

# ÉLABORATION D'UNE CARTE DE VULNERABILITE DU SOL AUX EFFETS INDUITS PAR SEISME (VILLE DE CHLEF- ALGERIE)

## DEVELOPMENT OF A SOIL VULNERABILITY MAP OF EFFECTS INDUCED BY EARTHQUAKE FOR CHLEF CITY (ALGERIA)

Z. Boutaraa<sup>1</sup>, AER. Benmehache<sup>2</sup>, N. Bensalem<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire des sciences des matériaux et de l'environnement. Université Hassiba Ben Bouali. Chlef (02000), Algérie : [zahra-boutaraa@hotmail.fr](mailto:zahra-boutaraa@hotmail.fr)

<sup>2</sup>Université Hassiba Ben Bouali. Chlef (02000), Algérie.

**RÉSUMÉ** : En Algérie, la ville de Chlef dont l'histoire sismique est bien connue, est implantée dans une vallée alluvionnaire augmentant le risque sismique auquel elle est soumise. En exploitant les données géotechniques disponibles et moyennant l'outil SIG, ce travail vise l'élaboration d'une carte de vulnérabilité du sol aux effets induits par le séisme pour cette ville.

### ABSTRACT

In Algeria, Chlef city whose seismic history is well known is located in an alluvial valley increasing the seismic risk to which it is subject. By exploiting geotechnical data available and the GIS tool, this work involves the development of a soil map of vulnerability of the effects induced by the earthquake in this city.

### 1. Introduction

Le séisme d'El-Asnam 1980 a permis de démontrer scientifiquement que de violents séismes pouvaient se produire en Algérie du Nord et que cette région subissait l'affrontement des plaques tectoniques Africaine et Eurasiatique (Aouadia et al.,2000). Avant ce séisme, bien qu'il ait eu une cartographie géologique de la région, aucune étude de la sismicité de la région d'El-Asnam n'avait été faite. Les estimations de l'aléa sismique étaient fondées uniquement sur des données historiques. Grâce à ce séisme que plusieurs études ont été menées par les scientifiques pour essayer de mieux comprendre la sismicité du nord de l'Algérie. C'est ainsi que suite à la demande du gouvernement Algérien, l'étude de la sismicité de la région de Chlef (ex El Asnam) a été entreprise par le WCC (Woodward Clade Consultants) en 1983 et achevée un an plus tard.

En se basant sur la dite étude, nous avons élaboré une carte de vulnérabilité du sol aux effets induits par le séisme qui puisse être exploitable par les gestionnaires du risque sismique au niveau local.

### 2. Présentation de la zone d'étude

Située au cœur de la vallée du Chelif, au milieu d'une vaste plaine comprise entre les reliefs de Médjadja et la chaîne du Dahra au nord et les monts de l'Ouarsenis au sud, au

lieu de confluence des oueds du Chélif et du Tsighaouet, Chlef (ex-El-Asnam) est à mi-chemin des deux grandes villes du pays Alger et Oran.

Traversée par les deux axes routiers principaux RN 4 et la RN 19, l'autoroute Est-Ouest et la ligne ferroviaire, elle est considérée comme un véritable comptoir économique reliant l'ouest au centre du pays et un carrefour entre deux grands Pôles industriels en Algérie.

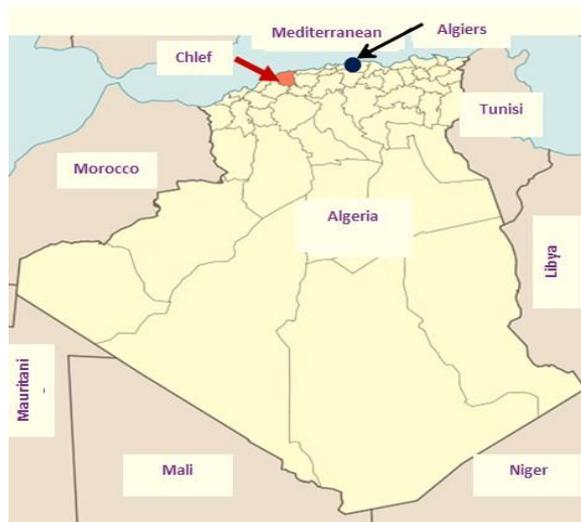


Figure 1. Localisation de la ville de Chlef en Algérie.

### 3. L'aléa sismique dans la ville de Chlef

Chlef a été le siège de plusieurs séismes majeurs. Durant le siècle dernier, deux séismes majeurs : celui de 1954 et celui de 1980 ont ravagé la ville et causé la mort de milliers de personnes et des dégâts matériels considérables. Ce dernier séisme fut le plus important qu'ait connu la région nord-africaine (Beldjoudi et al., 2011).

Les éléments géologiques obtenus au cours de l'étude de microzonation indiquent que des événements semblables se sont produits de façon répétée pendant au moins les 1 500 dernières années et il est très probable que des séismes dévastateurs se produiront à l'avenir dans la région (WCC, 1984). des études ont mis en évidence l'existence de plusieurs failles actives (Yelles-Chaouche et al., 2010).

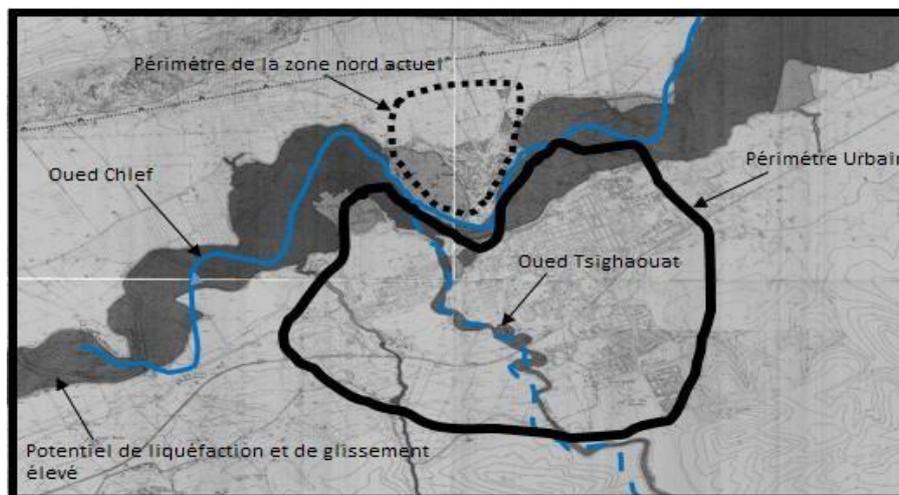
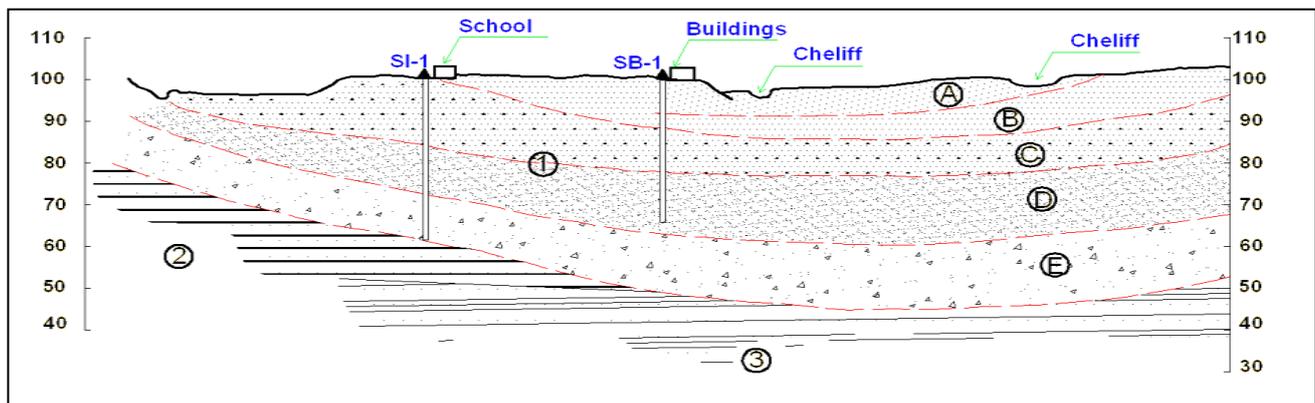


Figure 2. Carte de mouvements de terrain (à partir de la carte WCC, 1984).

#### 4. Contexte géologique de la zone d'étude

Les formations géologiques dans la ville de Chlef sont principalement, des dépôts d'alluvions sableuses et caillouteuses et des alluvions sableuses limoneuses. La figure 3 schématise le profil géologique type du centre-ville de Chlef, produit suite à la campagne d'investigation géotechnique organisée par l'organisme de contrôle technique de la construction et réalisée sur site par les laboratoires LTPB et LNHC (Petrovski et al., 1993).



#### Legend:

- ① **Quaternary: sand, gravel, clay:** A:  $V_s = 230$  m/sec, B:  $V_s = 350$  m/sec, C:  $V_s = 500$  m/sec, D:  $V_s = 550$  m/sec, E:  $V_s = 580$  m/sec
- ② **Tortonian: limestone, sandstone**  $V_s = 1000$  m/sec
- ③ **Helvetian: marl**  $V_s = 1000$  m/sec

Figure 3 . profil de sol type au niveau du centre-ville de Chlef (carte produite à partir de Petrovski and al., 1993)

Sur ce profil, les formations de l'âge quaternaire qui sont principalement des sables, des graviers et de l'argile, constituent les couches de sol superficiel (jusqu'à environ 50 mètres de profondeur). Ces couches présentent des caractéristiques d'un sol meuble avec des vitesses de l'onde de cisaillement allant de 230 à 350 m/s, ce qui est classé par le règlement parasismique Algérien en sol meuble (RPA, 1983). Ce sol, amplifie les ondes sismiques par effet de site.

Le niveau piézométrique dans la ville est variable entre - 3 mètre aux abords des oueds Chellif et Tsighaouet à une profondeur variant de -5 à plus de - 10 mètres dans la majorité des sites.

Pour compléter la base de données, des investigations géotechniques plus récentes ont été faites dans des zones d'extension urbaine actuelle non concernées par les anciennes études. La description des profils de sol obtenus des différents sondages sont donnés dans le tableau 1.

L'analyse du tableau 1, indique que les nouvelles zones d'extension urbaine de la ville, se fondent sur un sol de calcaire argileux assez compact avec absence de nappe d'eau, ce qui le rend donc non vulnérable aux effets induits par le séisme.

Contrairement aux nouvelles zones d'extension, le centre-ville, le quartier nord et la zone Est, sont traversés par des terrains à risque de tassement, de liquéfaction et de glissement notamment aux abords des deux oueds franchissant la ville. Ces risques peuvent être modérés à élevés selon les constatations de l'étude de microzonation.

Tableau 1. Profils de sol dans les zones d'extension urbaine actuelle de la ville de Chlef

Zone	Profondeur	Description
OUEST (Nouvelle ville)	0.00 – 0.60 m	Terre Végétale.
	0.60 – 7.00 m	d'Argile limoneuse à sablo limoneuse brunâtre à rougeâtre graveleuse à concrétion de calcaire.
	7.00 – 10.00 m	Galets et graviers d'oued.
Sud Est 1	0.00 à 0.40 m	Couche de Remblai
	0.40 – 10.00 m	Tuf calcaireux beige à jaunâtre compact à consolider.
Sud Est 2	0.00 - 1 m	Couche de Remblai
	1.00 - 10.00 m	Tuf calcaireux argileux beige à jaunâtre de plus en plus compact vers la base.
Extension (centre-ville)	0.00 - 2 m	Couche de Remblai
	2.00- 10.00 m	Tuf calcaireux argileux beige à blanchâtre compact.

## 5. Base de données utilisée et méthodologie de cartographie

Une collecte de données sur le bâti, l'aléa sismique et la géologie du sol complétée par des investigations sur terrain pour les nouvelles extensions urbaines a été entreprise.

Moyennant l'outil SIG (Système d'Information Géographique), des données de type raster (image satellitaire, plan directeur d'urbanisme ...etc) sont utilisées et géréférencées, d'où la délimitation précise par des coordonnées géographiques de l'espace étudié. Pour assurer la superposition de plans, les différentes couches d'informations doivent avoir le même système de projection. On obtient ainsi une base de données géographique.

En première phase, les cartes des entités urbaines et du réseau routier de la ville sont établies (figure 4). Les cartes de vulnérabilité du sol aux trois effets induits sont ensuite produites. Celles-ci associent aux données spatiales des données alphanumériques décrivant la nature et les caractéristiques des objets spatiaux représentés .La figure 5 illustre les étapes d'établissement de ces cartes.

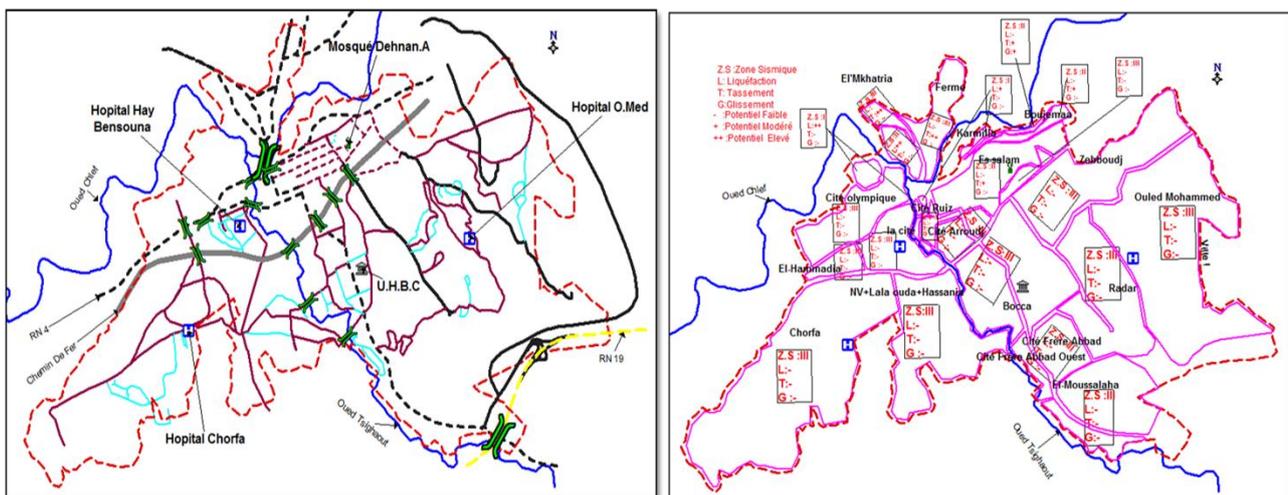


Figure 4. Carte de des entités urbaines (gauche) et du réseau routier (droite) de la ville

Le périmètre d'étude est divisé en cinq zones sur la base de repères physiques (routes nationale, Oued Chellif et Tsighaout). La carte des entités urbaines, regroupe les cinq principaux districts de la ville, leurs zones sismiques et leur potentiel d'effets induits par le séisme, selon l'étude de microzonation.

Celle du réseau routier représente les principaux axes dans la ville dont l'interruption serait pénalisante à l'acheminement des secours en cas de crise sismique.



Figure 5. Etapes d'établissement des cartes de vulnérabilité du sol aux effets induits.

## 6. Résultats et discussion

Les cartes de vulnérabilité du sol au glissement, au tassement et à la liquéfaction sont représentées par les figures 6,7 et 8 ci-dessous.

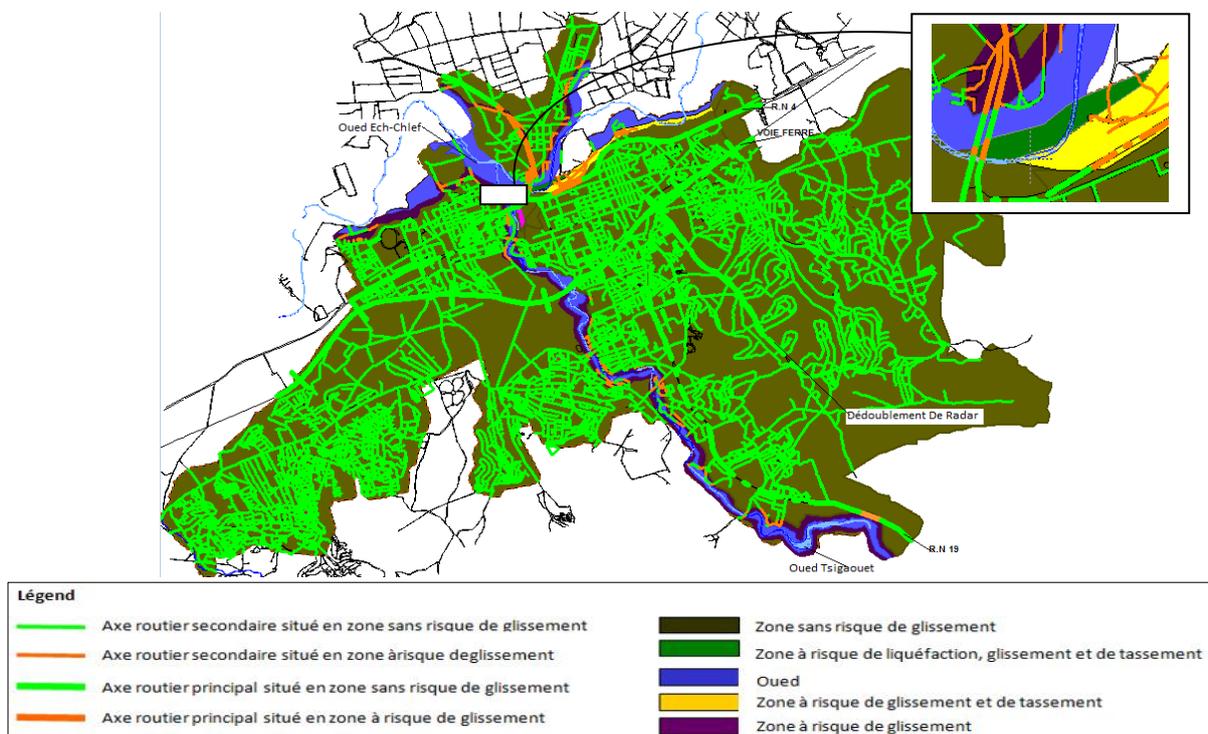


Figure 6. Carte de vulnérabilité du sol au glissement.

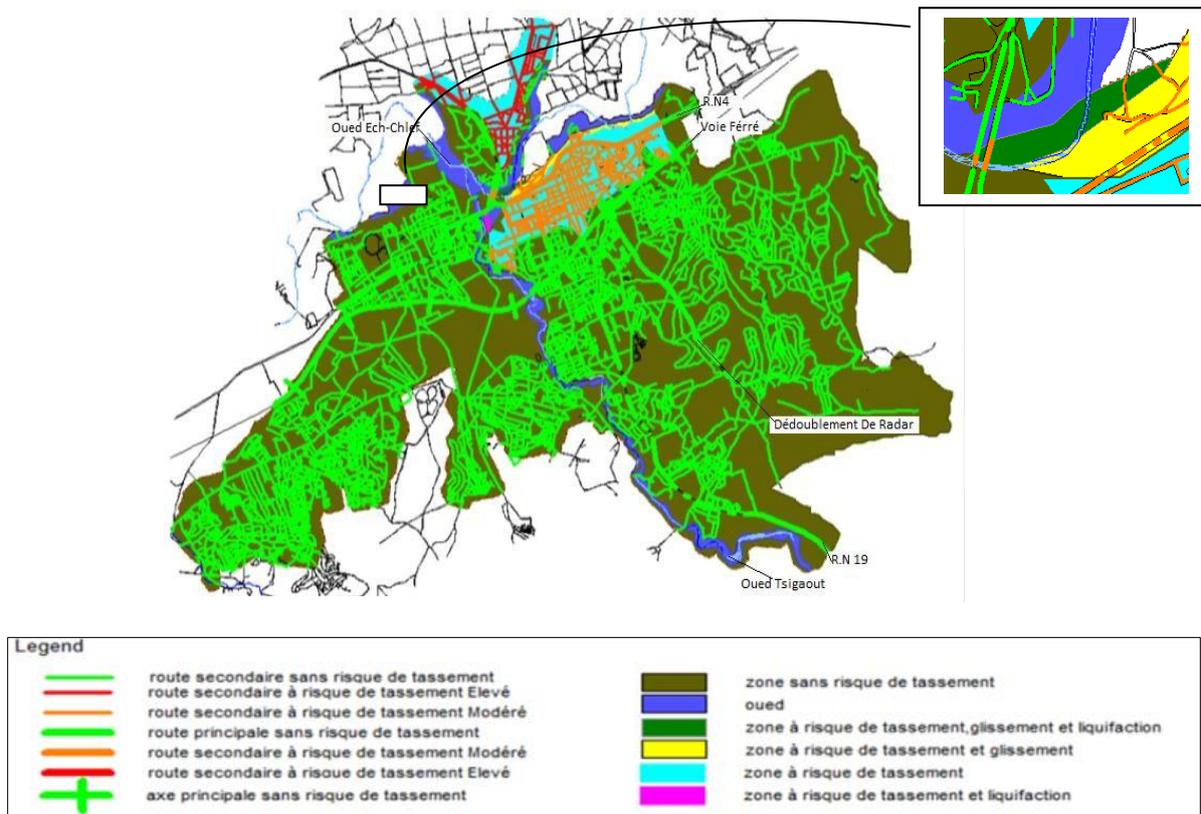


Figure 7. Carte de vulnérabilité du sol au tassement.

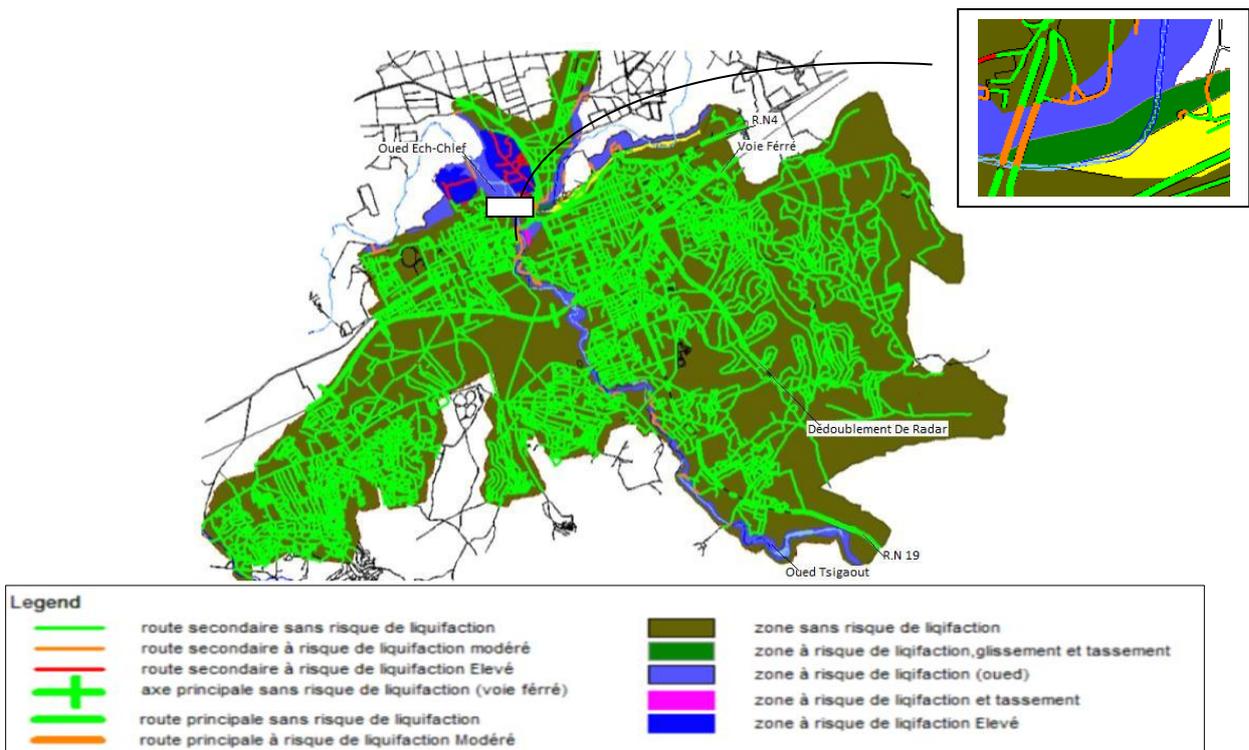


Figure 8. Carte de vulnérabilité du sol à la liquéfaction.

On remarque que les zones limitrophes aux deux oueds traversant la ville, risquent des glissements induits par le séisme. De nouvelles constructions sont bâties sur ces zones à risque notamment au nord au sud-est et à l'est de la ville. Deux axes principaux sont également situés, dans leurs tronçons franchissant la ville, en cette zone à risque. Le tassement est prépondérant dans le district nord et au centre-ville. Ainsi ces deux zones sont menacées par ce risque en cas de secousse sismique. Des terrains situés dans le lit majeur de l'oued Chellif sont liquéfiables et les structures qui y sont implantées sont menacées par ce risque également.

## 7. Conclusion

Cette communication résume le travail fait pour l'élaboration de cartes de vulnérabilité du sol aux effets induits par le séisme (tassement, glissement et liquéfaction) dans la ville de Chlef. Il est à constater que les zones les plus vulnérables au tassement et au glissement, sont celle située au nord et au centre-ville. Par contre les autres zones ne sont pas soumises à un risque important. Cependant, il est à souligner que toutes les zones situées à proximité des Oueds (Chellif et Tsighaouet) risquent de subir une liquéfaction ou un glissement en cas d'un séisme. Le risque de tassement étant continuellement présent même sous sollicitations statiques dans ces bordures limitrophes qui connaissent actuellement une urbanisation anarchique et illicite.

Les cartes produites dans ce travail, constituent un important outil facilement exploitable par les gestionnaires locaux du risque sismique, aussi bien au moment de crise pour identifier les itinéraires courts et sûrs pour l'évacuation des blessés et l'acheminement des secours, qu'en phase amont d'une situation de crise sismique ; localisation des sections vulnérables afin de prévoir les solutions adéquates et les mettre en œuvre : interdiction d'urbanisation, renforcement du sol...etc.

## 8. Références bibliographiques

- Aoudia A., Vaccari F., Suhadolc P. and Meghraoui M. (2000). Seismogenic potential and earthquake hazard assessment in the Tell Atlas of Algeria. *Journal of Seismology* 4, pp. 79-98.
- Beldjoudi, H., B. Delouis, A. Heddar, O. B. Nouar, and A. Yelles-Chaouche (2011), The Tadjena Earthquake (Mw=5.0) of December 16, 2006 in the Cheliff Region (Northern Algeria): Waveform Modelling, Regional Stresses, and Relation with the Boukadir Fault. *Pure and Applied Geophysics*, 169(4), pp. 677-691.
- Petrovski J., Milutinovic Z., Korchi M., Ameer B. et Aleksovski D. (1993). Influence of Local Soil Conditions on Modification of Ground Motions in the Region of El-Asnam. *Actes du Vème Séminaire Maghrébin du Génie Parasismique. Alger, Volume 2, pp. 373-378*
- Règlement parasismique algérien (1983). Ministère de l'urbanisme et de la construction, Alger.
- Woodward-Clyde Consultants (1984). Etude d'Aléa Sismique, Micro zonation sismique de la région D'EchChliff Algérie, *volume 1, Alger*
- Yelles Chaouch A. E. K., Boudiaf A., Djellit H. et Bracene R. (2010). La tectonique active de la région nord-algérienne. *Centre de recherche en astronomie, astrophysique et géophysique, Alger.*