

# Étude Lithostratigraphique Des Formations Superficielles Urbaines Du Secteur Nord De La Ville De Fès, Maroc

*Boukhir Mohammed*

*Jamal Mohamed*

*Azzouzi Kamal*

Laboratoire Géoressources et Environnement,  
Université sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc

Doi: 10.19044/esj.2017.v13n33p129 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n33p129](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n33p129)

---

## Abstract

The superficial formations of the northern sector of the city of Fez majorly show clay lithostratigraphy in the west of this sector. They are conglomeratic at the center and are composed of limestone deposits in the East. As for the land embankments, they met at two banks of Oued Fès. From a geotechnical point of view, the formations which are exposed to the phenomena of compressing or liquefaction are the argillaceous and anthropic formations. These phenomena of the instability of the grounds can worsen when the water table level increases significantly, especially during the rainy seasons where it can reach the surface at the Oued Fez flood plain. As for the conglomeratic formations, the geotechnical analysis shows that the conglomerates forming a very hard rocky slab constitute a rather solid base and is indeformable. Their thickness, therefore, exceeds 2m of power. This is the case of conglomerates located at the center of this sector. Laboratory tests have classified these soils to be relatively stable.

---

**Keywords:** Lithostratigraphie, geotechnics, conglomerates, limestone, stratigraphic correlation, Fez, Morocco

---

## Résumé

Les formations superficielles du secteur nord de la ville de Fès montrent une lithostratigraphie essentiellement argileux à l'Ouest de ce secteur. Ils sont conglomératiques au centre et constituées de dépôts calcaires à l'Est. Quant aux terrains à remblais, on les rencontre sur les deux rives d'Oued Fès. De point de vue géotechnique, les formations qui sont les plus exposés aux phénomènes de tassement ou liquéfaction sont les formations argileuses et anthropiques. Ces phénomènes d'instabilité des terrains peuvent

s'aggraver lorsque le niveau de la nappe augmente sensiblement, notamment pendant les saisons très humides où il peut atteindre la surface au niveau de la plaine d'inondation d'Oued Fès. Quant aux formations conglomératiques, les analyses géotechniques montrent que les conglomérats formant une dalle rocheuse très dure constituent une assise assez solide et indéformable notamment lorsque leur épaisseur dépasse 2m de puissance. Ce qui est le cas des conglomérats localisés au centre de ce secteur. Les essais au laboratoire ont classé ces sols relativement stables.

---

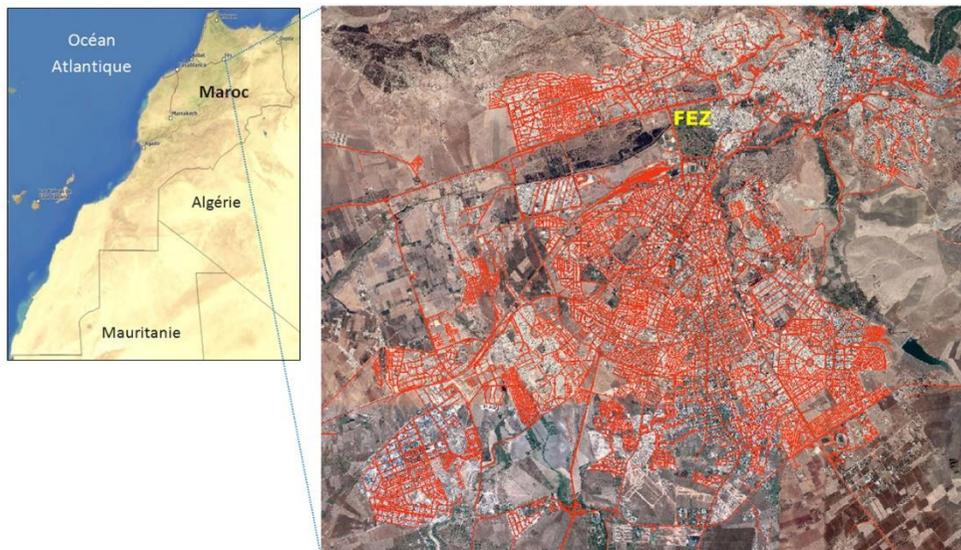
**Mots-clés:** Lithostratigraphie, géotechnique, conglomérats, calcaires, corrélation stratigraphique, Fès, Maroc

### **Introduction**

L'objectif principal de ces travaux de recherche concernera l'étude lithostratigraphique des sols urbains de la partie Nord de la ville de Fès, dont les résultats contribueront à l'élaboration de plan d'aménagement de la ville en connaissance de conséquences. Pour cela, les décideurs auront le choix de tenir, ou non, en compte de la lithologie des sols et les caractéristiques géotechniques qui leur sont associées. Ce travail apportera alors une contribution utile à l'évaluation de la vulnérabilité d'éventuelles constructions urbaines. Ceci en formalisant des recommandations enrichies par des données géotechniques de chacun des différents sols urbains de secteur. Enfin, cette étude s'inscrit dans une logique de développement durable des collectivités à l'échelle locale et régionale.

### **Contexte Géographique**

Située au nord du Maroc (Figure 1), la ville de Fès est construite en partie sur la plaine de Saïs. Elle est encadrée par la vallée du fleuve de Sebou à l'Est, les rides pré-rifaines représentées par Jbel Tghat au Nord et par Jbel Zlagh au Nord Est. La plaine de Fès montre une topographie qui décroît du Sud au Nord pour se redresser brutalement au contact des rides pré-rifaines (Taltasse, 1953; Ouarhache, 1987). Ainsi la pente des cours d'eau est assez faible (Reynard et al., 2011). De ce fait, les Oueds sont peu encaissés ou stagnants par points, engendrant des zones mal drainées ou marécageuses. C'est le cas de l'étang de Douyet situé à l'Ouest de la ville de Fès ou la zone de Merja au Nord de l'agglomération de Ben Souda (Reynard et al., 2013).



**Figure 1.** Situation géographique de la communauté urbaine de la ville de Fès

### **Contexte Géologique et Structurale**

La ville de Fès est située dans un contexte géomorphologique très varié composé de plaine, vallées, plateaux et de reliefs. Les massifs les plus importants qui bordent la ville sont celui formé par la ride de Jbel Tghat au Nord et la ride de Zalagh à l'Est (Ahmamou, 1987,1989, 2002). Ride de Tghat (867 m d'altitude maximale) : La ride de Tghat est un anticlinal allongé Est - Ouest, légèrement arqué vers le Sud (Charroud et al., 2006, 2007; Harmouzi, 2010). Il montre une structure anticlinale de noyau Jurassique qui émerge sous les marnes du Miocène supérieur du Pré-Rif. Son versant sud surmonte des conglomérats et des calcaires lacustres plio-quadernaires de la plaine de Saïs. Ces faciès plio-quadernaires sont affectés par un accident décrochant senestre de direction N060- N070.

En revanche, au niveau du flanc Nord passe une faille normale de direction Est-Ouest à pendage Nord qui touche les molasses du Miocène. Ce massif appelé Tghat est délimité par deux accidents décrochant latéraux, l'un est au niveau de l'extrémité orientale, orienté N020–N040 à jeu senestre, et l'autre au niveau de l'extrémité occidentale orienté N160 à N170 à jeu inverse dextre. Il existe deux systèmes de failles découpant la formation jurassique (calcaires bajocien) : le premier est N000 à N020 et le second est N090 à N150 (Cherai et al., 2004).

Ride de Zalarh (900 m d'altitude maximale) : C'est une ride isolée, allongé ENE–WSW, situées à quelques kilomètres à l'Est de la ville de Fès. Cette ride est un anticlinal à cœur jurassique, faillé et déversé vers le sud à axe N110 et à plongement 10° à 30°E (Cherai et al., 2005). Elle est constituée par des séries dolomitiques, calcaires lités et marno-calcaires du

Lias inférieur et moyen à pendage vertical à sub-vertical. Ensuite vient en légère discordance les marnes et molasses du Miocène moyen - supérieur (Bargach et al., 2003).

### **Objectifs et Méthode de Travail**

Les études de terrain ont été menées de façon systématique, à chaque fois que nous avons estimé qu'il est nécessaire selon la complexité du terrain ou le besoin d'apporter des précisions sur les formations superficielles de ce secteur. Les unités lithostratigraphiques sont décrites sur le terrain. Les profils types sont photographiés. La répartition spatiale et la fréquence des coupes étudiées, sont en relation avec les variations lithologiques latérales et leur rapport géomorphologique dans les différentes zones. Elles doivent fournir un certain nombre d'arguments pour établir les corrélations des formations superficielles dans tout le secteur.

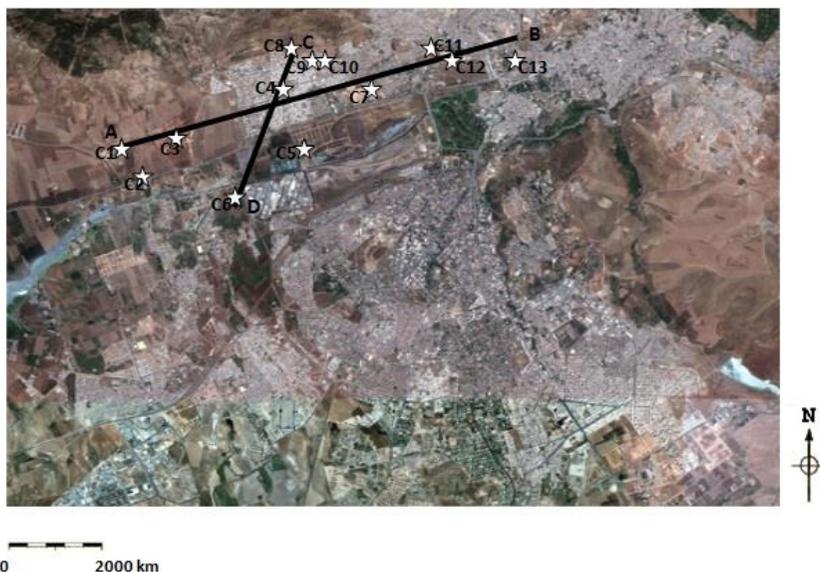
D'autre part, le choix des coupes prend en compte les caractéristiques géologiques mais également la profondeur des tranchées de fondations et l'emplacement d'une coupe par rapport aux autres, afin de faciliter la corrélation stratigraphique en fin de recherche. Ces profils de coupes sont localisés aux endroits indiqués sur le plan du secteur étudié (Figure 2). Les coordonnées géographiques de différentes coupes ont été relevées à l'aide d'un GPS. Ces coupes seront le sujet de descriptions détaillées et subdivisées en couches et niveaux lithologiques, selon leurs caractéristiques, à chaque fois qu'on trouve nécessaire pour une éventuelle corrélation. Des échantillons peuvent être prélevés sur les parois des coupes sélectionnées pour des éventuels compléments d'analyses au laboratoire. Des analyses géotechniques ont réalisées sur les différentes formations rencontrées dans le secteur et dont certains résultats seront intégrés également dans ce travail. Enfin, et à terme de ces recherches, on établira une carte des différents types de sols des secteurs étudiés de la ville. Etant donné sa grande surface et la complexité de la nature du sol de la communauté urbaine de Fès, nous allons séparer notre travail en quatre grands secteurs:

- Le secteur I ou secteur Nord de la ville.
- Le secteur II englobe la partie Ouest de la ville : secteur de Zouagha-Ben Souda.
- Le secteur III concernera le centre et le Sud-est de la ville.
- Le secteur IV regroupant la médina (vielle ville) ainsi que la partie Est de la ville.

Chaque secteur sera étudié séparément avant de procéder à une corrélation à l'échelle de toute l'agglomération de la ville de Fès, et l'établissement d'une carte des sols urbains.

Dans la première partie de recherches (secteur Nord ou secteur I), nous avons travaillé sur le secteur Nord de la ville qui s'étend d'Est à l'Ouest

sur 9 kilomètres environ et du Nord au Sud sur 2 à 3 kilomètres. Plusieurs coupes géologiques ont servi de base pour notre étude de ce secteur. Ces coupes nous ont permis de faire des descriptions de différentes couches et niveaux lithologiques des terrains étudiés. Nous avons sélectionné seulement les coupes types indicatives qui nous ont servi de modèle pour établir une corrélation latérale de la lithologie des sols (Figure 5 et 6).



**Figure 2.** Situation des différentes coupes sélectionnées (C1, C2, . . .) et les coupes corrélatives (A-B et C-D)

### **Situation et Description des Coupes Types Sélectionnées (Figure 2)**

**Coupe 1:** Cette coupe a une puissance apparente d'environ 7 m et présente :

Un niveau supérieur formé de terre végétale de couleur grise foncée, composée de sédiments argileux faiblement limoneux. Ces dépôts se développent sur une épaisseur moyenne de 1,20 m, et leur limite avec les sédiments sous-jacents est peu nette. Au dessous de cette terre végétale argileuse, on trouve des dépôts argilo-limoneux de couleur brun clair ou jaunâtre par endroit. Quelques petites poches blanchâtres de même texture peuvent être rencontrées également au sein des dépôts de ce niveau. L'épaisseur de ces argiles peut atteindre 3,50 mètres par point. Sa limite avec les dépôts de dessous et assez diffuse. A la base de cette coupe, les dépôts deviennent franchement plus argileuse, de couleur grisâtre et franchement plus compact que ceux de dessus. Les sédiments de ce niveau sont très collants lorsqu'ils sont humides notamment au niveau des fondations les plus profondes fraîchement creusées. Ils durcissent et présentant des fissures et

une structure polyédrique lorsqu'ils sont secs. La base de ces dépôts argileux n'a pas été atteinte par les fondations de construction à cet endroit, bien qu'elles dépassent 8 m de puissance dans certains points. En effet, les études géotechniques (Boumeshouli, 2010) ont révélé que l'épaisseur de ces dépôts argileux dépasse les 15 mètres.



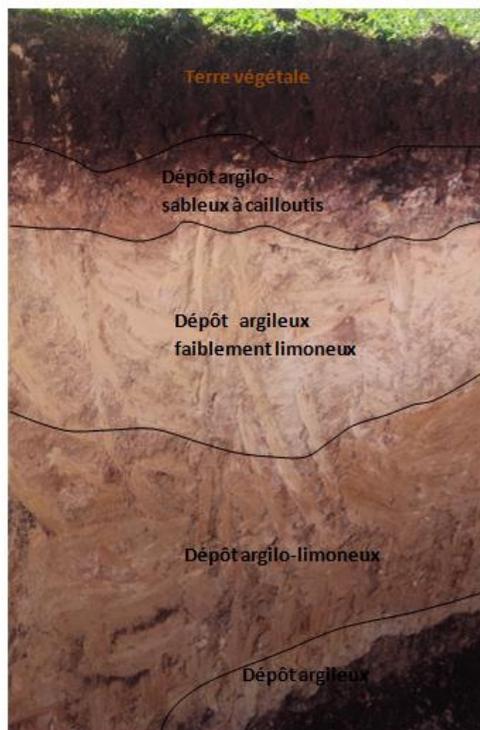
**Figure 3.** Coupe 1

**Coupe 2:** Cette coupe se situe au Sud de la coupe précédente à quelques centaines de mètres de distance. Elle est formée : D'une terre végétale de même texture que celle observée au niveau de la coupe 1 et elle est de couleur gris foncée et pourvue de quelques racines végétales. Son épaisseur peu atteindre 1 m en moyenne. Sa limite inférieure est peu nette. Au dessous, les sédiments sont franchement argileux, faiblement limoneux, de couleur grise. Des sédiments en forme de poches de couleur marron clair et de même texture peuvent être rencontrés au sein de ces dépôts argileux, notamment vers la base de cette coupe. Le profil de la coupe est d'une puissance de 5 m en moyenne. Les argiles sont très collantes à l'état humide. A la base de cette coupe, le sédiment sont plutôt argileux faiblement limoneux et leur couleur devient relativement plus foncée.



**Figure 4.** Coupe 2

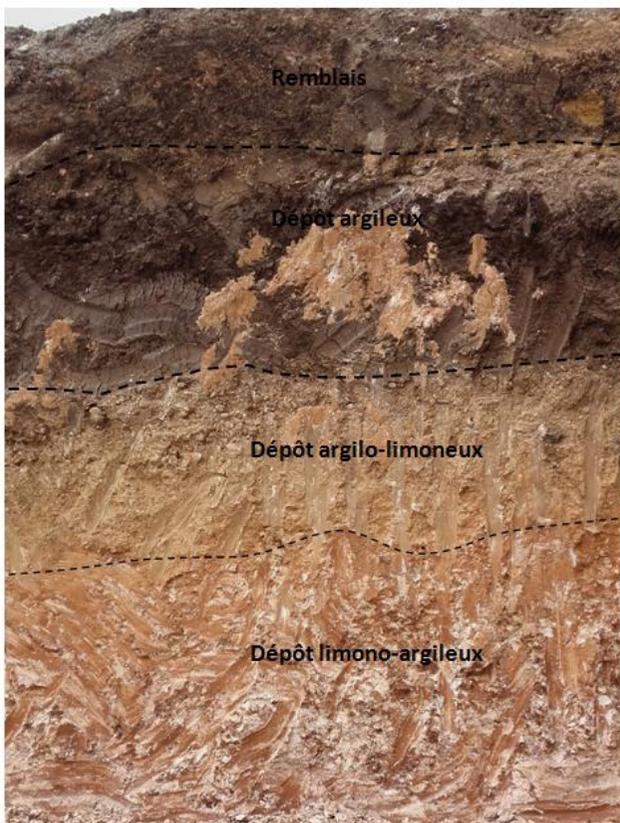
**Coupe 3:** Cette coupe est séparée en cinq niveaux d'importance variable. Niveau 1: il est formée d'une terre végétale, de couleur marron foncée, voir noirâtre par endroit et de texture argileuse, avec présence de racines végétales et quelques rares petits cailloux. Son épaisseur ne dépassant pas les 0,40 m et il est peu compact et assez friable. Niveau 2 : d'épaisseur d'environ 0,30 m composée de sédiment argilo-sableux de couleur marron claire avec quelques fragments de roches de petites tailles. Ces limites inférieure et supérieure sont assez diffuses. Niveau 3: Son épaisseur varie de 0,45 m à 1 m au maximum. Sa limite inférieure se distingue de celui de dessous par sa couleur beige claire. Il est composé d'argiles faiblement limoneux avec quelques très rares granules au sein de ces sédiments. Il est peu compact et assez friable. Niveau 4 : d'épaisseur variant entre 0,30 m à 0,85 m et formée de sédiment argilo-limoneux. De couleur beige foncée et de même consistance que les dépôts du niveau sus-jacent. Sa limite inférieure est peu nette. Niveau 5 : composé de sédiments argileux, faiblement limoneux par endroit et de couleur jaunâtre ou beige clair par point. Son épaisseur varie de 0,20m à 0,30 m et il est très compact. Sa limite inférieure n'a pas été atteinte.



**Figure 5.** Coupe 3

**Coupe 4:** Cette coupe est divisée en 4 niveaux : Niveau 1 : forme la partie supérieure de cette coupe et il est composé d'environ 0,80 m de remblais de sédiments fins et de terre argileuse de couleur marron foncée. Ces remblais recouvrent une couche d'argile de couleur marron foncé et peu consolidée. Niveau 2 : formé de sédiment argileux, marron foncé, devenant plus clair à sa base. Son épaisseur peut atteindre environ 1 m. les dépôts sont peu consolidés et collants à l'état humide. Niveau 3 : formé d'argiles limoneux de couleur jaunâtre. Des sédiments sont peu compacts et de puissance 0,80 m. Ses limites inférieure et supérieure sont peu nettes et il est de couleur jaunâtre, renfermant quelques rares petits galets dans sa partie supérieure.

Niveau 4 : ce niveau est composé de limons argileux et très peu de sables, de couleur rougeâtre. L'épaisseur apparente de ce niveau peut atteindre 1,20 m, puisque sa base n'a pas été atteinte par une fondation à cet endroit. Des nodules de calcaires blanchâtres et d'aspect crayeux sont présents au niveau de ce niveau qui nous rappelle celles observées au niveau de la coupe 7. Ces nodules carbonatés sont le résultat de la migration d'ions calcium, tandis que la couleur rougeâtre est la conséquence de la mobilisation du fer dans un milieu plutôt oxydant. Ces processus sont engendrés par les eaux d'infiltration lors des saisons humides.



**Figure 6.** Coupe 4

**Coupe 5:** Les dépôts rencontrés dans cette zone sont essentiellement argileux que nous pouvons les séparer en deux ensembles assez distingués par leur couleur notamment:

Un niveau supérieur : Formé de terre argileuse d'épaisseur pouvant atteindre 2 m et il est de couleur grise foncée, devenant plus claire et faiblement limoneux à sa base. Ces argiles sont très collantes à l'état humide et qui deviennent fissurées à l'état sec.

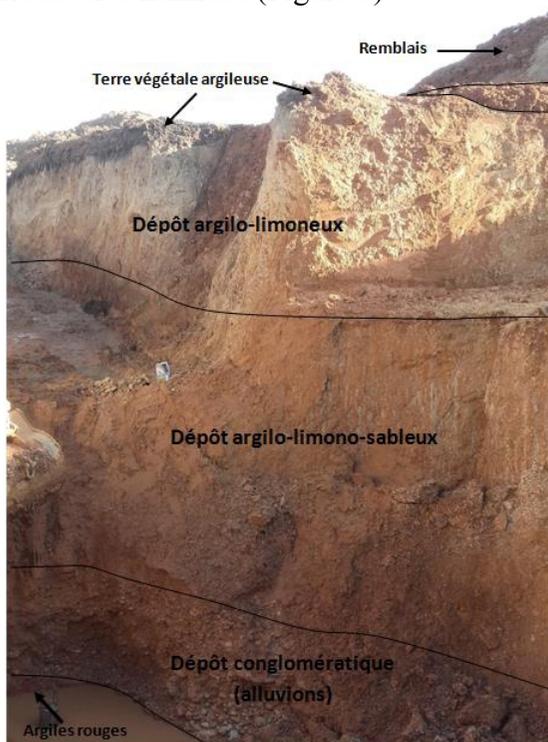
Un niveau inférieur : De couleur gris foncée, ce niveau est plus compact. Les sédiments de ce niveau sont composés d'argiles qui deviennent peu limoneux vers la base de cette coupe. Son épaisseur est égale à 0,60 m en moyenne bien que sa base n'a pas été atteinte, mais ces dépôts argileux deviennent de plus en plus sableux en profondeur et peuvent atteindre une puissance dépassant les 10 mètres.



**Figure 7.** Coupe 5

**Coupe 6:** Au niveau de ce secteur, on distingue deux types de dépôts: des remblais et des sédiments naturels formés de couches mis en évidence par les travaux d’assainissement. Les remblais rencontrés dans ce secteur sont des dépôts liés à des aménagements relatifs à la mise à niveau des terrains dans cette zone et à l’assainissement. Ces remblais sont de nature variée et sont composés en particulier de matériaux de démolition, de sables, ou de matériaux prélevés des fondations urbaines. Ces remblais ont servie à combler les dépressions et des fosses qui existaient naturellement au niveau des deux rives d’Oued Fès. Leur épaisseur est très variable et peut atteindre plusieurs mètres dans certains endroits de cette zone. Les sédiments naturels forment plusieurs mètres d’épaisseur et qu’on peut les subdiviser en couches et niveaux : Couche 1 : de terre argileuse de couleur marron foncé d’une épaisseur moyenne de 0,50 m et peu compacte. Couche 2 : de sédiments argileux faiblement limoneux de couleur jaunâtre renfermant quelques rares granules calcaires. Il est peu consolidé et d’une épaisseur qui varie de 1 à 1,20 m environ. Couche 3 : de sédiment limono-argilo-sableux de couleur brun clair qui devient de plus en plus rougeâtre vers sa base. Il est également peu consolidé et refermant des taches calcaires blanchâtres allongées verticalement au sein de ces sédiments. Son épaisseur est de 2 m en moyenne. Couche 4 : composée d’anciennes alluvions fluviales, recouvrent des argiles rouges. Les alluvions sont principalement graveleuses. Les galets sont de nature polygénique. Ces alluvions fluviales forment une épaisseur de 0,70 m environ. Il s’agit très probablement d’ancien lit de rivière. Ces éléments conglomératiques ayant subis un transport assez long par les eaux,

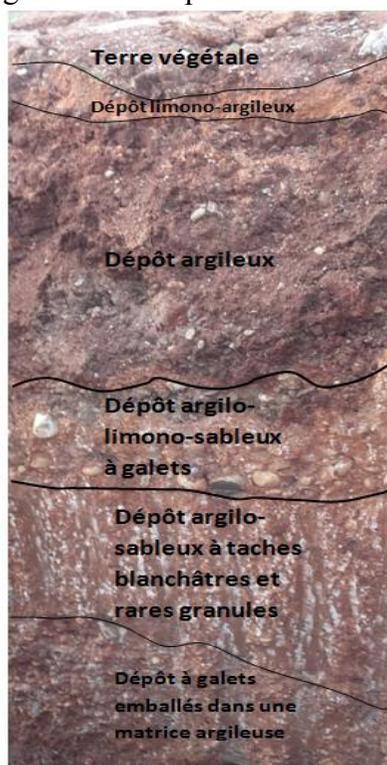
vue leur degré d'émoussé très accentué. Leurs tailles ne dépassent pas les 12 centimètres de dimension. Ces galets sont de nature pétrographique variée et sont emballés dans une matrice sableuse. Les dépôts à ce niveau sont très peu cohérents ou faiblement consolidés. Sa limite inférieure est très nette au contraire de sa limite supérieure qui est diffuse. Couche 5: les sédiments de cette couche sont composés d'argiles rouges très collantes et d'épaisseur apparente égale à 0,30 m, mais sa base n'a pas été atteinte par les travaux d'assainissement. On signale dans cette partie de la rive de l'Oued Fès que les terrains sont marqués par la présence d'une nappe phréatique alluviale permanente (voir photo), à fortes oscillations et ils sont généralement inondables en périodes très humides (Figure 8).



**Figure 8.** Coupe 6

**Coupe 7:** Les dépôts de cette zone sont composés de plusieurs niveaux distingués par leur couleur et leur composition granulométrique. Ces différents niveaux sont de haut en bas : niveau 1 : Au sommet, composé d'une terre végétale argileuse d'épaisseur égale à 0,30 cm et de couleur marron foncé emballons quelques rares cailloutis. Niveau 2 : situé juste au dessous de cette végétale, ce niveau est composée de sédiments limono-argileux, de couleur marron clair à beige et peu compact. Son épaisseur ne dépasse pas 20 cm. Niveau 3 : formé de quelques rares éléments grossiers emballés dans un sédiment argileux, friables et peu compact, de couleur

marron foncée à noirâtre avec quelques poches de sédiments grisâtres. Son épaisseur est très variable, et peut atteindre 1,20 m. Niveau 4 : composé de galets de taille pouvant atteindre 15 cm, emballés dans un sédiment argilo-limono-sableux de couleurs brunâtre avec quelques rares taches calcaires de couleur blanche. L'épaisseur de ce niveau est égale à 50 cm en moyenne. Niveau 5: formé de sédiments argilo-sableux, de couleur rougeâtre. Ce niveau renferme également des nodules calcaires friables et d'aspect crayeux et de couleur blanchâtre. De rares granules de petites tailles et émoussés sont emballés dans ces sédiments dans la partie inférieure de ce niveau. Son épaisseur peut atteindre 90 cm de puissance. Niveau 6 : Ce niveau est composé de conglomérats formés de galets moyennement consolidés et qui sont emballés dans une matrice composée d'argiles faiblement limoneuses de couleur rougeâtre. Ces éléments conglomératiques sont émoussés et de taille inférieure à 10 cm. L'épaisseur apparente de ce niveau est égale à 80 cm mais la base de ces conglomérats n'a pas été atteinte à cet endroit.



**Figure 9.** Coupe 7

**Coupe 8:** Ce profil peut être subdivisé en deux ensembles distincts: Ensemble inférieur: Il est formé de conglomérats et granules de taille moyenne ne dépassant pas les 6 cm de diamètre et des granules émoussés à sub-émoussés emballés par une matrice sablo-limoneuse, moyennement

consolidés à très consolidés par endroit. La base de cet ensemble conglomératique n'a pas été atteinte à cet endroit. Cependant, leur puissance peut dépasser plusieurs mètres. La formation de ces conglomérats présente un pendage de 45° vers l'Est.

Ensemble supérieur : Il est composé de sédiments limono-sableux avec quelques granules au sein de ces sédiments. Cet ensemble peut être subdivisé en niveaux stratifiés dans le sens du pendage des deux ensembles. Ces niveaux sont composés de sédiments limono-sableux et quelques rares granules de petites tailles. La distinction entre ces niveaux se fait notamment par leur degré de compaction : des niveaux tendres alternant avec des niveaux à sédiments moins cohérents, friable par endroit, que les agents d'altérations les ont mis en évidence par rapport aux niveaux plus résistants à l'altération. L'épaisseur de cet ensemble varie de quelques mètres à plusieurs mètres par endroit.



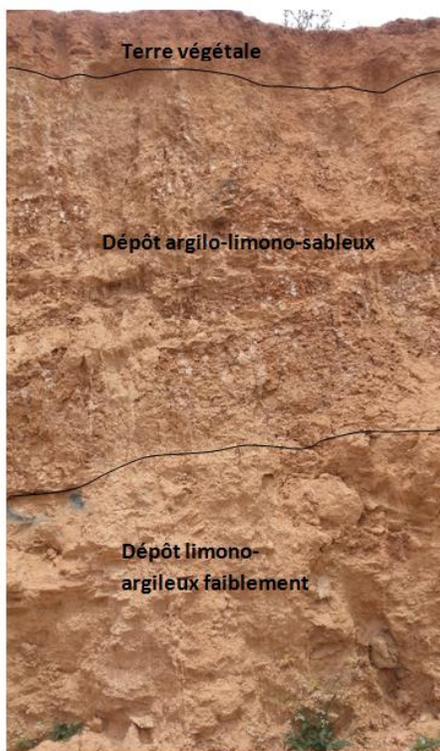
**Figure 10.** Coupe 8

**Coupe 9:** Les dépôts de cette coupe montrent de haut en bas : Une terre végétale composée d'argile limoneuse très peu consolidé, de couleur rougeâtre ou châtain par point. Son épaisseur varie de 30 à 40 cm environ et présente peu de racines végétales.

Un ensemble supérieur : composé de sédiments argilo-limono-sableux brun clair emballant quelques très rares granules de petites tailles.

Ces sédiments sont peu consolidés voir friables par endroit. De couleur beige et d'épaisseur variant de 1,50 à 3 mètres maximum. Il présente une stratification peu nette. A la base de cet ensemble, les sédiments deviennent plus fins et plus compacts.

Un ensemble inférieur : formé de dépôt limono-argileux, faiblement sableux et de couleur beige assez claire. Il est relativement plus consolidé que l'ensemble supérieur mais reste assez friable. D'une épaisseur pouvant dépasser 1,50 m bien que la base de ce type de dépôt n'a pas été atteinte au niveau ce profil. Les sédiments de cet ensemble montre une certaine stratification oblique mais peu nette, notamment vers sa base.



**Figure 11.** Coupe 9

**Coupe 10:** Cette coupe est formée de deux ensembles : un ensemble supérieur qu'on peut subdiviser en plusieurs niveaux et un ensemble inférieur conglomératique:

#### **Ensemble Supérieur**

Niveau 1 : au sommet de cette coupe ce niveau est composé de terre végétale composé d'argiles limoneuses avec quelques rares cailloux de petites tailles, très peu consolidées, de couleur marron foncée. Ce niveau a une épaisseur d'environ 0,50 m au maximum et présente peu de racines

végétales. Il est surmonté par un minimum de 50 cm de remblais composé de sédiment de nature et taille variées.

Niveau 2 : il est formé de sables fins argileux avec quelques cailloutis de taille inférieure à 3 centimètres de diamètre. Les sédiments de ce niveau sont de couleur marron clair et leur épaisseur varie de 30 à 60 cm.

Niveau 3 : Ce niveau est distingué de celui de dessus par sa couleur jaunâtre. Il est composé de quelques cailloutis de taille inférieure à 4 cm emballés dans une matrice sablo-limoneuse et de puissance d'environ 1 m au maximum.

Niveau 4 : c'est un niveau composé de limons et de sables très fins avec quelques rares petits cailloux de taille ne dépassant guère 1 cm. Ces dépôts ont une couleur jaunâtre avec une épaisseur qui peut dépasser les 2 m en moyenne et ils sont très compacts.

Ensemble Inférieur: A la base de cette coupe on trouve un ensemble conglomératique composés de galets émoussés de taille ne dépassant pas les quelques centimètres (6 cm au maximum) et des granules de tailles moyennes. Ces éléments grossiers sont emballés dans une matrice sableuse et sont très consolidés. L'épaisseur de cette formation conglomératique dépasse 1 m. Sa base n'a pas été atteinte.

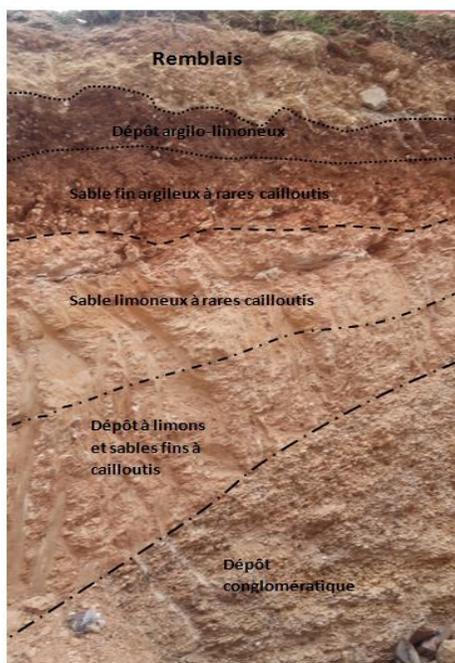


Figure 12. Coupe 10

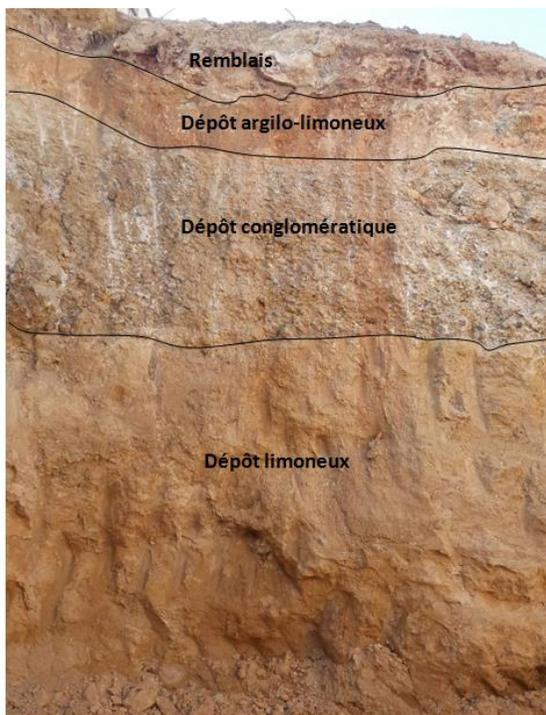
**Coupe 11:** Cette coupe montre les différents niveaux suivants:

Niveau 1 : formé de 0,20 à 30 cm de remblais composé de toute sorte de débris.

Niveau 2 : constitué de sédiment argilo-limoneux à rares granules, de couleur marron foncée, et d'une épaisseur ne dépassant pas les 0,30 m.

Niveau 3 : c'est un niveau conglomératiques très consolidé composés de galets et granules émoussés emballés dans une matrice sablo-limoneuse. Les galets sont en générale de petites tailles. Son épaisseur ne dépasse pas 0,90 cm au maximum.

Niveau 4 : A la base de cette coupe, on retrouve des sédiments limoneux faiblement argileux, de couleur jaunâtre et relativement consolidés. La limite inférieure de ces limons n'a pas été atteinte et l'épaisseur apparente dépasse 1,40 m.



**Figure 13.** Coupe 11

**Coupe 12:** A cet endroit les conglomérats forment un banc de plusieurs mètres de puissance (6 mètres en moyenne) et sont très consolidés. Ces conglomérat forme un banc dont la base est indéfinie, et s'étend latéralement sur plusieurs dizaines mètres. Ils sont constitués de galets à éléments polygéniques, généralement émoussés à très émoussées, dont une grande proportion arrondis et de taille variant de 2 cm à 10 cm en moyenne (photo) et mal classés. Les éléments sont souvent non jointifs. La matrice est composée de sédiment argilo-sableux ou limono-sableux de couleur brune.

Cette matrice renferme par endroit de petites granules émoussés et forme des poches intra-conglomérat mais très consolidés. Ces conglomérats ont plutôt une structure massive et très cohérente. Certains niveaux sont composés de petits galets de taille ne dépassant pas 3 cm non jointifs emballés dans une matrice sableuse et sont en transition diffuse avec les conglomérats à éléments grossiers. Ces niveaux à petits galets présente une forme en poche ou sous forme de lentille à contour peu nette. Ces conglomérats sont surmontés par un sol composé d'argiles et de sables fins de couleur marron. L'épaisseur de cette terre végétale varie de quelques cm à environ 0,60 m au maximum.



**Figure 14.** Coupe 12

**Coupe 13:** Les formations à tufs calcaires sont particulièrement représentées à l'Est de ce secteur et notamment au niveau des reliefs des méridiens ou ils affleurent sur plusieurs dizaines de mètres au niveau des carrières et coupes dégagées par les travaux de tracés de routes. Ces dépôts ont une texture variée et complexe, souvent sablo-limoneuse ou limono-sableuse avec des cailloutis et des débris de travertins de taille variés dans une grande partie de cette formation. Ces calcaires présentent par endroit une structure plutôt stratifiée à la base de ces formations bien visible. Dans d'autres endroits, les formations carbonatées sont peu stratifiées ou massifs notamment vers les niveaux supérieurs de ces affleurements. Ces dépôts à tufs calcaires présentent parfois un aspect plutôt concrétionné et riche en alvéoles de toutes tailles et de couleur grisâtre à jaunâtre. Certaines poches de ces dépôts sont peu compactes et friables et montre une couleur brune

parfois marron clair. Les variations latérales de structure ou de texture sont très fréquentes, mais ces variations sont moins constatées vers la zone Ouest de ces formations calcaires. La composition minéralogique de ces tufs calcaires ont déjà été l'objet d'études et elles sont constitués de  $\text{CaCO}_3$  et de quelques grains de quartz. On note également l'apparition très limitée des conglomérats au sein de ces formations.

Il faudra noter que certaines carrières ont été comblées totalement ou partiellement par des remblais de lithologie très variable selon leur origine. Ils sont constitués notamment de matériaux de démolitions de toute taille et même de déchets industrielles.



**Figure 15.** Coupe 13

### **Synthèse Lithostratigraphique des Différentes Formations Superficielles**

Les études que nous avons réalisées sur les formations superficielles de ce secteur nous ont permis de les séparer en trois types de dépôts et d'établir une carte de leur répartition dans ce secteur (Figure 6). Ainsi on a:

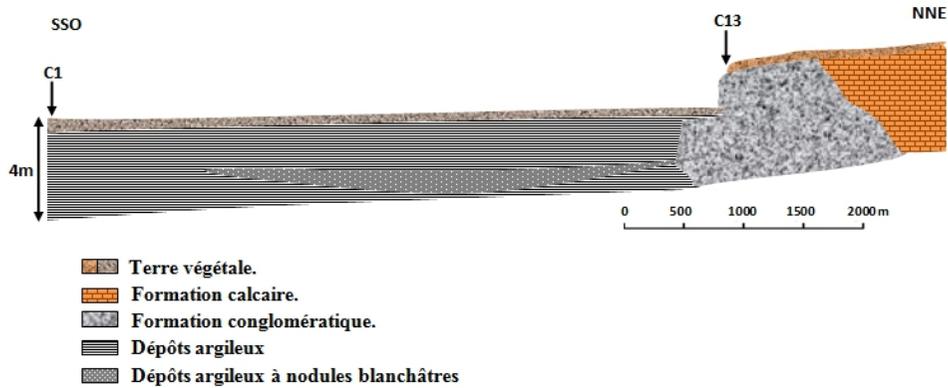
- Les dépôts à tufs calcaires rencontrés en particulier à Est de ce secteur.
- Les sols conglomératiques au centre du secteur.
- Les formations franchement argileuses ou argilo-limoneuses composant les terrains de toute la plaine alluviale d'Oued Fès sur une largeur de 400 à 1000 m.
- Enfin il y a les zones à remblais localisés sur les deux rives d'Oued Fès au centre et à l'Ouest du secteur étudié.

Corrélations lithostratigraphiques (Figure 4 et 5). Dans la démarche de cette synthèse stratigraphique, on corrèle les niveaux de même faciès

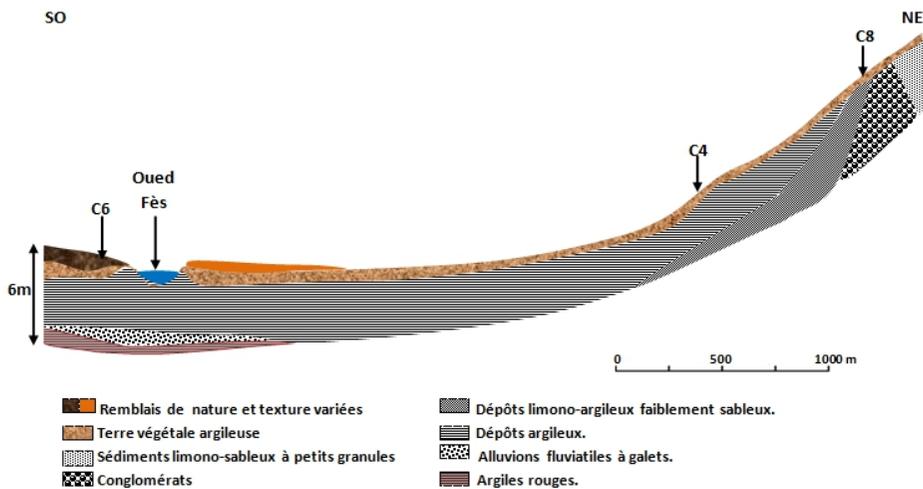
lithologiques. La corrélation porte notamment sur les points de ressemblance des caractéristiques texturales générales des sédiments au niveau des coupes sélectionnées. Les critères de couleurs ont eu peu d'influence sur cette corrélation stratigraphique que nous avons établie aussi précise que possible.

Ainsi, on a réalisé deux coupes corrélatives qui résument les différentes formations de ce secteur. Une première coupe (Figure 4) qui s'étend du NNE au SSW sur près de 7 kilomètres. Un deuxième coupe (Figure 5) orientée Nord-Sud, depuis le pied de Jbel Tghat jusqu'au Oued Fès. Ainsi, la première coupe révèle un passage latéral de dépôts composés de tufs calcaires localisés vers l'Est de ce secteur, à des formations formées de sédiments fins à très fins, souvent argileux à l'Ouest, en passant par des formations conglomératiques au centre de ce secteur. Ces dernières sont visibles au niveau de la zone appelée « Lemsalah » et qui s'étendent jusqu'au piémont de jbel Tghat. Dans le détail, on constate que l'épaisseur des dépôts argileux, qui forment souvent les niveaux supérieurs des formations superficielles, augmente progressivement en descendant du pied du relief de Tghat (Figure 5, coupe 3) vers la plaine de la rivière d'Oued Fès pour atteindre plusieurs mètres de puissance. . En revanche, on constate que vers l'Ouest, ces formations conglomératiques perdent de leur épaisseur de façon brutale sous les dépôts détritiques fins (Figure 4, coupe 2). D'autre part, on constate que les formations conglomératiques perdent de leur puissance en allant vers l'Est pour disparaître finalement sous les formations à calcaires. A l'Ouest, ces conglomérats rentrent latéralement en contact avec les formations à dépôts fins et semble passer au dessous de ces derniers. Quant aux tufs calcaires, ils constituent des formations répandues dans la partie Est de ce secteur. On peut voir ces formations à calcaires au niveau d'anciennes carrières à Borj des méridiens où elles affleurent sur plusieurs mètres d'épaisseur. Le plus marquant au niveau de cette corrélation latérale NNE-SSW, est le contact assez net entre les formations calcaires et les conglomérats au centre du secteur. Bien que les études géotechniques ont montré que ces conglomérats passent en dessous des formations de tufs calcaires, mais le degré du plongement de cette formation conglomératique reste imprécis. Les variations texturales de sédiments en allant du Nord (pied de Jbel Tghat) vers la plaine d'inondation de la rivière d'Oued Fès évoquent des dépôts de pentes qui sont le résultat de l'altération des formations des reliefs, transportés par ruissellement. Ainsi on constate que les sédiments deviennent de plus en plus fins en descendant vers les zones basses topographiquement. En plus, on constate que les variations texturales des sédiments du Nord vers le Sud se fait en parallèle avec l'augmentation d'épaisseur de ces derniers. Cette variation d'épaisseur de dépôts est liée aussi aux degrés de pente sur laquelle les sédiments se sont transportés et mis en place.

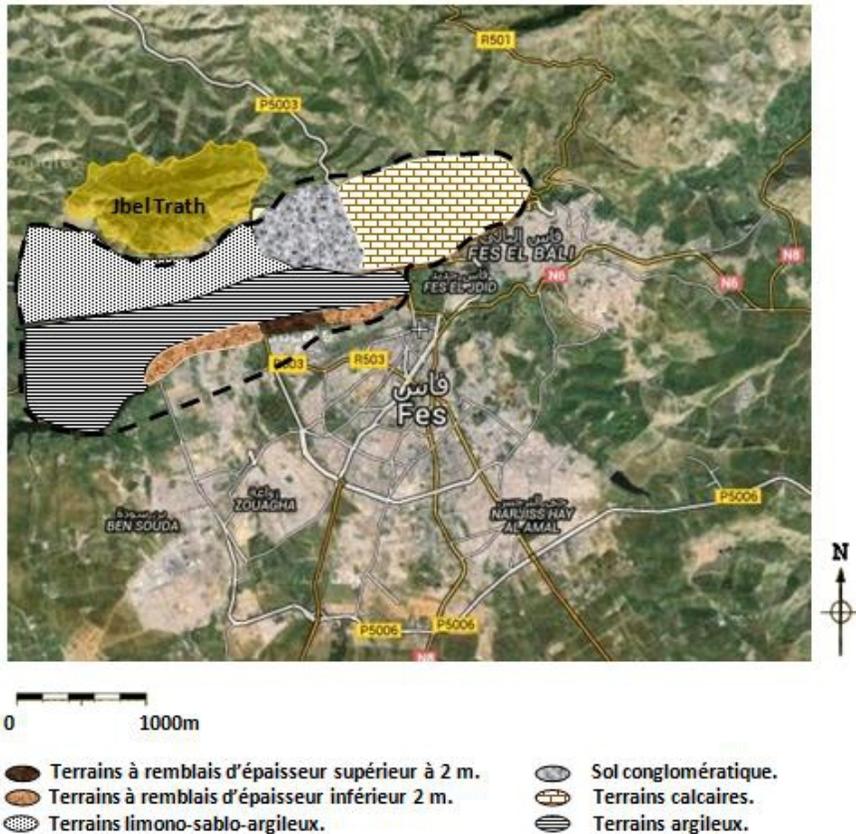
Par ailleurs, on note l'existence d'un niveau argileux renfermant des nodules calcaires à aspect crayeux présents au sein de ces dépôts fins, notamment au centre du secteur.



**Figure 16.** Coupe corrélative lithostratigraphique NNE-SSO (coupe A-B)



**Figure 17.** Coupe corrélative lithostratigraphique NE-SW (coupe C-D)



**Figure 18.** Répartition des différentes formations superficielles du secteur Nord

### Caractéristiques Géotechniques et Risques Engendrés de Certaines Formations

Des études géotechniques effectuées sur les différents sols et roches rencontrés dans ce secteur (El Boumeshouli, 2010; Champond et al., 1967) ont permis de définir leurs caractéristiques. Formations argileuses : les essais géotechniques ont montré que les argiles de ce secteur présentent un potentiel important de gonflement. Ainsi, les variations volumiques des terrains argileux sont évidemment dangereuses pour les éventuelles constructions des édifices urbaines. Cependant, des précautions contre ce phénomène doivent être prises en compte.

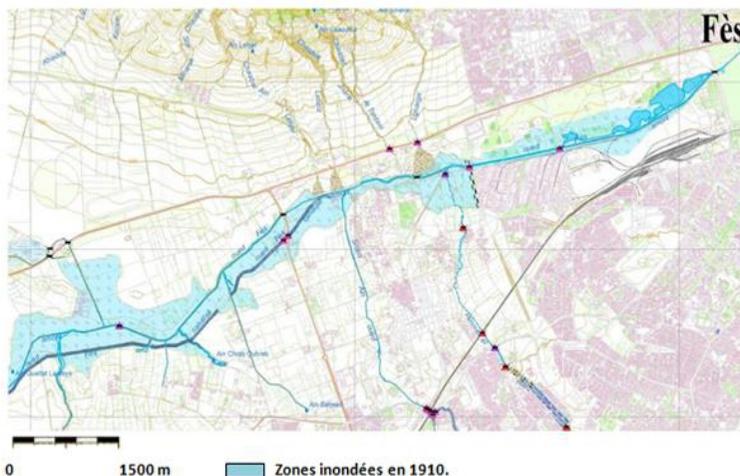
Formations Conglomératiques: Les analyses physiques et mécaniques montrent que les conglomérats formant une dalle rocheuse très dure constituent une assise assez solide et indéformable notamment lorsque leur épaisseur dépasse 2m de puissance. Ce qui est le cas des conglomérats localisés au centre de ce secteur. Ces derniers rappellent le, ils sont très consolidés et cimentés. Les essais au laboratoire ont classé ces sols relativement stables, à conditions que ces sols ne soient pas influencés par

les variations du niveau de la nappe hydriques en saisons humides. Terrains à remblais : Ces formations anthropiques sont rencontrées notamment le long des deux rives d'Oued Fès. Leur épaisseur varie d'un endroit à un autre et peut atteindre plusieurs mètres par point. Ces remblais ont été accumulés dans des zones pour combler certaines dépressions et terrains inondables ou même marécageux. La nature et la texture de ces remblais est très variable. Ils sont composés de débris de démolitions, de matériaux d'autres travaux d'aménagement ou de déblaiement. Leur consistance est moyenne et sont relativement peu ou pas entassés. Tout les terrains remblayés sont potentiellement des zones inondables ( Lasri et al., 2011; El Msaddaq, 2005). D'après les études géotechniques, ces zones à remblais s'exposent à plusieurs risques (Plumelle et al., 2011) dont notamment: Le lessivage de la fraction fine : pendant les saisons très humides le niveau de la nappe peut atteindre la surface des sols dans ces zones. Les mouvements de variation du niveau des eaux peuvent ainsi entraîner les particules fines des matériaux par lessivage. Ajoutons à cela, les écoulements de surfaces en périodes pluvieuses et qui peuvent s'infiltrer à travers les matériaux de ces remblais provoquant ainsi la déstabilisation des ces sols. Ce processus est d'autant plus important que les remblais de ces zones sont peu cohérent et souvent mal compactés. Il y a aussi le phénomène de retrait-gonflement des matériaux argileux sur lesquels ces remblais ont été accumulés. Ce processus peut engendrer un risque sur les constructions de bâtiments, surtout avec les variations du niveau de la nappe phréatique que connaît la zone. Ce ci provoquerait des fissurations au niveau des édifices construits sur ces terrains. Ajoutons à ces risques, l'instabilité des remblais mis en place souvent à l'état sec. Ce phénomène d'instabilité concerne tous les types de remblais qui seront humidifiés par infiltration des eaux, de la pluie mais aussi de la nappe, en particulier les remblais à matériaux hétérogènes et contenant des sédiments fins.

### **Recommandations**

Vue la vulnérabilité de la plupart des formations argileuses et anthropiques de ce secteur, une étude des conditions hydro-géomorphologiques est donc nécessaire et indispensable afin d'apprécier la saturation des terrains à bâtir lors des périodes humides à très humides pour un éventuel classement de ces terrains en zones constructibles ou pas. Il faudra établir éventuellement des fondations profondes jusqu'au niveau des formations plus solide qui sont relativement profonde notamment au niveau de la plaine de Oued Fès en se basant sur les recommandations géotechniques au cas par cas. Dans les zones à remblaiement, les sols peuvent au cours du temps, se tasser sous la charge d'une construction surtout en saison humide, provoquant de ce fait, l'affaissement d'éventuelles

constructions, voir leur effondrent. Pour cette raison, il faudra éviter de construire sur ce type de sols. Cependant, Il est donc nécessaire d’analyser systématiquement ces sols afin de déterminer la composition géologique et géotechnique pour d’éventuelles construction ou aménagement future. Ainsi les fondations qui seront choisie dépendront de la nature du sol, de la charge des édifices construits et du niveau de la nappe phréatique qui peut varier d’un point à un autre ou même atteindre la surface par endroit (Essahlaoui, 2000; Amraoui, 2005).



**Figure 19.** Plan général des zones inondables urbaines de la plaine de l’Oued Fès

### Conclusion

Les formations superficielles de ce secteur montrent une lithostratigraphie essentiellement argileux à l’Ouest et au Sud de ce secteur. Ils sont conglomératiques au centre et constituées de dépôts calcaires à l’Est. Ainsi, les différentes coupes géologiques que nous avons étudiées ont permis d’apporter des précisions sur la lithologie et la stratigraphie des formations superficielles dans les différentes zones. Ils nous ont permis également de cartographier ces formations et de faire des corrélations stratigraphiques indicatives. De point de vue géotechnique, les formations qui sont les plus exposés aux phénomènes de tassement ou liquéfaction sont les formations argileuses et anthropiques. On les rencontre au niveau de la basse plaine d’Oued Fès notamment. L’épaisseur de ces sédiments fins s’accroît progressivement du Nord au Sud pour atteindre plusieurs mètres au niveau de la rive Nord d’Oued Fès. A la base de ces argiles, on rencontre tout de même des alluvions fluviales. Ces formations à alluvions sont peu cohérentes et instables pour d’éventuelles constructions. Ces risques sont d’autant plus conséquents, que la ville de Fès est menacée par d’éventuelles tremblements de terre, ce qui contribuerait par conséquent à des processus

de liquéfaction sismique et donc à la diminution momentanément la résistance des sols argileux et à remblais.

### References:

1. Ahmamou, M. (1987). Etude sédimentologique des calcaires lacustres Saïssiens (Plio-quaternaire) du bassin de Fès - Meknès, Maroc. thèse, Marseille, 166p.
2. Ahmamou, M., Conrad, G., & Plaziat, J-Cl. (1989). Réinterprétation des conditions de dépôt des calcaires fluviatiles, lacustres et palustres du bassin plio-quaternaire du Saïss de Fès (Maroc) Rev. Méditerranée, Volume 68, numéro 2, pp. 41-49.
3. Ahmamou, M. (2002). Evolution et dynamique sédimentaires des carbonates fluvio-lacustres Plio quaternaires dans le Saïs de Fès, (Maroc). Thèse de Doctorat d'Etat, Université Mohamed V, Rabat, 230 p.
4. Amraoui, F. (2005). Contribution à la connaissance des aquifères karstiques : cas du lias de la plaine du saïs et du causse moyen atlasique tabulaire (maroc), thèse de doctorat d'état. Univ. Hassan II, Casablanca, Maroc 249p.
5. Bargach, K., Chalouan, A., Galindo-Zaldivar, J., Ruano, P., Ahmamou, M., Jabaloy, A., Akil, M., Sanz De Galdeano, C., Chabli, A., & Benmakhlouf, M. (2003). 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, 452, 99-108.
6. Charroud, M., Cherai, B., Benabdelhadi, M., Charroud, A., El Moutaouakkil, N., Falguères, C., & Lahrach A. (2006). Sedimentary evolution of a fore-chain Sais basin during plio-quatrenary and modalities of tectonic inversion (Sais basin, Morocco). Geophysical research abstracts, European Geosciences Union, 8, 10039.
7. Charroud, M., Cherai, B., Benabdelhadi, M. & Falguères, C. (2007). Impact de la néotectonique quaternaire sur la dynamique sédimentaire du Saïs (Maroc) : du bassin d'avant fosse pliocène au plateau continental quaternaire. Quaternaire, vol. 18/4, p. 327-334.
8. Cherai, B., Charroud, M., Lahrach, A., & EL Moutaouakil, N. (2004). Le front sud rifain une expression complexe d'une tectonique tangentielle à la limite du bassin de Sais au Mio-Pliocène et au Quaternaire (Région de Fès, Maroc). Colloque international à la mémoire de Feue A. Faure Muret, Rabat, Maroc, 13.
9. Cherai, B., Charroud, M., Lahrach, A., & El Moutaouakil N. (2005). Risques naturels et problèmes d'aménagements urbains dans la ville

- de Fès, Maroc. 3ème Journée internationale des Géosciences de l'environnement, El Jadida, Maroc, 52.
10. Champond, G. & Ichter, J.-P. (1967). Mémoire explicatif de la carte géotechnique de Fès. Notes et Mémoires du Service Géologique, Maroc, 186 bis, 106 p.
  11. El Boumeshouli, SM (2010). Etude géotechnique du sous sol urbain de la ville de Fès et cartographie des zones à risques moyennant le système d'information géographique (SIG). Thèse de Doctorat de la faculté des Sciences et Techniques, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, 424p.
  12. El Msaddaq, K. (2005). Synthèse hydrogéologique dans la plaine de Saïss: secteur Fès. Mémoire DESA. Université Sidi Mohamed ben Abdellah. Faculté des sciences.
  13. Essahlaoui, A. (2000). Contribution à la reconnaissance des formations aquifères dans le bassin de Meknès-Fès, Maroc. Prospection géologique, étude géologique et inventaire de ressources en eau. Doct. Sc. App. Ecole Mohamadia d'ing., Rabat, Maroc, 258p.
  14. Harmouzi, O. (2010). Reconnaissance détaillée de la partie nord-est du Bassin de Saïss (MAROC) : interprétation de sondages électriques verticaux par combinaison des méthodes statistique, géostatistique et d'inversion. Thèse. Université Moulay Ismail, Maroc.
  15. Lasri, M., Obda, K., Taous, A., Amyay, M., & Reynard, E. (2011). L'agglomération de Fès et sa périphérie face au risque d'inondation. Résultats préliminaires. Actes du colloque "Aménagement périurbain : processus, enjeux, risques et perspectives", 17-18 février 2010.
  16. Ouarhache, D. (1987). Etude géologique dans le Paléozoïque et le Trias de la bordure NW du causse moyen-atlasique (S et SW de Fès, Maroc). Thèse 3ème cycle, Toulouse, 130 p.
  17. Plumelle, C. (2002). Géotechnique. CNAM, Paris
  18. Reynard, E., Lasri, M., Werren, G., Obda, K., Amya, M., & Taous, A. (2011). Carte des phénomènes d'inondation des bassins de Fès et Beni Mellal. Projet, Lausanne, Fès. p8.
  19. Reynard, E., Werren, G., Lasri, M., Obda, K., & Yaya El. (2013). Cartes des phénomènes d'inondation de deux bassins versants marocains: problèmes méthodologiques. Soc. vaud. Sc. nat. 25: 71-81.
  20. Taltasse, P. (1953). Recherches géologiques et hydrogéologiques dans le bassin lacustre de Fès Meknès. Notes et Mémoires du Service Géologique, Maroc, 115, 152 p.