### https://doi.org/10.5719/aub-g/70.1/3

# VULNÉRABILITÉ AUX ALÉAS SISMIQUE DANS LA VILLE D'AGADIR – MAROC. ÉTUDE PAR SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

#### BADREDDINE ENNASSIRI¹, SAID MOUAK²

#### Résumé

Se situant dans une zone à forte exposition à plusieurs facteurs amplificateurs de l'aléa sismique, la ville d'Agadir a subi des tremblements de terre dont un dévastateur en 1960.

A travers cette étude, nous mettons l'accent sur les liens entre la sismicité et la géomorphologie de la ville, par l'identification des facteurs physiques amplifiant le phénomène sismique. La modélisation par systèmes d'informations géographique, s'est faite à travers la superposition de cinq facteurs physiques et humains de nature à aggraver la vulnérabilité aux séismes, afin d'obtenir un zonage de la ville d'Agadir selon l'ampleur du risque sismique.

Ce travail a démontré que les zones ayant un risque sismique élevée sont celles qui reposent sur des formations géologiques meubles et des structures faillées. En outre, l'étude a permis de pointer du doigt des défaillances dans la gestion immobilière et l'aménagement de la ville, en montrant que des zones à risque sismique évident, font l'objet de constructions et d'occupations du sol stratégiques, voire vitales pour la population d'Agadir. Les fraudes en matière de construction sont quant à elles, identifiées et caractérisées en suivant une approche cartographique analytique.

Mots clés: Risque naturel, Vulnérabilité, Sismicité, SIG, Agadir.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Equipe de recherche, Espace, Société, Environnement, Aménagement et Développement (ESEAD), Faculté des Langues, des Arts et des Sciences Humaines. Université Ibn Zohr, Agadir, E-mail: badr.ennassiri@gmail.com

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Laboratoire : Dynamiques des Espaces et des Sociétés, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines - Mohammedia. Université HASSAN II – Casablanca, E-mail : mouaksaid@gmail.com

#### Abstract

### VULNERABILITY OF SEISMIC HAZARDS IN AGADIR CITY – MOROCCO A STUDY BY GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Located in an area with high exposure to several factors that amplify the seismic hazard, the city of Agadir has suffered devastating earthquakes on several occasions, including the one of 1960. Through this study, we focused on the links between seismicity and the geomorphology of the city, by identifying the physical factors that amplify the seismic phenomenon. The modelling by geographical information systems, was done through the combination of five physical and human factors likely to amplify the vulnerability to earthquakes, in order to obtain a zoning of the city of Agadir according to the magnitude of the seismic risk. This work has shown that areas of high seismic risk are those based on loose geological formations and faulted structures. In addition, the study pointed to shortcomings in property management and town planning, showing that areas with a clear seismic risk are the subject of significant construction and land use, even vital for the population of Agadir. Construction fraud is identified and characterized by an analytical cartographic approach.

Keywords: Natural risk, Vulnerability, Seismicity, GIS, Agadir

### Introduction

L'histoire moderne de la ville d'Agadir restera marquée à jamais par le tremblement de terre dévastateur du 29 février 1960. A partir de cette date, et tenant compte de l'extrême gravité des dégâts en termes de vies humaines et de pertes matérielles, la communauté scientifique a pris conscience de la nécessité de l'appréhension et de l'étude scientifique du risque sismique, dans une perspective au mieux, de permettre la prévision de l'évènement sismique, et au moins de réduire la vulnérabilité des zones exposées en les identifiant et en les classifiant.

L'aléa sismique à Agadir et au Maroc a fait l'objet de plusieurs études, (Noin 1960; Hatzfeld, 1978; Ait brahim 1986; Cherkaoui et al, 1991; Asebriy, 1995; Seber et al, 1996; El alami et al, 1998; Medina et al, 1998; Mridekh, 2010). La plupart de ces études, se sont focalisées essentiellement sur la géophysique et les facteurs géo-structuraux. En revanche, les modèles cartographiques permettant l'évaluation du site dans l'amplification des séismes comme le modèle OWA, un des modèles d'évaluation multicritères (Mokarram, Pourghasemi 2019, Grecu et al. 2014, 2020).

Les études portant sur la sismicité au Maroc, ont montré que la ville d'Agadir a enregistré de nombreux mouvements sismiques (El Mrabet 1991). Elle a été violemment secouée par un tremblement de terre en 1960 d'une magnitude Md de l'ordre de 5.8. C'est le séisme le plus violent que le Maroc a subi pendant le 20<sup>éme</sup> siècle (Noin 1960). L'énergie libérée au foyer est estimée à 1020 ergs, équivalente à celle produite par une explosion de 2500 tonnes de TNT. Les pertes en vies humaines ont été dramatiques avec plus de 12.000 morts, tandis que les dégâts matériels ont été estimés à plus de 290 millions de Dollars. En somme, ce désastre a causé une destruction quasi-totale de certains quartiers de la ville (El Alami et al 2001). En sachant que les normes parasismiques n'étaient pas de rigueur dans les plans d'aménagement et de l'urbanisme de l'époque (Birouk et al 2001).

Les conditions géologiques et pédologiques locales ont un impact sur l'amplification des mouvements sismiques (Benbouras 2018), tel est le cas pour les séismes de Loma Prieta en 1994 à Mexico, Boumerdas 2013 en Algérie, à Chi-Chi, à Kashmir en 2005, à Wenchuan en 2008 (Sun et Chung 2008 in Benbouras 2018); en Apeninie-Aquila, 2009-Italie, en Carpathe – Vrancea 1977 – Roumanie (Radulian 2012; Grecu 2016), etc.

La structure géologique et les caractéristiques pédologiques et topographiques, contrôlent la répartition irrégulière de l'intensité sismique sur des distances relativement courtes dans les zones urbaines (Benbouras 2018). Des dommages sismiques graves causés principalement par les effets du site ont été observés dans les zones urbaines situées sur des bassins alluviaux, qui présentent des irrégularités géomorphologiques et géologiques (Benbouras 2018).

L'intégration des données structurales, géologiques, géotechnique et humaines dans un Système d'Information Géographique s'est avérée dans de nombreux cas d'études (Benbouras et al 2017), (Sung-Ho, Chookg-Ki 2010) (Benbouras 2018), (Mokarram, Pourghasemi 2019) comme étant une approche efficiente pour estimer l'effet du site et l'ampleur du risque sismique. Cette méthode facilite également l'identification et le zonage de la vulnérabilité face aux mouvements de la Terre. L'usage des SIG, permet d'actualiser l'information, et de gérer et faciliter l'analyse des données spatiales. Il consiste à superposer et à spatialiser les informations géologiques, structurales et humaines, afin de déterminer la vulnérabilité sismique de la ville.

L'objectif de cette étude, est de déterminer l'effet du site dans l'amplification des séismes dans ville d'Agadir, à travers une modélisation cartographique basée sur les caractéristiques morphologiques, structurales et humaines. Afin d'obtenir une carte de vulnérabilité sismique et déterminer les zones vulnérables aux tremblements de terre. Cette étude tente également de faire la lumière sur les politiques d'aménagement spécifiques aux zones sujettes au risque sismique au Maroc, et sur l'application de ces politiques dans la ville d'Agadir, en suivant une démarche cartographique et analytique.

### I. La zone d'étude

Agadir se situe entre les latitudes 30°10"N et 30°40"N et les longitudes 9°25"W et 9°52"W. Elle appartient administrativement à la Région de Souss-Massa, se trouvant entre la province de Taroudannt à l'Est, l'océan Atlantique à l'Ouest, le cap Ghir au Nord et l'Oued Massa vers le Sud (Fig. 1).

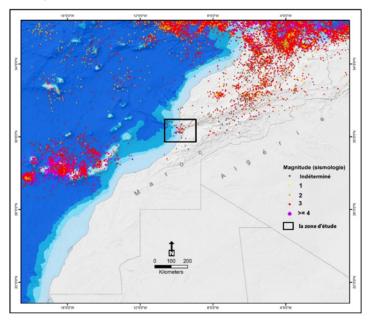


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

Source: Données de l'institut géographique Espagnol 2019, et les données du Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique (CNRST), 2019 La topographie n'est pas très élevée et est quasiment uniforme entre 0 et 150 m. Néanmoins, elle s'élève à partir des anticlinaux du Haut-Atlas occidental au Nord de la zone étudiée, entre 600 m et 1500 m.

Située à l'extrême Sud-Ouest du Haut-Atlas, Agadir est dominée par des formations géologiques du domaine atlassique, caractérisées par des roches carbonatées (calcaire). La ville d'Agadir appartient essentiellement au bassin sédimentaire d'Agadir, bâtie sur des formations profondes constituées d'une partie supérieure quaternaires (Roches meubles à faible degrés de cohésion), et une partie inférieure (substratum) attribuée au Crétacé terminale-Paléocène (Belfoul 2001) (Fig. 2).

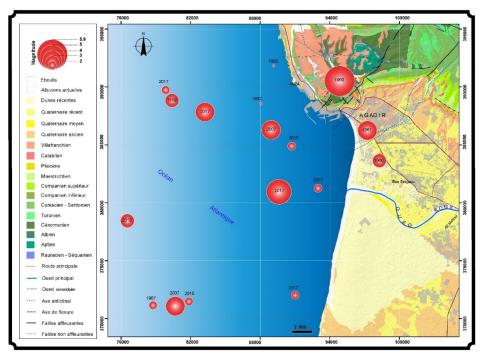


Fig. 2. La géologie et la sismicité d'Agadir

Sources: La carte géologique d'Agadir 1/50000 et les données de la séismicité retenus au Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique «CNRST»

Structuralement, cette zone est placée sur l'accident sud-atlasique qui limite le socle africain et le Maghreb "Alpin" (Ouahmane 1993), compris entre le golfe de Gabès et Agadir suivant une direction ENE-WSW.

Il se prolonge sous l'océan atlantique en direction des îles Canaries. Cet accident traduit à cet endroit la discontinuité qui sépare l'Anti-Atlas appartenant au craton africain, zone à substratum précambrien, et le Haut-Atlas chaîne de montagne native de l'orogenèse alpine (Belfoul 2001).

L'oued Souss constitue l'axe d'un réseau hydrographique, formé dans l'ensemble par des oueds asséchés la plus grande partie de l'année, et faisant l'objet d'écoulements torrentiels lors des orages. L'alignement morphologique, quant à lui, s'étendant entre le pied Sud du Haut-Atlas occidental et les versants Nord de l'Anti-Atlas occidental.

D'un point d vue économique, la zone d'étude est recentrée sur son pôle urbain (Agadir) qui est classé parmi les huit pôles économiques du Maroc, et doté d'une infrastructure industrielle et touristique importante.

## 1. La Sismicité de la région :

Par sa situation géographique, le Maroc se trouve sur la bordure nord-ouest de la plaque africaine, qui est en mouvement continu de rapprochement et de collision avec la plaque eurasienne avec un taux d'environ 0,4 cm/an (Cherkaoui, El Hassani 2015).

Cette position particulière du Maroc, se traduit par une sismicité relativement importante qui reflète la poursuite de la convergence entre ces deux plaques lithosphériques. La limite entre celles-ci est soulignée par un alignement des épicentres entre les Açores et le détroit de Gibraltar (Cherkaoui, El Hassani 2015).

Les données géophysiques et géologiques suggèrent l'existence d'un linéament important continu qui fait partie de l'accident du Nekor dans le Rif. Celui-ci se prolonge au Sud dans la région de Fès et se raccorde par un système en échelons, au sillon atlasique et à l'accident de Tizi n'Test dans le Haut-Atlas, pour se terminer à Agadir. L'imagerie satellitaire a mis à jour le long de la mégastructure NE-SW Nekor-Agadir, la succession de trois linéaments correspondant à chaque fois, à une zone faillée, dont le caractère ancien fonctionne depuis le Trias, et l'activité tectonique pendant le Tertiaire (Ait Brahim 1986).

L'accident tectonique d'Agadir est formé de deux flexures: Nord-atlasique, et Sud-atlasique (accident pré-atlasien méridional); Y figurent plusieurs accidents récents, qui ont eu lieux avec la néotectonique en fin du Pliocène et du Villafranchien, sous forme de failles orientées NE-SW, de largeur faible (maximum 5 m), localisées dans la zone pré-atlasique méridionale.

Dans la zone d'étude, la majorité des structures anticlinales est associée à des failles régionales (El Kasba, Massa, Tildi offshore, Cap Rhir offshore (Mridekh 2011). La faille qui semble plus apparente, est celle de la Kasbah, qui coupe l'anticlinal de la Kasbah du Sud-Ouest au Nord-Est. Elle se poursuit en direction SW au voisinage d'Igoudar et vient recouper en mer le Turonien du port d'Agadir (Medina et al 2011). La seconde, est la faille de l'Oued Tildi qui se poursuit en direction du SW, et franchit l'Assif Assersif. Elle passe par le quartier de Yehchach et constitue la limite entre le quartier administratif et la ville nouvelle. Enfin, la troisième, est la faille de Lahouar, (Ouahmane 1993) jalonnée par l'Oued Lahouar et orienté NE-SW depuis son origine à Agadir, sur le flanc Sud de l'anticlinal du Lgouz jusqu'au voisinage de son embouchure, elle mesure 10 km en longueur visible dans la zone pré-atlasique. Sa trace se confond approximativement avec la limite SE du Quartier Industriel.

Les failles sismiques découpent la zone d'étude en trois secteurs d'Ouest en Est: Un secteur occidental des Aït Lamine vers l'ouest, un secteur central à Anounfeg et un secteur oriental à Tagragra (Ambroggi 1960) Fig. 3.

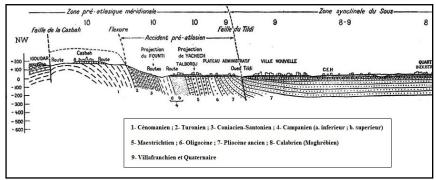


Fig. 3. Coupe géologique NW-SE de la zone d'étude (Ambroggi 1960)

## II. Méthodologie

### 1. Travail de terrain:

Le travail de terrain a constitué un simple complément de vérification et de rectification des informations préexistantes sur la topographie, la géomorphologie et l'espace bâti dans la zone d'étude. Il consiste à saisir le territoire par des parcours multiples, en vue de relever les éléments caractérisant l'espace. La visite de la zone d'étude a permis d'observer plusieurs fraudes de construction dans les zones à risques, comme la région d'Anounfeg et le nouveau quartier Iligh.

### 2. La cartographie:

Nous avons procédé à l'élaboration d'un modèle cartographique, pour déterminer la vulnérabilité sismique dans la zone d'étude, par la superposition de cinq facteurs amplificateurs de l'aléa sismique: Sensibilité des formations géologiques à l'érosion, morphologie, espace bâti, foyers sismiques historiques et les failles géologiques.

## • Facteur géologique:

Cette étude s'est basée sur les fonds cartographiques existants, notamment la carte géologique d'Agadir 1/50000, la carte géologique du Maroc 1/1000000 et la carte structurale du Nord marocain 1/1000000, permettant de définir les formations lithologiques, de localiser les failles et les flexures géologiques de la région.

Ce travail s'aligne sur les résultats d'une étude élaborée en Iran par Mokarram et Pourghasemi (2019), (Tableau 1), afin de classer les formations géologiques par degré de sensibilité à l'érosion.

Tableau 1 Les classes de sensibilité de la lithologie à l'érosion

Classes	Sensibilité	Formations	Age géologique	
1	Très faible	Calcaire	Quaternaire	
2	Très faible	Calcaire fossilifère	Crétacé et Trias	
3	Faible	Calcaire fossilifère	Crétacé et Trias et Cambrian	

4	Faible	Calcaire argileux stratifié et	Jurassique, Pliocène	
		schiste calcaire, grès stratifié		
5	Très forte	Conglomérat piémontais et Carbonifère, Dévonien,		
		grès, calcaire coquillier	Pliocène	
6	Très forte	Argile - calcaire - dépôt de	Jurassique moyen et	
		cône de piémont et de	quaternaire	
		terrasse		

Source: Mokarram, M et Pourghasemi, H., 2019

### • Facteur de l'occupation du sol:

Ce facteur a été établi par l'analyse d'une image satellitaire SENTINEL 2A, datée du 24 juillet 2019, et téléchargée à partir de la plateforme «https://www.sentinel-hub.com», pour déterminer les espaces bâtis existant dans la région d'étude.

Elle nous a servi à réaliser une composition de cinq bandes reflétant le bâti, les infrastructures (Tableau 2), ainsi que la correction atmosphérique et radiométrique, pour réduire la quantité du bruit dans l'image. Ensuite, nous avons appliqué le filtrage linéaire avec l'opération « Convolution », pour améliorer les contours linéaire (routes, oueds, bâti...). Puis, nous avons effectué une classification supervisée de l'occupation du sol. La totalité des traitements d'images ont été réalisés sur ERDAS IMAGINE V.14.

Tableau 2
Caractéristiques des bandes spectrales de l'image utilisée

Bandes	Longueur d'onde centrale (nm)	Résolution spatiale (m)	
Bande 2 – Bleu	492.4	10	
Bande 3 – Vert	559.8	10	
Bande 4 – Rouge	664.6	10	
Bande 8 – NIR	832.8	10	
Bande 11 – SWIR	1613.7	20	

Source: https://docs.sentinel-hub.com/api/latest/data/sentinel-2-l2a/

### • Facteur morphologique:

L'appréhension du facteur morphologique (La topographie, les pentes, et la direction des pentes), a été basée sur l'analyse du model numérique de terrain Alos World 3D (Advanced Land Observing Satellite), issu de la plateforme numérique www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/, caractérisé par une résolution spatiale de 30 m.

### • Facteur géophysique (Foyers sismique):

Ce travail était basé essentiellement sur des données obtenues au Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique de Rabat, sous formats de catalogue d'enregistrement numérique des mouvements enregistrés entre 1960 et 2017, pour entamer l'actualisation de ces cartes. De la sorte, les plateformes numériques de l'institut des études géologiques des Etats-Unis, et l'institut géographique espagnol, ont constitué une grande importante source d'information à travers ses catalogues de données enregistrées dans le pourtour méditerranéen.

Le modèle de vulnérabilité sismique, repose sur plusieurs éléments et paramètres physiques et anthropiques, qui constituent des facteurs amplificateurs du risque sismique. A cet égard, le principe consiste à croiser les données dans un système d'informations géographique à l'aide du logiciel ArcGIS 10.8 comme suivant:

$$VS = G + M + B + S + F$$

**VS** = Vulnérabilité sismique;

G = Sensibilité des formations géologiques à l'érosion;

**M** = Morphologie;

**B** = Espace bâti;

**S** = Foyer sismique historique;

**F** = Faille géologique;

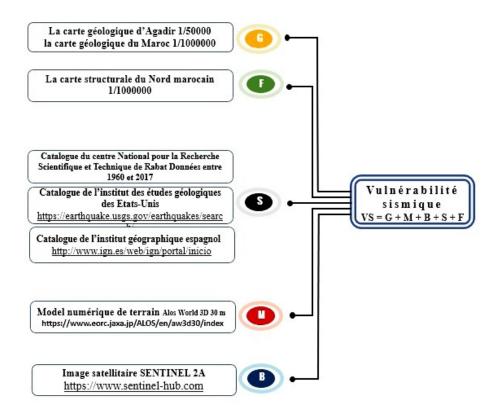


Fig. 4. La méthodologie suivie

### III. Résultats et discussions

## 1. La carte de vulnérabilité sismique:

Notre étude montre que la vulnérabilité sismique dans la zone d'étude se répartie sur 5 classes.

Les zones ayant un degré de vulnérabilité très forte à fort sont représentées en rouge et orange. Ce sont des zones très faillées se caractérisant par des flexures composées essentiellement de formations lithologiques, qui représentent une érodabilité très élevée (calcaire jurassique et des dépôts de cône de piémont).

En parallèle du piémont méridional des plateaux, ce travail montre la forte fréquence d'une vulnérabilité sismique moyenne. Elle repose sur des formations géologiques profondes, constituées d'un niveau supérieur formé par des altérites, des alluvions et des conglomérats quaternaires (Roches meubles à faible degrés de cohésion), et un niveau inférieur (substratum): Barres calcaires blancs, jaunes et parfois dolomitiques à niveaux riches en fossiles (Lamellibranches) avec des intercalations marneuses attribuées au Crétacé terminale-Paléocène (Belfoul 2001). Il est Intéressant d'observer dans la plaine de Sous, une diminution de la vulnérabilité sismique, exprimée par l'absence des foyers sismiques et des failles tectoniques (Fig. 5), à l'exception de celle de Lahouar.

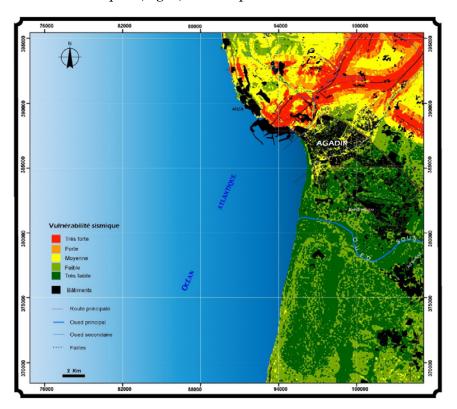


Fig. 5. La vulnérabilité sismique à Agadir

L'imagerie satellitaire et le travail du terrain, ont permis de mettre à nu des pratiques frauduleuses relatives à la concentration d'une masse considérable de la population urbaine occupant des logements et usant de services installés au sein de zones à risque sismique très élevé. Ce qui renforce inévitablement la vulnérabilité de ces zones. Il s'agit d'une zone bâtie, réservée au logement comme les quartiers Hay Lmohammadi – Iligh – Anza – Talberjt – Ihchach. De plus, cette zone joue un rôle économique important, étant donné qu'elle accueille plusieurs constructions stratégiques comme: le port d'Agadir, les unités industrielles d'Anza et la Marina touristique d'Agadir, en plus de plusieurs quartiers et douars installés de manière anarchiques directement sur des structures plissées et des zones faillées, comme le montrent les figures 2, 3 et 5 et le confirme la figure 6.

En termes de hauteur des constructions, notre étude fait état, au sein de zones à risque comme les quartiers Iligh et Hay Lmohammadi, de l'existence de plusieurs bâtiments composés de 10 étages (Fig. 6).

Pourtant la législation marocaine en matière d'urbanisme et d'aménagement du territoire est parfaitement claire quant aux propriétés des matériaux de construction, des formes et des structures construites et des critères du choix du site. Elle prévoit les conditions du choix des sites à construire, comme suivant:

- En présence d'une faille, les ouvrages doivent être implantés en dehors d'une bande de 120 m au minimum de part et d'autre de la faille, et faire l'objet d'un niveau de protection plus élevé.
- Toutes constructions de bâtiments ne peuvent être réalisées au voisinage des failles, qu'après la réalisation d'une étude spécialisée du site. En effet, la loi de l'urbanisme accorde une attention particulière aux sites à risques se caractérisant par:
  - La présence de remblai non compacté ou sol reconstitué;
  - La présence de nappe peu profonde susceptible de donner lieu à une liquéfaction en cas de séisme;
    - Le risque de glissement de terrain;

Aussi, dans les sites à risques, tels que les talus aussi bien naturels qu'artificiels, ou les sols liquéfiables, les constructions ne sont autorisées que si des mesures pour limiter les risques sont prises.

Le règlement de construction parasismique, réparti les bâtiments selon leur usage principal, en trois classes en fonction de la priorité de protection contre les séismes (RPS Maroc 2000). Ces classes sont:

Classe I: Les constructions d'importance vitale qui devraient rester fonctionnelles, en cas de désastre, comme les hôpitaux, les grands réservoirs et châteaux d'eau et les centrales électriques;

Classe II: Les constructions présentant un risque en raison de leur fréquentation par le grand public comme les constructions d'utilités socio-culturelle avec des capacités d'accueil de plus de 300 personnes (Salles de spectacles les centres commerciaux...);

Classe III: Les constructions n'appartenant ni à la classe I, ni à la classe II, tels que les bâtiments à usage d'habitation...;

Il est intéressant de rappeler que lors du désastre d'Agadir en 1960, l'extrême gravité des dégâts provoqués par ce séisme de magnitude pourtant modérée, était dus en grande partie à la géologie complexe du site (Ambroggi 1960) (Fig. 2) conjuguée à la non prise en compte du risque sismique en y autorisant des constructions qui n'obéissaient pas aux normes parasismiques. Les dégâts ayant atteint leur paroxysme dans les quartiers situés sur les formations horizontales, qui couvrent en discordance les couches les plus anciennes, redressées par la flexure sudatlasique (Cherkaoui, El Hassani 2015).



Fig. 6. Image montre la présence d'habitat anarchique sur une faille tectonique au pied de l'anticlinal Anounfeg (zones en jaune). Les zones en rouge, sont des bâtiments composés de 10 étages à Hay Lmohammadi, bâtis sur des formations de cône.

#### Conclusion

L'objectif de cette étude fut de mettre en évidence quelques aspects délicats du risque sismique à Agadir, en examinant les éléments qui renforcent, d'un côté la probabilité de l'aléa sismique en lui-même. D'un autre côté, l'étude a permis de mettre à nu des pratiques urbanistiques relevant de la spéculation immobilière, aggravant ainsi la vulnérabilité de la ville et de ses habitants face à l'aléa sismique.

Le model cartographique de la vulnérabilité sismique à d'Agadir, a permis de dégager les conclusions suivantes:

Le site de la zone d'étude concentre tous les facteurs ayant un effet amplificateur du risque sismique, surtout, vers le Nord, où la géologie montre une dominance marquante des formations sensibles à l'érosion et une structure plissée très faillée, ainsi qu'une concentration des principaux foyers sismiques enregistrés dans la région. Ces caractéristiques expriment une grande vulnérabilité aux séismes. Dans le même sens, la présence de vastes espaces bâtis et des constructions d'importance stratégique dans cette ville, fait que l'aléa sismique constitue un risque majeur dans l'espace étudié.

La prise en charge de la catastrophe quand elle survient, demande souvent des efforts considérables qui parfois dépassent les capacités d'une région ou d'un pays, détruisant ainsi des villes entières comme ce fut le cas à Agadir.

Afin de réduire la vulnérabilité au risque sismique, toutes les forces doivent être déployées.

Dans l'état actuel des connaissances en matière de sismologie, prédire l'avènement des séismes que ce soit sur le long, moyen ou court terme.

Dans ce contexte, la prévention et la modération de la vulnérabilité des sites à risque et de la population restent les moyens les plus sûrs et les plus efficients, dans une perspective de réduction des impacts de l'aléa sismique. L'outil géomatique a prouvé son efficacité dans l'identification des zones vulnérables aux séismes, ce qui contribue à renforcer la démarche scientifique visant à estimer la vulnérabilité et par conséquent à la réduire. L'état doit également assumer son rôle en intégrant la notion du risque avec toutes ses composantes, dans toutes

les politiques d'aménagement et d'urbanisme. Si cette notion est effectivement prise en compte dans les législations marocaine en vigueur, la réalité sur le terrain dévoile une tout autre réalité, mettant en évidence des pratiques immobilières illégales, qui nécessitent plus de fermeté de la part des autorités de tutelles.

#### **BIBLIOGRAPHIE**

- Ait Brahim, L 1986, « La zone de fracture trans-Marocaine Agadir-Nekor critères géophysiques, données de terrain et analyse de documents Landsat », Bulletin de l'institut scientifique, Rabat n°10 p, 27-40
- Ambroggi, R., 1963, « Etude géologique du versant méridional du Haut Atlas occidental et de la plaine du Sous », Thèse de doctorat présentée à la faculté des sciences de Paris, 325p.
- Benbouras, M.A., Mitich Kettab, R., Petrisor, A.I, Debiche,F., 2017, « Application of geographical information system for identifying seismic and geotechnical risks: within the Algiers area », Conference: international symposium present environment and sustainable development. Lasi, Romania 2017.
- Benbouras, M.A., Mitiche, K.R., Zedira, H., Petrisor, A.I., Mchaala, M., Debiche, F., 2018, « Utilisation de systèmes d'information géotechnique et géographique pour la classification des sites selon RPA 99- ver 2003, dans la région d'Alger », 14th edition of the research conference on constructions, economy of buildings, architecture, urban and territorial development. Bucarest Romania.
- Birouk, A., Kasmi, M., El Mouraouah, A et Iben Brahim, A., 2001, « Evaluation et atténuation du risque sismique dans la région d'agadir. Mise en place d'un réseau sismique Télémètre Régional », Workshop sur la sismicité et la gestion du risque sismique dans la région euro-méditerranéenne 18-19 Juin 2001 Agadir.
- Belfoul, A., Bouzid, S., Faik, F., Oudra, M., 2001, « Evènement sismotectonique dans le haut-atlas occidental de Taroudannt : le glissement de terrain de la région de Jbel Ekhorbane », Travaux du workshop sur la sismicité et la gestion du risque sismique dans la région euro-méditerranéenne 18 19 Juin 2001 Agadir, Maroc.
- Cherkaoui, T., El Hassani, A., 2015, « Evaluation et atténuation de l'aléa sismique au Maroc », Actes de la session plénière solennelle. Académie Hassan II des Sciences et Techniques, Maroc. P: 157
- El Alami, S., Tadili, B., Ait Brahim, L., 2001, « Caractérisation de la sismicité récente du Maroc », Travaux du workshop sur la sismicité et la gestion du risque sismique dans la région euro-méditerranéenne 18 19 Juin 2001 Agadir, Maroc.
- Grecu, F., 2016, « Hazarde si riscuri naturale », Editura Universitra, Bucuresti, 354 p

- Grecu,F., Madalina,T., Radulescu, C. C., 2020, « Geohistory of cartography of geomorphological risks in Romania general approach », Analele Universitatii Bucuresti, LXIX, p 5.20.
- Medina, F., Et-touhami, M., Olsen, P., Bouaouda, M., Hafid, M et Ettachfini, M., 2011, «
  Circuit C11, Haut-Atlas occidental », Notes et Mémoires du service
  géologique du Maroc, n° 562, In nouveaux guides géologiques et miniers du
  Maroc 2011.
- Mokarram, M et Pourghasemi, H., 2019, « Earthquake Events Modeling Using Multicriteria Decision Analysis in Iran ». Natural hazards GIS-based spatial modeling using data mining techniques. Advances in Natural and Technological Hazards Research V: 48. Springer international publishing P:145.
- Ministère de l'habitat et de la politique de la ville, 2011, « Règlement de construction parasismique RPS Maroc 2000 », Version 2011.
- Mridekh, A., 2011, « Apport des diagraphies et des profils sismiques à l'étude de la géométrie des plis du domaine de Cap Rhir (Maroc sud-occidental) : Implications sur le risque sismique de la région d'Agadir », International Meeting on Seismic Hazards Sismo 2010, Agadir. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre, 2011, n° 33, 25-35.
- Noin, D., 1960, « Le séisme d'Agadir », Annales de Géographie, t. 69, n°373, 1960. pp. 329-331.
- Ouahmane, A., 1993, « Recherches géomorphologiques sur la bordure méridionale et le piémont du Haut Atlas occidental (Région d'Ameskroud, Maroc) », Thèse en géographie, Université des sciences et technologies de Lille.
- Radulian, M., 2012, « Expunerea Romaniei la catastrofe naturale », Institutul de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Pamantului http://www.infp.ro
- Sung-Ho, C., Choong-Ki, C., 2010, « GIS-based Spatial Zonations for Regional Estimation of Site-specific Seismic Response in Seoul Metropolis ». Journal of the Korean Society of Civil Engineers.
- Weisrock, A., 1981, « Géomorphologie et Paléoenvironnement de l'Atlas Atlantique Maroc », Thèse de doctorat d'état en géographie, Paris. Edition du service géologique du Maroc, Rabat 1993. 475p.
- Institut des études géologiques des Etats-Unis, https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/
- Institut géographique espagnole, http://www.ign.es/web/ign/portal/inicio