



# LES MOUVEMENTS DE TERRAIN DANS LE SECTEUR URBAIN DE LA VILLE DE FÈS (MAROC) : FACTEURS DE GENÈSE ET CARTOGRAPHIE DES ZONES À RISQUES

GROUND MOVEMENTS IN THE URBAN SECTOR OF THE FEZ CITY (MOROCCO): GENESIS FACTORS AND MAPPING OF AREAS RISK

| Bouamama Cherai \*<sup>1</sup> | Bouhsine El Fellah Idrissi <sup>2,3</sup> | Mohammed Charroud <sup>4</sup> | et | Hasnae El Hnot <sup>1</sup> |

<sup>1</sup>. Département des Sciences de la Vie et de la Terre | Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation | Tanger - Tétouan- Al Hoceima | Maroc |

<sup>2</sup>. Département des Sciences de la Vie et de la Terre | Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation | El Jadida | Maroc |

<sup>3</sup>. Laboratoire de Géosciences Marines et Sciences du Sol | Université Chouaib Doukkali | Faculté des Sciences | El Jadida | Maroc |

<sup>4</sup>. Laboratoire de Géo-Ressources et Environnement | Université Sidi Mohammed Ben Abdallah | Faculté des Sciences et Techniques | Fès-Sais | Fès | Maroc |

| Received | 30 October 2017 |

| Accepted | 09 November 2017 |

| Published 17 November 2017 |

## RESUME

**Introduction** : Fès, capitale historique et spirituelle du royaume, est une ville très ancienne qualifiée de patrimoine culturel mondial par l'UNESCO. Elle est le siège d'un nombre important de mouvements de terrain surtout dans ses parties Nord et Nord-Est (Hay El Hassani, Hay El Wifak, Jnanates...), constituant des risques d'instabilités naturels, accentués par l'action anthropique exprimée par l'habitat non réglementaire, dans beaucoup de cas. **Objectif** : La présente étude a pour objectifs d'identifier les facteurs causals, de ces risques en caractérisant le bâti géologique de la ville de Fès et en délimitant les zones à risques. **Méthode** : Une étude de terrain des zones à risques, basée sur une cartographie géologique à l'échelle du plan urbain au (1/5000) ainsi qu'une première analyse des facteurs déclenchant ces instabilités au Nord de la ville de Fès, nous ont permis d'estimer et de définir le degré d'influence de ces phénomènes et leur impact immédiat sur les bâtiments, les infrastructures et la population urbaine de Fès. **Résultats** : Quatre principaux facteurs génétiques peuvent être soulevés pour expliquer l'intensité et la multiplication de ces risques naturels : il s'agit là de facteurs géologiques, morphologiques, hydriques et anthropiques. **Conclusion** : L'interaction entre ces facteurs, engendre des problèmes et des menaces à court et à moyen terme dans plusieurs zones dans la ville de Fès. L'identification et la cartographie de ces zones à risques serve à mieux orienter la planification et l'élaboration de l'extension de cette ville qui connaît un étalement urbain remarquable.

**Mots Clés** : instabilités, zones à risques, cartographie géologique, Fès, Maroc.

## Abstract:

**Background**: Fez, historic and spiritual capital of the kingdom, is an ancient city qualified by UNESCO of its universal cultural patrimony. It is the many significant ground movements especially in its northern part (Hay El Hassani, Hay El Wifak...), which creates natural instabilities risks accentuated by the anthropic action expressed by the non-lawful habitat in many case. **Objectives**: This study's goal is to identify the causal factors of these risks by characterizing the geological frame of the city of Fez and by delimiting the zones of risks. **Methodology**: A field study of risk zones, based on a geological cartography on the scale of the urban plan with (1/5000) as well as an unprecedented analysis of the factors which contribute in the spread of these instabilities in northern part of the city of Fez, it permits us to define the degree of influence of these phenomena and their immediate impact on the urban population of the city of Fez. **Results**: Four principal genetic factors can be cited to explain the intensity and multiplication of these natural hazards risks: these are geological, morphological, hydrous and anthropic factors. **Conclusion**: the interaction between these factors generates problems and threats in the short and medium term in several areas in the city of Fez. The identification and mapping of these areas risky serves to better guide the planning and development of the extension of this city, which is experiencing a remarkable urban sprawl.

**Keywords**: instabilities, areas of risk, geological mapping, Fez, Morocco.

## 1. INTRODUCTION

La ville de Fès de par sa position dans une zone de limite entre deux domaines géologiquement différents et relativement instables à savoir le Prérif et le bassin de Sais, est affectée par de nombreux types de risques naturels, aggravés par l'action anthropique. Ces risques d'instabilités par glissements et affaissement de terrain, sont le résultat de la combinaison d'un ensemble de facteurs d'ordre géologique, géomorphologique, hydrique et anthropique.

La ville de Fès qui a connu dans ces dernières décennies une croissance urbaine rapide sous les effets conjugués de la poussée démographique et de l'exode rural, s'est accompagnée de plusieurs changements dans l'organisation spatiale de ces agglomérations urbaines [1, 2]. Cette situation a favorisé le développement de larges secteurs d'habitats non réglementaires construits dans des zones défavorables pour l'extension urbaine à savoir les anciennes carrières et les lits des oueds et des ravins. Plusieurs secteurs dans la ville sont menacés alors, par des instabilités et des mouvements de

terrain et notamment dans la zone Nord et Nord-Est du périmètre urbain, là où la densité est très élevée. Hay El Hassani est un exemple type de quartier présentant une situation complexe d'habitat exposée à ce genre de risques naturels. La nature lithologique et l'organisation structurale du bâti géologique de la ville de Fès, sont considérées comme des facteurs déterminant dans la genèse et le développement de ces différents risques [3, 4, 2, 5]. Avec le manque d'études géologiques détaillées et de la cartographie à grande échelle, le développement urbain de la ville de Fès reste confronté à un certain nombre d'obstacles liés à ces problèmes d'instabilité de terrain. Dans cette optique et pour répondre à ce manque on vise à la fois la caractérisation géologique du domaine urbain de la ville de Fès et aussi la délimitation des zones à risques.

## 2. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE

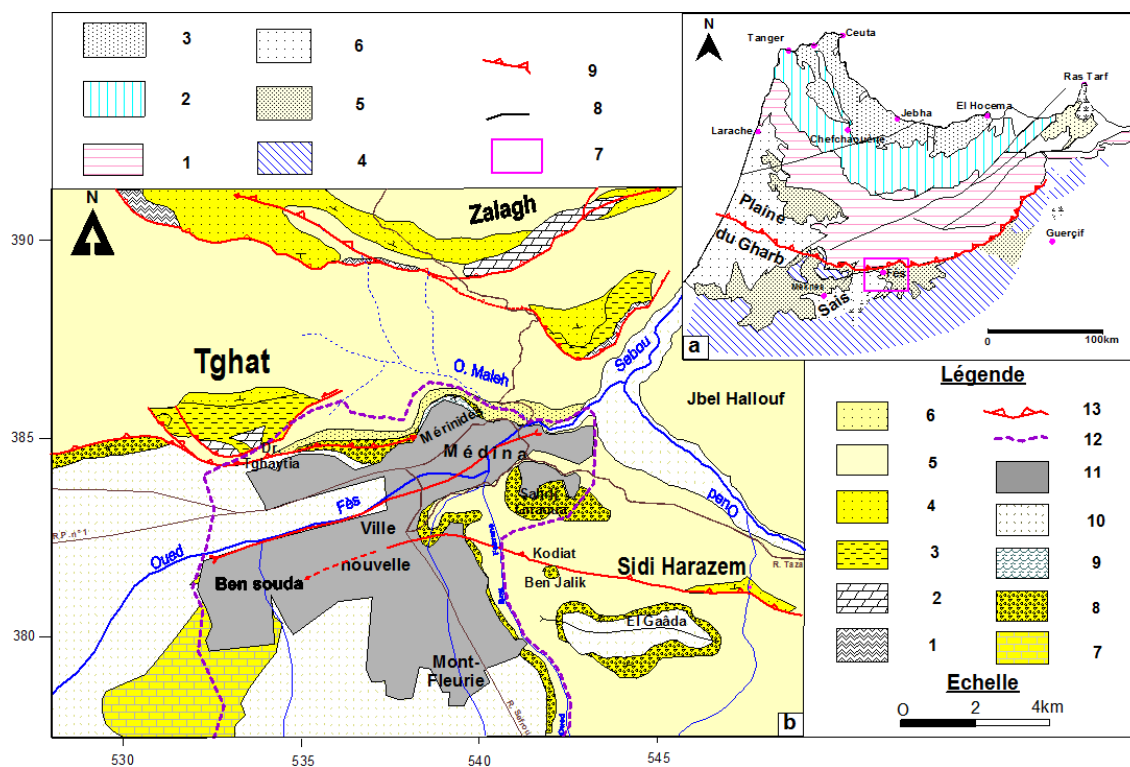
### 2.1. Situation géographique

La ville de Fès est située à la limite méridionale du domaine rifain et à l'extrémité Nord orientale de la plaine de Saïs (Fig.1. (a)), elle se trouve dans une zone en cuvette, au pied du Jbel Tghat (837m) et du Jbel Zalagh (900m). Le secteur comprend une variété de paysages exprimée par des reliefs (J. Tghat et J. Zalagh), des collines (Kodiat Ben Jalik), des plateaux (Mérinides, Sahrij Gnaoua) et des vallées encaissées (oued Fès, oued Sebou). Sa partie Nord-Est est implantée dans un relief complexe composé d'un vallon étroit assurant le passage avec plus de 200m de dénivelé entre la haute plaine de Saïs et la basse vallée de Sebou. Elle est située au point de confluence de l'oued Fès avec ses affluents oued El Mehrez et oued Boufekrane.

### 2.2. Contextes géologique et géomorphologique

La zone d'étude est caractérisée par une variété lithologique recouverte par des dépôts de pentes bien développés dans les versants Sud du Jbel Tghat et du Jbel Zalagh. Ces dépôts qui ont un caractère très variable et hétérogène constituent une source d'instabilité des soubassements des grandes constructions d'habitat et d'infrastructures routières.

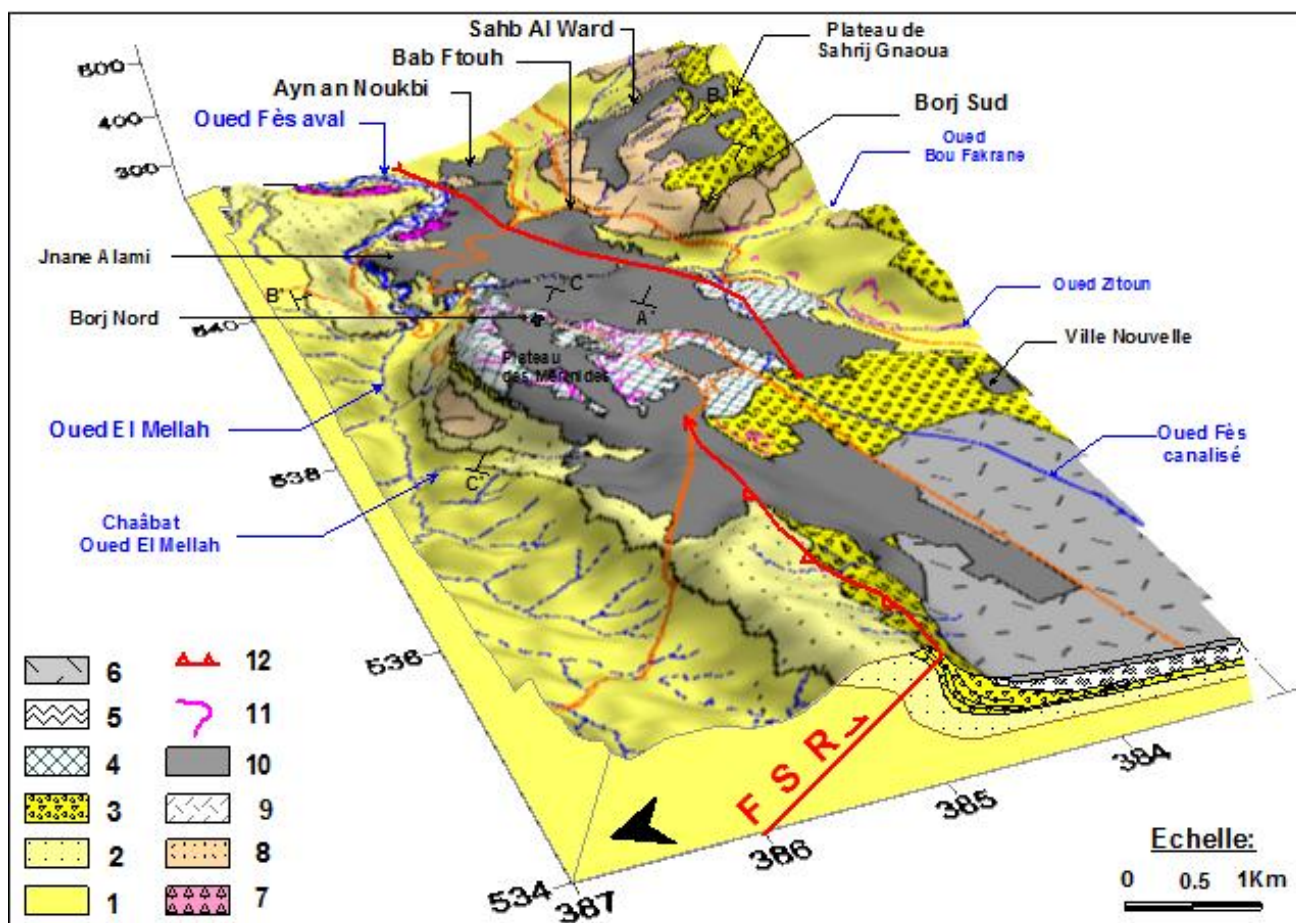
Les formations géologiques du domaine urbain de la ville de Fès (Fig. 1. (b)) débutent par une série de marnes bleues gypsifères d'âge tortonien prédominantes à la limite du front Sud rifain (F.S.R) et forment le substratum sur lequel repose le pliocène dans la plaine de Fès (partie Sud de la ville). Ces marnes bleues sont coiffées par des marnes sableuses jaunâtre d'âge pliocène inférieur [6, 7, 8, 9]. Ces formations marneuses sont recouvertes par des conglomérats polygéniques passant latéralement vers le Sud à des marnes verdâtres à nodules de gypses et à des calcaires lacustres plio-quaternaire. Sur le plateau des Mérinides ces ensembles lithologiques sont coiffés par des édifices travertineux tufeux et calcaire à texture sableuse d'âge quaternaire [10, 11, 9].



**Figure 1 :** (a) : Carte de situation de la zone d'étude. 1 : Prérif ; 2 : Mésorif ; 3 : Rif interne ; 4 : Méséta et Moyen Atlas ; 5 : Néogène ; 6 : Plaines du Gharb et de Saïs ; 7 : Secteur d'étude ; 8 : Failles majeures ; 9 : Front Sud rifain (F.S.R). (b) : Carte des principales structures du domaine urbain de la ville de Fès. 1 : Argiles rouges salifères (Trias), 2 : Dolomies et Marno-calcaires (Jurassique), 3 : Grès grossiers et marne blanches (Miocène inf) ; 4 : Calcarénites du Dr. Sikh (Miocène Moy) ; 5 : Marnes bleues de Fès (Tortonien), 6 : Marnes sableuses (Pliocène inf), 7 : Calcaires lacustres de Ben Souda (Plio-quaternaire), 8 : Conglomérat du Dr. Tghaytia (Plio-quaternaire), 9 : Travertin des Mérinides (Quaternaire), 10 : Dépôts récents de l'oued Sebou et de la plaine de Fès, 11 : Agglomérations urbaines de la ville de Fès, 12 : Limite du Plan Urbaine, 13 : Front Sud rifain.

La répartition spatiale de ces formations atteste d'une influence tectonique liée à la réactivation du Front Sud Rifain dans ce secteur [7, 8, 9]. Il s'agit de la limite méridionale de la chaîne rifaine au contact du bassin de Saïs [12, 13]. Dans la partie Nord du périmètre urbain, la faille Sud rifaine qui limite vers le Sud la ride de Tghat se termine vers l'Est par une flexure dans les conglomérats du pliocène supérieur (Fig. 2). Cette structure s'amortit vers l'Est dans la Médina de Fès en provoquant un basculement des formations depuis le plateau des Mérinides vers la gouttière synclinale occupée par l'oued Fès. Vers le Sud la ride de Sidi Harazem correspond à un bombement à Kodiât Ben Jalik, elle s'amortit vers l'Ouest dans la ville nouvelle. Elle est responsable du léger basculement vers le Nord-Est (12°) des conglomérats plio-quadernaire du plateau de Sahrij Gnaoua.

Dans la zone Nord de la ville de Fès, le soubassement est formé par des marnes compactes en profondeur et altérées en surface. Cette zone est le siège d'une érosion régressive importante du fait de la nature lithologique du terrain. Ce processus est considéré comme un risque permanent ayant des impacts néfastes sur les infrastructures urbaines.



**Figure 2 :** Présentation morphologique et géologique de la partie Nord-Est du domaine urbain de la ville de Fès (modèle numérique de terrain). 1 : Marnes bleues de Fès, 2 : Marnes sableuses jaunâtre, 3 : Conglomérats polygéniques, 4 : Travertin tufeux, 5 : Marnes vertes, 6 : dépôts de la plaine de Fès (Limons et argiles), 7 : terrasses de l'oued Fès aval, 8 : dépôts de pentes, 9 : dépôts récents de l'oued Fès, 10 : Agglomérations urbaines, 11 : Anciennes Carrières, 12 : flexure liée au front Sud Rifain (F.S.R).

### 2.3. Contexte hydrologique

Le secteur de Fès est caractérisé par un réseau hydrographique assez développé. Il est formé par :

- Oued Fès qui coule dans le domaine urbain de Fès de l'Ouest vers l'Est et qui reçoit les Oueds Himmer, Aïn Chkeff et Aïn Smen ;
- Oued Mahrez et Oued Boufekrane qui se rejoignent à l'entrée de la Médina, se connectant avec l'oued Fès avant de se déverser dans le fleuve de Sebou ;
- Au Nord du périmètre urbain, l'oued El Maleh est un important drain d'eau qui collecte les eaux pluviales du versant Sud de la ride de Zalagh. Ce drain d'eau qui s'est développé dans un terrain marneux, est caractérisé par de fortes

incisions, donnant naissance à de profonds vallons morcelant le versant Sud de la ride de Zalagh et de son extension vers l'Ouest au niveau du Douar Zlifa. De son côté droit, l'Oued El Maleh et ces petits affluents «chaâbats», par l'effet de l'érosion régressive forment un risque majeur, qui menace les constructions et les infrastructures urbaines des agglomérations Nord de Fès (exemple Hay El Hassani, Hay El Wifaq ...).

### 3. MATERIELS ET METHODES

Dans cette étude, nous nous sommes basés sur l'analyse des contextes géologiques, géomorphologiques et hydrologique en se basant sur la cartographie, comme approche et moyen d'étude et d'analyse des principales causes génétiques, des mouvements de terrain dans la partie Nord et Nord-Est du périmètre urbain de la ville de Fès.

La cartographie géologique à grande échelle, en plus de l'étude des structures et des formations qui constituent le bâti géologique de la ville de Fès et la mise en relation de ces structures avec les structures majeures du Front Sud Rifain dans la région, nous ont permis d'estimer la complexité et l'effet conjugué des facteurs engendrant les mouvements de terrain dans la zone étudiée.

L'analyse des documents cartographiques anciens (carte géotechnique de Fès et le plan urbain de Fès) et l'utilisation des nouvelles technologies de l'information (Google Earth), complétée par des investigations, et des vérifications sur le terrain, nous ont permis de délimiter les zones affectées par les mouvements de terrain et de caractériser les différents types d'instabilités qui engendrent des risques majeurs, affectant les biens et les infrastructures urbaines de la partie Nord de la ville de Fès.

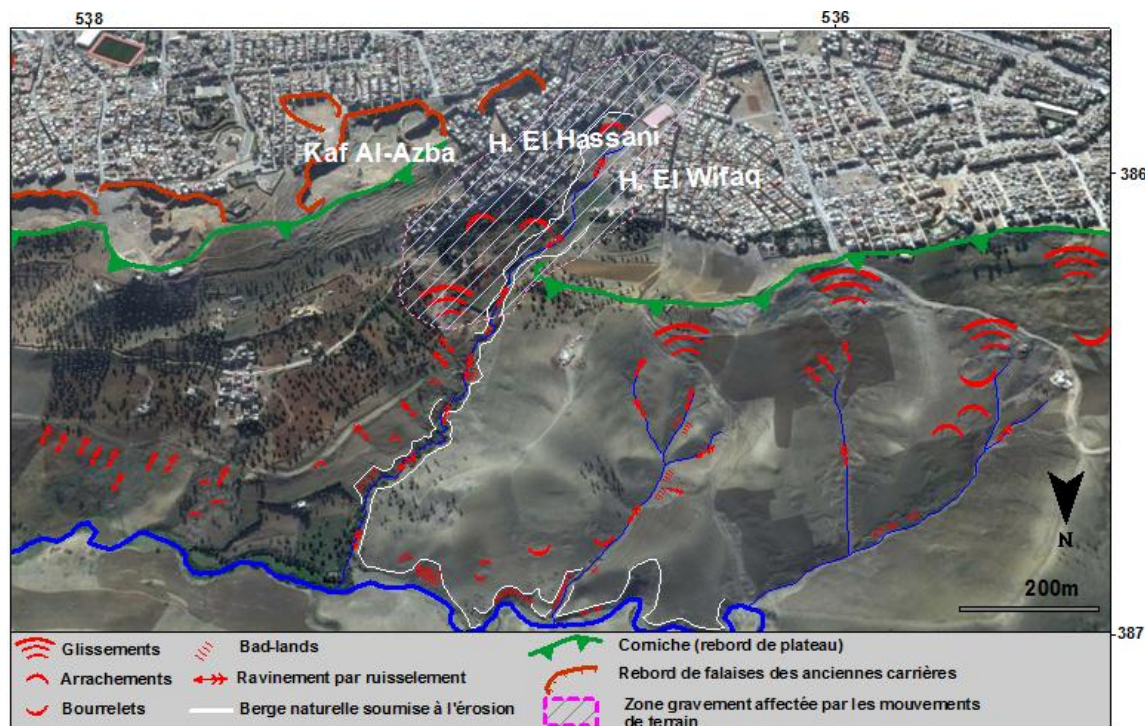
### 4. RESULTATS

#### 4.1. Les Facteurs génétiques des mouvements de terrain dans le domaine urbain de la ville de Fès

**4.1.1. Facteurs géologiques :** Une grande partie de la ville de Fès s'est implantée sur le front Sud rifain, exprimé ici par un ensemble de structures en rampes et paliers. Les rides de Tghat et de Zalagh qui limitent le domaine urbain au Nord, forment les structures majeures de ce front dans le secteur de Fès et auxquelles sont associées de petites structures de failles inverses, et de plis de rampes formant le bâti géologique de la ville [7, 9] (cf. Fig.1. (b)). Ces structures expriment le caractère chevauchant du domaine rifain vers le Sud sur le bassin de Saïs.

La complexité structurale de la région de Fès, atteste de l'activité néotectonique très prononcée [13, 14, 15, 16, 17] et de l'instabilité des terrains, affectant les agglomérations urbaines. La limite Nord de la plaine de Fès, et en fait la zone la plus urbanisée (cf. Fig.2), est affectée par des flexures, en terminaison péri-anticlinale, permettant le redressement à la verticale des conglomérats plio-quaternaire [13, 15, 16, 9]. Ces conglomérats, adossés par des édifices travertineux sur lesquels s'est construite l'ancienne ville de Fès, datant du 8ème siècle. Ces travertins et la muraille de la ville, sont affectés par un réseau de fracturation, qui est le résultat d'une activité sismique, permettant la réactivation des failles majeures, le front Sud rifain entre autres et leurs structures annexes [18, 7, 9, 17]. Cette activité néotectonique récente, est confirmée par une série de séismes dévastateurs, qui ont affecté la région au voisinage du front Sud rifain (Fès en 1522 et Meknès en 1775) [18]. La réactivation des failles du Front Sud Rifain, au niveau de la région de Fès, permet le chevauchement des rides de Tghat et de Zalagh et des structures qui leurs sont associées sur la plaine de Fès [7, 9]. La convergence entre ces rides et la plaine de Saïs, est prouvée par les données GPS enregistrés entre 2007, 2009 et 2012, et le taux moyen de cette convergence est estimé entre 2 et 4mm/an [17].

**4.1.2. Facteurs morphologiques :** La morphologie du terrain reste un facteur nuisible, pour les zones Nord et Nord-est du périmètre urbain de la ville de Fès. Plusieurs quartiers de la ville de Fès, qui s'est proliférés en zones périphériques se trouvent confrontés, aux risques exercés par la dynamique des versants instables (Hay El Hassani, Hay El Wifaq...), l'écroulement des falaises travertineuses (Kaf El Azba ...) et l'hydrodynamique des cours d'eaux (Jnanates). Les versants Nord fortement inclinés du plateau des mérinides, connaissent une activité destructive d'érosion régressive bien développée dans les marnes plastiques tortonien, et les marnes sableuses du pliocène inférieur. La fragilité de la partie Nord du milieu urbain, liée à la nature lithologique et à la topographie fortement inclinée, est perçue comme une contrainte majeure qui cause le développement, de plusieurs formes de mouvement de terrain, raccordés aux processus de la dynamique des versants (arrachements, bourrelets, glissements...) (Fig.3).



**Figure 3 :** Les formes de risques de mouvements de terrain affectant les terrains marneux, sur lesquels se trouvent les quartiers périphériques de Hay Hassani et Hay El Wifaq dans le versant Nord du plateau des Mérinides au Nord de la ville de Fès. (Google Earth, Image satellitaire du 03/07/2017).

La dynamique des versants Nord du plateau des mérinides, influencée par les caractéristiques topographiques, lithologiques et climatiques, est caractérisée par l'apparition de différentes formes de mouvement de terrain (glissements, arrachements, affaissements...). Celles-ci constituent un risque permanent, qui menace les habitations placées en crêtes du plateau, et les infrastructures routières des quartiers périphériques (Ben Slimane, Hay El Hassani et Hay El Wifaq).

**4.1.3. Facteurs hydriques :** L'eau est un facteur déterminant dans les processus de mouvements de terrain, elle est responsable dans beaucoup de cas, du déclenchement des glissements et des mouvements des sous-sols. [19, 20].

Dans les parties Nord et Nord-Est du périmètre urbain de Fès, les nappes souterraines libres sont généralement très limitées. Elles se présentent sous forme de poches perchées dans le plateau de Sahrij Gnaoua, donnant naissance en période hivernale, à des sources à débits limités au contact des marnes bleues dans le versant de Bab Ftouh. Les écoulements hypodermiques provoqués par celles-ci, sont responsables des instabilités et des mouvements du sous-sol affectant, à la fois les constructions d'habitats et l'infrastructure routière du secteur (R.N°1).

Au niveau du versant septentrional du plateau des Mérinides, et en aval du Hay El Hassani les marnes sableuses, restituent l'eau sous forme de petites sources au contact des marnes bleues, et créant ainsi des mouvements de terrain et des solifluxions de grande ampleur (Fig. 4).

La zone Nord de la ville de Fès, caractérisée par une lithologie marneuse, se trouve soumise, sous l'effet des eaux de pluie sous forme d'averses, à des érosions intenses donnant ainsi des formes morphologiques en bad-lands.

L'Oued El Maleh est un évacuateur principal des eaux usées, des quartiers Nord de la ville de Fès (Hay El Wifaq, Hay El Hassani...). Son écoulement permanent crée une dynamique dans les deux versants de la vallée, créant ainsi une instabilité du bâti géologique, formé essentiellement par des marnes bleues et des marnes sableuses du pliocène. En période hivernale, le processus s'accroît du fait de l'augmentation des débits d'eau dans cette vallée.

Les écoulements hypodermiques dans les marnes altérées et dans les dépôts de pentes contribuent largement, à la création des formes de solifluxion, et des cicatrices d'arrachement.



**Figure 4** : Photo illustrant les formes de mouvement de terrain en solifluxion affectant les marnes sableuses dans le versant Nord du plateau des Mérinides au Nord de Fès.

**4.1.4. Facteurs Anthropiques :** Au cours des quatre dernières décennies, les zones périphériques de la ville de Fès, ont connu une extension rapide évoluant dans une marginalisation (Sahrij Gnaou, Hay El Hassani...), posant ainsi des problèmes de gestion urbaine, de manque d'équipements et d'infrastructures de base, notamment l'assainissement et l'eau potable. Cette situation a favorisé la mise en place, de méthodes anarchiques d'évacuation des eaux usées, par le biais de fosses septiques ou par écoulement en surface. L'infiltration partielle de ces eaux dans les terrains généralement marneux permettent ainsi la modification des propriétés mécaniques de ces argiles dans les sols et les sous-sols et initient, après saturation, à des fissures dans les constructions en dessus. Plusieurs formes de mouvements de terrain se déclenchent sous l'effet de ces modifications en provoquant des effondrements d'habitations (Fig. 5). D'autres constructions, sur les berges des oueds, et dans les anciennes carrières, ont exercé une surcharge qui provoquent une redistribution des contraintes, au niveau de la surface d'appui, et entraînent des mouvements instantanés, et des ruptures dans les bâtis, ce qui a engendré par conséquent, des dommages humaines et matériels importants. En 1988, l'écroulement de la falaise de Hafat Benzakour (carrière située dans le versant Sud du plateau des Mérinides) a fait 52 morts et plusieurs dégâts matériels. Plusieurs autres catastrophes, ont été enregistré à Hay El Hassani, avec 27 morts et 38 blessés en 1998, et d'autres en 1999, 2002 et 2004.



**Figure 5** : Photo montrant des soubassements d'habitations effondrées et d'autres soumises au risque d'effondrement des berges de «chaâbat» oued El Maleh à Hay El hassani aggravé par l'infiltration des eaux usées évacuées anarchiquement.

## 4.2. Répartition des zones à risques et étude de cas

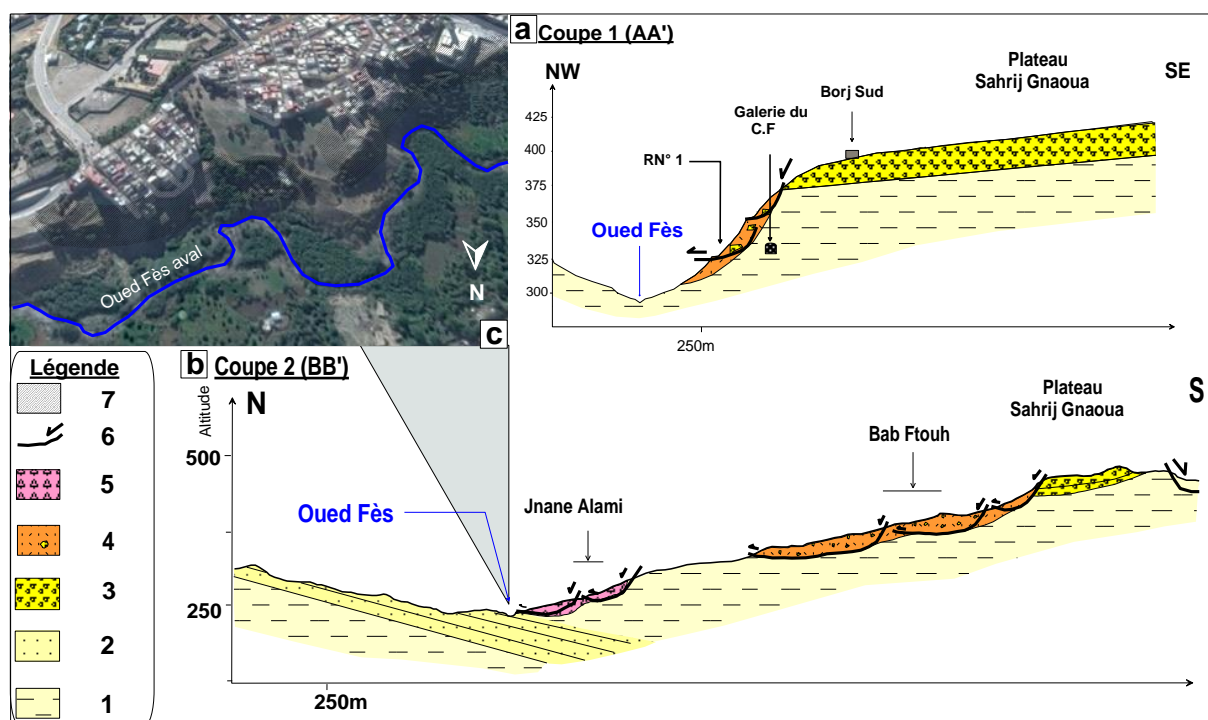
L'analyse des principaux facteurs de la genèse des mouvements de terrain, dans le domaine urbain de la ville de Fès, permet de constater que la zone Nord est plus vulnérable, et soumise à une multiplication de risques certainement

complexes. Deux cas parmi autres ont été choisis comme exemples de secteurs exposés aux problèmes de mouvement du sous-sol, le premier au Sud-Est de la Médina de Fès, c'est celui du versant Nord du plateau Sahrij Gnaoua, et le second concerne les versants Nord et Sud du plateau des Mérinides.

### Premier Cas : La zone de Sahrij Gnaoua

La zone de Sahrij Gnaoua est située du côté Nord-Est de la ville de Fès. Elle est perchée sur des terrains escarpés qui surplombent la Médina de Fès, constituant une extension naturelle de la ville. Cette zone est limitée au Sud, par les bordures du plateau conglomératique, dite de Sahrij Gnaoua et du côté Nord, par la route nationale n° 1, à laquelle la zone se raccorde au niveau de Bab Ftouh. La zone se caractérise également par une extension rapide d'habitats anarchiques et non réglementaires. Ces habitats sont bâtis sur des terrains marneux altérés et remaniés, et qui sont recouvertes généralement, par des dépôts de pentes issues du plateau conglomératique de Sahrij Gnaoua.

On a détecté dans cette partie de la ville, des zones de faiblesses exprimées par des cicatrices d'arrachement et des glissements actifs, qui affectent à la fois, les infrastructures routières (R.N. n°1) et ferroviaires, et les monuments historiques situés en crête du talus conglomératique (Borj Sud) (Fig.6. (a)). Vers l'Est les nouveaux quartiers (Sahb Al Ward) sont menacés par les mouvements du sous-sol marneux (marnes bleues de Fès). Vers le Nord, l'implantation d'habitat non réglementaire à Jnane Alami en aval de l'oued Fès et sur ses berges, sans tenir en compte l'érosion active (sapement des berges) qui provoque l'instabilité des terrasses quaternaires de cet oued, en créant de ce fait, des écroulements et des effondrements d'habitations de proximité de l'oued (Fig.6. (b)).



**Figure 6 :** Coupes de terrain illustrant des instabilités dans le versant Nord du Plateau Sahrij Gnaoua ; 1 : Marnes bleues de Fès, 2 : Marnes sableuses jaunâtres, 3 : Conglomérat polygéniques, 4 : Dépôt de pente, 5 : Terrasses de l'oued Fès, 6 : Glissements de terrain, 7 : zones à affaissements et écroulements par sapement des berges, R.N : Route nationale, C.F : Chemin de Fer. **(a)** : coupe NW-SE montrant des instabilités du Sahrij Gnaoua affectant les infrastructures routières et ferroviaires ; **(b)** : coupe N-S dans le versant Nord du plateau Sahrij Gnaoua montrant des instabilités liées à la lithologie des marnes plastiques et qui affectent les habitations et les infrastructures routières de Bab Ftouh et de Jnane Alami ; **(c)** : Image satellitaire, google Earth, (9/11/2016) montrant un aspect de mouvements de terrain actifs liés à l'hydrodynamisme de l'oued Boukhareb (oued Fès aval).

### Deuxième cas : Hay El Hassani

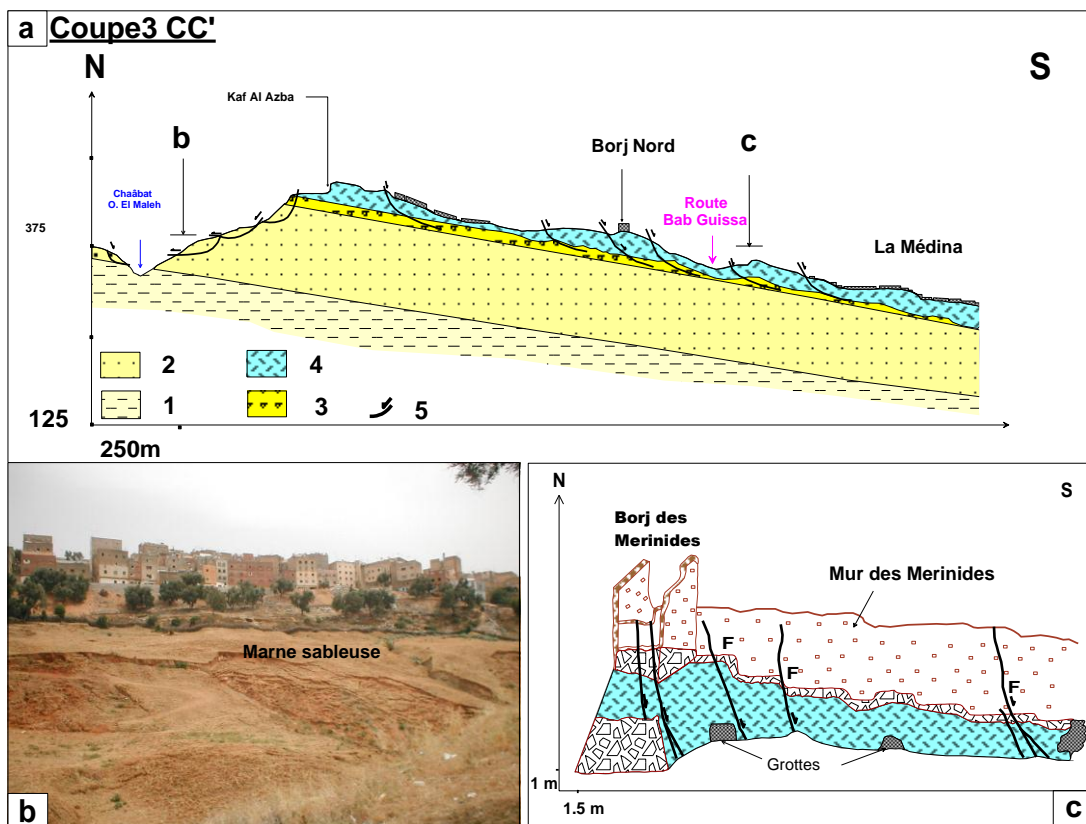
Sur le versant Nord du plateau des Mérinides, incisée par le ravin de «chaâbat» oued El Maleh, s'est développé plusieurs quartiers non réglementaires, se trouvant actuellement menacés par un ensemble de problèmes liés aux mouvements du sous-sol, et à la dynamique des ravins qui entaillent profondément les formations meubles marneuses et sablo-marneuses (Hay El Hassani) (Fig.7). L'activité morphologique des deux versants de chaâbat oued El Maleh, est accentuée par l'effet des eaux pluviales et/ou des eaux d'assainissement domestiques des agglomérations, créant ainsi des risques de mouvement de terrain.



**Figure 7 :** Photo montrant les constructions d’habitat de Hay Hassani installées sur une topographie inclinée avec des soubassements de maisons effondrées et d’autres soumises aux risques d’écroulement.

Le versant Sud-est du plateau des Mérinides est entaillé par de nombreuses carrières, ayant servi, dans le passé à la construction de l’ancienne Médina de Fès. Actuellement elles sont occupées par l’habitat de Benzakour, de Benslimane, de Dhar Lakhmis et de Dhar Rhicha. L’instabilité de ces carrières sous les effets de la surcharge provoquée par les constructions, et de l’infiltration des eaux usées mal-évacuées, crée des dommages pour les agglomérations qui s’y sont installés.

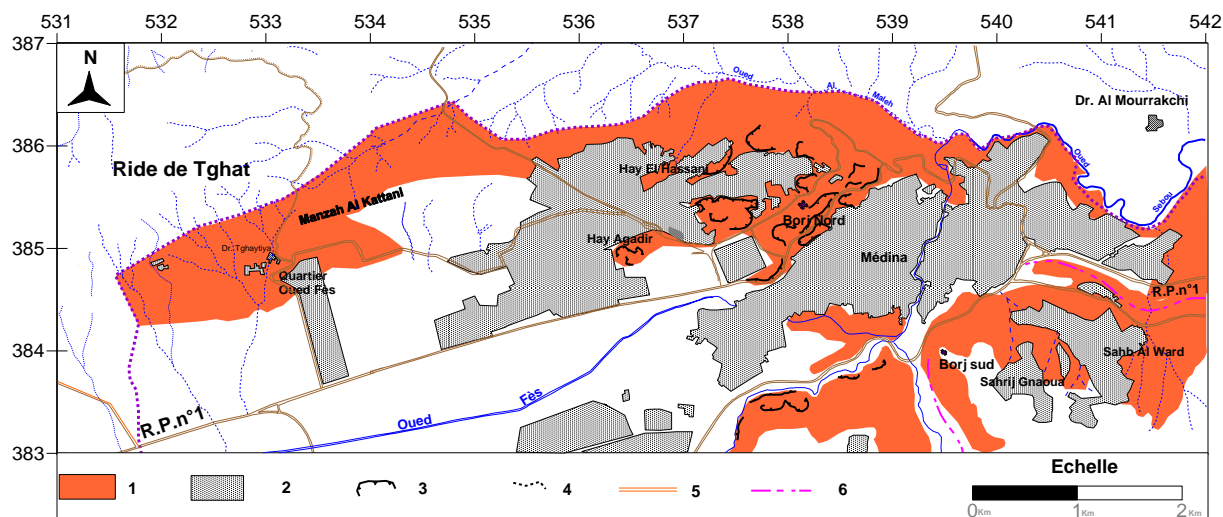
Le plateau des Mérinides, dans son ensemble, est affecté par une tectonique liée au front Sud rifain, et qui a permis le basculement des couches avec un pendage relativement fort (25°) vers le synclinal de la Médina (Fig.8.a). Les jeux néotectoniques, la lithologie travertineuse et le fort pendage des couches dans le versant méridional de ce plateau, favorisent facilement des ripages band sur band et créent à la surface une fracturation pentu vers le SE dans les travertins du quaternaire, et affectent les constructions du patrimoine historique de la ville (Fig.8.c).



**Figure 8 :** (a) Aspect morphologique des glissements de terrain sur les versants Nord et Sud du plateau des Mérinides. 1 : Marnes bleues de Fès, 2 : Marnes sableuses jaunâtre, 3 : Conglomerats polygéniques ; 4 : Travertins tufeux, 5 : Glissements de terrain. (b) aspect morphologique d’un arrachement en solifluxion (mouvement en masse) dans les marnes plastiques du versant Nord du plateau des mérinides au NE du Hay Hassani. (c) Coupe montrant un réseau de failles avec un jeu normal apparent vers l’ancienne Médina (SE) et qui affectent les murs des Mérinides.

## 5. DISCUSSION

Les quatre facteurs physiques responsables de la genèse des mouvements de terrain, décrits dans ce travail parmi autres, affectent gravement les parties Nord et Nord-Est de la ville de Fès. Il s'agit bien d'une combinaison complexe des processus tels que : la morphologie et la dynamique des versants et des ravins, la structure géologique du terrain et la nature lithologique des faciès et les actions hydrique et anthropique. En tenant compte de tous ces facteurs nous avons réalisé une carte (Fig.9) qui présente les zones à risques de mouvements de terrain à l'échelle de la partie Nord du périmètre urbain, sans pouvoir identifier la part de chaque facteur ni de proposer son degré d'influence. Les caractéristiques géotechniques n'ont été pas prises par cette étude, ce qui a limité la connaissance des propriétés mécaniques du sol, de prévoir son éventuel comportement et son action envers la genèse et le développement des mouvements de terrain dans la zone étudiée.



**Figure 9 :** Carte des zones à risques de mouvements de terrain dans la partie Nord du domaine urbain de la ville de Fès. 1 : Zones à risques de mouvement de terrain, 2 : Agglomérations urbaines de Fès, 3 : Falaises et escarpements de carrières, 4 : Limite du plan urbain de Fès, 5 : Routes principales, 6 : La voie ferrée.

Ces mouvements de terrain, qui sont causés généralement par des facteurs physiques qui concourent le plus souvent à façonner le relief dans la partie Nord-Est de la plaine de Saïs, en causant des dommages et des dégâts dans le domaine urbain de la ville de Fès. Ils peuvent être interprétés, en une partie, comme la combinaison des processus d'une évolution géologique et géomorphologique particulière de la plaine de Saïs et de ses bordures au quaternaire récent [7, 8, 9]. D'où la nécessité de tenir compte, dans les processus d'aménagement et d'extension urbain, certains éléments géologiques et géomorphologiques, tels que les différents phénomènes géodynamiques, tectoniques, sismiques et hydrodynamiques. Les solutions techniques convenables pour gérer ces risques s'affrontent à des difficultés liées principalement à l'existence de l'habitat non réglementaire et de son extension continue. Toutes ces conditions, poussent à la discussion sur l'identification de programmes orientés vers la réhabilitation et la mise en place d'un reboisement adéquat des secteurs vulnérables aux problèmes d'instabilité des sols, et des sous-sols. D'autres formes d'interventions sur terrain sont nécessaires, il s'agit là de :

- lancement de recherches géologiques et géotechniques pour l'élaboration de documents de base servant à l'orientation de l'extension urbaine ;
- interdiction de la construction dans les anciennes carrières ;
- intervention par correction mécanique des ravins dans le but de protéger les agglomérations urbaines susceptible d'être affecté par ces risques ;
- la mise en place d'un réseau d'assainissement capable d'évacuer dans les meilleures conditions toutes les eaux ménagères et/ou pluviales ;
- bétonnage des voies pour empêcher l'infiltration des eaux usées domestiques et surtout pluviales.

## 6. CONCLUSION

L'étude des mouvements de terrain dans le domaine urbain de la ville de Fès, moyennant la cartographie géologique à grande échelle et l'analyse des principaux facteurs génétiques de ces risques, nous a permis de constater que les zones Nord et Nord-Est du périmètre urbain de Fès sont très vulnérabilité face à la complexité et l'ampleur des phénomènes d'instabilité de terrains et la diversité de leurs manifestations. La situation de la ville de Fès et sa position dans une zone instable et tectoniquement active (Front Sud Rifain), marquée par une topographie accidentée et une lithologie hétérogène et très contrastée, ont permis la combinaison des processus géologique, géomorphologique et hydrique qui ont agi comme

principaux facteurs interconnectés engendrant le déclenchement de multiples formes de mouvements de terrains. Ces mouvements de terrain sont fréquents en domaine urbain de la ville de Fès, en raison des facteurs précités et qui s'aggravent le plus souvent par des pratiques anthropiques non réglementaires dans beaucoup de cas. Plusieurs cas de ces mouvements de terrain sont enregistrés dans les zones périphériques du domaine urbain (Sahrij Gnaoua, Hay El Hassani, Jnanates ...). Il s'agit là des secteurs dont les facteurs génétiques de ces risques s'interfèrent en engendrant des problèmes et des menaces à court et à moyen terme.

Notre analyse a montré ainsi que les risques liés aux mouvements de terrain dans la zone urbaine de la ville de Fès, se sont manifestés principalement par les glissements et affaissements de terrain, par l'hydrodynamique des ravins (Chaâbat oued El Maleh) et l'effondrement par sapement de berges (oued Fès aval). Ces zones à risques sont mieux identifiées, et servent à orienter la planification et l'élaboration de l'extension de la ville de Fès, qui ne cesse de s'accroître.

Ces phénomènes de mouvements de terrain touchent aussi bien le domaine urbain et les zones rurales limitrophes surtout dans les versants Sud des deux rides pré-rifaines de Tghat et de Zalagh. Les conséquences sont graves, et le coût social et économique est élevé.

## 7. REFERENCES :

1. Fejjal A. Fès, héritages et dynamiques urbaines actuelles. Thèse de doctorat d'État, Laboratoire URBAMA, Université de Tours. 1992.
2. Gartet, A. Mouvements de terrain et risques environnementaux dans l'agglomération de Fès et son arrière-pays : aménagement, gestion et prévention. 1ère édition. Secrétariat d'État auprès du Ministre de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement, Rabat, Maroc ; 2010. Available On : <https://physio-geo.revues.org/2022#quotation>
3. Delarue J., et Humbert M. Étude géotechnique, in : Champond G., et Ichter J.-P., éditeurs. Mémoire explicatif de la carte géotechnique de Fès, *Éditions du Service Géologique, Maroc* ; 1967. p. 55-80 (chap. V).
4. Waele J. DE., Grigorio F. DI., El Wartiti M., Fadli D., Follera R., Marini A., Melis M. T. Geo-environmental risk in the upper valley of the Oued Sebou (Fès, Central Morocco): a preliminary approach. *Journal of Africa Earth Sciences*. 2004; 39: 491-500. Available On : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S089536204001307?via%3Dihub>
5. El Boumeshouli S.M., Lahrach A., Chaoui A. Ali., Deffontaines B. Geotechnical study of urban soil and subsoil 148 of fez city (N. morocco) and natural risk Mapping using geographic information system (gis), *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 5: Urban Geology, Sustainable Planning and Landscape Exploitation*, Springer International Publishing Switzerland. 2015. Available On :
6. Ben Moussa A. Les Bivalves néogènes du Maroc septentrional (façades atlantique et méditerranéenne) : Biostratigraphie, paléobiogéographie et paléocéologie. Note de thèse, documents des laboratoires de géologie, Lyon. 1994. Available On : [http://bibliotheques.mnhn.fr/medias/detailstatic.aspx?INSTANCE=exploitation&RSC\\_BASE=HORIZON&RSC\\_DOCID=214656](http://bibliotheques.mnhn.fr/medias/detailstatic.aspx?INSTANCE=exploitation&RSC_BASE=HORIZON&RSC_DOCID=214656)
7. Charroud M., Cherai B., Benabdelhadi M., Falgueres, C. Impact de la néotectonique quaternaire sur la dynamique sédimentaire du Saïss (Maroc) : Du bassin d'avant fosse pliocène au plateau continental quaternaire. *Quaternaire*. 2007 ; 18(4) : 327-334. Available : <http://quaternaire.revues.org/1199?file=1>
8. Cherai B. Charroud M., Lahrach A., et Babaut J. Influence de la tectonique compressive et des mouvements verticaux d'origine mantellique sur l'évolution géomorphologique quaternaire du Saïss entre le Rif et le Moyen atlas (Maroc). *Actes 4RQM*, Oujda. 2008 : 171-181.
9. Cherai B. Géologie et géomorphologie du Saïss « Plaine de Fès » et de ses bordures du Néogène au Quaternaire. Thèse de Doctorat Ès-Sciences, Univ. Sidi Mohamed Ben Abdellah, FST Saïss-Fès. 2009.
10. Wernli R. Micropaléontologie du Néogène post-nappes du Maroc septentrional et description systématique des foraminifères planctoniques. *Notes et Mémoires du Service Géologique, Maroc* ; 1988. Available On : [http://bibliotheques.mnhn.fr/medias/detailstatic.aspx?INSTANCE=exploitation&RSC\\_BASE=HORIZON&RSC\\_DOCID=19706](http://bibliotheques.mnhn.fr/medias/detailstatic.aspx?INSTANCE=exploitation&RSC_BASE=HORIZON&RSC_DOCID=19706)
11. Ahmamou M., Conrad G., Plaziat J.-CL. Réinterprétation des conditions de dépôt des calcaires fluviatiles, lacustres et palustres du bassin plio-quaternaire du Saïss de Fès (Maroc). *Méditerranée*. 1989 ; 68 (2) : 41-49. Available On : [http://www.persee.fr/doc/medit\\_0025-8296\\_1989\\_num\\_68\\_2\\_2615](http://www.persee.fr/doc/medit_0025-8296_1989_num_68_2_2615)
12. Daguin F. Recherche géologique sur la feuille Fès (quart Nord-Est) - Notes et Mém. Serv. Mines Maroc, Rabat. 1927.
13. Taltasse P. Recherches géologiques et hydrogéologiques dans le bassin lacustre de Fès-Meknès. Notes et M. Ser. Géol. Maroc. 1953.
14. Ait Brahim L. et Chotin, P. Mise en évidence d'un épisode compressif dans les calcaires plio-quaternaires du bassin de Saïss, Rif, Maroc. *C. R. Acad. Sci. Paris*. 1983 ; 296 : 1333-1336.
15. Ahmamou M., & Chalouan A. Distension synsédimentaire plio-quaternaire et rotation anti-horaire des contraintes au Quaternaire ancien sur la bordure Nord du bassin du Saïss Fès (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*. 1988 ; 12 : 19-26.
16. Bargach K., Chalouan A., Galindo-Zaldivar J., Ruano P., Ahmamou M., Jabaloy A., Akil M., Sanz De Galdeano C., Chabli A., & Benmakhlouf M. Détermination de paléocontraintes à partir des galets striés des formations conglomératiques plio-quaternaires au front de la chaîne du Rif (Maroc) : la Ride de Trhat. Notes et Mémoires du Service Géologique, Maroc. 2003 ; 452 : 99-108. Available On : <http://fundacion.usal.es/rcans/modules/sections/docs/Bargach.htm>
17. Chalouan A., Gil A.J., Galindo-Zaldívar J., Ahmamou M.F., Ruano P., Lacy M.C., Ruiz-Armenteros A.M., Benmakhlouf M., Riguzzi F. Active faulting in the frontal Rif Cordillera (Fez region, Morocco): constraints from GPS data, *Journal of Geodynamics*. 2014 ; Available : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264370714000039?via%3Dihub>
18. Ait Brahim L., Chotin P., Ramdani, M. et Tadili, B. Précision du schéma sismotectonique du Maroc : Relations entre les structures néotectonique méridiennes et la répartition de la sismicité au Maroc Nord. *Bull. Sci. de la Terre* , Rabat Maroc. 1987 ; 3 : 45-58. Available On : <http://scholar.um5.ac.ma/benaissa.tadili/publications/pr%C3%A9cision-du-sch%C3%A9ma-sismotectonique-du-maroc-relations-entre-les>
19. Raynal R. L'érosion des sols au Maroc. *Annales Scientifiques de l'Université de Halle*. 1957 ; 6(5) : 855-893.
20. Le Bissonnais Y., Thorette J., Bardet C., et Daroussin J. L'érosion hydrique des sols en France. Institut Français de l'Environnement. 2002 : P106. Available On : [http://petiot.free.fr/Marielle/Dossier%20oral%20PLPA/doc/erosion\\_hydrigue\\_2002\\_br.pdf](http://petiot.free.fr/Marielle/Dossier%20oral%20PLPA/doc/erosion_hydrigue_2002_br.pdf)

**Citer cet article : Bouamama Cherai, Bouhsine El Fellah Idrissi, Mohammed Charroud et Hasnae EL Hnot. LES MOUVEMENTS DE TERRAIN DANS LE SECTEUR URBAIN DE LA VILLE DE FÈS (MAROC) : FACTEURS DE GENÈSE ET CARTOGRAPHIE DES ZONES À RISQUES. American Journal of Innovative Research and Applied Sciences. 2017; 5(6): 405-414.**

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>