARRIS est bâtie sur un terrain relativement stable, en bordure de l'oued Tighanimine, dans la vallée de l'oued El Abiod.

Le relief très mouvementé du site fortement creusé par les oueds, a conduit de la forme actuelle de la ville qu'il divise en deux noyaux très nettement différenciés par le caractère de leur habitat.

ARRIS est une vaste plateforme allongée, enserrée entre l'oued Tighanimine à l'ouest et le chabet Sidi Brahim à l'Est. Le caractère de l'habitat est exclusivement de type européen, c'est le secteur résidentiel et administratif du centre urbain.

Afin de déterminer le caractère propre de l'agglomération, nous avons été amenés à découper la ville en fonction des différents types et formes d'habitat qui la composent.

Quatre secteurs ont aussi été définis :

A. **secteur urbain d'activités :** dans ce secteur d'habitat dense, sont concentrées la plupart des activités urbaines du secteur tertiaire, la zone des affaires et du commerces.
B. **Secteur d'habitat traditionnel :** ce secteur principalement localisé en bordure de la RN 31 de art et d'autre de pont franchissant l'oued Tihamamine, et à l'extrémité Nord de l'entrée centrale, constitue le prolongement du secteur A, tout en étant mieux adapté aux traditions locale.
C. **Secteur résidentiel :** à faible densité, il comprend la presque totalité du centre urbain actuel, formant par là, l'ancien centre de colonisation.
D. **Secteur résidentiel semi-urbain :** il constitué par des secteurs d'habitat qui se sont implanté sur les pentes. Adaptés aux conditions de vie locale, il forme d'autre part, le caractère dominant du type d'habitation à ARRIS.

La configuration du terrain à elle-même, orientée le caractère de l'habitat à ARRIS et de ce fait, donné naissance à deux type de constructions très nettement différents :

- **Le premier est de type européen :** à caractère résidentiel. Il est formé d'un ensemble de petite villas entourées de jardins ;
- **Le second de type exclusivement musulman,** est constitué d'un ensemble d'habitations implantées sur des lots aux dimensions modestes, formant un ensemble à caractère semi-urbain. (extraie de la Réversion du PDAU d'Arris 2010).

2. METHODES DE REALISATION DES CARTES PREVISIONNELLE DES RISQUES

La méthode suivie consiste à cartographier séparément les facteurs naturels et entropiques qui sont les indicateurs de la vulnérabilité (l'évaluation des différents facteurs naturels et entropiques dans le sens d'une recherche de l'objectivité du rôle respectif de chacun de ces facteurs retenus).

Il est à noter que ces cartes thématiques seront réalisées sur un fond commun représentant la trame urbaine actuelle de la ville d'Arris, selon le modèle officiel utilisé dans la révision du PDAU commune d'Arris 2011. (Model en annexe).

Dans un premier temps, pour chaque carte nous avons effectué un indice déterminant dans une échelle numérique en rapport avec son importance. Cette simulation nous permet de traduire une règle de décision a permis de produire une carte thématique appelée carte de zonage du risque sismique qui donne un minimum et un maximum de risques susceptible de produire des préjudices ou des dommages.

A. FACTEURS NATUREL

Effets de sol Très souvent, les degrés de dégâts provoqués sur les constructions, voies de communication, installations de gaz, eau, etc. sont plus importants que ceux attendus au niveau de la zone, à cause de l'influence des effets de sol. L'effet de sol est un facteur qu'il faut tenir en compte dans le calcul de l'aléa.
L'effet de sol se définit comme la variation du signal sismique entre deux points rapprochés, en raison de la configuration géologique, géométrique, des propriétés dynamiques de la formation superficielle (comme la densité, vitesse des ondes S, etc.) et de la topographie.

1. Rupture de sol

La rupture d'un sol est l'une des principaux facteurs déterminant le risque sismique. On peut déterminer la résistance au cisaillement des sols par les appareilles suivants : la boite de cisaillement, l'appareil triaxial et le pénétromètre statique.

La boite de cisaillement qui est constituée de deux demi-boites dont l'une est fixée (demi-boite inférieure) et l'autre mobile le long du plan de contact (AB) dans une direction donnée. Elle est déterminée à partir de l'observation des courbes effort-déformation.

Un échantillon du sol à étudier est introduit dans la boite sur laquelle on exerce une force normale constante N. puis on augmente progressivement la force de traction tout

en notant les déplacements horizontaux et verticaux, jusqu'à rupture complète de l'échantillon.

Le déplacement de la demi-boite supérieure se fait à vitesse normale si S est la section de l'échantillon ; on exerce ainsi sur le plan (AB) une contrainte dont les composantes normales et tangentielles. (**K. Belkhiri**. 2006)

Les résultats obtenus sont au tableau. (L'essai du bureau d'étude Hafiane, La revision du PDAU d' Arris 2011)

Tableau 40 : Répartition surfacique de rupture de sol dans la zone d'Arris

Rupture de sol (б en Bar)	SURFACE (Ha)	SURFACE (%)
Sol favorable б>2	961.35	34.67
Sol peu favorable 2>б>1.5	236.62	8.53
Sol défavorable 1.5>б>1	1353.40	48.81
Sol défavorable 1>б	221.59	7.99

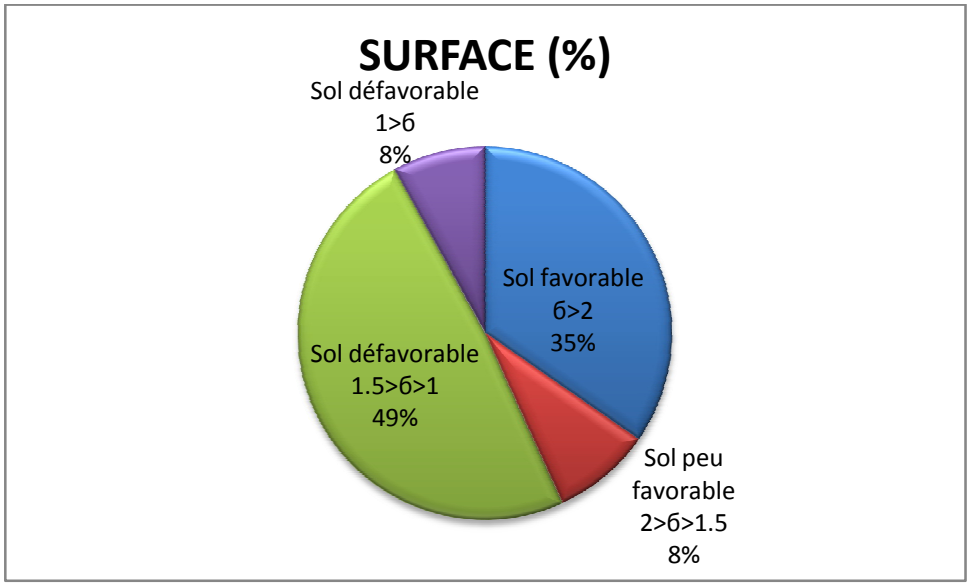


Figure 24: répartition surfacique des valeurs de la rupture de sol.

La zone d'étude est constitué de sol défavorable (б <1.5) plus de (49%) de la surface total de la zone d'étude, situé aux périphéries du périmètre urbain, le sol favorable et peu favorable représentent environ (43%).

1.1. Carte d'indice rupture dans le sol (IG)

Sur une carte de notre site, on a présenté les valeurs d'essai (donnée de Bureau d'étude Hafiane). Sur leur endroit de prélèvement, et par un cheminement entre les valeurs les plus faibles on a abouti à une carte prévisionnelle de l'indice rupture de sol.

Le chois de la profondeur ainsi la forme des fondations d'un ouvrage nécessite la connaissance de la contrainte du sol, cela augmente la résistance et assure le non effondrements du bâti face au risque sismique majeur.

A partir de la carte d'indice de rupture du sol ,on a localise trois classes de sol dans la zone d'étude, représentée dans le tableau suivant.

Tableau 41 : Classes des ruptures de sol et indices attribués.

Classes de rupture dans le sol (Bar)	Influence de séisme sur les fondations (contrainte)	Indice attribué
б >2	faible	1
1.5<б<2	moyenne	2
1<б<1.5	forte	3

Tableau 42 : Répartition surfacique des classes de la contrainte rupture de sol dans la zone d'Arris

Classes de la Contrainte rupture de sol	Surface (Ha)	Surface (%)
(1) Faible	961.35	34.67
(2) Moyenne	236.62	8.53
(3) Forte	1575.00	56.80

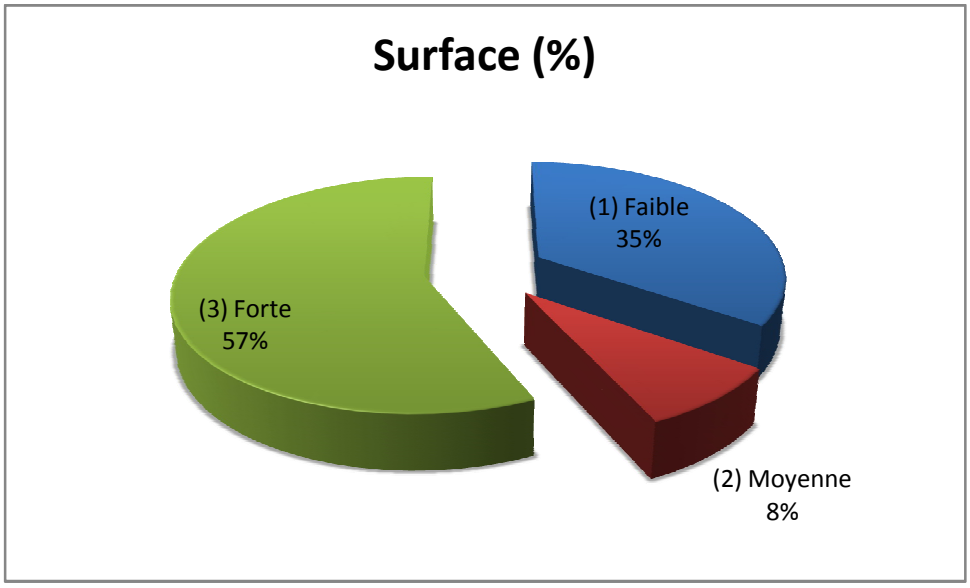
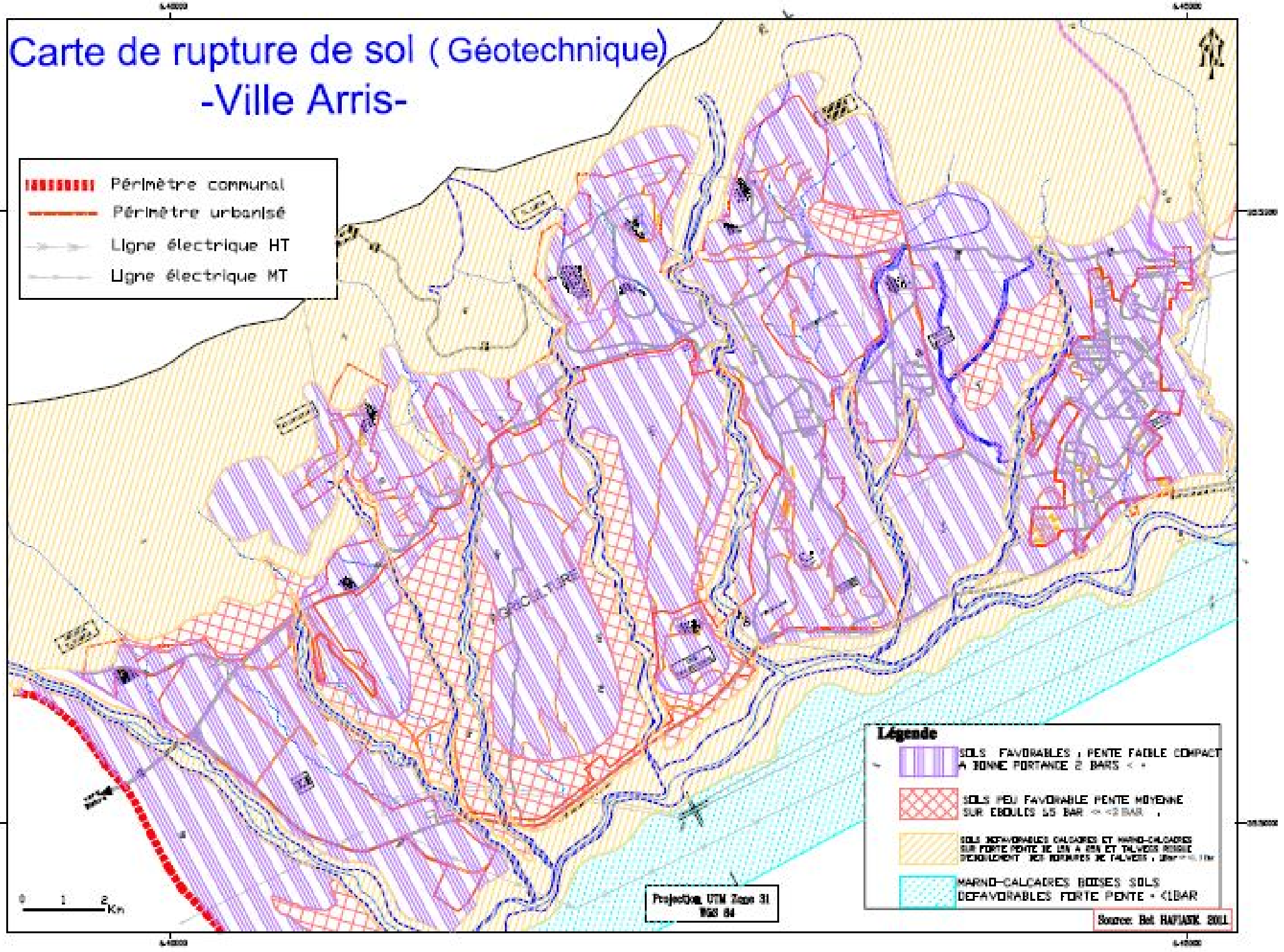
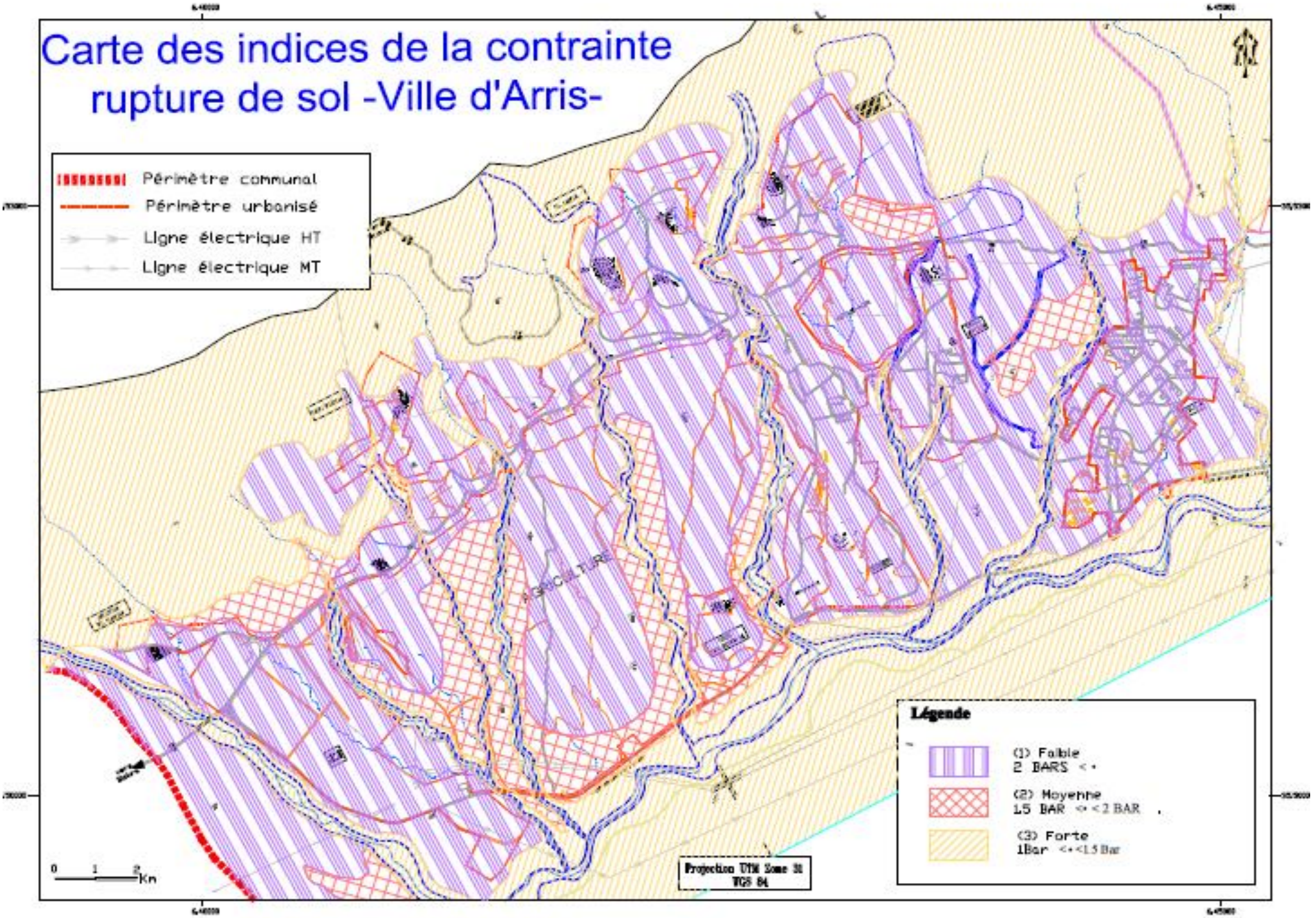


Figure 25: répartition surfacique des indices contrainte rupture de sol.

Les sols étudies sent hétérogène, leurs propriétés varient tant avec la profondeur horizontalement. A cet effet on a choisi les valeurs les plus faible des ruptures du sol pour estimer la qualité du sol, évaluer le degré du risque sismique dans les secteurs urbanises.


Carte de rupture de sol (Géotechnique)
-Ville Arris-
Périmètre communal
Périmètre urbanisé
Ligne électrique HT
Ligne électrique MT
Légende
SOLS FAVORABLES , PENTE FAIBLE COMPACT A BONNE PORTANCE 2 BARS
SOLS PEU FAVORABLE PENTE MOYENNE SUR EBOULIS 1,5 BAR
MARNO-CALCAIRES BOISES SOLS DEFAVORABLES FORTE PENTE - <1BAR
Projection UTM Zone 31 WGS 84
0 1 2 Km
Source: Bet HAFIANE SOLL


Carte des indices de la contrainte rupture de sol -Ville d'Arris-
Périmètre communal
Périmètre urbanisé
Ligne électrique HT
Ligne électrique MT
0 1 2 Km
Projection UTM Zone 31 WGS 84
Légende
(1) Faible 2 BARS <
(2) Moyenne 1.5 BAR <= < 2 BAR
(3) Forte 1Bar <= <1.5 Bar

B. FACTEURS ENTROPIQUES

La grande diversité dans les caractéristiques structurelles fait que l'évaluation de risque sismique d'une structure existante est une tache difficile, car elle implique plusieurs incertitudes (caractéristiques des matériaux. détails de ferraillages et rigidités des éléments).

L'importance des dégâts causes par un séisme Provient souvent de la vétusté ou de la qualité des constructions.

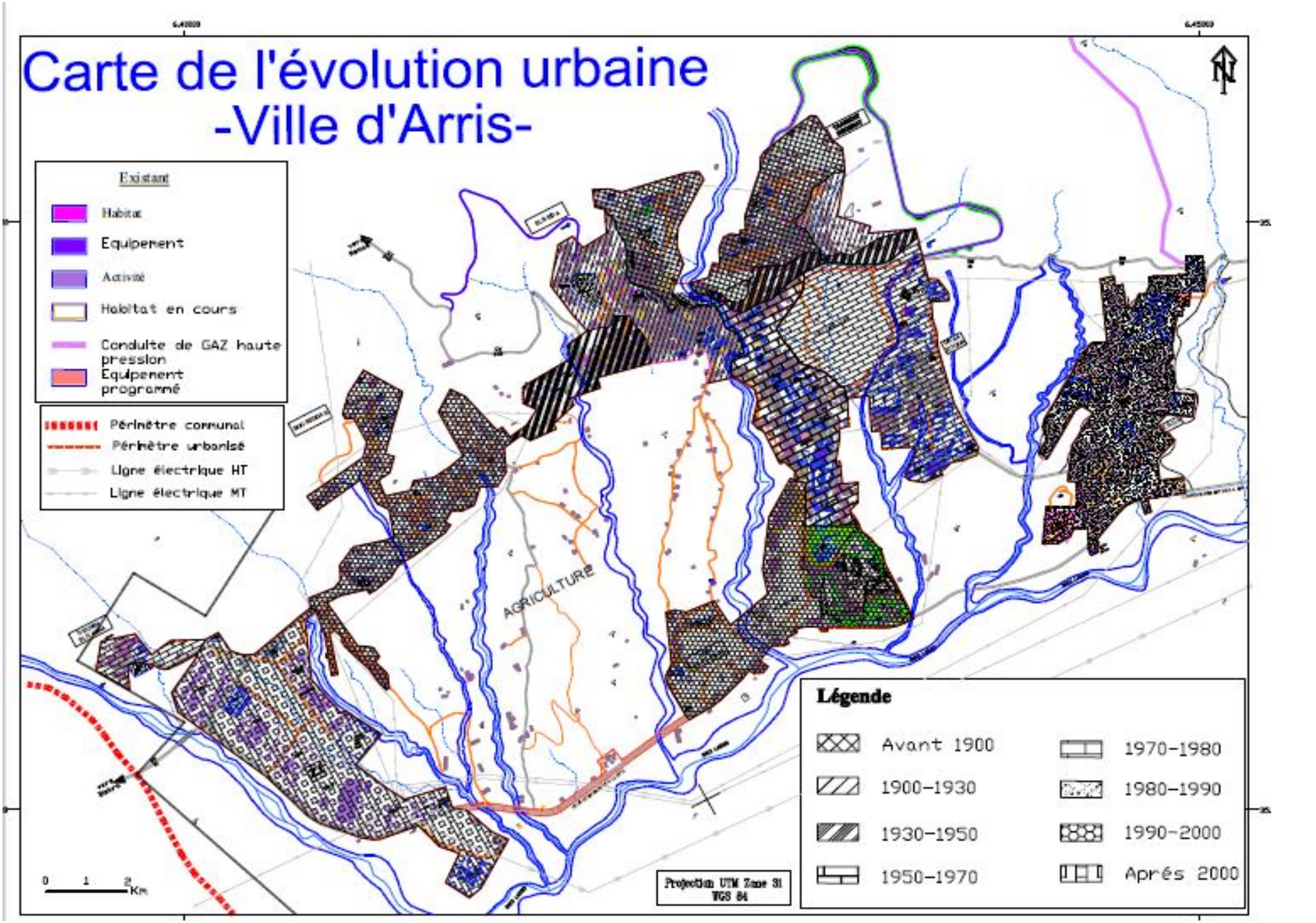
A cet effet on a jugé de prendre l'effet d'âge des constructions comme facteur commun, pour estimer la vulnérabilité et par la suite déterminée le degré de risque en cas d'un séisme.

1. Facteur Age des constructions :

L'un des facteurs qui nous permettent d'évaluer son comportement en cas de séismes destructeur; c'est l'âge des constructions qui peut être une contrainte forte ou faible, selon la date ou les matériaux de construction. Pour se la, on essaye d'évaluer et spatialiser ces contraintes dans la ville d'Arris.

Tableau 43 : Répartition surfacique d'âge des constructions dans la zone d'Arris

Age des constructions (Année)	SURFACE (Ha)	SURFACE (%)
Avant l'an 1900	47.00	09.13
1900-1930	43.42	08.44
1930-1950	78.80	15.30
1950-1970	38.00	07.38
1970-1980	69.21	13.45
1980-1990	60.32	11.72
1990-2000	102.92	20.00
Après l'an 2000	75.05	14.58


Carte de l'évolution urbaine
-Ville d'Arris-
Existant
Habitat
Equipement
Activité
Habitat en cours
Conduite de GAZ haute pression
Equipement programmé
Périmètre communal
Périmètre urbanisé
Ligne électrique HT
Ligne électrique MT
AGRICULTURE
Légende
Avant 1900
1900-1930
1930-1950
1950-1970
1970-1980
1980-1990
1990-2000
Aprés 2000
0 1 2 Km
Projection UTM Zone 31
WGS 84

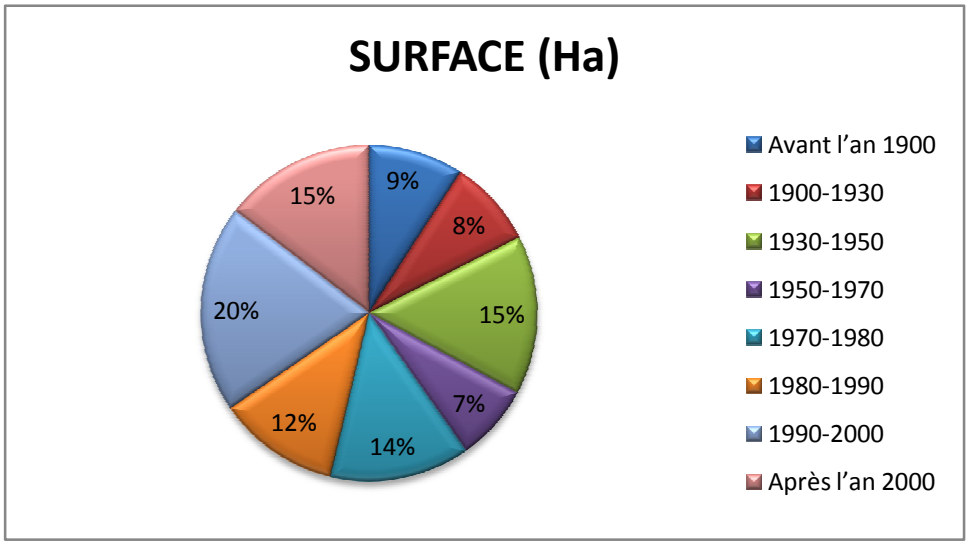


Figure 26: répartition surfacique du facteur âge des constructions.

1.1. Classes des indices âge des constructions

Tableau 44 : Classes d'âge de la construction et indices attribués.

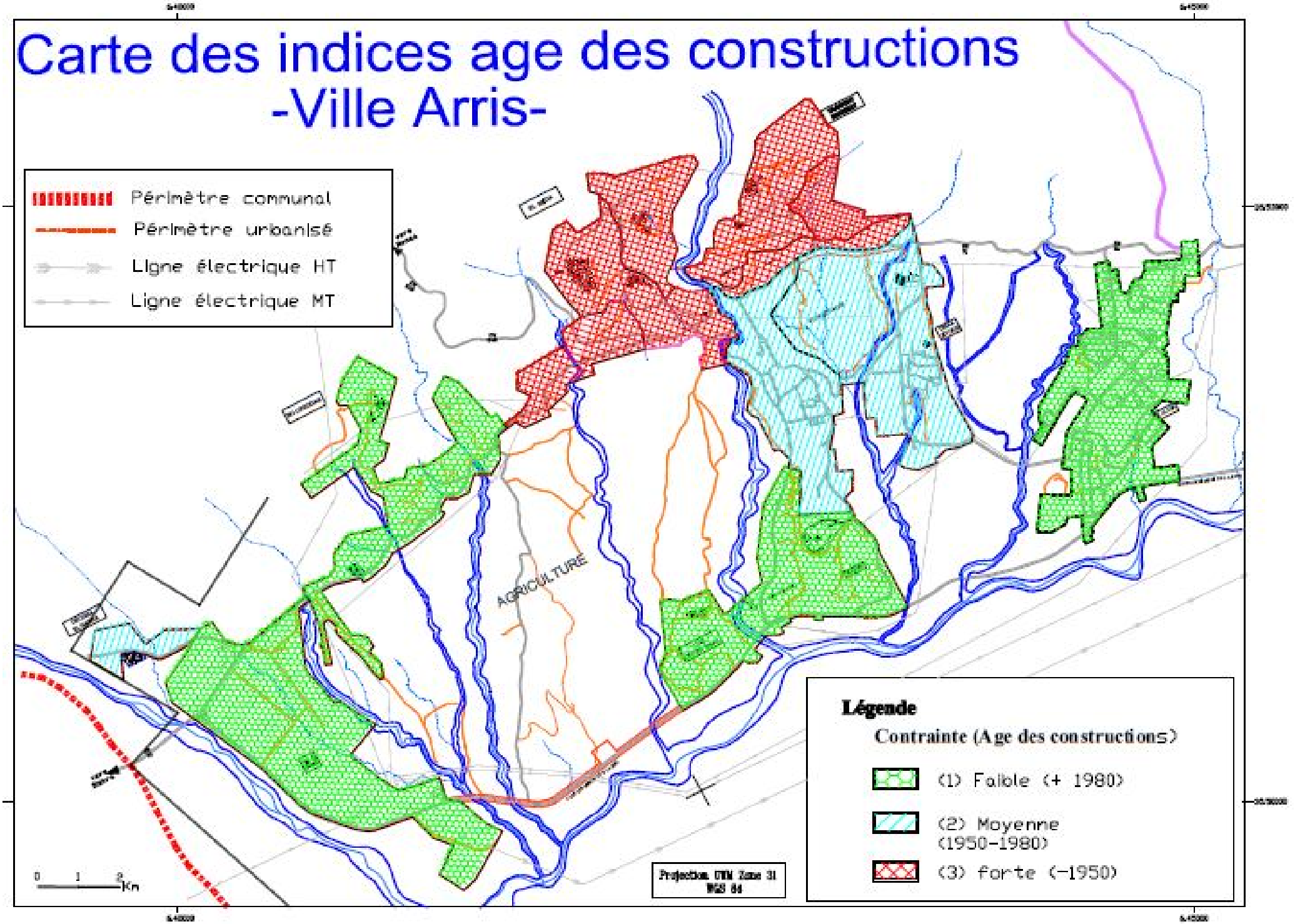
Classes d'âge des constructions	Influence de séisme sur l'âge des constructions (contrainte)	Indice attribué
Age<20 ans	faible	1
Age [20-60]	moyenne	2
Age>60 ans	forte	3

La carte d'indice Age des constructions, réalises a partir du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme, puis un indice (Ac) a été affecté pour chaque période comme indiquée ci dessus.

Tableau 45 : Répartition surfacique des classes de la contrainte âge des constructions dans la zone d'Arris

Classes de la Contrainte Age des constructions	Surface (Ha)	Surface (%)
(1) Faible	177.97	34.58
(2) Moyenne	167.53	32.55
(3) Forte	169.22	32.87

Carte des indices age des constructions
-Ville Arris-



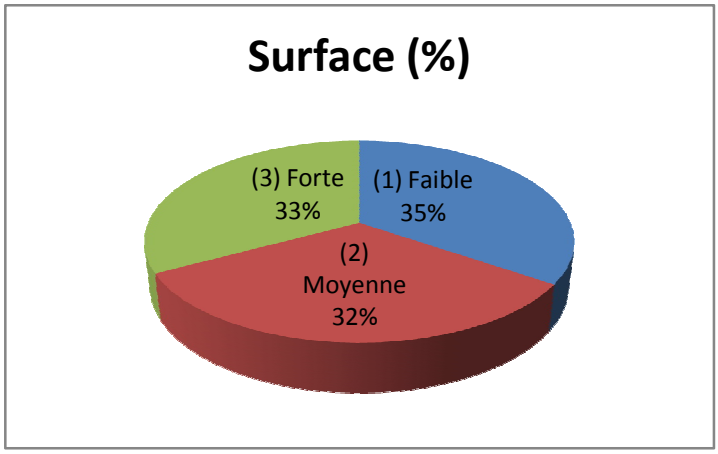


Figure 27: répartition surfacique des contraintes âge des constructions.

Selon la (figure 27) les contraintes du facteur âge des constructions. on observe trois type de contrainte. Chaque contrainte occupe environ (1/3) de la surface totale de la zone d'étude.

2. Facteur densité de l'habitat

Tenant compte de la densité d'habitation, comme facteur d'influant sur la fréquence du risque sismique, a été affecté l'indice (IH) par catégorie, comme indique le tableau suivant :

Tableau 24 : Répartition surfacique de la densité d'habitat dans la ville d'Arris

Code de secteur	Non de secteur	Densité de population (Hab/Ha)	Densité de l'habitat (Logts/Ha)
01	Dechra El Hamra	40.95	8.18
02	Bou Seddan	37.93	7.58
03	El Baidha	79.29	15.86
04	Taaricht Dechra	71.49	14.29
05	Centre ville	49.05	9.56
06	Sanef	25.27	5.05
07	Chir Nah Smail	27.80	5.56
08	Draa Ezitoun	16.32	3.29
09	Z.H.U.N	150.14	30.02
10	Z. Industriel	00	00

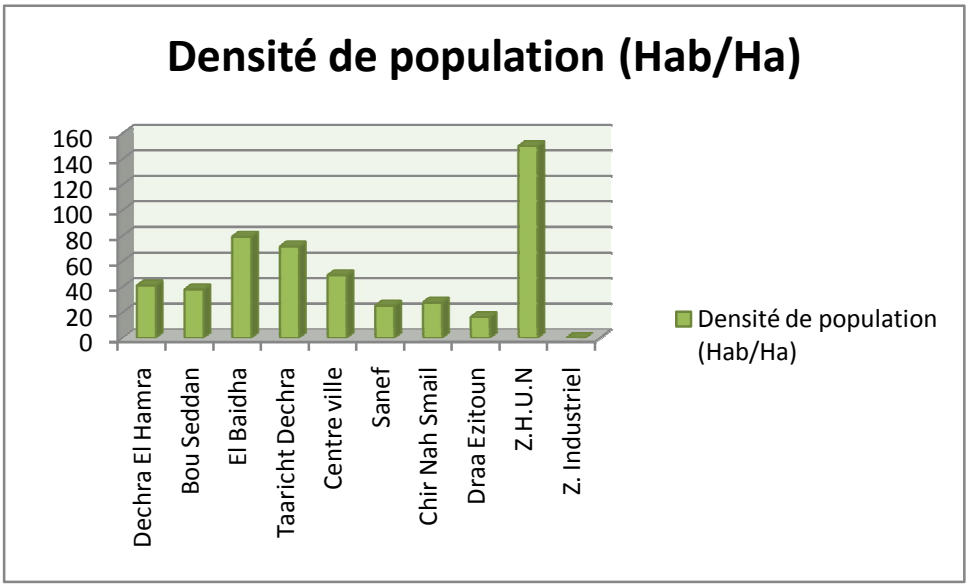


Figure 28: densité de population par secteur urbain.

2.1 Classes de la densité d'habitat

Tableau 25 : Classes de la densité d'habitat et indices attribués.

Classes de la densité d'habitat	Influence de séisme sur la densité d'habitat (contrainte)	Indice attribué
Densité<40 (Hab/Ha)	faible	1
Densité [40-70] (Hab/Ha)	moyenne	2
Densité >70 (Hab/Ha)	forte	3

Tableau 26 : Répartition surfacique des classes de la densité d'habitat dans la zone d'Arris

Classes de la Contrainte densité d'habitation	Surface (Ha)	Surface (%)
(1) Faible	240.21	55.66
(2) Moyenne	37.88	8.78
(3) Forte	153.48	35.56

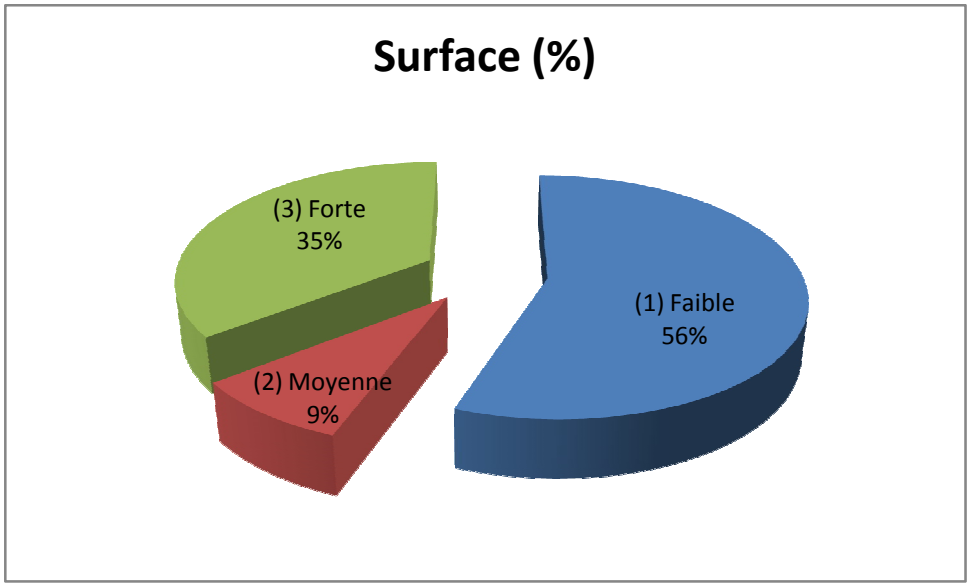
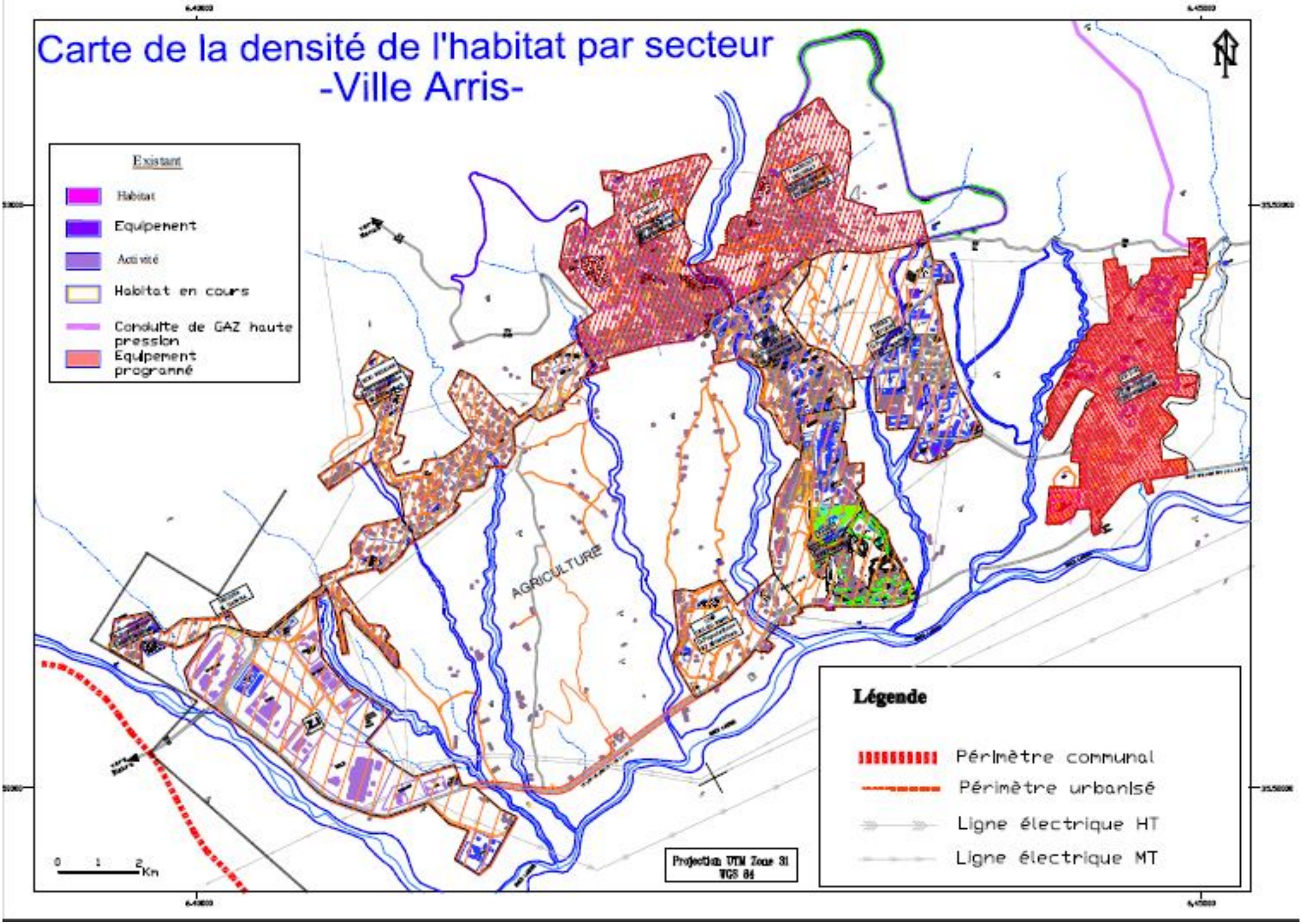


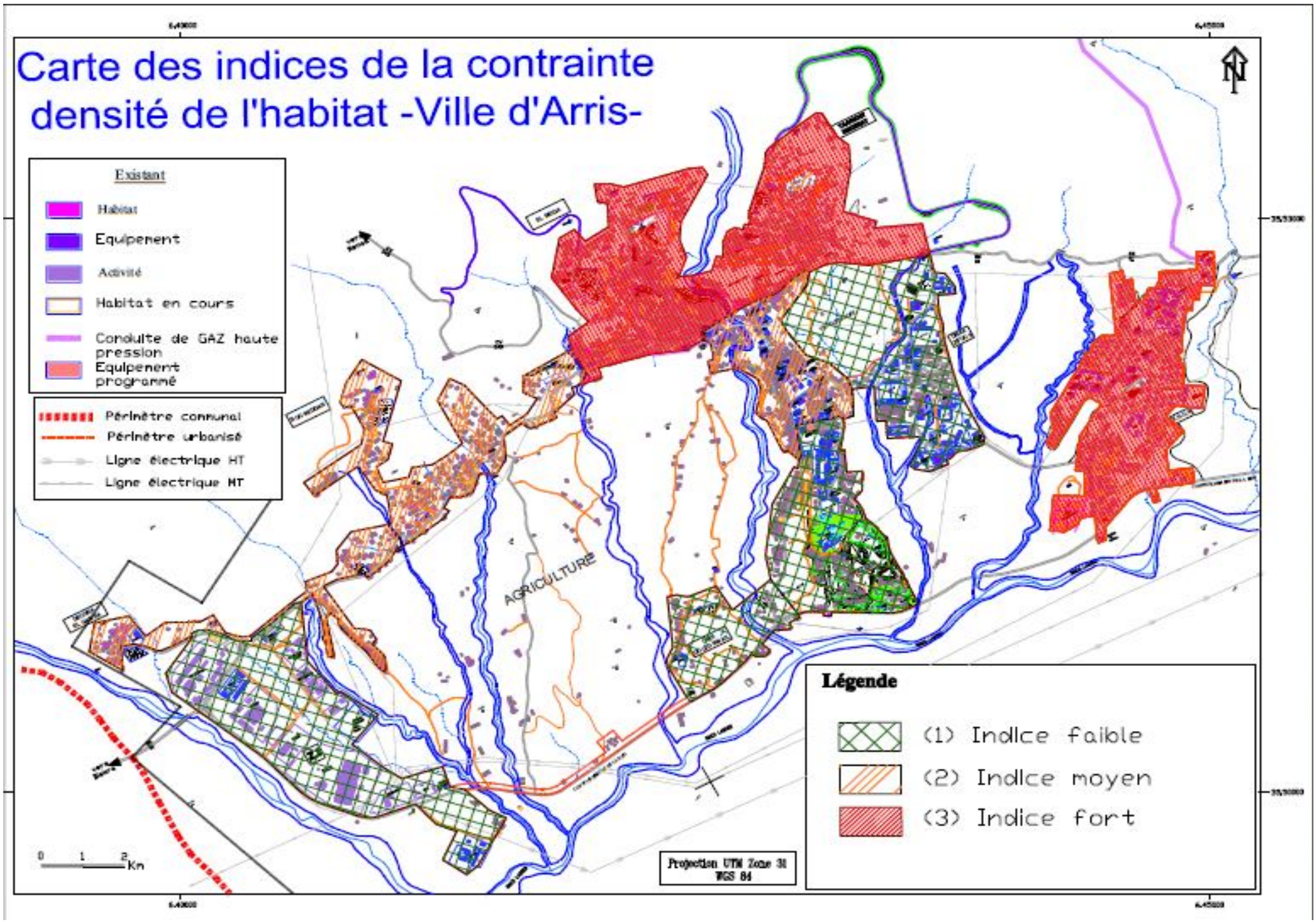
Figure 29: répartition surfacique des contraintes densité de l'habitat.

Dans ce mémoire, nous proposons une méthodologie cartographique pour les zones vulnérables à la sismicité. En se basant sur des données de terrain, des données de télédétection et des données topographiques. Le SIG développé nous a permis de superposer et d'analyser plusieurs facteurs, tels que la pente, la rupture du sol, la densité de la population et l'âge des constructions. La carte des zones à risque sismique pourrait constituer un document de base pour les planificateurs et les décideurs dans l'aménagement et la gestion du risque sismique dans la région.

Carte de la densité de l'habitat par secteur
-Ville Arris-



Carte des indices de la contrainte densité de l'habitat -Ville d'Arris-



C.L'APPLICATION MATRICIELLE

1-Contraintes naturelles (union Pente_ Rupture de sol).

Tableau 4 : Règle de décision des contraintes naturels union (Pente_rupture du sol).

		Pente			
		0-11	11-25	25-40	40-90
		1	**2**	**3**	**4**
Rupture de sol	**1**	1	1	2	3
	2	1	2	3	3
	3	2	3	3	3

1.1. Résultat de la requête avec la répartition surfacique et spatial de l'union (1)

CONTRAINTES NATURELS	SURFACE (Ha)	SURFACE (%)
1 **(faible)**	262	55.50
2 **(moyenne)**	180	38.14
3 **(forte)**	30	06.36

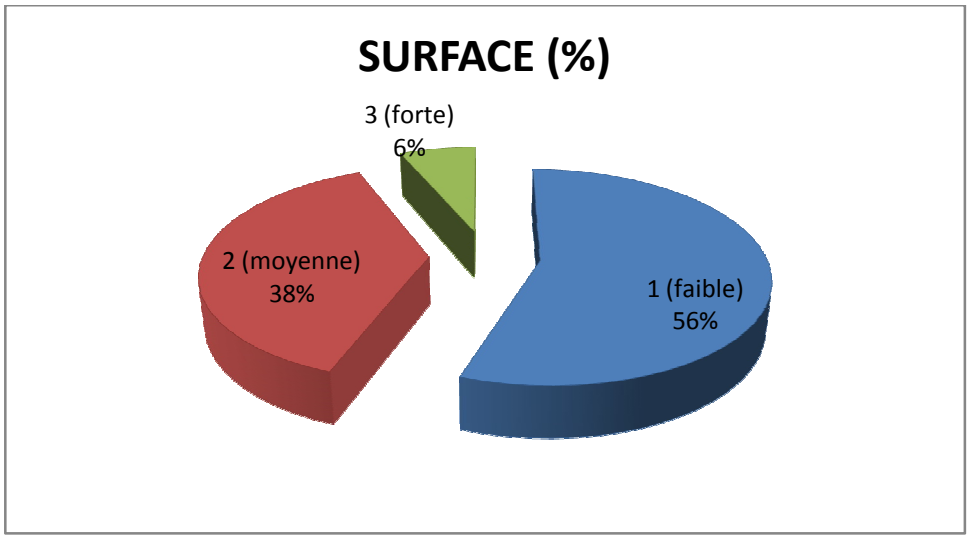
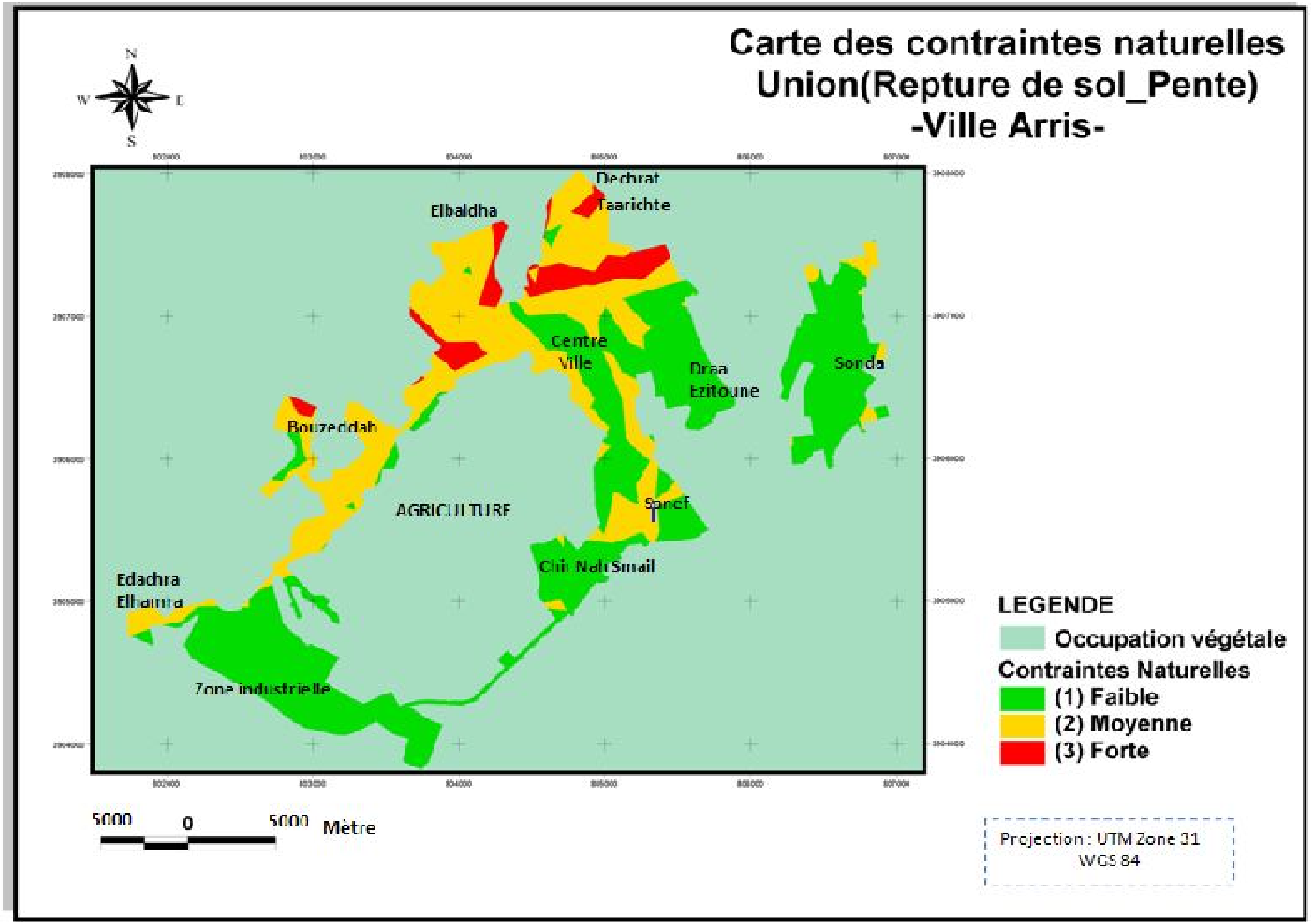


Figure 30: répartition surfacique des contraintes Naturelles.


Carte des contraintes naturelles
Union(Repture de sol_Pente)
-Ville Arris-
N
W
E
S
Dechrat
Taarichte
Elbaldha
Centre
Ville
Draa
Ezitoune
Sonda
Bouzeddah
AGRICULTURE
Sonef
Edachra
Cht Nalt Smail
Zone industrielle
LEGENDE
Occupation végétale
Contraintes Naturelles
(1) Faible
(2) Moyenne
(3) Forte
5000
0
5000
Mètre
Projection : UTM Zone 31
WGS 84

2-Contraintes anthropiques union (âge des constructions_densité de population)

Tableau 4 : Règle de décision des contraintes anthropiques union(âge des construction_densité de population).

		Age des constructions (ans)		
		Age<20 ans	Age [20-60]	Age>60 ans
		1	**2**	**3**
Densité de l'habitat	**1**	1	1	2
	2	1	2	3
	3	2	3	3

2.1. Résultat de la requête avec la répartition surfacique et spatial de l'union (2)

CONTRAINTES ANTHROPIQUES	SURFACE (Ha)	SURFACE (%)
1 **(faible)**	154.98	32.86
2 **(moyenne)**	176.20	37.35
3 **(forte)**	140.51	29.79

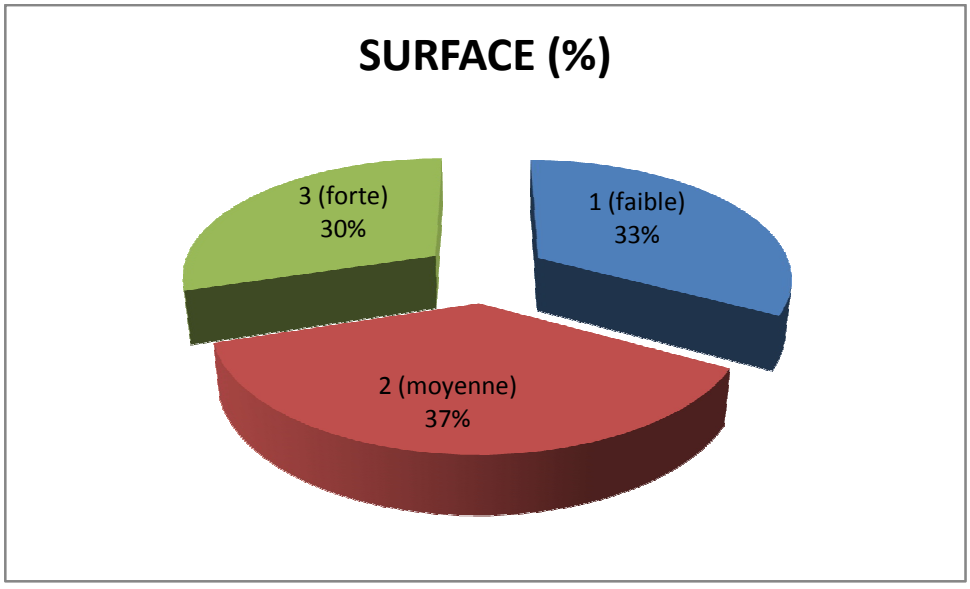
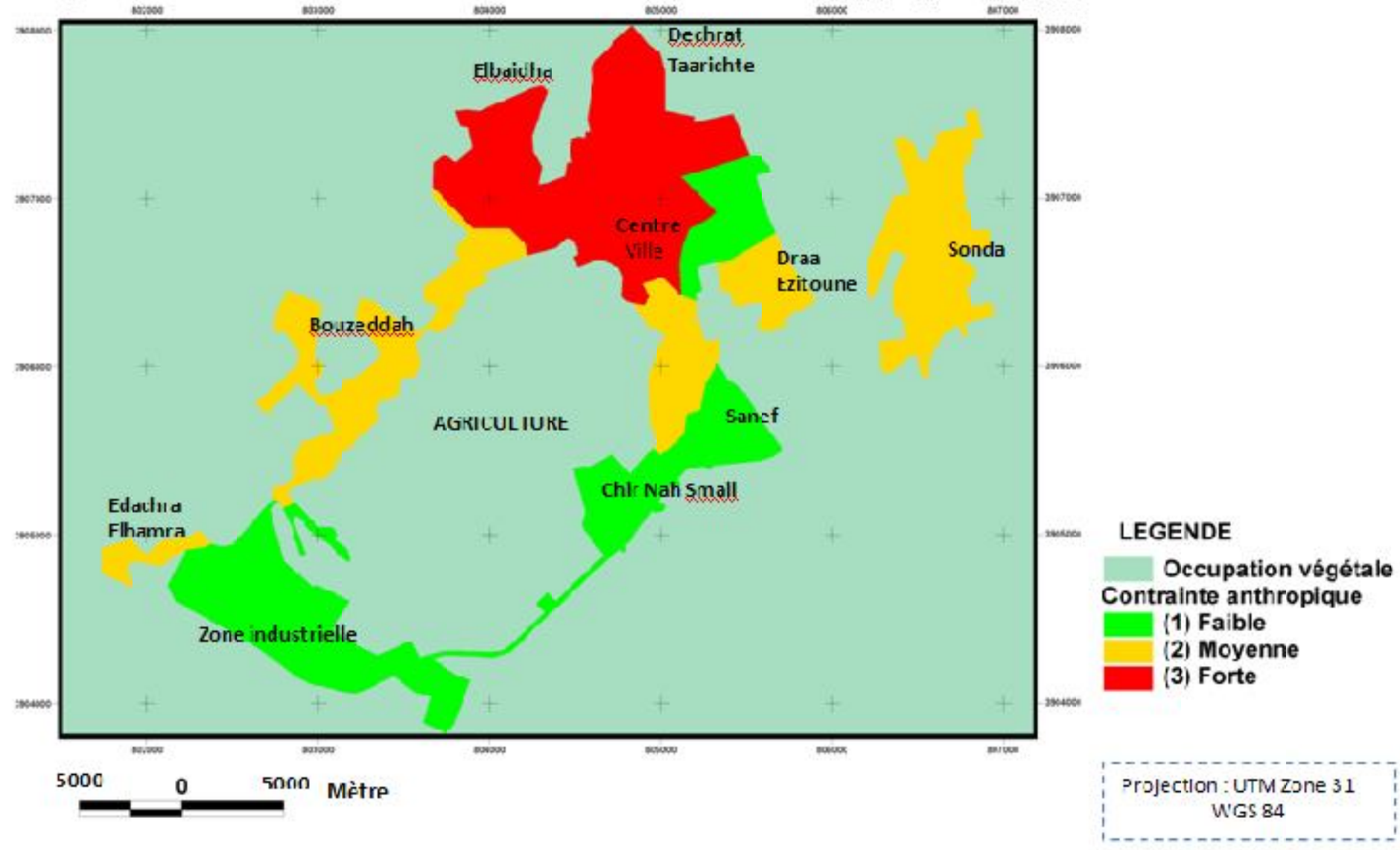


Figure 31: répartition surfacique des contraintes Anthropiques.

Carte des contraintes anthropiques
Union(Age des constructions_Densité d'habitat)
-Ville d' Arris-



3. Matrice des contraintes aux risque sismique : Union (Contraintes naturelles_ Contraintes anthropiques)

		Contraintes naturels		
		1	**2**	**3**
Contraintes anthropiques	**1**	1	1	2
	2	1	2	3
	3	2	3	3

1- Répartition spatial des zones a risque sismique sans la ville d'Arris.

RISQUE SISMIQUE	SURFACE (Ha)	SURFACE (%)
1 **(faible)**	210.98	44.72
2 **(moyen)**	134.82	28.58
3 **(fort)**	125.98	26.70

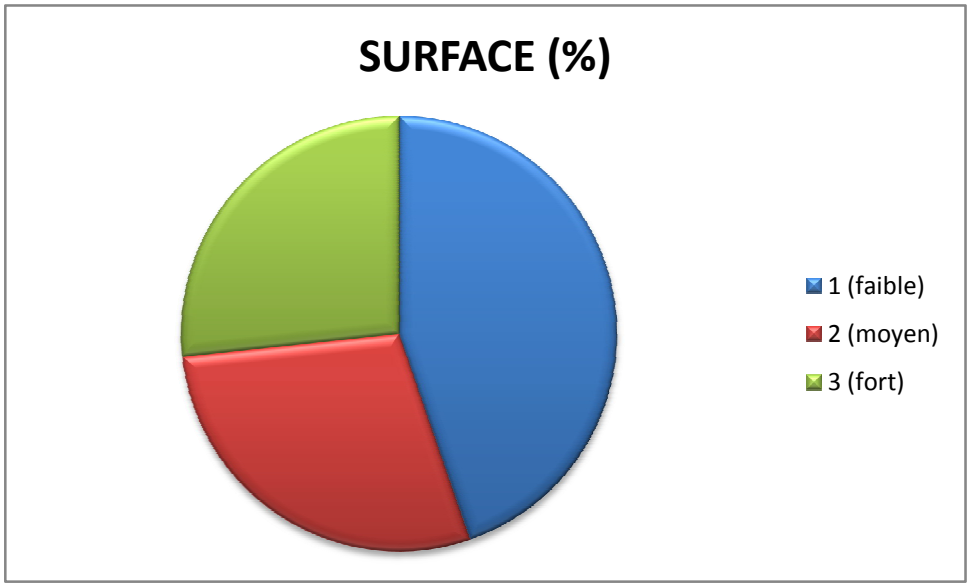
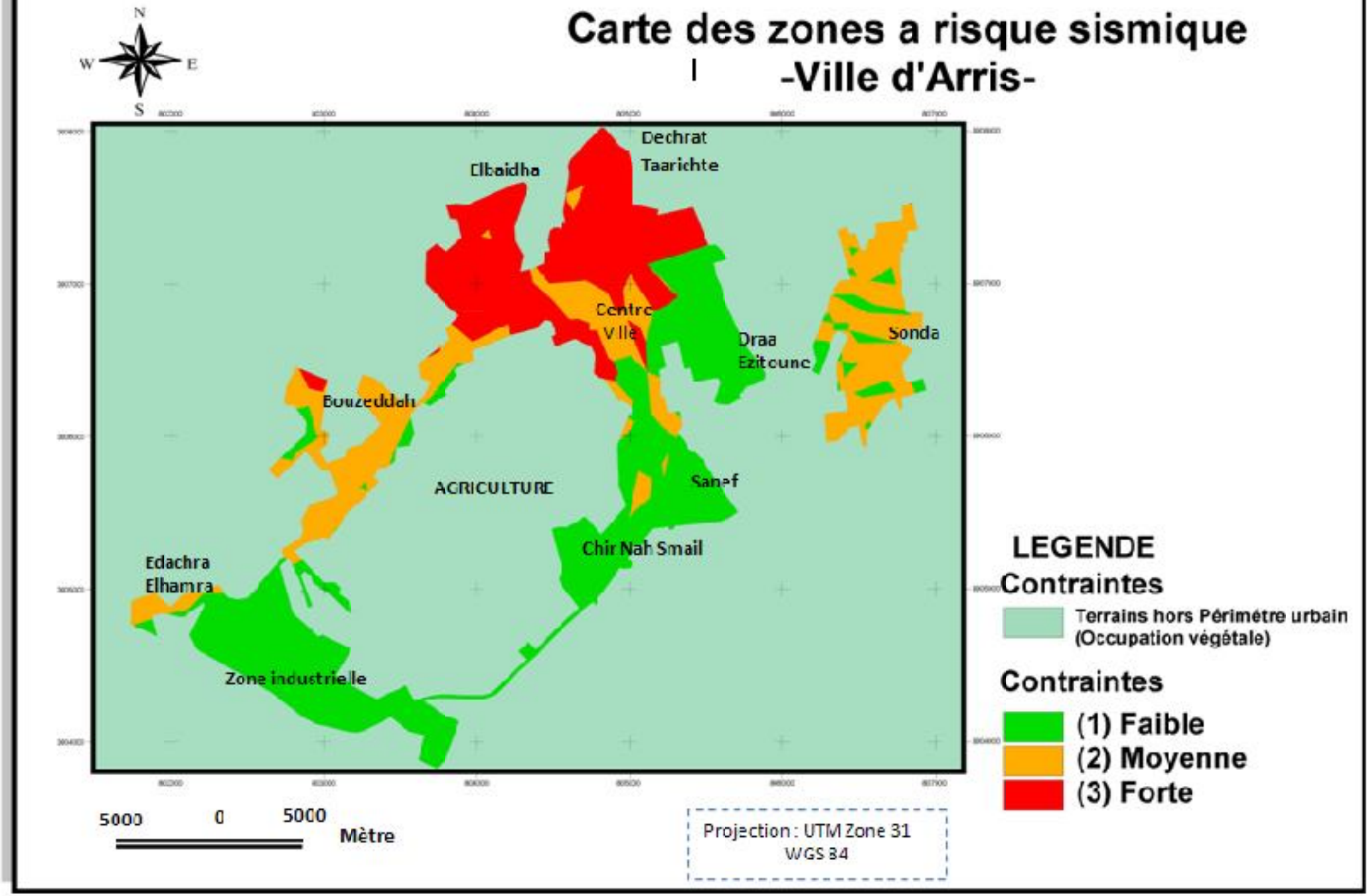


Figure 32: Répartition surfacique des zones a risque sismique.

Carte des zones a risque sismique
-Ville d'Arris-



4. RÉSULTATS

La combinaison de ces facteurs (naturels et anthropiques), suivant la règle de décision mentionnée sur le tableau 4, a permis de produire une carte thématique appelée carte des zones a risque sismique dans la ville d'Arris (figure 33). La carte élaborée comprend trois classes : faible, moyenne, et forte. Les zones à vulnérabilité faible ou moyen se trouvent dans la plaine où le degré de pente est faible (< 11°) et avec une densité de population moyennement élevée. En revanche, sur les zones ou les constructions en vituse (Précaires) dans les terrains à pente forte (> 11°), dont la densité de population et forte, sont les plus exposés au risque sismique.

Discussion

La méthodologie adoptée dans ce chapitre a permis de réaliser une carte du risque sismique.

Les zones détectées au risque sismique fort sont des zones ou la pente et élevée, occuper par une forte densité de population avec un (tissu colonial précaire), ce qui provoque des dégâts dans les constructions et les êtres vivant lors d'un séisme ou mouvement du terrain. Plusieurs points de la ville sont devenus célèbres pour leur séisme. Les premiers points touchés de la ville sont les Dechras et les secteurs urbains populaires denses (ancien tissu).

Recommandations

RECOMMANDATIONS

Quelle démarche générale pour la gestion des risques naturels ?

Dans le domaine des risques naturels, bien que des mesures de protection puissent être mises en œuvre, la réduction du niveau de risque est atteinte principalement par des **mesures de prévention**.

C'est l'**ensemble des dispositions** qui visent à réduire les impacts d'un phénomène:

- **inventaire des aléas et enjeux**,
- **information des populations** : le préfet dans chaque APC, avec la ONS (Office National des Statistiques) recense les communes soumises à des risques naturels ou technologiques et réalise le DDRM (Dossier Départemental des Risques Majeurs), le maire organise l'information de ces concitoyens dans les zones à risques dans le cadre du DICRIM (Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs),
- **connaissance des aléas** (processus),
- **réglementation de l'occupation du sol** avec la cartographie préventive et le Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN). Les PPRN ont pour objet de délimiter les zones exposées à des risques naturels prévisibles et de définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à prendre par les collectivités publiques ou les particuliers. En matière d'aménagement, le maire élabore les plans d'occupations des sols (POS) ou le plan local d'urbanisme (PLU).
- **prévision et alerte** (surveillance) qui dépendent du type d'aléa concerné,
- **plans de secours** et **gestion de crises**.

Le **PPR (Plan de Prévention des Risques)** comporte une note de présentation ainsi qu'un ou plusieurs documents graphiques (carte informative des phénomènes naturels historiques et actifs, carte des aléas, carte des enjeux, zonage réglementaire). Les risques technologiques sont décrits dans le **PPRT** avec un principe d'élaboration assez similaire à celui du **PPRN**.

Ces documents permettent au maire de mettre en place le **PCS** (Plan Communal de Sauvegarde) qui décrit l'organisation de la sauvegarde des populations en cas d'accident majeur.

Pour la gestion des risques naturels, les **Systèmes d'Information Géographique (SIG)** sont très souvent utilisés. Il s'agit de systèmes informatiques qui permettent, à partir de diverses sources, de rassembler, d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement (géoréférencées). L'ensemble des informations géographiques intégrées forment une base de données géographique. Une information géographique désigne toute information (coordonnées géographiques ou cartographiques et légende) sur des objets ou des phénomènes localisables à la surface de la terre. Un SIG permet par exemple de gérer des informations de divers types (images satellites, photos aériennes, cartes, données chiffrées, bases de données, etc) et de faire des requêtes (classiques et spatiales).

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Les risques majeurs sont devenus une réalité à prendre en considération dans toute organisation ou aménagement de l'espace.

En effet les changements climatiques globaux a très peu perceptible dans l'état actuel des connaissances mais dont les écarts de fonctionnement des systèmes hydrologiques laissant entrevoir des mutations importantes. Par ailleurs l'activité sismique persistante et grandissante faisant de l'Algérie un espace à risque sismique confirmé.

Si l'espace géographique se décline en termes d'atout et de contrainte, notre travaille de recherche consiste plutôt a évaluer et a mettre en évidence les contraints dans un espace montagneux pouvant être vulnérable aux risques majeurs.

L'analyse spatiale de la région d'Arris en général et de l'espace urbain de la ville d'Arris en particulier nous a permet d'un part que le milieu dans sa composante physique et humaine est source de vulnérabilité.

* En effet L'étude des caractéristiques physiques de la région d'Arris favorable à l'écoulement superficiel du point de vue topographique, le relief de la région se caractérise par des altitudes fortes a très forte.

* Les formations géologiques sont constitués de plusieurs formations imperméables dans l'ensemble (calcaires, marnes …..) favorisants l'écoulement superficiel.

* La couverture végétale occupe une zone très réduite .et reflète l'influence du climat semi aride qui se caractérisé par une pluviométrie faible et irrégulière

* La variation mensuelle et saisonnière des pluies est très remarquable, les saisons les plus pluvieuses sont les saisons d'automne et de printemps

* La mutation sociétale profonde s'est appariée induisant leur organisation de l'espace un conforme aux aptitudes du milieu et constitue les causes d'une grande vulnérabilité.

En revanche ce travail représente une approche dans l'évaluation et la spatialisation des contraintes pour la cartographie et la gestion des risques en montagne. Il s'agit de l'intégration des données codifié par des indices (une classification varie entre faible et très fort) à un système d'information géographique qui nous donne la possibilité d'analyser et de combiner les contraintes entre eux par la méthode matricielle (règle de

discisions) Cette étude pluridisciplinaire a également permis d'acquérir une meilleure connaissance des contraintes et de leurs interactions dans la région d'Arris et de proposer aux autorités locales un outil d'aide à la décision performant pour la région. Les systèmes d'information géographique (SIG) offrent actuellement des résultats concrets essentiellement sous forme de réalisations cartographiques (Analyse des contraintes, Cartographie des zones a risques,……). Mais la prise de conscience de l'intérêt de l'outil, à travers ses possibilités de représentation, d'analyse et de modélisation du monde réel et en tant que plateforme mutualisée d'échanges est réelle.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

ANRH. 2000. Les sols d'Algérie. Document Ronéo, 52p.

Badraoui M. et Vogt, 1997. Application de la télédétection à l'inventaire et à la cartographie des sols et de la végétation dans le Pré-Rif marneux au Nord Ouest du Maroc (Région de Ouezzane). ANRH-IAV Hassan II-LECT-GTZ. Rapport du Projet d'Aménagement Intégré du Bassin Versant de oued Mina, Algérie

Badraoui M., Rouchdi M, Chimi H., Soudi B., Mhamdi A. 2000. Analyse Environnementale Initiale du Projet SIGEK. Système Intégré de Gestion de l'Environnement de la ville de Khouribga au Maroc. EFESO-IAV Hassan II

Badraoui M., Rouchdi M., Pascal N., Yachou H. 2001. Elaboration d'une base de donnée sous SIG pour la gestion intégrée du PMVB de Tanant. Rapport du projet. IAV Hassan II-DAF-AGR-Ct de Tanant

Djili K. 2002. Les cartes et les bases de données des ressources en sol en Algérie. In FAO ed., Proc. De l'atelier sur les bases de données SOTER dans les pays de l'UMA, 12 au 16 Nov. 2001, Rabat, Maroc.

Escadafal R. et Girard M.C. 1993. Observing arid land with SPOT and TM: what can be remotely sensed. Sistema Terra. Vol. 3:31-32

GTZ 1996. L'aménagement des zones marneuses dans les bassins versants des montagnes de l'Atlas Tellien semi aride. Schriftenreihe GTZ N° 256

Merzouk A., Badraoui M., Fassi D., Bonn F., Gwyn Q.H.J., Hinse M. 1990. Essai méthodologique pour le classement et la cartographie des Terres en vue de la conservation des sols et des eaux en zones arides. Apport de la télédétection. In J.M. Dubois et P. La France eds. Apport de la télédétection à la lutte contre la sécheresse : 163-171, AUPELF-UREF

Tahri M., Kabbasi M., El Kenz M., Badraoui M. 1996. Application de la télédétection et du SIG à la cartographie des sols à croûtes calcaires dans le Sahel des Doukkala, Maroc. Rapport du projet MAMVA-DPAE-MRAC

Vogt T. 1991. Télédétection et risque de désertification : inventaire par télédétection des types de surface (données Landsat TM) Oasis de Mareth, Sud Tunisien. Sym. Inter. Cartog. Thematique dérivée des images satéllitaires. Saint Mandé. Bull. Comité Français de Cartographie, 127-128 : 178-181.

CPCS. 1967. Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols en France. Classification pédologique française.

Bet Hafiane. Revision de Plans directeur d'amenagement et d'urbanisme –commune d'Arris. Direction d'urbanisme –Batna- 2011.

Bet hydrame. Chargée d'étude (Merdassi. Abdelmoumene.). Shimat directeur de gestion des déchées inter communal –Arris-. Direction de l'environement wilaya de Batna 2006-2007.

Direction de la planification et de l'aménagement du territoire. Monographie de la wilaya de Batna Année 2008. Edition Mars 2009.

Jocelyne DUBOIS-MAURY. Claude CHALINE. Les risques urbains. Edition ARMAND COLIN 2eme édition. Mai 2004.

Direction de la planification et de l'aménagement du territoire. plan d'aménagement de la Wilaya de Batna (Phase I). L'agence nationale de l'aménagement du territoire (ANAT). Janvier 2008.

Belkhiri Kamel. Contrôle rapide des structures en relation avec le risque et evaluation des dommages causés par une catastrophe naturelle : cas de séisme .Mémoire de majestère. Univ Batna 2005/2006.

Georges. Roset. Escalier du désert. L'Aurès.

Capitaine Paillard. Chef de S.A.S. Rapport de la monographie des Aurès. (1961).

Noalwenn DUBOS. Contribution à l'évaluation du risque sismique dans les Pyrénées centrales. THÈSE de doctorat. Université Toulouse III - Paul Sabatier Octobre 2003.

Site Internet

- http://www.cemagref.fr/Informations/DossiersThematiquesOld/dossierrisquesnaturels/exemples/risques-inondation/risques-inondation.htm
- http://www.cemagref.fr/Informations/DossiersThematiquesOld/dossierrisquesnaturels/exemples/restauration/restauration.htm
- http://vendargues.infos.free.fr/documents/f_ppripr1.htm
- http://www.cafe-geo.net/article.php3?id_article=38
- http://www.mementodumaire.net/03dispositions/DGu1.htm
- http://www.planseisme.fr/IMG/pdf/lettre_plan_seisme_decembre09.pdf
- http://colleges.planete-tp.com/IMG/pdf/FR1_sismique_cle735a1f.pdf
- http://www.ville-loos.fr/FCKeditorFiles/File/autres/DICRIM.pdf
- http://eprints2.insa-strasbourg.fr/309/1/rapport_final_jean_francois_garcia.pdf
- http://lewebpedagogique.com/histoire-geographie/2011/04/28/contraintes-et-risques-naturels-dans-la-gestion-d%E2%80%99un-milieu-montagnard-l%E2%80%99exemple-alpin/

- http://lewebpedagogique.com/geotrouvetout/2011/04/28/contraintes-et-risques-naturels-dans-la-gestion-dun-milieu-montagnard-lexemple-alpin/
- http://vertigo.revues.org/9086
- http://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=23&ved=0CCcQFjACOBQ&url=http%3A%2F%2Fwww.omranet.com%2Fvb%2Fattachment.php%3Fattachmentid%3D840%26d%3D1253887442&rct=j&q=questions%20sur%20les%20contraintes%20naturelles%20pour%20la%20g%C3%A9stion%20des%20risques&ei=RYa6TeiqDZG0hAf4gbHKBQ&usg=AFQjCNGG4ApiSSBqvH5EkHIIyEFIgRDP0Q&cad=rja