

Liste des tableaux

CHAPITRE I

GENERALITEES SUR LES GRANULATS

Tab.1: Classification des granulats à origine détritique.....	4
Tab 2 : Exemples de réaménagement possible des carrières (d'après Espaces pour demain, 2002).....	6

CHAPITRE II

PRESENTATION DE L'ENVIRONNEMENT DU BASSIN DE SAIS

Tab.3. Les différents âges qui furent proposés pour les formations du bassin de Saïs ; Boumir, 1987.....	20
Tab.4. les stations de jaugeages et les débits des Oueds qui drainent le Saïs (mesures de 2005).....	31
Tab.5. Coordonnées et Débits moyens des sources (1975/2001) d'après Amraoui, 2005.....	32

CHAPITRE III

PRESENTATION DES CARRIERES AU SEIN DU BASSIN DE SAIS

Tab.6. Liste des carrières existantes dans le bassin de Sais.....	35
--	----

CHAPITRE IV

INTERACTIONS CARRIERES-ENVIRONNEMENT : CAS DES CARRIERES ANARCHIQUES D'OUED OUISLANE

Tab.7. Les valeurs des surfaces dégradées pour la zone A.....	56
Tab.8. Les valeurs des surfaces dégradées pour la zone B.....	56
Tab.9. Les valeurs des surfaces dégradées pour la zone C.....	57
Tab.10. Les valeurs des surfaces dégradées pour la zone D.....	57

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	1
-----------------------------------	----------

CHAPITRE I : GENERALITEES SUR LES GRANULATS

I. Introduction	3
II. Définition	3
III. Origines des granulats	3
IV. Types des granulats	3
IV.1.Les granulats alluvionnaires	4
IV.2. Les granulats éruptifs	4
IV.3. Les granulats carbonatés	4
IV.4. Les granulats artificiels	4
V. Les usages des granulats naturels.....	4
VI. L'élaboration des granulats en carrière	5
VII. La remise en état et l'après carrière	5
IIIX. Lois règlementaires de l'exploitation des carrières	7
IIIX.1.Les forces de ces lois	7
IIIX.2.Les faiblesses de ces lois	7
IX. Conclusion	7

CHAPITRE II : PRESENTATION DE L'ENVIRONNEMENT DU BASSAIN DE SAIS

I.	
Introduction.....	9
II. Cadre géographique.....	9
III. Contexte climatique.....	11
IV. Cadre géologiques	13
IV.1. Géologie régionale	13
IV.1.1. Domaines encadrants	13
IV.1. 1.a. Le Moyen Atlas.....	14
IV.1. 1.b. Domaine mésetien.....	14
IV.1. 1.c. Domaine rifain.....	14
IV.1.2. Le bassin de Saïs.....	15
IV.2. Aperçu Lithostratigraphique	17
IV.2.1 .Le socle paléozoïque.....	17
IV.2.2 .Le Trias.....	18
IV.2.3 .Le Lias.....	18

IV.2.4. Le Miocène.....	18
IV.2.5 .Le Pliocène.....	19
IV.2.5. a. Pliocène inférieur.....	19
IV.2.5.b. Pliocène moyen.....	19
IV.2.5. c . Pliocène supérieur-Quaternaire basal (Plio- Villafranchien).....	19
IV.2.5. c .a. La formation lacustre du plateau de Meknès (idrissi, 1992).....	21
IV.2.5. c. b. La formation fluvio-lacustre de la plaine de Saïs.....	22
IV.2.6. le Quaternaire moyen et récent.....	24
IV.3. Aspect structural.....	24
IV.3.1. Fracturation moyen-atlasique.....	24
IV.3.2. Fracturation pré-rifaine.....	25
IV.3.3. Fracturation Saïssienne.....	25
IV.4. Paléo-environnements et évolution géodynamique.....	26
V. Hydrogéologie.....	28
V.1. Acquisition des données.....	28
V.2. Présentation.....	28
V.2.1. La nappe phréatique	28
V.2.2. La nappe profonde	29
V.2.2.a.Le bilan hydraulique	29
V.3. Conclusion	30
VI. Hydrologie de surface.....	30
VI.1. Réseau hydrographique.....	31
VI.2. Sources importantes.....	31
VII. Conclusion.....	32

CHAPITRE III : CHAPITRE III

PRESENTATION DES CARRIERES AU SEIN DU BASSIN DE SAIS

I. Introduction.....	34
II. Acquisition des données.....	34
III. Analyse et traitement des données.....	36
III.1. Description générale.....	36
III.2. Situation actuelle des carrières.....	36
III.3. Types de matériaux exploités.....	36
III.4. Les superficies exploitées.....	37
III.5. Les quantités annuelles exploitées.....	37
III.6. Synthèse.....	38
IV. Carte des carrières.....	38
V. Conclusion.....	39

**CHAPITRE IV : INTERACTIONS CARRIERES-
ENVIRONNEMENT : CAS DES CARRIERES ANARCHIQUES
D'OUED OUISLANE**

I. Introduction.....	41
II. Situation géographique.....	42
III. Généralités.....	43
IV. Analyse des Effets de l'exploitation sur l'environnement.....	44
IV.1. Etude de l'évolution de la dégradation des terrains agricoles.....	45
IV.1.1.Simulation de l'évolution de la dégradation des Surperficies par ArcGis et GlobalMapper.....	45
IV.1.1.a. Comparaison des MNT.....	46
IV.1.1.b. Schématisation de l'évolution.....	49
IV.1.2. Suivre de la dégradation des superficies par images satellitaires.....	51
IV.1.2.a. délimitation des endroits concernés.....	52
IV.1.2.b.Présentation des images.....	53
IV.1.3. Résultats et discussions.....	56
IV.2. Estimation de la dégradation de la roche réservoir de la nappe phréatique	58
IV.3. Descriptions théoriques de l'effet des excavations sur les écoulements souterrains.....	60
VI.4. Effet des excavations sur la qualité d'eau	61
V. Conclusion.....	62
CONCLUSION GENERALE	63

INTRODUCTION GENERALE

Personne ne peut nier le développement et l'expansion des périmètres urbains au Maroc pendant ces dernières années. Cette urbanisation est accompagnée par une augmentation proportionnelle, de la demande en granulats qui constituent les matières de base pour la production des matériaux de construction tels que les bétons et les ciments, ce qui impose évidemment, la multiplication des ouvrages et des carrières de l'extraction de ces granulats.

Le bassin de Sais, et par sa situation à plusieurs niveaux, est considéré parmi les zones potentielles au Maroc, les plus riches en géo-ressources et les plus productives en terme d'agriculture. Sa variété lithologique et sédimentaire fait de lui une zone de prolifération de carrières qui exploitent ces ressources. Néanmoins, l'exploitation des carrières peut influencer négativement, directement ou indirectement l'environnement, chose qui menace la qualité et les quantités des autres géo-richesses.

La présente étude a pour but de présenter dans un premier lieu, l'environnement général du bassin de Saïs, ainsi que les ressources et les richesses naturelles présentes. De suivre la distribution et la situation générale des carrières dans ce bassin. Et enfin elle vise la description et l'analyse des impacts de ces activités sur l'environnement, à travers l'étude du cas des carrières anarchiques de l'Oued Ouïslane à Meknès.

CHAPITRE I

GENERALITEES SUR LES GRANULATS

I. Introduction :

Dès l'aube de l'histoire, l'homme a commencé d'exploiter les matériaux de son entourage pour satisfaire les besoins nécessaires pour survivre, il a utilisé dans un premier temps le silex pour l'outillage, pour l'armement ou pour la production du feu par percussion, puis et au cours de son développement, il a besoin d'un abri qui le protège, pour cela, il a commencé à chercher et à creuser le sol, avec des outils rudimentaires pour les sols meubles, en silex pour les roches. Au cours de cette histoire les granulats qui sont les produits brutes des carrières ont constitué le principal géo-matériel utilisé pour la construction et alors pour le développement civil de l'homme.

Ce chapitre vise à présenter de façon générale des données concernant cette ressource naturelle d'une part, d'autre part ses différents types et familles aussi que les méthodes d'élaborations en considérant les différents types de roches exploitables. Et enfin la description des applications et des utilités de ces matériaux. Ainsi que la présentation de quelques normes techniques et dispositions juridiques concernant l'exploitation de ces biens naturels.

II. Définition :

Le granulat, qu'on appelle aussi *agrégat*, est un fragment de roche sédimentaire, magmatique ou métamorphique, d'une taille inférieure à 125 mm, destiné ; avec ou sans traitement de transformation ; fait partie de la composition des matériaux destinés à la fabrication d'ouvrages de travaux publics, de génie civil et de bâtiment. C'est la deuxième ressource du sous-sol exploitée après l'eau.

Le mot granulat est une notion généralement technique (forme et dimensions) utilisée le plus souvent dans le langage de la géologie d'application et de l'ingénierie industriel.

III. Origines des granulats :

Les roches sont les matières de base pour l'élaboration et la production des granulats. Généralement les roches sont des géo matériaux solides ; formés, essentiellement ou en totalité, par un assemblage de minéraux, comportant parfois des fossiles (notamment dans les roches sédimentaires), du verre résultant du refroidissement rapide d'un liquide (volcanisme, friction) ou des agrégats d'autres roches. Les roches peuvent être formées d'une seule espèce minérale (roche monominérales) ou de plusieurs (roches poly minérales).

Les roches sont classées, selon de nombreux critères. On distingue les roches exogènes (sédimentaires et résiduelles) formées à la surface de l'écorce terrestre, et les roches endogènes (magmatiques et métamorphiques) issues des profondeurs.

IV. Types des granulats :

Les roches indiquées ci-dessous sont susceptibles d'être transformées en granulats naturels selon des cas géologiques particuliers. Or, d'une région à l'autre, leur nature ou leurs conditions de gisement peuvent être radicalement différentes. On distingue traditionnellement trois grandes catégories de granulats en fonction de leur origine géologique :

IV.1. Les granulats alluvionnaires :

Ils tapissent normalement le fond des vallées. Cette ressource présente un caractère meuble ; et donc facile à extraire, en fait logiquement la ressource la plus couramment exploitée. Elles résultent de la dégradation de toutes les roches préexistantes (sédimentaires, plutoniques, volcaniques ou métamorphiques).

Diamètre des grains	Brongniart	Grabau	Sédiments meubles	Sédiments indurés
2mm < Ø < 165 mm	Pséphite	Rudite	Gravier	Conglomérat, brèche
2mm à 62 µm	Psammite	Arénite	Sable	Grès
< 62µm	Pélite	Lutite	62 µm à 4 µm silt	62 µm à 4 µm siltite
			< 4 µm argile	< 4 µm argilite

Tab.1 : Classification des granulats à origine détritique.

IV.2. Les granulats éruptifs :

Ce sont des roches massives siliceuses ou silicatées, regroupées sous le vocable restrictif d' « éruptives ». L'origine de ces roches peut être liée au refroidissement de magmas issus des couches internes du globe (granites, diorites, basaltes, ...), ou de la transformation dans les profondeurs de la croûte terrestre de roches d'origines plus superficielles (gneiss, quartzites, ...).

IV.3. Les granulats carbonatés :

Ce sont des granulats issue des roches massives calcaires, Hormis leur composition minéralogique, qui leur confère quelques propriétés différentes des « éruptives » et peuvent notamment les exclure de certains usages, ces roches se distinguent des précédentes par leur conditions de gisement.

IV.4. Les granulats artificiels :

A ces trois catégories de roches naturelles peut en être ajoutée une quatrième artificielle, celle des granulats recyclés et des sous-produits industriels. Issus de la démolition d'ouvrages antérieures ou de processus d'élaboration de l'industrie lourde, leurs gisements sont par définition localisés soit à proximité de zones urbanisées où ont lieu la majorité des démolitions, soit dans les gros pôles industriels.

V. Les usages des granulats naturels

Parmi les transformations et les applications des granulats : le béton de ciment considéré comme un géomatériau composite fabriqué à partir de granulats naturels (sable, gravillons) ou artificiels (granulats légers) agglomérés par un liant hydrique (le ciment). Le ciment lui-même est fabriqué par le broyage et la cuisson du calcaire et argile, plus du gypse et d'autres ajouts minéraux occasionnels (selon le type du ciment).

Au-delà de la simple définition, qui évoquerait plutôt un matériau relativement rudimentaire, les granulats s'avèrent en fait, être des matériaux soigneusement élaborés dont les caractéristiques sont codifiées dans la plupart des pays, et qui sont en réalité des produits industriels comme les autres. En effet, aux différents types d'usage des granulats correspondent des exigences spécifiques en termes de

caractéristiques de ces matériaux. Les granulats doivent alors répondre à un niveau d'exigence minimum, s'ils sont destinés aux sous couches routières ou aux bétons, croissant pour des matériaux de structure ordinaires, voire très strictes lorsqu'ils doivent être inclus dans des ouvrages tels que des ponts, des ballasts de voies ferrées ou des couches de roulement autoroutières. Ainsi, on considère que la construction d'un kilomètre d'autoroute nécessite approximativement 30 000 tonnes de granulats, un kilomètre de réseau ferroviaire à grande vitesse près de 9000 tonnes et une école environ 3000 tonnes (**Arquié et al., 1990b**). Les granulats alimentant principalement le secteur du BTP (bâtiments et travaux publics), leur production suit, par voie de conséquence, l'évolution générale des commandes de ce secteur. Ainsi, les quantités produites annuellement varient entre 300 et 400 millions de tonnes. Au vu de ces quantités très importantes, il apparaît très clairement que les granulats sont devenus, aujourd'hui, des matériaux de première nécessité dont l'approvisionnement doit être assuré de façon durable pour les générations futures.

VI. L'élaboration des granulats en carrière :

Une carrière est le lieu d'où sont extraits des matériaux de construction tels que la pierre, le sable ou différents minéraux non métalliques ou carbonifères. Le chantier se fait à ciel ouvert, soit « à flanc de coteau », soit « en fosse » (jusqu'à une centaine de mètres de profondeur parfois). Les carrières peuvent être souterraines ou sous-marines. Elles exploitent des roches meubles (éboulis, alluvionnaires) ou massives (roches consolidées sédimentaire (calcaires et grès) , éruptive ou métamorphique : (ardoises , granites, porphyres, gneiss, amphibolites, quartzites, schistes, basaltes, etc.).

Quel que soit la famille considérée, la production des géomatériaux peut se décomposer en trois grandes principales opérations qui sont la découverte, l'extraction et le traitement.

VII. La remise en état et l'après carrière :

Au cours de la phase d'exploitation, la production de granulat modifie l'environnement immédiat du site. Or, d'un point de vue du développement durable, les carrières constituent une occupation temporaire du territoire sur lequel elle est implantée et l'usage ultérieur de ce dernier doit être prévu et intégré dès les premières démarches du projet. En effet, la remise en état du site est réfléchie de façon très précise avant l'exploitation car ses détails doivent être précisés. Elle comporte au minimum les dispositions suivantes :

- **la mise en sécurité des fronts de taille** : élimination des blocs instables, aménagement du pied du front de taille ;
- **le nettoyage de l'ensemble des terrains**, notamment l'évacuation de tous les produits polluants et déchets. D'une manière générale, ce nettoyage consiste à supprimer toutes les structures n'ayant pas d'utilité après la remise en état du site ;
- **l'insertion satisfaisante de l'espace** affecté par l'exploitation dans le paysage, compte tenu de la vocation ultérieure du site : revégétalisation, façonnage des berges du plan d'eau, etc.

Une fois le site remis en état, l'opération de réaménagement, si elle a lieu, vise à valoriser l'ancienne exploitation sur le long terme et permettre de combiner à la fois préservation de l'environnement et utilité sociale. L'objectif de cette opération est que l'espace carrière devienne un élément harmonieusement intégré dans son environnement. Bien que le choix dépende du contexte hydrogéologique (**Tableau 3**), il résulte surtout d'un accord entre le propriétaire, l'exploitant, les pouvoirs publics et les futurs utilisateurs.

Tab 2 : Exemples de réaménagement possible des carrières (d'après Espaces pour demain, 2002)

Etat de l'exploitation	Conditions particulières		Possibilité d'aménagement	conditions (indicatives) de réalisation
	Carrières	Environnement		
Carrières en eau	Faible profondeur d'eau	Rural	- Zones naturelles humides (dont réserves ornithologiques). - Réserves de chasses.	- Etendues petites et moyennes.
		Périurbain et urbain	- coupure dans l'urbanisme	- pas de fluctuation du niveau d'eau
			- Remblayage partiel ou total pour utilisation en zones vertes ou en zones constructibles.	- Problèmes de qualités de remblai (chimiques et géotechniques)
	Profondeur moyenne ou forte	Rural	- Pêche de loisir / pisciculture - Baignade / barque	- Faible étendue - Température de l'eau suffisante
			- Bassin d'infiltration - Bassin de stockage d'eau	- Fond de carrière perméable - Volume de carrière utile important
		Périurbain et urbain	- Lotissement au bord de l'eau - Bases de loisirs	- Facilité d'aménagement des berges.
Carrières à sec	en fosse	Rural	- Reconstitution de terrain agricole	Moyennes et grandes surfaces - Bon drainage à assurer
			- Reboisement - Bassin d'infiltration	- Substratum perméable
		Périurbain et urbain	- Remblayage - Centre de stockage de déchets	- Problèmes de pollution possible
			- Parc / Zones résidentielles	Faible profondeur - Drainage à assurer
			- Zones industrielles - Lac artificiel	- Drainage à assurer après étanchement du fond
	A flanc de relief (parois meubles)	Tout environnement	- Talutage et mise en végétation	
	- parois rocheuses	Vues éloignées	- Confortement et traitement de la paroi	- Patine artificiel ("camouflage")
		Vues rapprochées	- Eventuellement talus végétalisé	- Constitution d'un masque végétal
	- plancher de carrière	Rural	- Remise en végétation (prairie, agriculture, sylviculture)	- Apport de sol éventuel - Rôle de l'exposition
		Périurbain et urbain	- Parc de verdure - Zone résidentielle - Parc de véhicules - Zone industrielle - Zone de loisirs	- Orientation à considérer

II.9. Lois réglementaires de l'exploitation des carrières au Maroc :

L'exploitation des carrières est régie par le Dahir 5 Mai 1914 sur l'Exploitation des Carrières, publié dans le bulletin officiel du 19 juin 1914, la circulaire interministérielle n°87 du 08 juin 1994, et par la Circulaire du Premier Ministre n°6-2010 du 14 Juin 2010. Les exploitants des carrières sont appelés à se référer également à d'autres textes de loi tels que la loi n° 12.06 sur les études d'impact sur l'environnement et la loi n° 36.15 sur l'eau.

II.9.1. Les forces de ces lois :

- Harmonisation et mise en place d'un texte de loi unique pour tous les types de carrières.
- Introduction de la notion de planification de la gestion des ressources naturelles à travers les schémas régionaux de gestion des carrières.
- Mise en place d'instances de pilotage multipartites et régionalisées : la commission nationale et les commissions provinciales de suivi de la gestion des carrières.
- Traitement dans le texte de l'ensemble des procédures qui couvrent le cycle d'exploitation des carrières (ouverture, suivi, renouvellement, fermeture...).
- Prise en compte des normes environnementales dans l'exercice de l'activité (études d'impact sur l'environnement, rapports annuels, procédure de réhabilitation des sites...).
- Mise en place d'un dispositif de sanctions dissuasives et renforcement de la procédure de contrôle.

II.9.2. Les faiblesses de ces lois :

- Prééminence du rôle de l'administration de tutelle, avec parfois un manque de clarté dans les interactions avec les autres départements concernés, renforcé par l'absence des textes d'application et la multiplicité des références à d'autres textes réglementaires (réglementation sur l'environnement, l'aménagement du territoire,...).
- Faiblesse du traitement de la dimension sociale des travailleurs dans le texte.
- Absence de traitement du volet financier (politique des prix non harmonisée) et fiscal dans le texte.
- Absence de traitement de la problématique des sables dunaires (pillage des plages).

IX. Conclusion :

Les granulats constituent les matières de bases d'une activité économique qui est en plein développement. Le large domaine d'application des granulats dans la construction et les travaux publics, est dû à la grande variation physique et à la diversité chimique énorme liée à ce type de matériaux. L'exploitation des granulats naturels se fait par ouvrage de carrières, et suit plusieurs étapes qui commencent par l'extraction et finissent par le traitement et le transport, ces activités économique sont réglementées nationalement par des lois qui visent dans leur esprit, la protection de l'environnement contre les dommages qui peuvent se produire par ces exploitations.

CHAPITRE II

PRESENTATION DE L'ENVIRONNEMENT DU BASSAIN DE SAIS

I. Introduction :

La carrière est l'endroit d'où on peut extraire des matériaux utiles pour des besoins humains, le choix de l'emplacement de l'excavation est fonction de plusieurs paramètres tels que la lithologie, généralement la géologie de la région, la situation géographique disant la possibilité d'accès, le plan hydrographique local...

Dans ce chapitre, on va présenter les principales caractéristiques de la région de Saïs qui constitue l'étendu de notre étude, on se basant sur les cartes topographiques, les images satellitaires et les modules numériques de terrain (MNT).

II. Cadre géographique :

Le secteur d'étude appartient au bassin de Saïs, qui se situe entre les parallèles 335 Km et 385 Km, et les méridiens 465 Km et 545 Km, ce dernier se trouve limité au Nord par les rides pré Rifaines, à l'Est par la vallée de l'oued Sebou par la partie orientale et septentrionale du Moyen Atlas vers le Sud-Est et le Sud, et par les affluents de l'oued Beht vers l'Ouest.

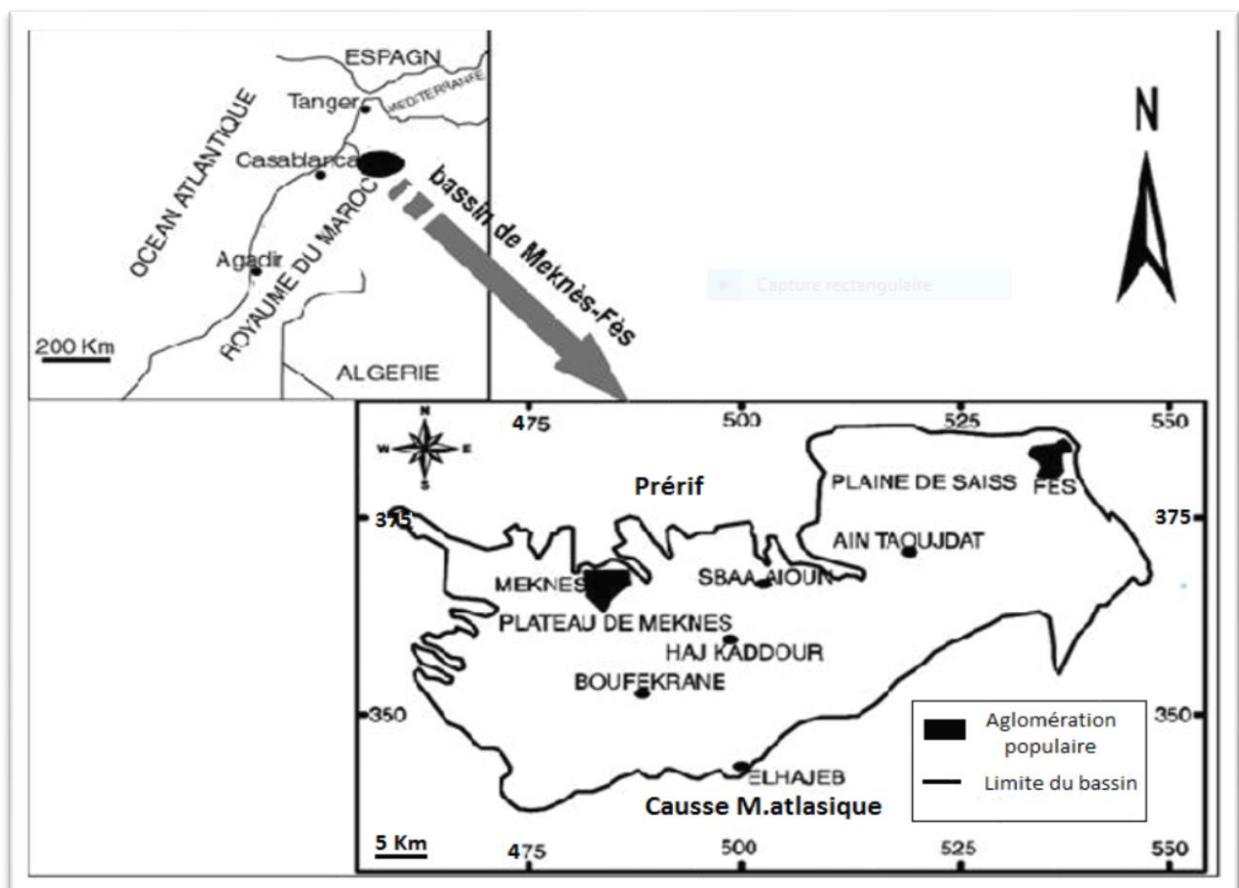


Fig .1. Situation géographique du bassin de Saïs

Ce bassin s'étend d'est en ouest sur une longueur de 100 Km environ, sa largeur est d'environ 30 Km suivant une direction nord-sud. Sa superficie totale est de 2100 Km². Le bassin de Saïs constitue la partie

médiane du sillon sud-rifain, ce dernier est une dépression qui s'étend de l'Atlantique à l'Ouest au détroit de Taza à l'Est. La dépression se prolonge jusqu'à la Méditerranée par le couloir Taza-Oujda. Le sillon sud-rifain se caractérise principalement par sa situation entre deux grands domaines structuraux trop différents : le domaine rifain au Nord, et le domaine méso-atlasique au Sud. Le mot bassin pour ce cas a des raisons et des origines géologiques ou géomorphologiques : le bassin de Saïs est un bassin sédimentaire ou d'avant fosse, au contraire à la notion des bassins versants (hydrologiques).

- **Esquisse géomorphologique :**

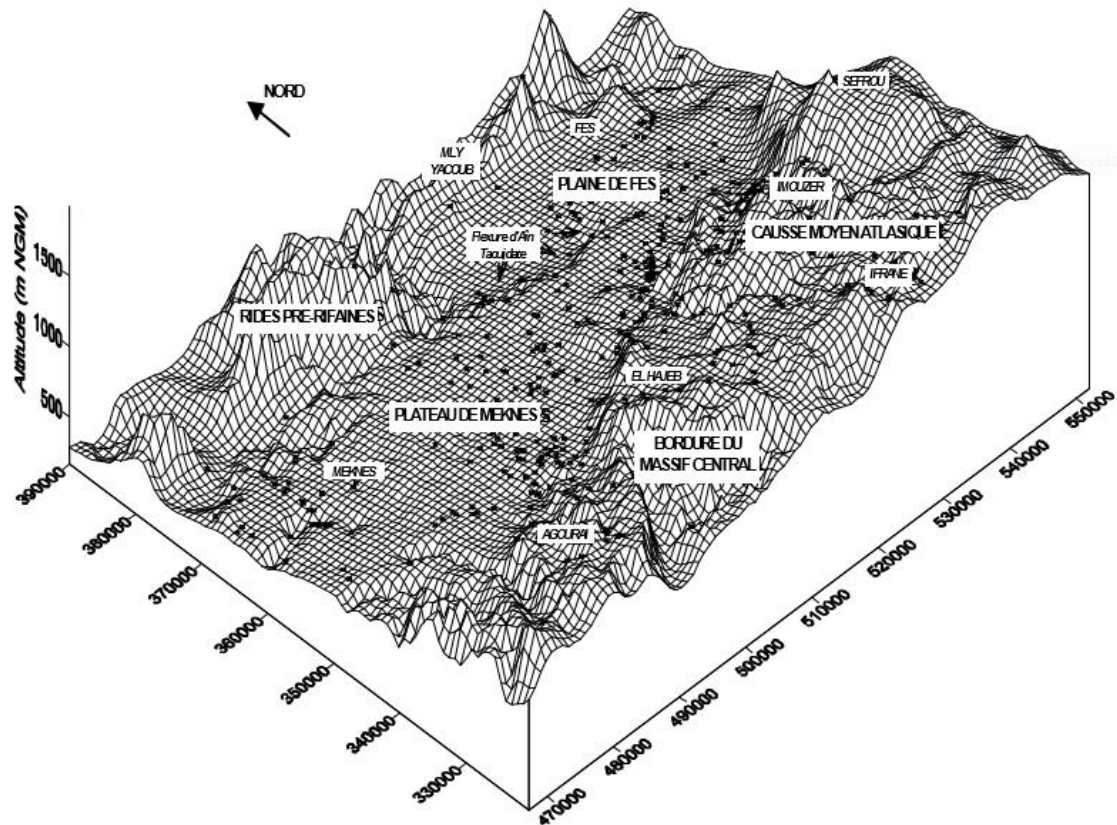


Fig.2. un modèle topographique du bassin de Saïs

Le bassin de Saïs est constitué de deux unités géomorphologiques différentes : la plaine de Saïs à l'Est ou la plaine de Fès, et le plateau de Saïs à l'Ouest ou le plateau de Meknès. Elles sont séparées par un accident topographique franc (**Fassi, 1978**), d'orientation globale est-ouest, appelé flexure de Ain Taoujdite, entre les deux existe une dénivellation d'environ deux cent mètres.

L'altitude du plateau de Meknès décroît d'une manière générale du Sud vers le Nord Elle passe de 1000 m à Lhajib à 540 m à Meknès.

La cote topographique de la plaine de Fès décroît du Sud vers le Nord et varie entre 700 et 400 m. elle contient des zones basses et mal drainées, à l'origine de marécages, comme c'est le cas de l'étang de Dwiya à l'Ouest de la ville de Fès.

Généralement on remarque une augmentation brutale des altitudes au contact des rides pré-rifaines (Jbels Tghat et Zalagh et zerhoune..) grâce au redressement des structures.

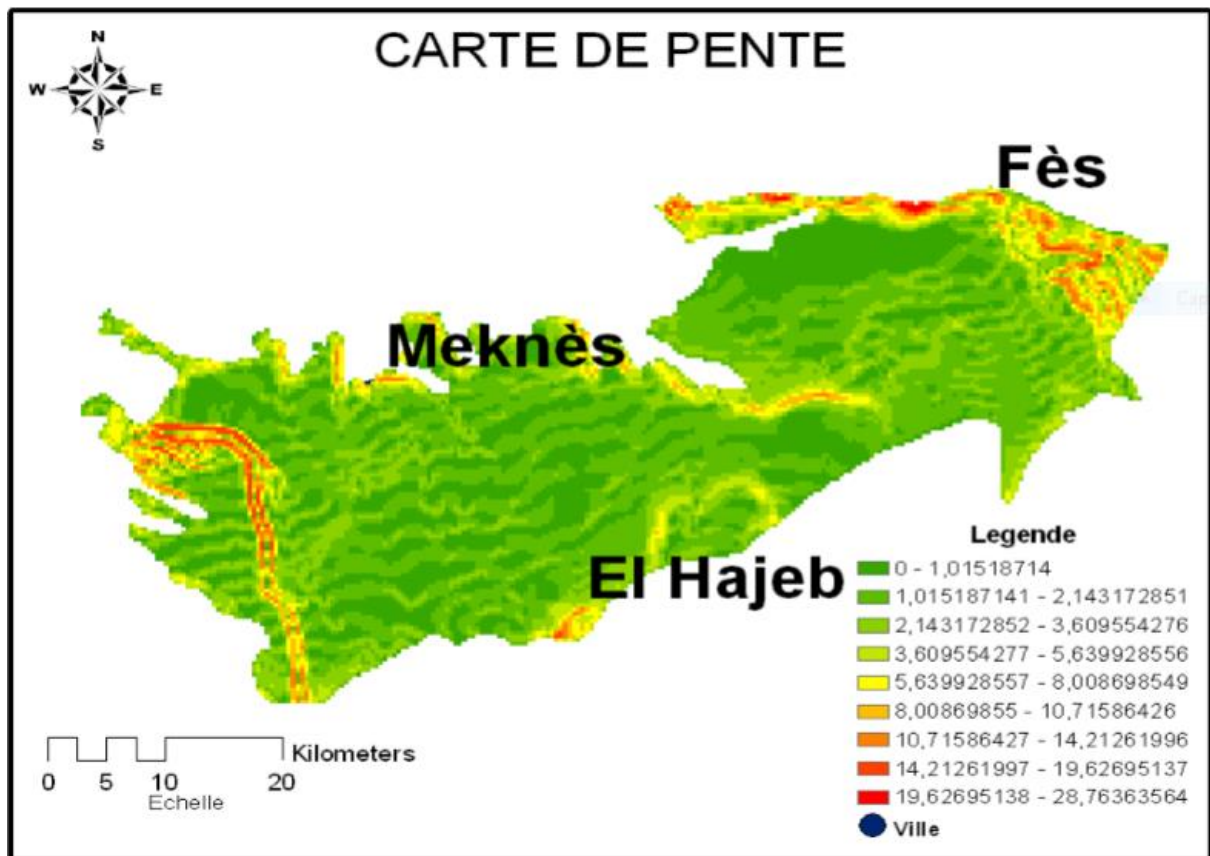


Fig.3. Carte des pentes du bassin de Saïs

La carte des pentes montre que la majorité des valeurs des pentes se situent entre 1 et 2%. Toutefois ils existent des pentes dépassant les 6% voire 28%. Il s'agit des pentes des cours d'eau. La pente moyenne du bassin versant est de 2,5%.

III. Contexte climatique :

Le climat est un élément essentiel pour la caractérisation de la région étudiée. La détermination de son contexte peut interpréter plusieurs d'autres aspects, tels que le modèle hydrologique régional, la différenciation des sols et des faciès....

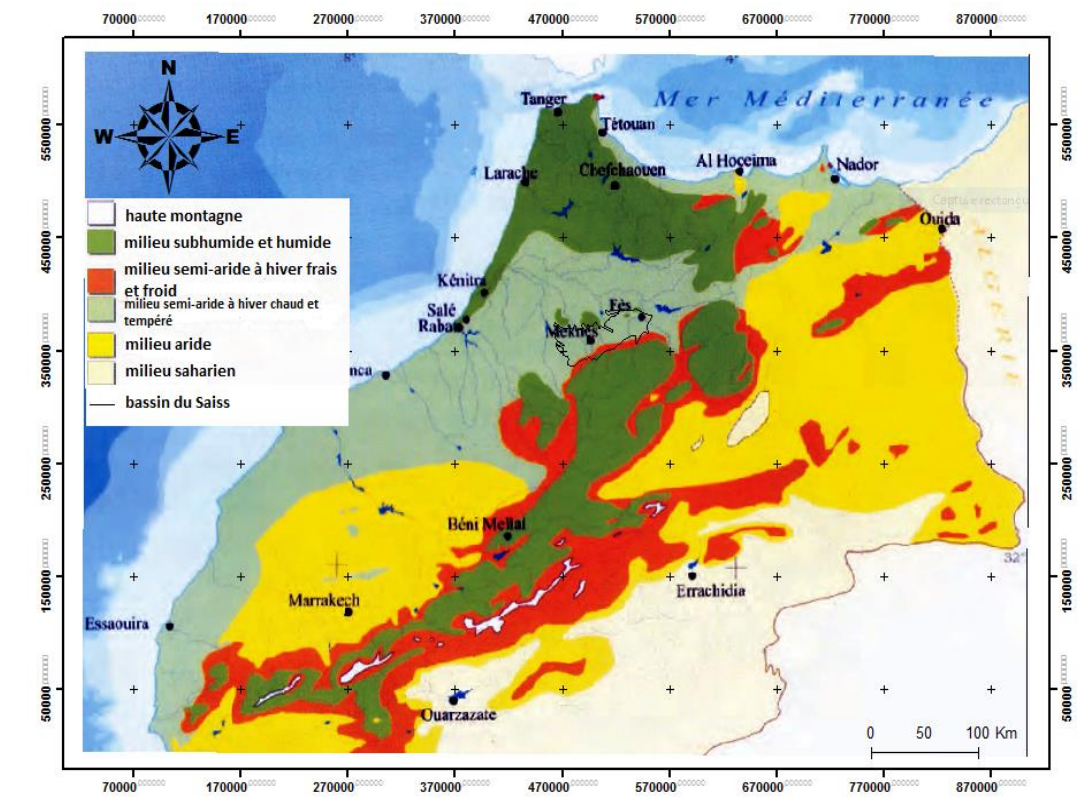
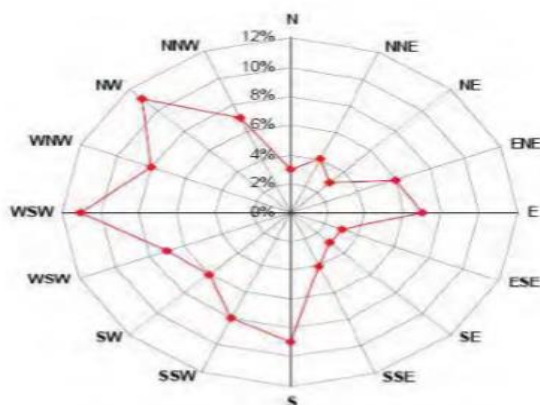


Fig.4. Situation du bassin de Saïs sur la carte des étages climatiques du Nord du Maroc

La région de Saïs est soumise sous un régime climatique semi-aride à hiver chaud à tempéré. Il est caractérisé par une pluviométrie variée au niveau spatial et temporel, selon les données de l'agence du bassin hydrique de Sebou (ABHS) enregistrées pendant la période 1970-2003 : les apports annuels varient entre 643 mm/an à l'Ouest de Meknès, à 363 mm/an vers l'Est de Fès. Généralement, la lame d'eau tombée dans le bassin de Saïs est de 1247049267,88024m³/an environ 1,247 milliards de m³ par an.

Selon l'ABHS la région est étendue sur quatre domaines thermiques variant entre 14 °C et 18 °C comme moyenne annuelle des valeurs.



Source : Etude d'impact environnemental et social (EIES) – plan de gestion environnemental et social (PGES)

Fig.5. Rose du vent 2001/2005 à Fès-Saïs

Dans cette zone les vents d'Ouest prédominent en saison humide, et ceux du NO en saison sèche. Le Gharbi ou vent d'ouest apporte la pluie et la fraîcheur, tandis que parfois durant l'été, souffle le Chergui

ou vent d'Est, qui apporte une vague de chaleur desséchante : on note en général une moyenne de 4 à 6 jours de Chergui par mois. La vitesse du vent, mesurée à 10 m au-dessus du sol pour la période allant de 1978 à 1982 atteint un maximum de 15 m/s. Cependant, les vents les plus fréquents (24 %) atteignent une vitesse moyenne de 2 m/s.

IV. Cadre géologique

Il est irraisonnable de parler sur les carrières qui exploitent des géo-matériaux naturelle sans analyser les aspects géologiques de la région considérée. Le présent chapitre a pour objet de mettre le bassin de Saïs dans son contexte géologique avec une description générale des faciès litho-stratigraphiques qui caractérisent ce bassin sédimentaire, en passant à la détermination des linéaments tectoniques majeurs qui ont gouverné la succession des évènements géodynamiques et par conséquent la structuration du paléo-environnement régionale.

IV.1. Géologie régionale

Le bassin de Saïs (Fès-Meknès) constitue la partie médiane du sillon ou le couloir sud-rifain. Ce dernier est une longue dépression qui s'étend de l'atlantique à l'Ouest au détroit de Taza à l'Est. Le sillon sud-rifain se caractérise principalement par sa situation entre deux domaine structuraux très différents, le domaine rifain ou pré-rifain au Nord et le domaine méséto-atlasique au Sud (la Meseta et le Moyen Atlas). Globalement, le Sillon sud rifain correspond à l'avant fosse rifaine, recevant dès le Miocène les nappes de glissement « olistostrome ». Ensuite, l'essentiel du comblement est assuré par la sédimentation post-nappe torto-messinienne. Le Plio-quaternaire est dominé par les dépôts continentaux notamment les sables fauves et les calcaires lacustres.

IV.1.1. Domaines encadrants

Le bassin de Saïs est considéré, dans son ensemble comme un vaste synclinal dissymétrique de direction E-W qui s'enfoncé progressivement depuis le Moyen Atlas au sud, et se redresse brusquement au contact des rides prérifaines vers le Nord. Les bordures de ce bassin sont occupées par les domaines structuraux suivants :

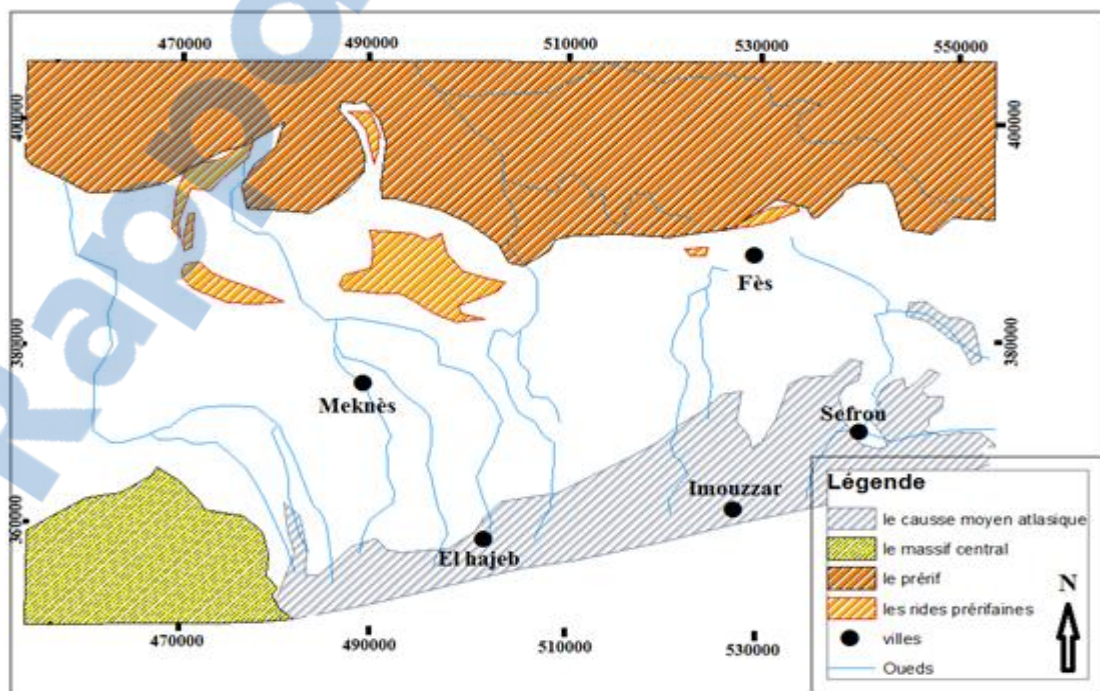


Fig.6. Les domaines structuraux encadrants le bassin de Saïs.

IV.1. 1.a. Le Moyen Atlas

Le Moyen Atlas est une chaîne de montagne allongée selon une direction générale NE-SW sur 400 Km. Il fait partie avec le Haut Atlas du grand domaine structural atlasique. Il est formé de deux parties : la partie peu tectonisée, ou Causse moyen atlasique tabulaire, bordant le bassin de Saïs au Sud ; et le Moyen Atlas plissé à reliefs accentués qui domine les bassins orientaux du sillon sud-rifain au Sud-Est : Guercif et Oujda. Le faciès, d'âge mésozoïque, est essentiellement carbonaté : calcaires, dolomies, marnes..., Le socle paléozoïque perce localement cette couverture méso-cénozoïque comme le massif de Tazzeka. Les coulées basaltiques issues d'un volcanisme plio-quaternaire du Moyen Atlas s'épanchent jusqu'au sillon sud-rifain, comme cela est bien visible à Oued Jdida dans le bassin de Saïs.

IV.1. 1.b. Domaine mésetien

La présente étude s'intéresse à l'Ouest, au Massif paléozoïque du Maroc central comme étant le représentant de la Méséta qui bourde le bassin de Saïs vers le Sud-Ouest. Il s'agit de l'une des grandes Boutonniers de la Méséta occidentale où affleure la chaîne hercynienne marocaine. Les terrains y sont échelonnés du Cambrien au Permien. Ils sont structurés en anticlinoriums et synclinoriums orientés NE-SW et découpés par de grands accidents ayant en général cette même orientation. Certains de ces accidents sont le siège d'évolution métamorphique des roches et, par endroits, le lieu d'intrusion de massifs granitiques. Il s'agit de zones de faiblesse héritées du soubassement précambrien. Leur activité permanente influera la structuration de la couverture mésozoïque dans le domaine atlasique et de la couverture cénozoïque dans le sillon sud-rifain.

IV.1. 1.c. Domaine rifain

Il comporte la chaîne rifaine, le Pré-rif et les rides pré-rifaines :

La chaîne rifaine est constituée dans sa partie interne de flyschs et de quartzites d'âge paléozoïque, et dans sa partie externe d'une dorsale calcaire et de terrains cristallophylliens.

Le Pré-rif forme la partie la plus externe bordant le sillon sud-rifain. Il se présente sous forme de collines argileuses ou marneuses très ravinées à relief mou. Il correspond au décollement d'une partie du matériel tertiaire des zones externes venant charrier un important olistostrome pré-rifain. Ce dernier mis en place par un glissement gravitationnel est formé d'un mélange d'olistolithes d'âge, de taille et de nature variables.

Les rides sud-rifaines sont des reliefs dominant le Pré-rif, le bassin de Saïs et le bassin du Gharb. Ces rides sont constituées de terrains jurassiques soulevés pendant les phases tectoniques mio-plio-quaternaires (Cirac, 1985 et Wernli, 1988).

IV.1.2. Le bassin de Saïs

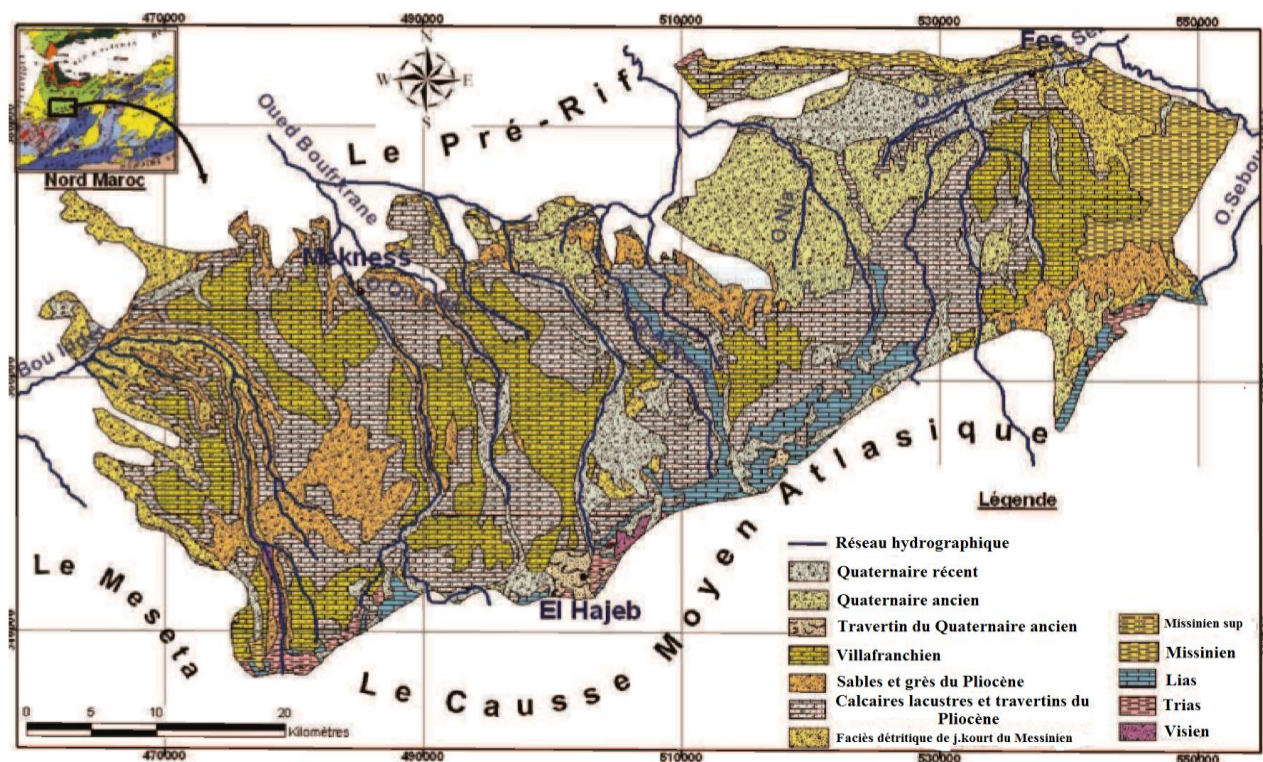


Fig.7. Carte représentative de la géologie du bassin de Saïs (extraite de la carte géologique du Maroc 1/500 000).

Le bassin de Fès – Meknès est considéré dans l'ensemble comme un vaste synclinal dissymétrique subsidie de direction E-W qui s'enfoncé progressivement sous une couverture néogène pour se redresser rapidement au contact des rides pré rifaines. Il est formé en profondeur par le même calcaire d'origine marine que celui des causses du Moyen Atlas sur lequel se sont déposées des marnes bleues et grises datées du Miocène. Ces marnes sont surmontées par une formation détritique ou carbonatée d'origine lacustre datée du Plio-Quaternaire, et plus précisément du Plio-Villafranchien (le lac du Saïs n'étant plus en communication avec la mer). Une fois le lac asséché, est apparu le plateau calcaire de Meknès, qui détermine une surface structurale que les oueds érodent et entaillent profondément, et la plaine de Fès qui est en grande partie, une plaine d'érosion encroutée, Les deux sont séparés par la flexure d'Ain Taoujdate. Une couverture de dépôts alluviaux et colluviaux d'âge Quaternaire récent vient de déposer sur la majorité de la surface du bassin.

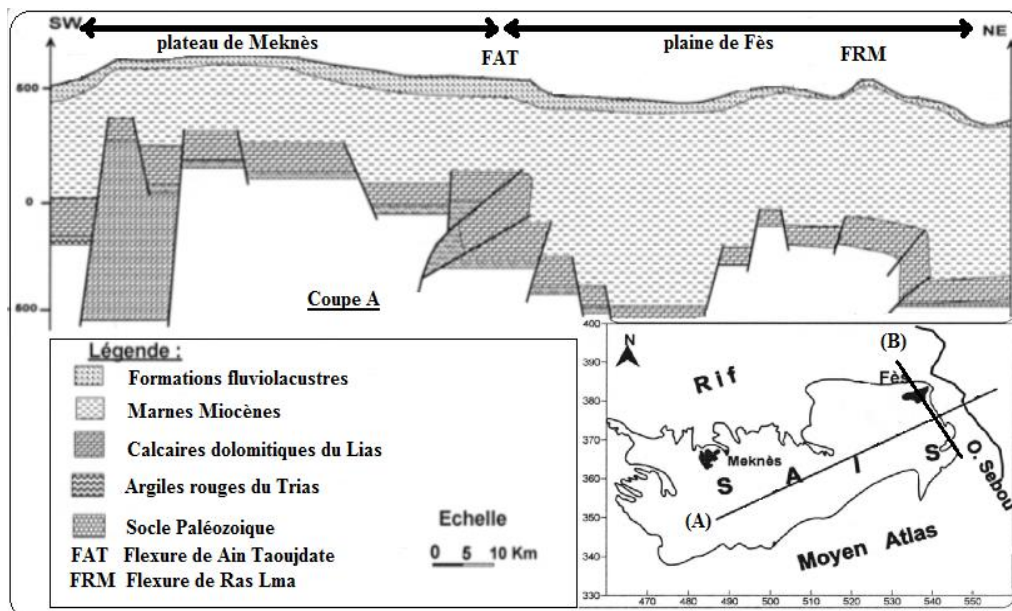


Fig.8. Coupe longitudinale (A) sur le bassin de Saïs d'après Charroud et al, 2007 (modifiée).

Sur le plan régional, le bassin de Fès-Meknès est une vaste structure d'accueil des sédiments tertiaires, venants des chaines de montagnes qui l'encadrent. Il est considéré alors comme type de bassin "intra-montagneux" ou "intra-chaîne", et il représente une partie de l'avant pays de la cordillère du Rif. D'après **Cirac (1985)**, le bassin de Saïs s'est individualisé au Tortonien inférieur (Miocène) suite à l'importante phase de distension qui a affecté l'ensemble de l'arc de Gibraltar. La distension générale des contraintes N-S serait à l'origine de l'allongement E-W de ce bassin. Le jeu de failles bordières a entraîné par la suite l'enfoncement des bordures septentrionales de la Méséta à l'Ouest et le Moyen Atlas à l'Est.

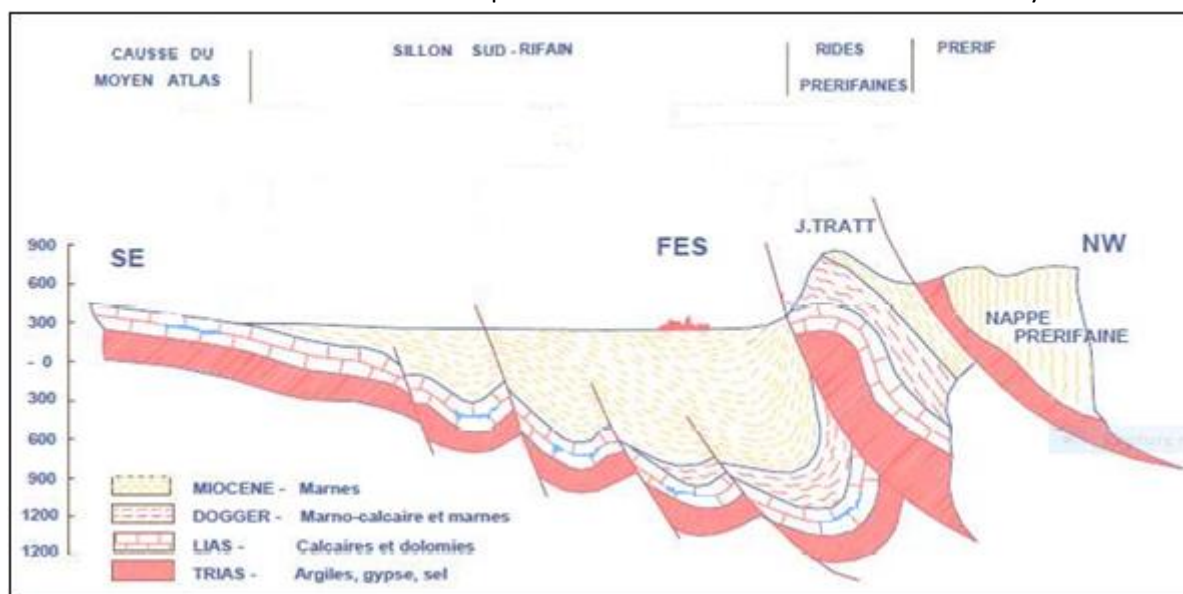


Fig .9. Coupe transversale (B) schématique au bassin du Saïs.(voir Fig.8)

A ces jeux de failles, s'ajoute la surcharge sédimentaire due à l'érosion de l'arrière-pays en remontée isostatique, pour concourir au développement du bassin et de sa subsidence. Celle-ci diminue d'importance à partir du Messinien supérieur – début Pliocène pour permettre au bassin de passer à sa phase de comblement, phase correspondant au résultat de la dégradation des nappes de remblayage et de l'accrétion verticale des dépôts, conduisant dans les deux cas au colmatage du bassin et au retrait de la mer.

IV.2. Aperçu Lithostratigraphique

Comme déjà mentionné, le bassin de Saïs a constitué depuis longtemps le siège de sédimentation de plusieurs types de dépôts, cela est manifesté par une variabilité lithostratigraphique bien marquée, soit latéralement ou verticalement. Le Log synthétique régional montre une succession qui débute par le substratum paléozoïque, et passe par les formations carbonatées liasiques surmontées par une couverture de remplissage néogène, le toit de la série est composé par les dépôts d'âge Quaternaire connus par leurs hétérogénéités. Le schéma suivant représente les grandes lignes stratigraphiques régionales :

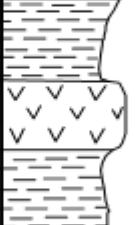
Age	Log	Epaisseur (m)	Description des faciès
Quaternaire		0 à 50	Coulées basaltiques, travertins et tufs, limons anciens et cailloutis
Pliocène		10 à 50	Calcaires lacustres et sables fauves
Miocène		0 à 1000	Marnes bleues avec intercalation de quelques niveaux gréseux (Tortonien)
		20 à 50	Calcaires gréseux et mollasses à la base (Burdigalien)
Lias		20 à 80	Dolomies litées, recouvertes de calcaires à silex et calcaires dolomitiques, le tout surmonté de calcaires gris (Lias moyen)
		50 à 150	Dolomies sableuses friables, recouvertes par des dolomies massives et surmontées par des dolomies litées (Lias inférieur)
Trias		Dizaines à centaines	Alternance d'argiles rouges gypsifères et salifères avec des basaltes doléritiques
Paléozoïque		Quelques centaines	Schistes bruns, parfois violacés, des grès, des quartzites et des calcaires gréseux (Viséen).

Fig.10. Log stratigraphique synthétique de Saïs d'après Amraoui, 2005.

IV.2.1 .Le socle paléozoïque :

Représenté par des schistes fins et de quartzites à intercalations de bancs gréseux, il affleure vers le Sud-Ouest du plateau de Meknès et vers les bordures sud et sud-est du bassin.

IV.2.2 .Le Trias :

Il englobe des dépôts évaporitiques de nature gypsifère ou salifère, intercalés par des niveaux de basaltes doléritiques, l'épaisseur de cette formation peut atteindre 700 m vers le Sud.

IV.2.3 .Le Lias :

Le Lias qui repose en discordance sur le Trias est essentiellement dolomitique, calcaire et calcaire dolomitique. Il affleure largement au sud dans le Causse moyen atlasique où il est parsemé de failles et plis de directions principales NE-SW. Le Lias plonge progressivement vers le nord sous le bassin où il est interrompu par un certain nombre de flexures à grande échelle principalement orientées NE-SW. Certaines de ces flexures se sont transformées en failles avec des rejets ou déplacements verticaux considérables. Ceci a compartimenté le Lias en plusieurs panneaux et accentué d'avantage sa profondeur sous le sillon sud-rifain. Le Lias inférieur (Lotharigien) et le Lias moyen (Pliensbachien et Domérien) sont essentiellement dolomitiques alors que le Lias supérieur (Toarcien), qui n'est rencontré que sur les versants des rides prérifaines, est présenté à son sommet par une série schisteuse et marno-calcaire. Il faut signaler l'absence de la formation liasique à plusieurs endroits dans le bassin de Saïs, tel qu'au Nord-Est de Lhajeb, elle n'est pas présente partout.

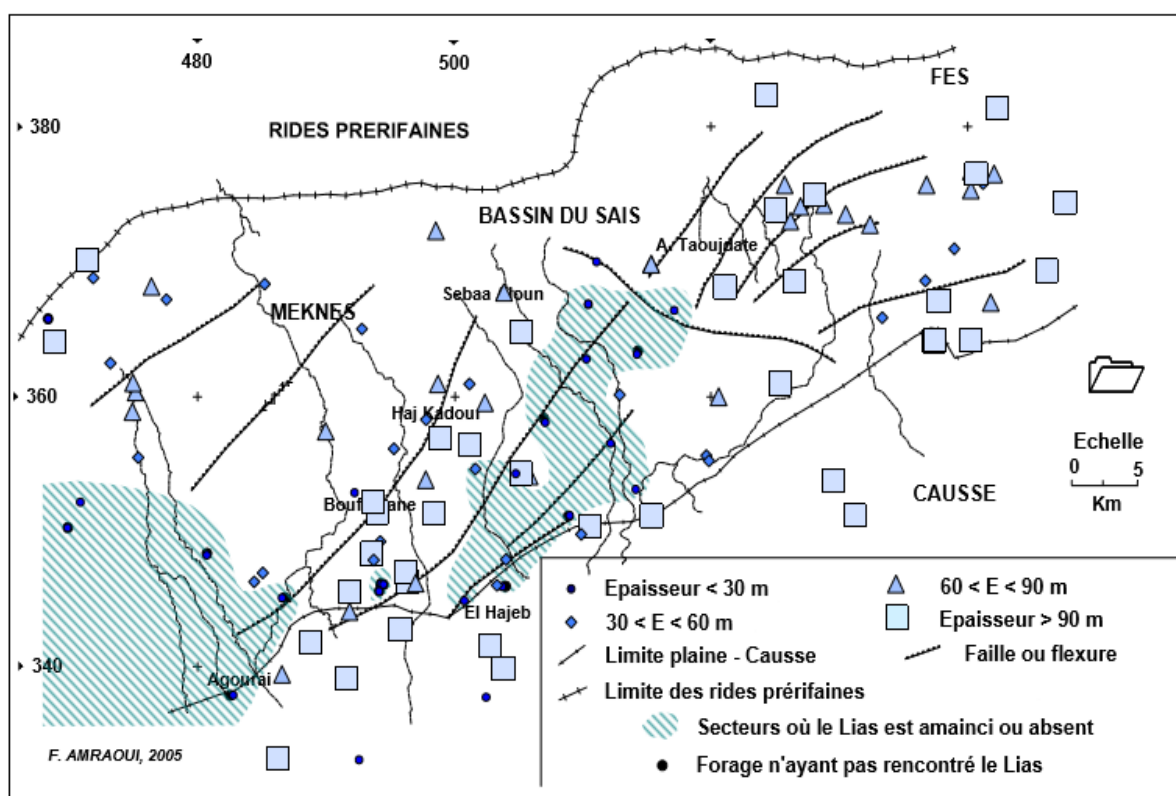


Fig.11. Répartitions des épaisseurs de la formation liasique dans le bassin de Saïs D'après Amraoui, 2005.

IV.2.4. Le Miocène

La série est déposée en discordance (une lagune sédimentaire) au-dessus des calcaires liasiques, elle débute par un faciès de calcaires gréseux à passées marneuse et des molasses du Tortonien, dont l'épaisseur peut atteindre quelques dizaines de mètre. Ils sont surmontés par une puissante couche de marnes bleues dont l'épaisseur augmente du Sud vers le Nord, elle atteint 1000 m à Douyet, **Ait Brahim**,

1991. La couleur bleue de cette formation est due à la présence de pyrite à laquelle est souvent associé le gypse. La période messénienne est connue par la continuité et l'homogénéité de la sédimentation marneuse, caractérisée par sa couleur bleue, un niveau gréseux apparaît à sa base par contre au sommet, la formation tend à devenir sableuse (Tabet et al, 1987). De point de vue perméabilité, les marnes du Miocène sont tendres et imperméables.

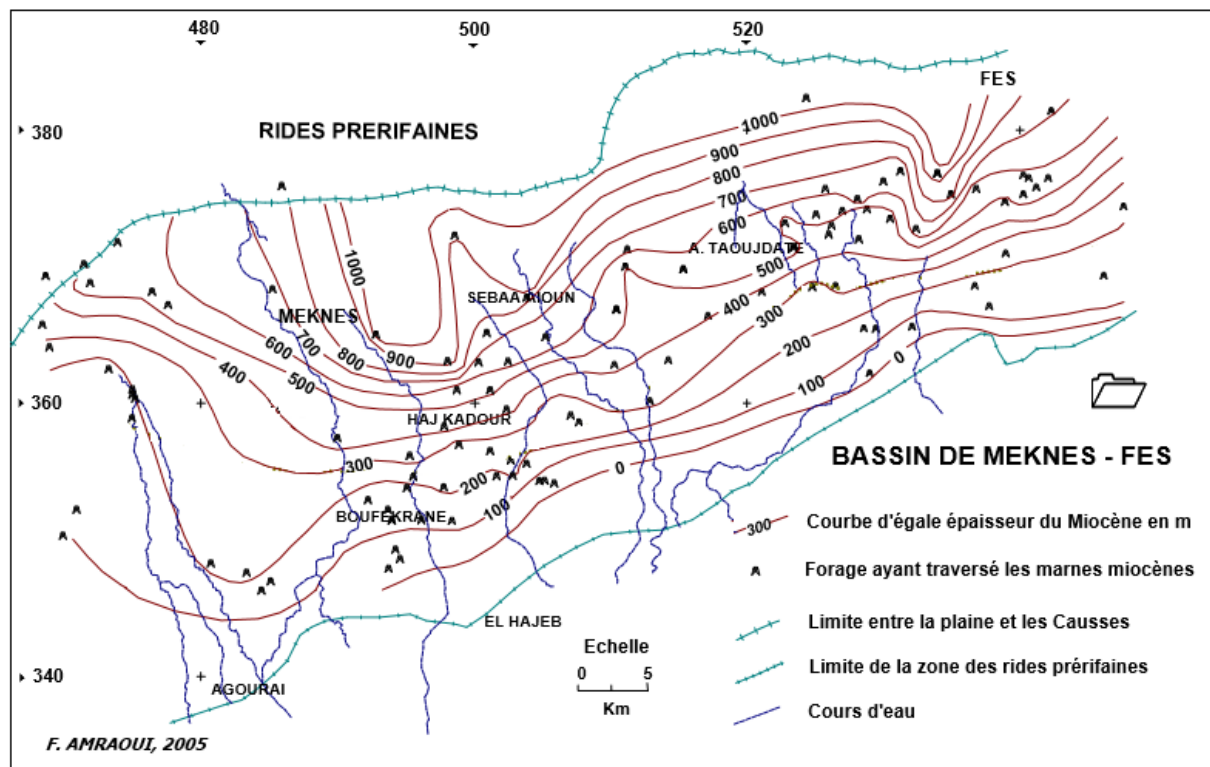


Fig.12. carte de l'épaisseur des marnes miocène d'après Amraoui, 2005 (modifiée)

IV.2.5 .Le Pliocène

Le pliocène de Saïs représente une particularité mondiale, ceci est manifesté par le grand nombre de chercheurs qui ont travaillé sur la datation et la détermination des paléo-environnements où ils sont déposés les sédiments contemporains. La succession suivante est une synthèse des résultats de plusieurs travaux :

IV.2.5. a. Pliocène inférieur

Il est formé par des sables à matrice carbonaté, l'épaisseur de cette formation atteint plus 80 m dans le plateau de Meknès, et diminue au fur et à mesure qu'on allant vers l'Est.

IV.2.5.b. Pliocène moyen

Il est caractérisé par une formation sableuse de couleur très variable (jaune, brun, ocre, rouge et gris) et d'une trentaine d'épaisseur. Elle constitue les sables fauves affleurant dans les parties les plus orientales du bassin de saïs à Ain Taoujdade et au Sud du Plateau de Meknès. Ces sables contiennent des grains de quartz à matrice argilo-ferrugineuse (Taltasse, 1953 ; Cirac, 1987). Leur puissance diminue vers l'Est ou ils disparaissent dans les environs de Fès.

IV.2.5. c. Pliocène supérieur-Quaternaire basal (Plio-Villafranchien) :

Car son complexité, plusieurs auteurs le qualifie comme une séquence de passage ou de transition entre le tertiaire et le quaternaire, sa limite basale est confondue avec les sable fauve du pliocène moyen, et son toit passe dans les calcaires continentales lacustres du Villafranchien.

Séries Néogène de Saïss	P.TALTASSE 1953	G.CHOUBERT 1965	G.BEAUDET 1969	H.FEINBERG 1978	J.C.FAUGERES 1978	J.MARTIN 1981	P.CIRAC 1985	R.WERNLI 1986
Calcaires Lacustres	Pliocène	Saïssien	Villafran. Moyen	Pliocène	Pliocène supérieur	P. Sup Calc.sup	Pliocène inférieur	Pliocène supérieur
Sables Fauves		Pliocène	Villafran. Inférieur	Messinien	Pliocène inférieur	P. Moy Sables Fv		Pliocène moyen
Silts et grès			Pliocène			P. Inf Calc.inf		Pliocène inférieur
Marnes bleues	Tortonien	Tortonien	Miocène Terminal	Tortonien	Miocène Terminal	Messinien	Miocène terminal	Messinien Tortonien

Tab.3.Les différents âges qui furent proposés pour les formations du bassin de Saïs ; Boumir, 1987.

Généralement, deux faciès sédimentaire caractérisent cette séquence : les sables fauves et les calcaires lacustres. Ces derniers représentent une variété énorme, soit sur le plan verticale, ou sur le plan latérale (Taltasse, 1953). En générale, toute la formation du Pliocène terminale se transforme d'une série purement lacustre au plateau du Meknès, à une série de mélange fluvio-lacustre vers l'Est de la plaine de Fès :

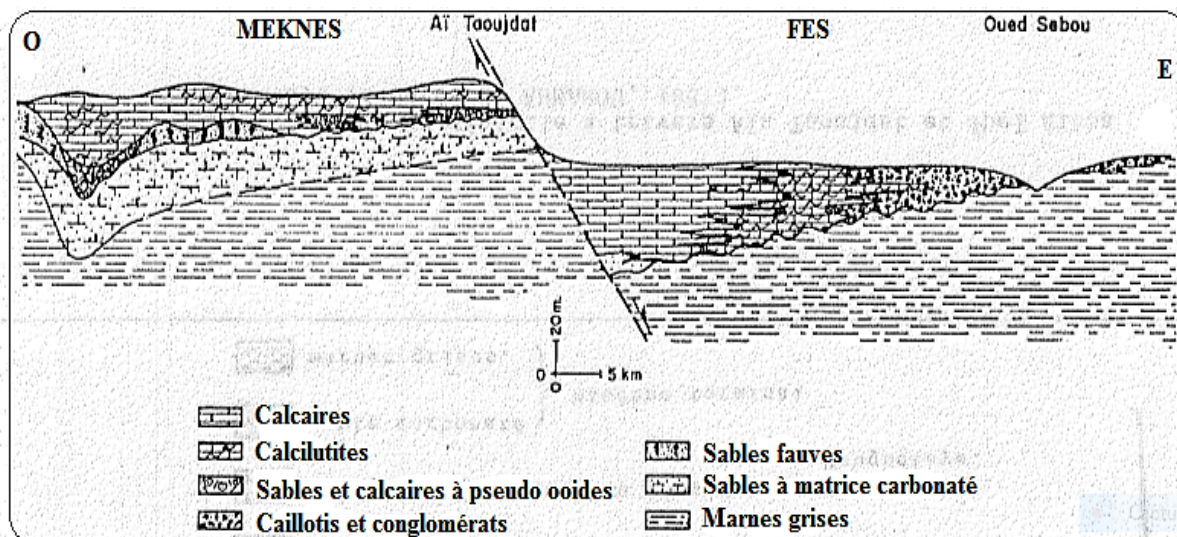
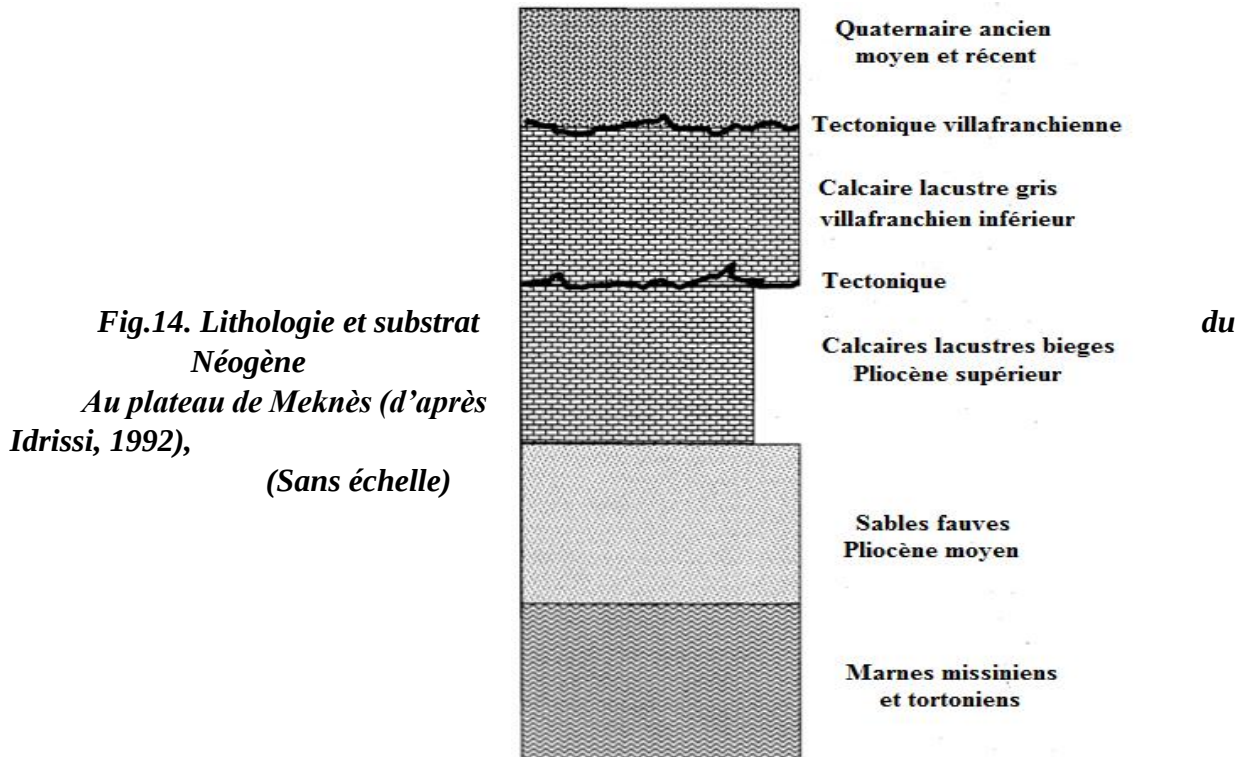


Fig .13.Coupe schématique illustrant les variations latérales de faciès d'Est en Ouest dans le Néogène supérieur du Saïs D'après CIRAC, 1985

IV.2.5. c .a. La formation lacustre du plateau de Meknès (idrissi, 1992)

Ils sont entrecoupés de quelques couches marneuses, (lentilles) reposent par l'intermédiaire d'une mince couche d'argile noire sur les sables fauves. Ils sont composés de deux formations superposées.



- Au sommet : des calcaires gris du Pliocène supérieur enregistrant le dernier dépôt constituant l'armature du plateau de Meknès (**MARTIN. J., 1981 ; FASSI D., 1978**). Ils sont très étendus mais discontinus latéralement (dalles décamétriques) et d'épaisseur très variable.
- A la base, des calcaires belges, dits calcaires lacustres inférieurs.

Les différents auteurs qui ont étudié ces formations lacustres apportent les précisions suivantes :

- **La Farge (FARGE-HOLCIM)** (cimenterie de Meknès) a réalisée des sondages montrant que la sédimentation lacustre admet des changements de faciès, aussi bien verticalement que latéralement que "on peut cependant regrouper " en deux formations : les calcaires durs et les calcaires tendres plus ou moins pulvérulents groupés sous l'appellation "tufs".
- **TALTASSE, 1953**, dans son étude du bassin du Saïs, souligne la grande variabilité de ces sédiments calcaires. Il en décrit différents faciès :
 - des calcaires durs à grains fins et très compacts ;
 - des calcaires durs détritiques à algues ;
 - des calcaires durs à pseudo-oolithes ;
 - des calcaires tendres (peu consolidés ou pulvérulents) riches en minéraux argileux, groupés sous l'appellation de "tufs calcaires". Il montre donc que les calcaires lacustres s'épaississent localement jusqu'à 50 m.
- **CIRAC (1985)**, cité par **AHMAMOU (1987)**, fait aussi intervenir le phénomène de subsidence pour expliquer la constance et l'homogénéité de la sédimentation au centre de ce bassin lacustre où les calcaires peuvent atteindre 100 m d'épaisseur.
- **BACH et MEYER (1986)** distinguent dans le plateau de Meknès différents faciès :
 - des calcaires micritiques passant à des marnes et des argilites ;

- des calcaires construits, essentiellement des travertins ;
- des brèches et des calcarénites.
- **FASSI (1978)**, souligne aussi la grande variabilité de faciès des calcaires lacustres, "il n'est pas rare de voir le calcaire lacustre changer de faciès au mètre près". Il distingue plusieurs faciès basés sur des caractères morphologiques qui sont la couleur et la résistance :
 - les calcaires durs, en banc, unique et épais de moins de 10 m, gris ou beiges débutant la stratification. Ils sont résistants et souvent et leur teneur en carbonate de calcium varie de 80 à 90%. Ces calcaires affleurent largement entre Boufékran et Meknès.
 - les calcaires durs, rarement en banc unique, épais de quelques mètres, blancs situés au-dessus du faciès précédent. Ils sont souvent associés à des tufs. Ces calcaires sont moins étendus dans le paysage.
 - les tufs calcaires, blancs Purs et pulvérulents, ou imprégnés d'argiles qui leur confèrent une certaine plasticité. L'auteur en distingue deux catégories selon la teneur en Calcaire :
 - ✓ les tufs de décomposition des calcaires blancs par perte de cohésion de ces derniers. Ces calcaires enveloppent des blocs de calcaires blancs en forme de boules sans changement de teneur en calcaire. Leur teneur en carbonate est de l'ordre de 75 %;
 - ✓ les tufs sédimentaires les plus pollués et les plus colorés contenant moins de 70 % de carbonates. Ils sont très largement répandus et inter stratifiés dans les dépôts lacustres à plusieurs niveaux sous forme de bancs métriques.

On relève· effectivement une grande diversité de couleurs' et de résistance d'un point à l'autre d'un même bloc de calcaire dur. Ces variations s'observent même non seulement latéralement et verticalement mais de l'intérieur vers l'extérieur de chaque bloc. Il s'agit alors probablement de faciès d'altération croissante d'une même roche.

IV.2.5. c. b. La formation fluvio-lacustre de la plaine de Saïs :

Par contre à la formation purement lacustre au niveau du plateau de Meknès, la plaine de Fès comporte un mélange bien distingué des sédiments fluviaux et lacustres. Le dépôt de cette série hétérogène est dû à l'ancien emplacement du delta du paléo-Sebou qui avait son exutoire sur le lac de Saïs d'après **Charroud et al, 2007**.

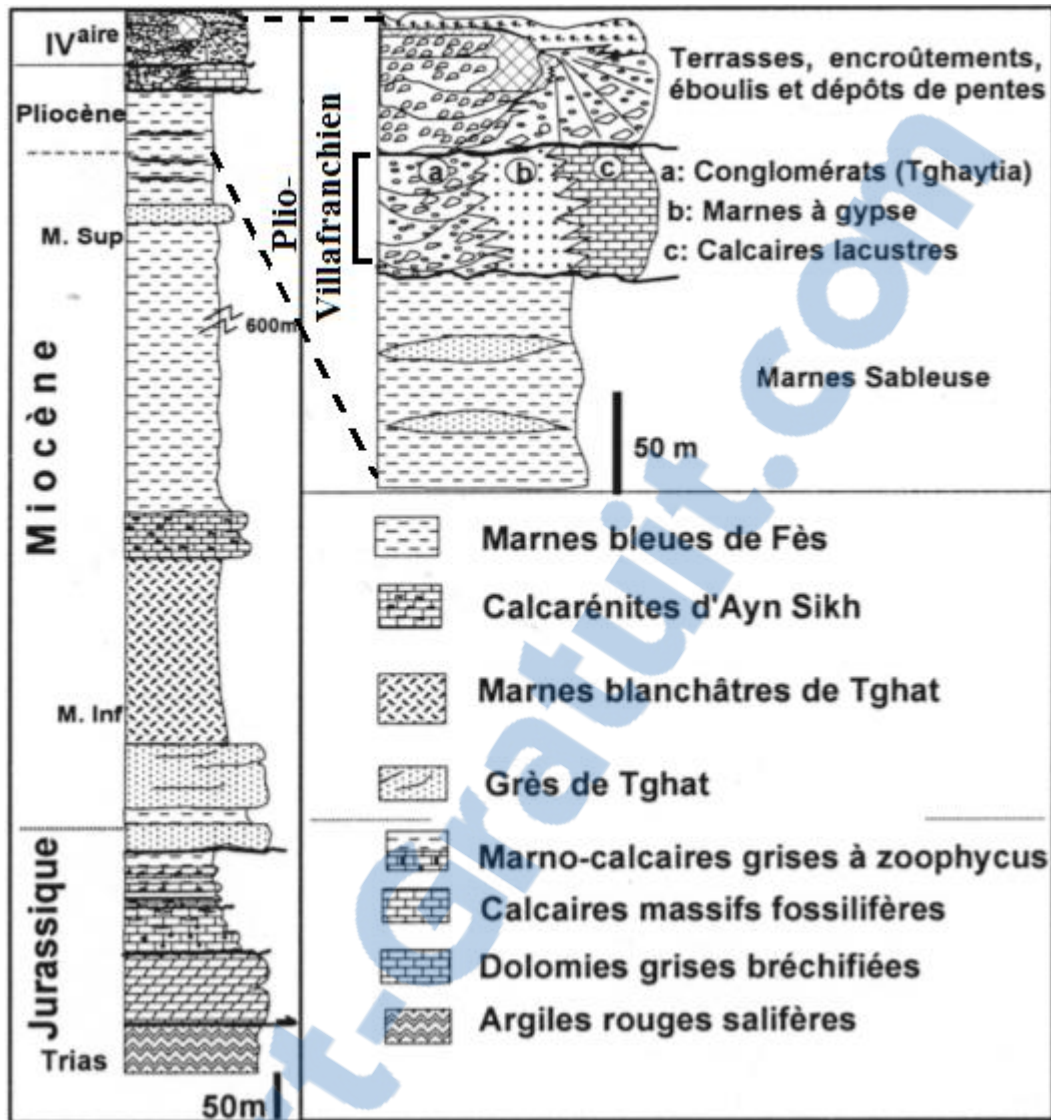


Fig.15. Log synthétique de la plaine de Fès d'après Charroud et al, 2007 (modifié)

La formation Plio-Villafranchienne de la plaine de Saïs est formée par deux ensembles lithostratigraphiques différents :

- des dépôts détritiques terrigènes de type fluviatile représenté par des conglomérats qui sont en discordance sur les sables du Pliocène moyen, déposés en bancs métriques à matrice argileux et intercalés par des passées de grès grossiers, Ils sont désignés sous le nom des « conglomérats de Tghaytya ».une couverture travertineuse à galets encroutés vient se déposer au-dessus de cette formation.
- le passage latérale des conglomérats montre un second ensemble constitué par des marnes à passées lenticulaire de gypse appelées « marnes vertes à gypse », ces dernières vont passer à leurs tours aux calcaires lacustres de Bensouda, ils sont variable : parfois argileux parfois travertineux, parfois puissants, et parfois de faible épaisseur, ils relèvent les caractéristiques générales des formations lacustres du plateau de Meknès.

Ces formations continentales Plio-Quaternaires représentent des épaisseurs qui se varient sur toute la longueur et la largeur du bassin, ceci est du fort probablement à l'hétérogénéité du paléo-surface de la sédimentation, au paléoclimat, et généralement au paléo-environnements variés.

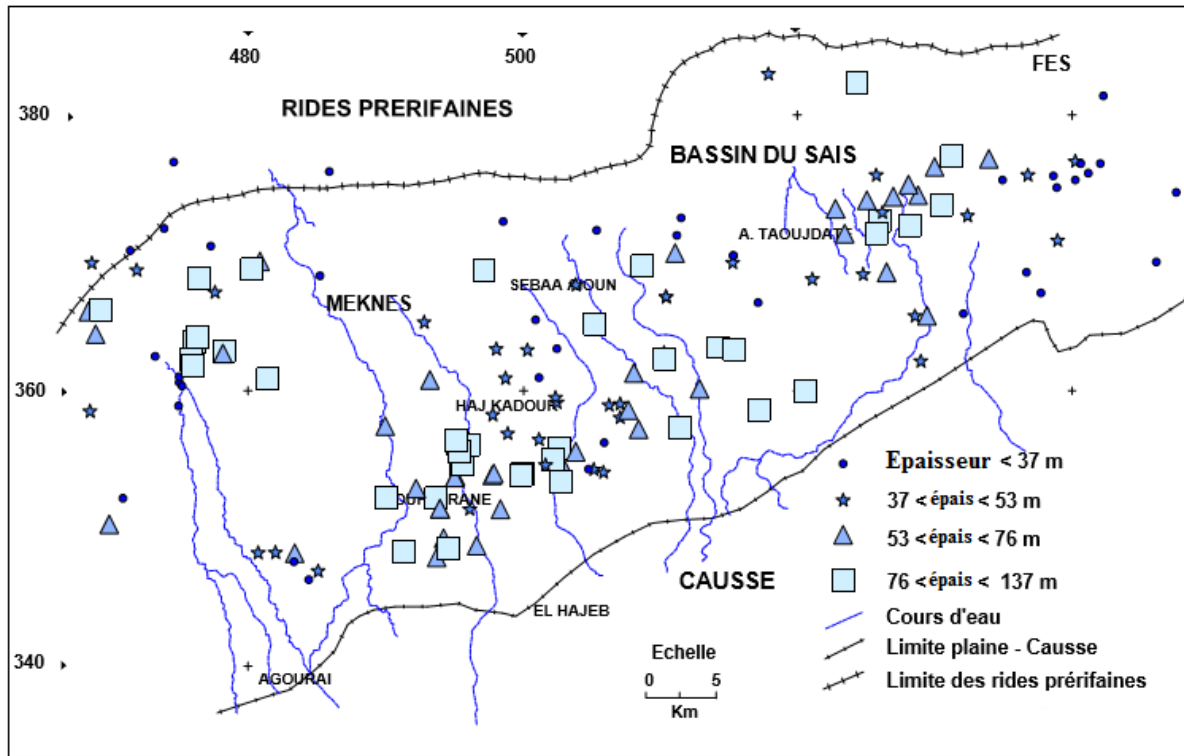


Fig.16. Répartition des épaisseurs des formations Plio-Quaternaire dans le bassin de Saïs :

IV.2.6. le Quaternaire moyen et récent

La séquence quaternaire est composée par des terrasses alluviales, éboulis et limons rouges, une croute de calcaires tufeux, et des travertins développés aux griffons des principales sources karstiques, ou jalonnent l'emplacement d'anciennes émergences aujourd'hui disparues ou déplacées **Amraoui, 2005**. Le volcanisme quaternaire est représenté par un épanchement basaltique étalé sur 2 à 4 km de largeur en suivant le pied du Causse d' El hajeb, ces basaltes sont issus certainement du Jbel Outigui (1431 m), grand volcan éteint dominant ce Causse.

La succession des séries lithologiques depuis substratum paléozoïque jusqu'à la couverture quaternaire n'est pas gouvernée seulement par les conditions de milieu de sédimentation, il se rajoute d'autres facteurs primordiaux pour la détermination de l'aspect lithostratigraphique de la région étudiée : ce sont les événements tectonique qui ont contribué à la structuration du bassin et long de l'histoire géologique.

IV.3. Aspect structural :

L'analyse de l'aspect tectonique est un élément essentiel pour entamer une description générale et complète de la géologie d'une région donnée. La situation géographique du bassin de Saïs entre deux domaines structuraux différents, avec des processus d'orogénèses différents dans leurs majorités, offre une grande possibilité d'influence tectonique. Évidemment, la reconnaissance des grands linges cassants des chaînes encadrantes permet de mieux comprendre la tectonique Saïssienne.

IV.3.1. Fracturation moyen-atlasique :

F.Amraoui a pu déterminer en **2005** dans le causse d'Elhajeb trois grands ensembles de linéaments tectoniques, chaque ensemble est caractérisé par une direction qu'il lui diffère des autres, malgré cette différence, l'auteur assure qu'ils sont dans leur majorité, des structures héritées du soubassement paléozoïque déformé lors de l'orogénèse hercynienne :

- Linéaments de direction subméridienne varie entre N00° à N05° ;
- Linéaments de direction NE-SW varie entre N25° à N65° ;

- Linéaments de direction NW-SE à NNW-SSE varie en moyenne entre N115° à N165°.

IV.3.2. Fracturation pré-rifaine :

Le Rif et le Pré-rif marocain est connu dans le monde des géologues par son complexité structurale dû à la superposition de multiples phases tectoniques, qui s'étale de l'activité hercynienne à l'actuel, Les principales directions de cassures dans le Pré-rif sont selon **Brahim & Chotin, 1984** :

- La direction subméridienne : N170° à N10° ;
- La direction NE – SW : N20° à N60° ;
- La direction NW–SE à ESE–WNW : N100° à N140°.

Trois périodes tectono-sédimentaires ont été décrites pour expliquer l'évolution du Rif dans son ensemble, en y intégrant le bassin de Saïs qui correspond à un sillon d'avant pays **Amraoui, 2005** :

- La première phase d'âge Tortonien : exprimée par un raccourcissement de direction variable entre N40° et N70° et arrive jusqu'au N 90° Dans l'avant-pays rifain **Morel, 1987**, elle est responsable au début de l'ouverture du bassin de Saïs suivant une distension NW-SE.
- Une deuxième phase d'âge Tortonien supérieur – Messinien : avec une contrainte compressive orienté N 40° à composante distensive d'orientation N130°, cette phase va engendrer l'individualisation du bassin le long des accidents hérités, et l'émersion totale des rides pré-rifaines.
- La troisième phase d'âge Plio-Quaternaire : une compression de direction nord-sud, affectant les calcaires lacustres. Le bassin de Saïs, le pré-rif et les rides sud-rifaines sont en surrection.

IV.3.3. Fracturation Saïssienne :

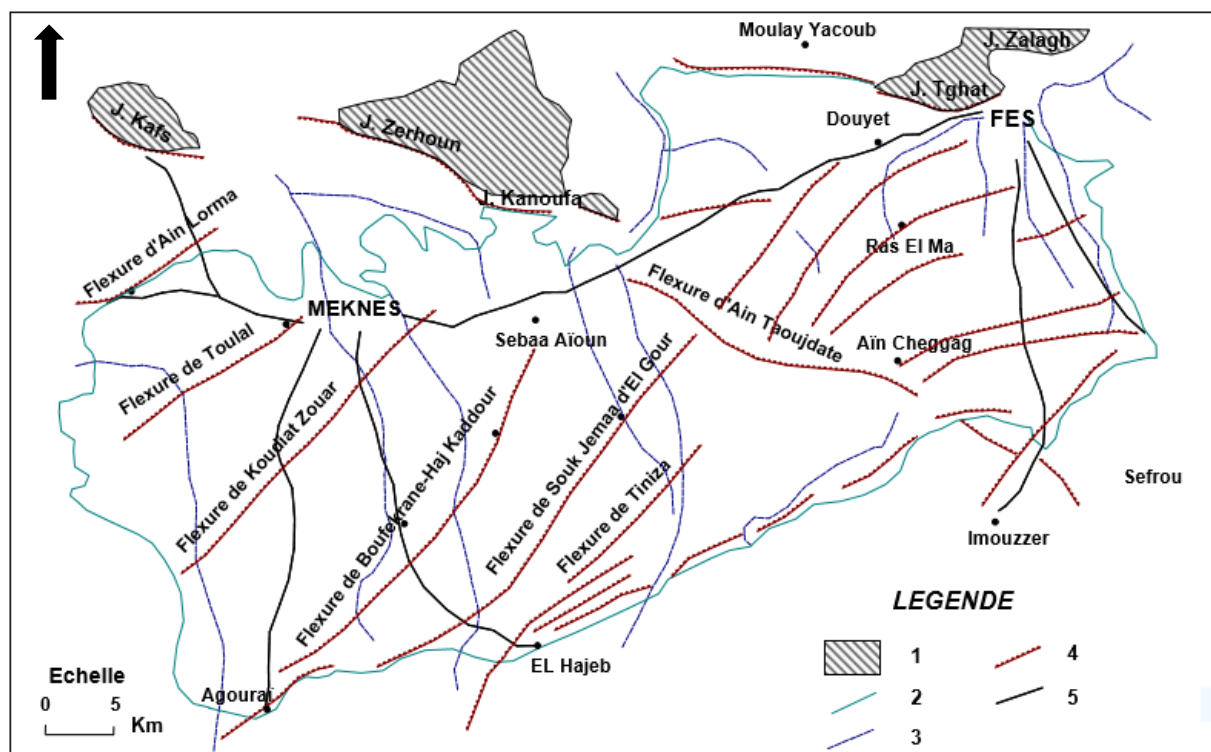


Fig.17. Traits majeurs de la structure du Saïs (Fassi, 1999 redessinée)

- 1 : affleurement des rides pré-rifaines 2 : limite approximative du bassin de Saïs
3 : cours d'eau principaux 4 : failles ou flexures 5 : route principale.

Morphologiquement, le bassin de Saïs est accidenté par 8 flexures de direction moyenne NE-SW à NNE-SSW engendrant une structuration topographique en paliers basculés avec un regard des flexures vers le N-W :

- Flexure d'Aïn Lorma ;
- Flexure de Toulal ;
- Flexure de Koudiat Zouar ;
- Flexure de Boufekrane-Haj Kaddour ;
- Flexure de Souk Jemaa ;
- Flexure de Tiniza ;
- Flexure de Ras Lma ;
- Flexure de Ain Chegag ;

Et une flexure majeure d'orientation WNW-ESE, elle a donné naissance au talus considéré comme le plus significatif du Saïs, La flexure d'Aïn Taoujdate est le trait tectonique le plus net et le plus significatif de tout le Saïs puisqu'il en détermine la subdivision en deux régions étagées. Il est visible partout dans le Saïs de Fès déprimé **Fassi, 1999**.

Globalement dans le Saïs, le réseau d'accidents d'âge Quaternaire est dense et complexe jouant un rôle essentiel dans l'organisation de l'espace et de la circulation locale des eaux superficielles et souterraines **Amroui, 2005** :

- Dans le Saïs de Fès, les linéaments tectoniques s'ordonnent en une sorte d'éventail se fermant d'Est en Ouest, passant d'une orientation WSW-ENE pour rattraper les orientations hercyniennes NE-SW qui vont dominer dans le Saïs de Meknès. Nous distinguons les failles d'Aïn Chgag, de Ras El Ma et de Bensouda.
- Dans le Saïs de Meknès, les linéaments tectoniques constituent le prolongement septentrional des accidents hercyniens affleurant dans le massif central. Les failles quaternaires du plateau de Meknès ont un jeu décelable dans les plis NW-SE pliocènes.

Les seuls traits tectoniques qui se traduisent par des talus vigoureusement individualisés dans la topographie du Saïs sont en effet ceux de Tiniza-Aït Zaouit et d'Aïn Taoujdate. Les autres accidents, dans les deux Saïs, s'inscrivent dans leur mouvance, et perdent leur importance en s'éloignant.

La tectonique régionale et la dynamique structurale locale ; dans le bassin de Saïs ; est considérée comme le moteur des événements géodynamiques responsables de la formation des anciens environnements.

IV.4. Paléo-environnements et évolution géodynamique :

L'érosion anté-miocène du substratum liasique engendre la fracturation et la séparation de ce dernier en morceaux, il a donné naissance à des secteurs où le Lias est complètement absent. Les dépôts néogènes sont mis en place, pour ce cas directement sur le Trias.

A la suite d'une phase distensive d'orientation N – S, entre dans le cadre de la convergence Europe – Afrique, le bassin de Saïs a effondré et subsidé suivant un allongement dissymétrique subéquatorial. Ce qui a favorisé la transgression Tortonienne marine qui s'est installée sur le substratum du Saïs, la série représentative de cette transgression débute par des faciès détritiques grossiers, qui indiquent un milieu littoral, Surmontés par une épaisse formation marneuse Caractérisant le milieu profond. Cette transgression prolonge jusqu'au centre du Moyen Atlas **Cirac, 1985 ; Aït Brahim, 1991 ; Wernli, 1988**.

La phase missiniene est caractérisée par une grande communication entre l'Atlantique et la Méditerranée, à travers le couloir sud rifain. Vers la fin du Missinien, on assiste à l'arrivée des olisthostromes pré-rifains (nappes gravitaires) engendré par la montée isostatique et par les mouvements tectoniques, ce qui a conduit successivement à la diminution de la profondeur d'eau, la fermeture du bassin sud rifain, la rupture des échanges entre l'Atlantique et la Méditerranée, et par conséquent, une régression finie missiniene.

Le Pliocène est caractérisé par la poursuite de l'exhaussement des Rides sud-rifaines et de l'avant pays mésétoatlasiq accompagnés d'une subsidence dans le Saïs. Ceci implique une érosion de plus en plus intense des nouveaux reliefs sous un climat humide et dont les produits viennent combler le bassin du Saïs **Boumir, 1987**, ce qui a donné lieu à la formation des sables à matrice carbonatées. Une autre transgression qui a été envisagée par **Margat, 1954** et confirmé par **Wernli** en **1986**, et connue sous le nom de la transgression Moghrébienne, elle a été responsable sur les dépôts des fameux sables fauves, qui vont être par suite émergés, altérés, kaolinisés, et décalcifiés selon **Boumir, 1987**.

la succession des marnes grises, sables carbonatés et sable fauves, indique le passage d'un milieu de plateforme infratidale à décantation profonde (peu agité), puis à un environnement intertidal à supratidal (forte énergie), **Cirac, 1985 in Aït Brahim, 1991**.

La régression marine et Le passage au milieu continental n'était réalisé qu'au Pliocène supérieur après l'émergence du seuil d'El Kensara par le réajustement isostatique toujours continu, Le bassin va connaître alors une sédimentation lacustre. Cette sédimentation résultait soit d'un phénomène de décantation de boue carbonatée terrigène, soit d'un phénomène de précipitation physico-chimique **Cirac, 1985 ; Aït Brahim, 1991**, dans un milieu de dépôt calme sous une faible tranche d'eau, alimenté par les Paléo-rivières chargés par des dépôts fluviaux détritiques.

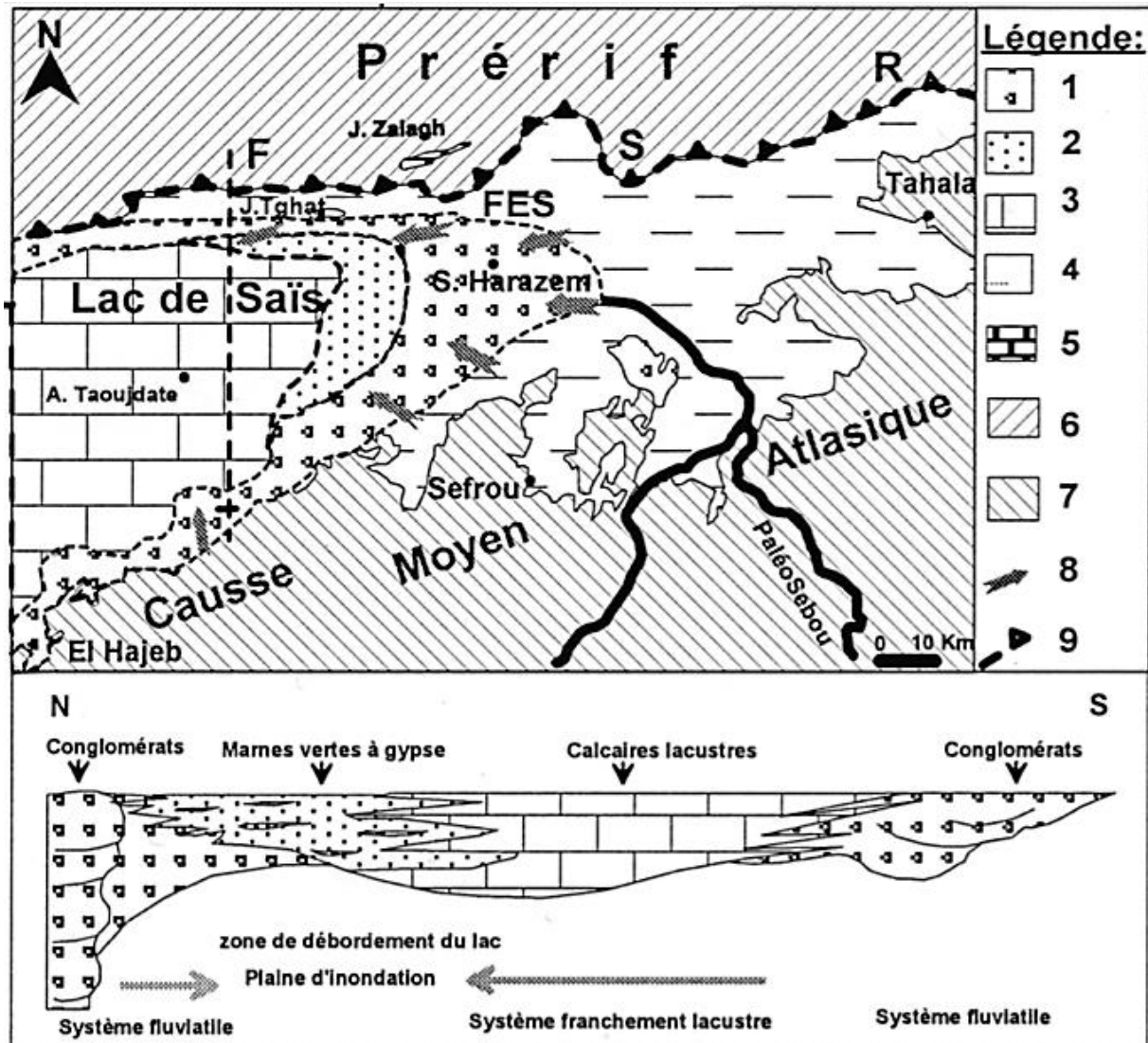


Fig.18. Paléogéographie de la partie Est du Saïss au Pliocène supérieur ; coupe générale N-S dans le bassin lacustre de Saïss montrant le passage latéral de faciès D'après Charroud et al, 2007 ;

1 : conglomérats de Tghaytia ; 2 : marnes vertes à gypses ; 3 : calcaires lacustres ; 4 : substratum marneux du Miocène supérieur-Pliocène inférieur et moyen ; 5 : Rides pré-rifaines ; 6 : Prérif ; 7 : Moyen Atlas ; 8 : sens des paléocourants fluviaux ; 9 : front sud-rifain « FSR ».

Après le dépôt des Calcaires lacustres, des mouvements en liaison avec la compression N – S Pliocène à Quaternaire ont provoqué le redressement de la formation continentale au contact du Prérif et des Rides sud-rifaines et au S entre Agouraï et El Hajeb, **Boumir, 1987**. L'ensemble des dépôts montre que le milieu devient franchement continental (fluvial).

La tectonique convergente entre l'Afrique et l'Europe a provoqué la structuration du bassin de Saïs, avec une diversité sédimentaire bien remarquable (marnes, sables, calcaires lacustres) reflète le passage entre des environnements marins, lacustres et continentaux.

V. Hydrogéologie

Les ressources hydriques souterraines constituent l'un des éléments principaux de l'environnement du bassin de Saïs, car leur importance pour l'alimentation de l'habitat et pour l'irrigation des terrains cultivés, puisque la région est comptée parmi les plus grandes zones agricoles au Maroc. Le système hydrogéologique régional est généralement composé, relativement simple, et pratiquement bien exploité.

V.1. Acquisition des données :

Le système aquifère de Saïs était depuis des décennies le sujet de plusieurs études ayant pour but de bien comprendre les paramètres qui le gouvernent, Afin d'établir un plan optimal de l'exploitation. La carte hydrogéologique du bassin de Meknès-Fès au 1/100 000 publiée par **J. Margat** en 1960 constitue un document de base pour la reconnaissance de cet aquifère. Par la suite, un bilan général des ressources en eau du bassin a été élaboré dans le cadre du projet d'aménagement du bassin du Sebou. Ce bilan a été affiné et actualisé dans le cadre du plan directeur intégré d'aménagement des bassins de Sebou - Bou Regreg et d'Oum Erbia . En 1990, un modèle de gestion des ressources en eau des nappes du bassin du Saïs a été élaboré par la DRPE. Sur le plan académique, plusieurs travaux ont été élaborés tel que les recherches de **L. Benaabidate, 2000, 2010 ; F. Amraoui, 2005 ; A. Essahlaoui et al, 2000.**

Le résumé descriptif qui vient par suite, constitue le fruit de l'assemblage et de l'analyse des résultats de ces travaux.

V.2. Présentation :

L'étude de l'hydrogéologie du bassin de Saïs indique la présence de deux nappes souterraines superposées lithologiquement différentes, elles sont séparées par une couche relativement imperméable puisqu'elle assure les échanges entre les deux :

- Nappe phréatique superficielle (libre) ;
- Nappe profonde (captive).

V.2.1. La nappe phréatique :

La lithologie du réservoir de cette nappe est constituée par les sables, marnes sableuses, grès, conglomérats et calcaires lacustres de la série Plio-Quaternaire déposé sur le substratum marneux qui forme le mur imperméable de la nappe. La recharge de la nappe Plio-Quaternaire (**296 à 346 Millions de m³/an** (en 1980) dont 62 % à partir de la plaine de Fès et 38 % à partir du plateau de Meknès), se fait par infiltration des eaux pluviales, contact direct avec la partie libre de la nappe liasique, infiltration des eaux d'irrigation et drainance ascendante à partir de la nappe profonde (Lias) en charge. Par contre la décharge (**275 à 400 Millions de m³/an** (en 1980) dont 66 % au niveau de la plaine de Fès et 34 % au niveau du plateau de Meknès se fait soit artificiellement par les pompes (agriculture et eau potable), ou naturellement écoulement des sources et drainage par les cours d'eau. Les mesures et les caractéristiques hydrodynamiques suivantes sont basées sur le bilan des ressources en eau au Maroc :

- Puissance de la nappe : 10 à 80 m selon les secteurs (épaisseur moyenne = 40 m).
- Niveaux statiques : 10 à 50 m selon les secteurs.
- Débits de production : 1 à 20 l/s selon les secteurs.
- Transmissivités : $2 \cdot 10^{-5}$ à $1 \cdot 10^{-1}$ m²/s. Cette forte variation de la transmissivité est due à l'importance de la variation de l'épaisseur et/ou celle des perméabilités de la nappe ;
- Perméabilités : $1 \cdot 10^{-5}$ à $5 \cdot 10^{-2}$ m/s. Il s'agit donc d'un milieu très hétérogène ;
- Coefficient d'Emmagasinement : 0.1 à 6.5 % ;
- Piézométrie : écoulement du SSE vers le NNW avec un gradient moyen de 0.5 % ;

- Historiques piézométriques : le niveau de la nappe réagit aux épisodes de pluie et l'amplitude de variation saisonnière varie de 1 à 3 m. A l'échelle pluriannuelle, il se baisse depuis le début des années 80 en relation avec la sécheresse et l'exploitation intensive ;
- Réserve totale : 650 à 1300 Millions de m³ (sur la base d'un coefficient d'emménagement moyen de 1,5 à 3 %).

V.2.2. La nappe profonde :

Le réservoir de cette nappe est composé principalement par les roches carbonatées liasiques, ce réservoir affleure en grandes superficies au niveau des causses moyens atlasiques, ce qui assure une alimentation continue de la nappe par les infiltrations pluviales et nivales. La nappe captive se manifeste par les émergences et les sources en bordure du Causse, par les sources des flexures et par les sources hydrothermales du Saïs. Elle est également reconnue et exploitée par des forages profonds. Il faut signaler l'absence du réservoir liasique dans des endroits dans le bassin de Saïs.

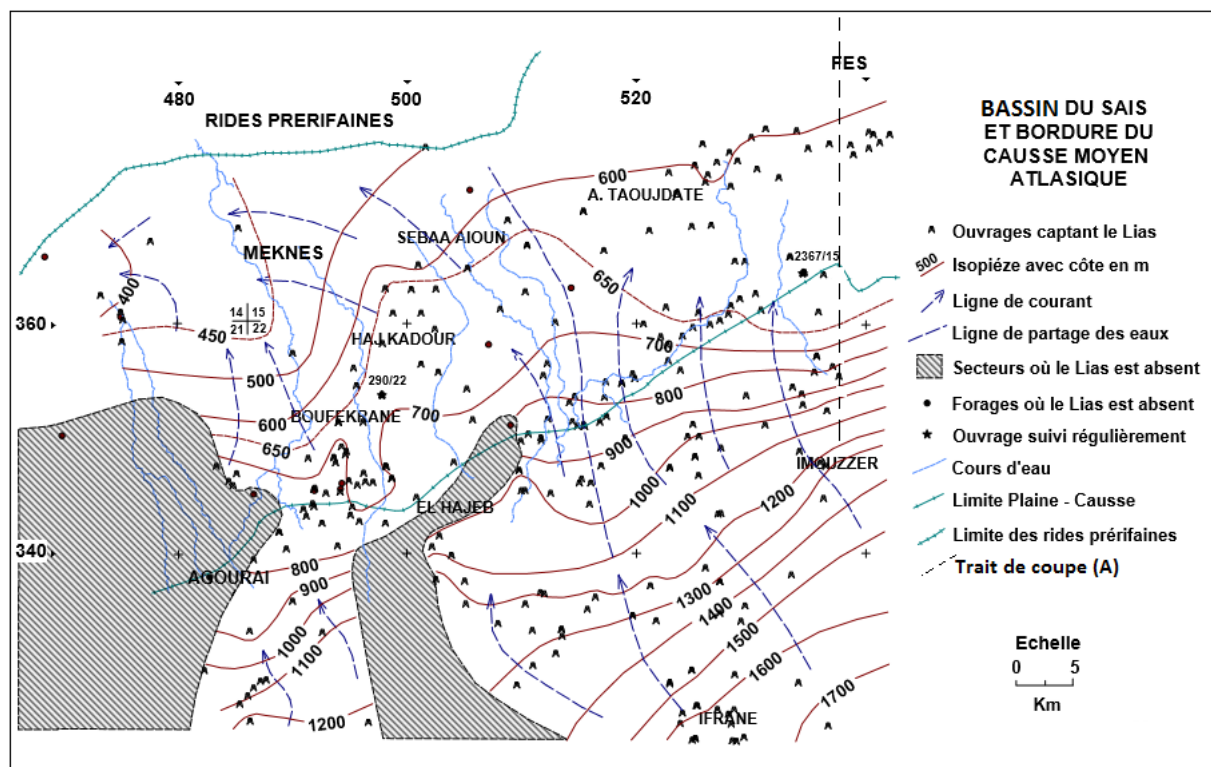


Fig.19. Carte interprétative de la piézométrie de l'aquifère liasique du bassin de Saïs et de la bordure du causse d'après Amraoui, 2005 (modifiée).

L'existence de l'aquifère profond captif a été révélée pour la première fois en 1931 par le forage pétrolier 1566/15. Les forages de prospection hydrogéologique ont commencé en 1949 et au début de 1985, on comptait 83 forages ayant touché ou traversé le Lias. Ce nombre a été porté à 193 au début de l'année 2002 (sans compter les ouvrages des particuliers) **Amraoui, 2005.**

V.2.2. a . Le Bilan hydraulique :

Ensemble des entrées : 291 Mm³/an

Ensemble des sorties : 378 Mm³/an Bilan

Déficit : - 87 Mm³/an

La nappe est donc déficitaire d'environ 87 Mm³/an, ce qui représente environ 30 % des apports moyens. Ce déficit au niveau de la recharge se traduit par : une baisse importante du niveau de la nappe, une diminution de la pression des ouvrages artésiens et une baisse des débits voire un tarissement des émergences.

V.3. Conclusion :

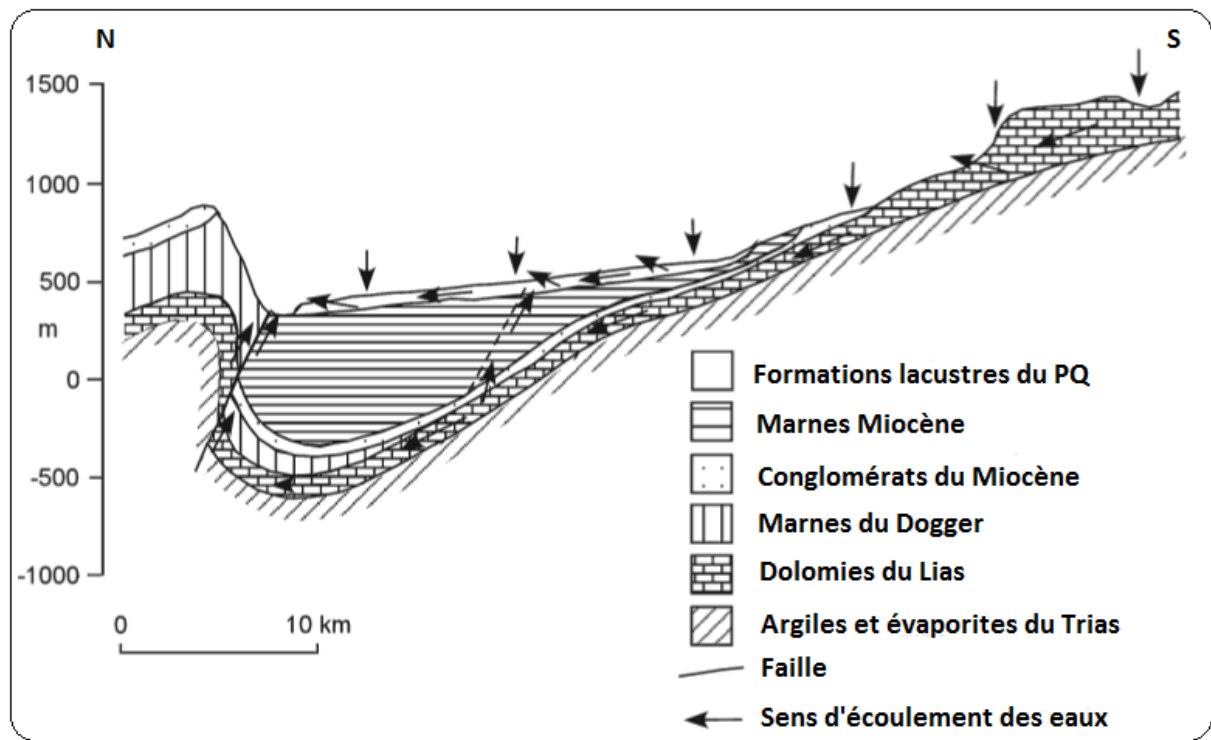


Fig.20. Coupe schématique (A) de l'hydro-stratigraphie suivant le trait apparent dans la figure.19. D'après Benaabidate et Fryar, 2010 (modifiée)

Le système aquifère de Saïs est constitué par deux nappes de lithologie différente, une superficielle facile à exploiter et l'autre profonde captive dans un réservoir carbonaté entre deux formations imperméables. Les écoulements souterrains démarrent depuis les affleurements liasiques vers les causses qui connaissent des apports pluviaux importants.

La surexploitation de la nappe captive et la succession sécheresses provoquent la diminution continue du niveau piézométrique. Elle présente un déficit qui arrive des années de jusqu'à 87 Mm³/an.

VI. Hydrologie de surface :

Le bassin de Saïs occupe la partie médiane du bassin versant du Sebou connu au niveau nationale par ses ressources hydriques considérables, cette situation offre au Saïs la possibilité de drainage par plusieurs affluents.

VI.1. Réseau hydrographique :

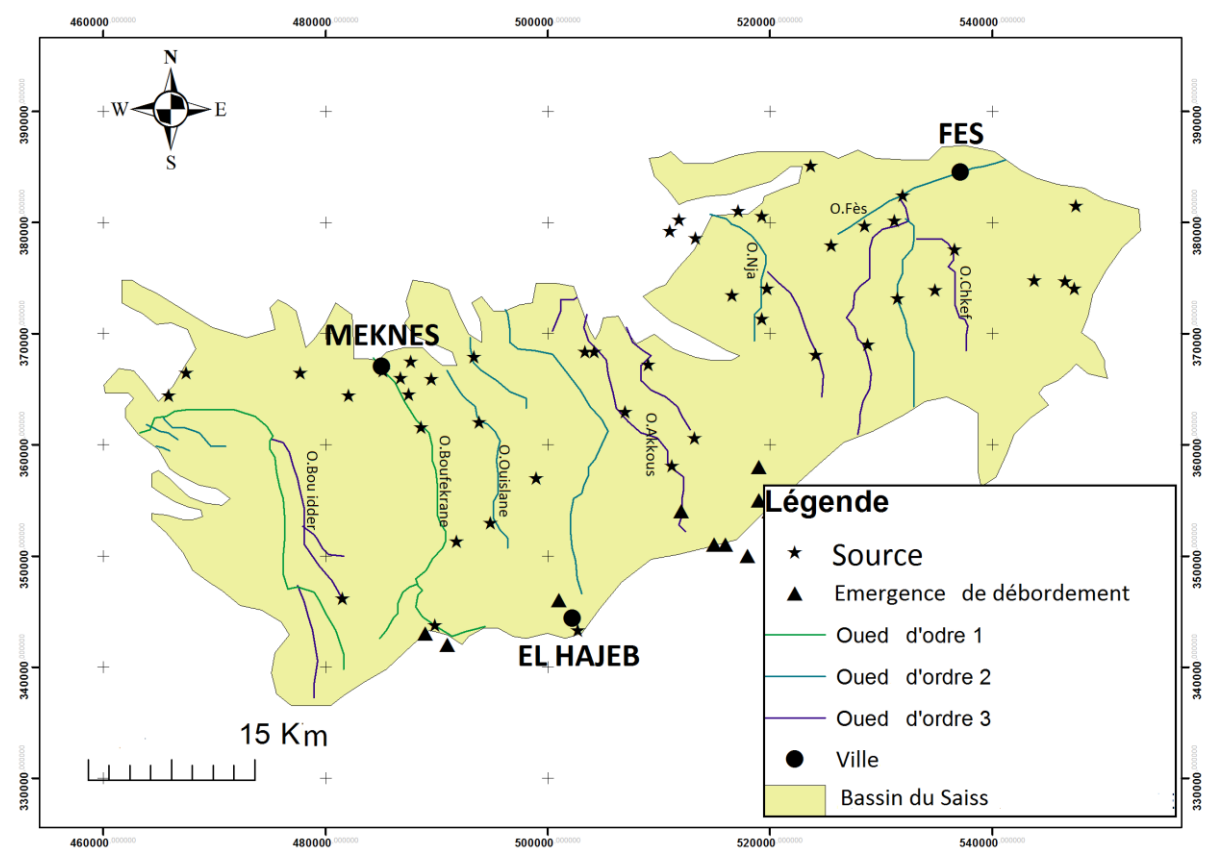


Fig.21. Carte du réseau hydrographique et des sources présentes dans le bassin de Saïs

Nous avons pu digitaliser la carte du réseau hydrique régional selon les données fournies par le service de l'ABHS. Ils ont estimé la longueur de ce réseau à environ **349 Km Elmi, 2012**. Des campagnes de jaugeages ont concerné en Février 2005 cinq oueds, Les mesures prises estiment le débit total à environ **793 l/s** disant **25 Mm³/an**. L'affluent dont les carrières objet de cette étude se trouvent sur ses berges a un débit qui atteint **131 l/s** :

Oued	Station	X	Y	Z	Débit (Q en l/s)
Nja	Pont Rp1	519.5	378.7	394	187
Boufekrane	Mejjat	488.65	361	580	236
Mikkes	Machraa belarj	509.75	380.50	-	139
Ouislane	Pont ONCF	490.75	366.65	500	131
Chkef	Pont	535	375.7	446	100
Total					793

Tab.4. les stations de jaugeages et les débits des Oueds qui drainent le Saïs (mesures de 2005)

VI.2. Sources importantes :

Car le manque des données, on va présenter dans cette partie que les sources ayant une importance pour la région telle que les sources de débordement du secteur Ribaa-Bitit.

Ce sont des émergences localisées sur un front de 7 km de long au piémont entre le Causse calcaire tabulaire du Moyen Atlas et la plaine du Saïs, à une trentaine de km au SE de la ville de Meknès. Ces sources servent à l'alimentation en eau potable de la ville de Meknès avec un débit qui arrive jusqu'à **890 l/s** (Ribaa + Bitit ; 1975/2001). Toutes ces sources sont issue directement du réservoir liasique à l'exception des sources Akkous et Hijja, elles sourdent des calcaires Pliocènes et des basaltes du Quaternaire.

Nom	°N IRE/22	X	Y	Z	Débit moyen (75/01) l/s	Débit moyen (2000) l/s
Bitit capté	106	519.66	355	758	1510	1358
Ribaa amont	853	515.55	351.17	871	605	380
Ribaa aval	854	515.45	351.1	871	290	70
Sebaa	108	520.85	355	745	348	162
Akkous	114	512.37	354.37	780	223	81
Aguemguem	109	518.84	350.12	908	481	1
Attrous	110	516.35	351.28	880	73	0
Hijja	112	519.4	358.95	705	84	0
Bitit NC	865	519.69	355.05	758	23	0
Si Lmir	107	520.8	354.6	755	31	0
				Total	3668	2052

Tab.5. Coordonnées et Débits moyens des sources (1975/2001) d'après Amraoui, 2005

D'après ce tableau, on remarque la chute des débits manifestée en 2000, plus le tarissement de la moitié des sources, cet état est la conséquence directe de la sécheresse qui s'est installée dans la région depuis les années 80. La source Bitit comme exemple, représente actuellement les 2/3 des apports de ce secteur, son débit a diminué en 2000 de presque 44% par rapport aux 26 années précédentes.

Les débits des eaux de ruissellement montrent des valeurs relativement importantes. Ces ressources hydriques superficielles constituent un élément principal pour la définition de l'environnement de la région, elles contribuent au développement économique et social de l'habitat.

VII. Conclusion :

Le bassin de Saïs contient des ressources naturelles énormes, représentée par sa structure géomorphologique variable, sa particularité hydrogéologiques, et ses grandes réserves en eaux. L'unité géologique diversifiée fait du bassin de Saïs, un grand chantier de l'exploitation des carrières.

CHAPITRE III

PRESENTATION DES
CARRIERES AU SEIN DU
BASSIN DE SAIS

I. Introduction :

Le bassin de Saïs est une région riche en Géo-ressources, parmi ces derniers, les géo-matériaux constituent une vraie richesse qui donne un dynamisme économique et social bien remarquable.

Le présent chapitre a pour objet, de classer les données qui concernent la situation de l'exploitation des carrières dans la région, d'analyser et d'étudier statistiquement ces données, et enfin, élaborer une carte de répartition de ces carrières comme résultats de traitement et comme base de données régionale qui sera utile pour d'autres études.

II. Acquisition des données :

Les données utilisées pour cette étude sont extraites depuis la liste des carrières publiée par le ministère de l'équipement et du transport en 2012. Cette liste était le fruit d'une longue discussion au parlement marocain, qui a eu pour but de connaître les personnes physiques et morales qui profitent de ces ressources, et de mettre une loi qui organise ce secteur pour limiter le vol des fonds publics. A noter que la liste des agréments d'exploitation des carrières ne concerne que les carrières reconnues chez les autorités (elle exclut les carrières anarchiques), le nombre des carrières total cité dans cet inventaire est de 1885 carrières réparties sur l'ensemble du territoire marocain. Les carrières dans cette liste sont localisées et classées selon l'ancien système régional.

Après une lecture approfondie de cette liste, on a pu classer ces carrières selon leurs coordonnées, puis extraire que celles qui appartiennent au bassin du Saïs. Le tableau suivant montre les identifiants de ces carrières. Les significations des abréviations utilisées dans ce tableau et dans la suite de ce chapitre sont les suivants :

- **Matériaux exploités** : Mn : marnes ; Sc : sables de concassage ; Gr : gravettes ; TV : tout-venants ; Cl : calcaires lacustres ; Au : autres.
- **Situations** : Ac : en activité ; Ar : en arrêt provisoire ; Ab : abandonnée.

Région	péfecture-province	Commune	Superficie en m ²	Quantité en m ³ /an	Matériaux exploités	Situation	X	Y
Fès-	Fès	Sidi hrazem	30424	11885	Mn	Ac	549500	392150
Boulmane	Moulay Yacoub	Ain Chkef	130000	500000	Au	Ac	525500	370500
	Moulay Yacoub	Ain Chkef	440000	10000	Sc	Ar	527400	373600
	Moulay Yacoub	Ain Kensara	10050	6000	Mn	Ar	549500	390600
	Moulay Yacoub	Ain Kensara	40000	3000	Mn	Ab	549500	392150
	Moulay Yacoub	Sbaa Rouadi	37688	151515	Mn	Ac	519350	384370
	Sefrou	Ain Chegag	10000	120000	Mn	Ar	533 750	364182
Meknès-	Elhajeb	Agourai	100000	72000	TV	Ac	482380	337455
Tafilalt	Elhajeb	Agourai	60000	10000	TV	Ac	484436	337828
	Elhajeb	Ait Boubidmane	2000000	200000	Gr	Ac	507000	365000
	Elhajeb	Ait Bourazouine	100000	0	Gr	Ab	489600	342200
	Elhajeb	Ait Bourazouine	80000	6000	TV	Ab	486700	338200
	Elhajeb	Ait Bourazouine	40000	4000	TV	Ab	485900	339600
	Elhajeb	Ait Bourazouine	100000	50000	TV	Ac	492500	342500
	Elhajeb	Ait Bourazouine	120000	10000	TV	Ac	486474	340053
	Elhajeb	Ait Bourazouine	40000	10000	TV	Ac	486600	338100

	Elhajeb	Ait Bourazouine	30000	15000	TV	Ac	487877	340851
	Elhajeb	Ait Harzallah	60000	310000	TV	Ab	513783	357104
	Elhajeb	Ait Naaman	90000	0	TV	Ab	502100	345100
	Elhajeb	Ait Yazeem	30000	10000	TV	Ac	483742	338365
	Elhajeb	Betit	100000	0	TV	Ac	524126	358126
	Elhajeb	Iquaddar	60000	10000	TV	Ac	494415	343390
	Elhajeb	Iquaddar	90000	16000	TV	Ac	497500	342300
	Elhajeb	Tamchachat	10000	0	TV	Ab	485700	341300
	Meknes	Ain Ourma	20000	0	Sc	Ab	466728	363930
	Meknes	Ain Ourma	20000	15000	Sc	Ar	467676	363594
	Meknes	Ain Ourma	100000	0	Sc	Ab	467676	363594
	Meknes	Ain Ourma	16000	0	Sc	Ab	468518	363609
	Meknes	Ain Ourma	50000	60000	Sc	Ac	466500	363900
	Meknes	Ain Ourma	50000	0	Sc	Ab	467654	363150
	Meknes	Ain Ourma	20000	1000	Sc	Ac	473888	359453
	Meknes	Ain Ourma	15000	0	Sc	Ab	469992	363902
	Meknes	Ain Ourma	70000	10500	Sc	Ac	467952	363895
	Meknes	Ain Ourma	100000	15000	Sc	Ar	468470	362977
	Meknes	Ain Ourma	50000	6000	Sc	Ar	466065	364146
	Meknes	Ain Ourma	20000	5000	Sc	Ar	469992	363902
	Meknes	Ain Ourma	30000	9000	Sc	Ar	468517	363608
	Meknes	Dar Oum Soultane	20000	0	Sc	Ac	477100	369690
	Meknes	Dar Oum Soultane	50000	5000	Sc	Ac	477100	367500
	Meknes	Dkhissa	150000	4000	Mn	Ac	487089	374309
	Meknes	Dkhissa	1070000	500000	Gr	Ac	488097	368743
	Meknes	Dkhissa	1130000	550000	Gr	Ac	488387	372039
	Meknes	Dkhissa	1070000	500000	Gr	Ac	488097	368743
	Meknes	Dkhissa	1130000	550000	Gr	Ac	488387	372039
	Meknes	Dkhissa	70000	2000	Mn	Ac	483705	369080
	Meknes	Dkhissa	40000	6000	Mn	Ar	485953	369777
	Meknes	Mhaya	20000	6000	Au	Ac	511091	383743
	Meknes	M'jjat	5000	960	Gr	Ab	489553	355622
	Meknes	M'jjat	20000	1000	Gr	Ab	489000	355700
	Meknes	M'jjat	25000	0	Gr	Ab	489758	355343
	Meknes	M'jjat	15000	700	Gr	Ab	489356	355963
	Meknes	M'jjat	40000	150	Cl	Ab	487719	354764
	Meknes	M'jjat	40000	200	Cl	Ab	488157	354008
	Meknes	M'jjat	20000	150	Cl	Ab	487444	355211
	Meknes	P, urbain	0	0	Mn	Ac	487089	374309
	Meknes	P, urbain	0	0	Mn	Ac	483912	369850
	Meknes	P, urbain	30000	8000	Mn	Ac	485859	373802

Tab.6. Liste des carrières existantes dans le bassin de Sais.

III. Analyse et traitement des données :

Seules les anciennes régions de Fès-Boulmane et de Meknès-Tafilalte contiennent respectivement 84 et 285 carrières avec un pourcentage total qui atteint 19 % des carrières réparties sur l'ensemble du territoire marocain, la région de Meknès-Tafilalte est la première région concernant le nombre de carrières au niveau national, d'où vient l'importance de cette étude.

III.1. Description générale :

Le bassin de Saïs comporte 58 carrières autorisées, actives dans leur majorité, elles accumulent une superficie d'exploitation totale qui arrive jusqu'à 9,314 162 Km² soit 0,44 % de la surface totale du bassin. La valeur des volumes et des réserves exploitées au niveau de ces carrières est d'environ 3.8 Millions m³ de matériaux extraits chaque année.

III.2. Situation actuelle des carrières :

Trois catégories de carrières sont présentes dans le Saïs suivant leur situation fonctionnelle :

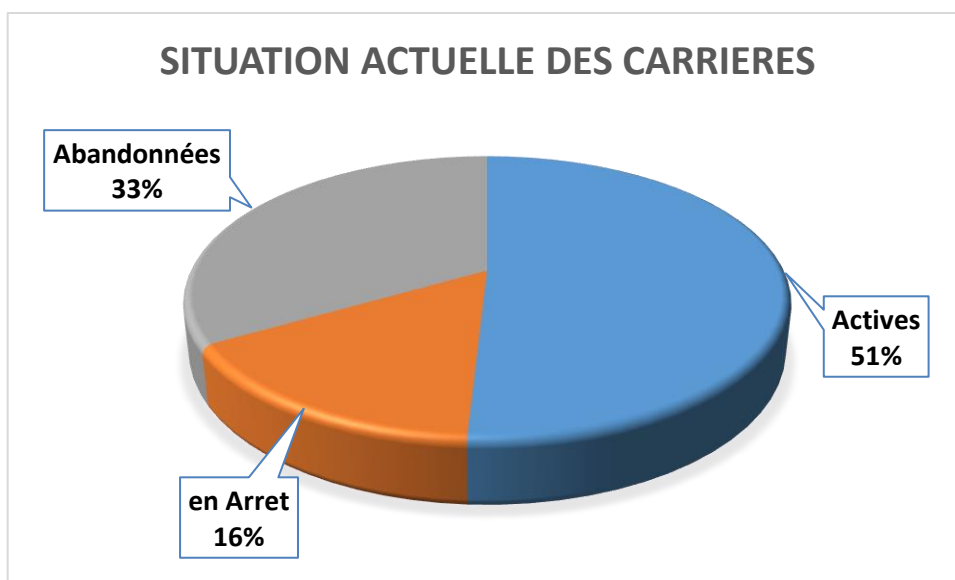


Fig.22. Les différentes situations des carrières dans le bassin de Saïs

D'après la figure on remarque que la majorité (51%) des carrières sont actives c-à-dire au cours de fonctionnement et de l'extraction, 16% sont en arrêts provisoires pour des problèmes juridiques ou financiers, et 33 % sont abandonnées.

III.3. Types de matériaux exploités :

Les carrières dans le bassin de Saïs exploitent plusieurs types de granulats et des géo-matériaux, la figure suivante montre cette diversité :

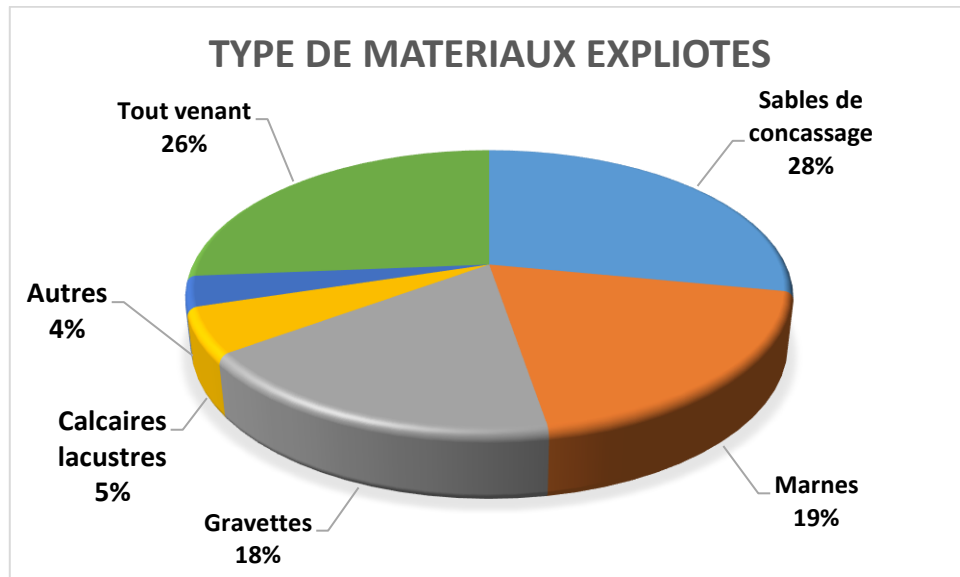


Fig.23. Les pourcentages des matériaux exploités

La majorité des carrières dans la région exploitent les sables de concassage issus de la sédimentation d'âge Pliocène, suivis par les tout-venants, les marnes, et les gravettes surtout basaltiques d'âge quaternaire. Les calcaires lacustres ont un pourcentage faible de l'exploitation. La répartition des pourcentages des matériaux exploités est gouvernée par la nature lithologique de la région, plus le coût de l'extraction.

III.4. Les superficies exploitées :

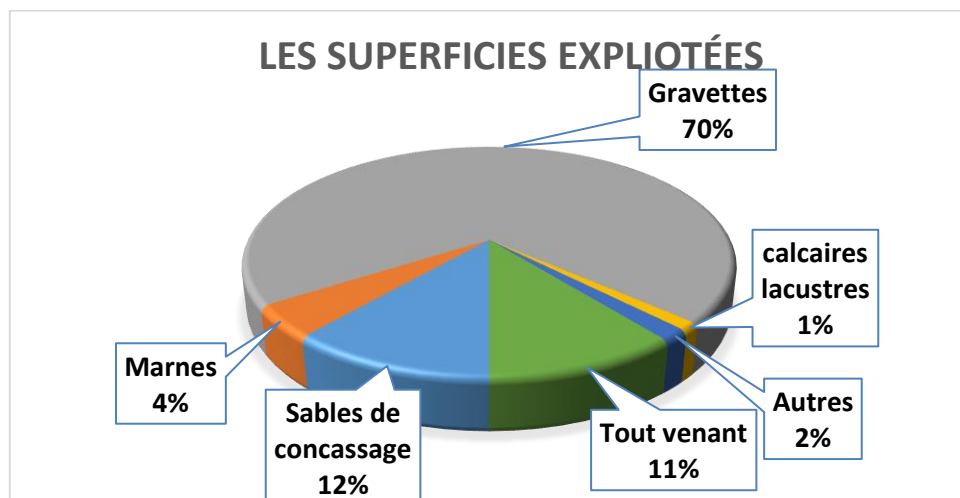


Fig.24. Les superficies exploitées par rapport aux matériaux extraits

Les carrières à gravettes occupent 6,6 Km², elles représentent la plus grande surface exploitée. Suivies par les carrières de sables, et des tout-venants. La valeur faible de La superficie exploitée pour les carrières à calcaires lacustres est due au faible nombre des chantiers qui extraient ce matériau dans la région.

III.5. Les quantités annuelles exploitées :

A rappeler que la quantité totale exploitée durant une année est de **3,8 millions m³** :

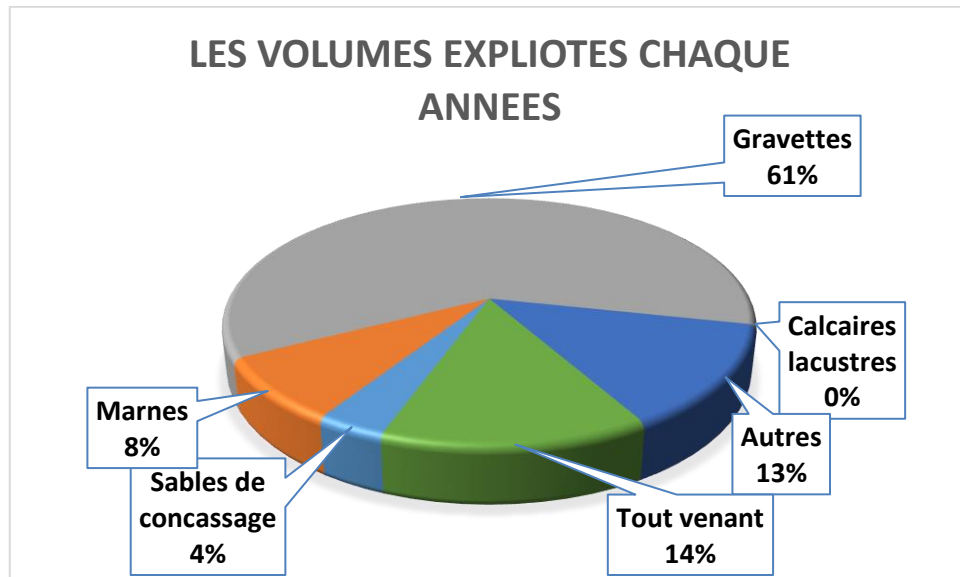


Fig.25. Les quantités annuelles extraites

La gravette représente les plus grands volumes produits, ceci est dû aux grandes superficies occupées par les carrières qui produisent ces granulats, elles sont suivies par celles du tout-venant avec un pourcentage de 14%.

III.6. Synthèse :

Le traitement statistique des données montre les résultats suivant :

- Il existe dans la zone étudiée 58 carrières, actives dans leur moitié, dont les carrières à sable de concassage représentent la majorité.
- Cinq types de granulats sont exploités dans le Saïs.
- Les superficies et les quantités exploitées pour les gravettes représentent les plus grandes valeurs.

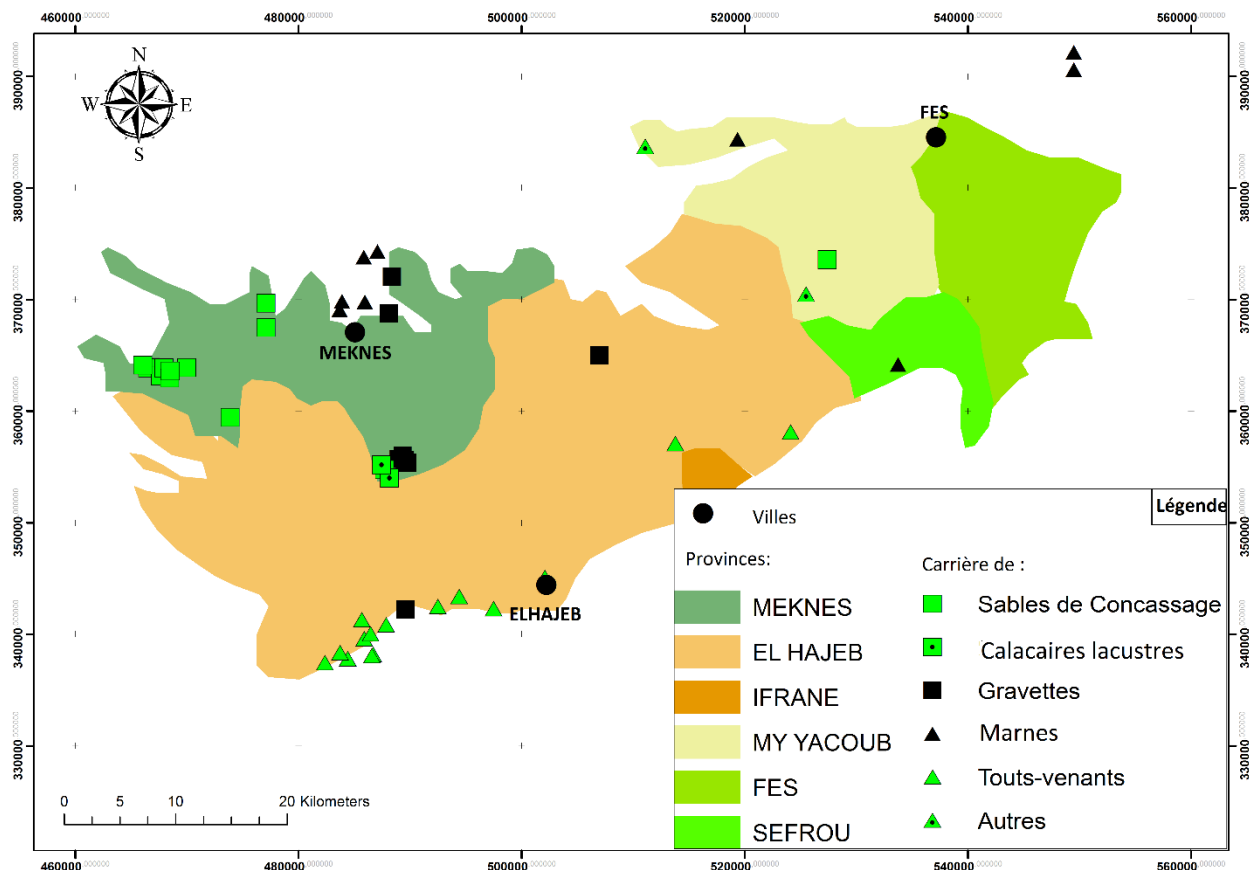
IV. Carte des carrières :

Après avoir rassemblé et classé les données qui concernent les coordonnées géographiques et les types des matériaux exploités, on passe à la création d'une base de données régionale numérique facile à manipuler et à analyser.

L'élaboration de la carte des carrières régionale, est le résultat de plusieurs étapes d'organisations et de transformations, la réalisation de cette dernière n'était possible que par l'utilisation d'un système d'informations géographiques numérique (SIG), représentée par le logiciel informatique ArcGis.

Premièrement, on a procédé par la digitalisation des provinces qui se situent au sein du bassin de Saïs suivant l'ancien découpage administratif du pays, elles sont représentées par des polygones de couleurs différentes. Deuxièmement, on est passé à l'étape de l'introduction des coordonnées géographiques des carrières sous forme des tables Excel. La représentation symbolique de carrières dépend du type du matériel exploité.

En fin, on a pu produire, pour la première fois et exclusivement, un guide régional des carrières qui dépend au même temps, de leur situation géographique, les matières extraites, et la dépendance administrative, il n'a été jamais à aucune référence. Ce support académique et administratif peut aider à la recherche scientifique, à la gestion spatiale, et à la prise des décisions par les responsables administratives.



V. Conclusion :

Le grand nombre des carrières et les grandes valeurs de réserves exploitées ne reflètent pas les vrais chiffres car la présence des carrières anarchiques. Cependant la présence de cette activité économique dans la région provoque surement des problèmes temporaires et permanents pour l'environnement régional à différents niveaux.

CHAPITRE IV

INTERACTIONS CARRIERES-
ENVIRONNEMENT : CAS DES
CARRIERES ANARCHIQUES
D'OUED OUISLANE

I. Introduction :

La protection de l'environnement est une notion relativement nouvelle dans le monde des activités économiques, elle a été introduite pendant la dernière décennie du vingtième siècle comme un élément principal du développement durable qui focalise à son tour le profit des ressources naturelles sans dégrader le milieu environnemental.

Le Maroc a établi depuis des années un plan de contrôle de l'impact sur environnement, d'un nombre considérable d'activités économiques et industrielles, y'est compris l'exploitation des mines et des carrières autorisées.

Les carrières objets de cette étude sont des carrières anarchiques, c-à-dire qui ne sont pas ni autorisées, ni contrôlées par l'état, ce qui a conduit à une exploitation exagérée et illimitée qui ne prend en considération aucun facteur environnemental. Notre but principal est de dévoiler les impacts de cette anarchie sur l'environnement par un contrôle pratique quantitatif de l'évolution de la dégradation des terrains agricoles et de la roche réservoir de la nappe phréatique, et par une description théorique de l'impact sur la circulation des eaux souterraines, en citant d'autres impacts qui peuvent se produire à cause de cette exploitation.

II. Situation géographique :

La zone concernée par cette étude est une zone qui rentre dans le périmètre urbain de la ville de Meknès, elle se situe à environ 8 Km vers le Sud-Est du centre de la ville, au Nord-Ouest du village de Sidi Slimane Moul Lkifane. On a pu délimiter un cadre qui englobe le secteur d'étude, entre les méridiens 5.46°O et 5.48°O, et les parallèles 33.87°N et 33.86°N avec une superficie de 206 Hectares. Elle est traversée au milieu par les eaux de l'Oued Ouislane qui vient du Sud passant vers le Nord.

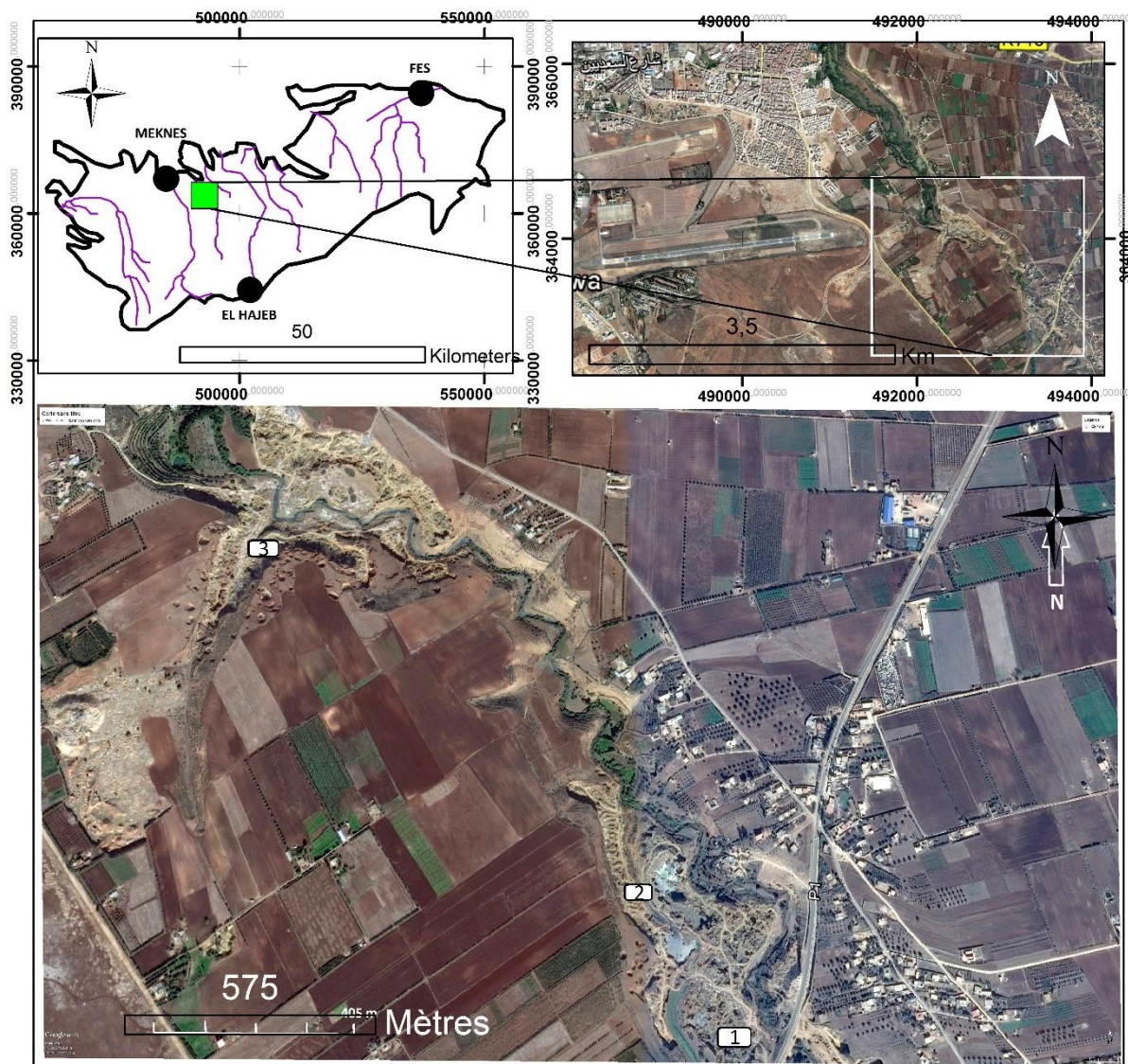


Fig.27. Situation géographique des carrières étudiées

1, 2, 3 : localisations de la première, deuxième, et de la troisième photo

III. Généralités :



Fig.28. Le paysage général à la localisation 1 manifestée dans la figure 27

Les carrières anarchiques d'Oued Ouislane sont des anciennes excavations distribuées le long de l'Oued, ces carrières exploitent les sables d'origines lithologique d'âge Pliocène contrairement à la croyance populaire qui suppose qu'ils sont d'origine alluvial, ces sables sont dirigées vers la construction. Les extractions sont localisées sur les berges de la rivière, chose qui est interdite par la loi qui exige que l'exploitation sur les rivières doit être sur le lit mais pas à ces berges. Généralement le nombre des ouvriers qui peuvent travailler à cet endroit n'est pas contrôlé (chacun peut extraire) ainsi que la quantité extraite.



Fig.29. Le mode « chambre-pilier » (localisation 2 manifestée dans la figure 27)

La méthode de l'exploitation est une méthode traditionnelle qui suit le modèle « chambre-pilier » (figure 30)



Fig.30. Éboulement d'une carrière à piliers par rupture du toit, et par effondrement des piliers

C'est une méthode qui consiste à l'exploitation partielle du gîte que partiellement, en réservant des piliers en proportion suffisante pour éviter l'effondrement des chantiers. C'est ainsi qu'on procède en général dans les carrières de pierre calcaire, ou de roche mobile surmontée par des calcaires ou des roches dure généralement. On exploite des chantiers sur une certaine largeur, en réservant (« tournant ») des piliers. Ce serait parfait si on ne constatait trop souvent les traces des fautes d'extraction, telles que piliers trop étroits, ou localement trop écartés. Là où on exploite plusieurs niveaux, il arrive que les piliers ne soient pas verticaux l'un de l'autre. Au contraire, comme elles facilitaient l'extraction, Si bien qu'en fin de compte, certaines de ces carrières, peuvent s'effondrer en causant des accidents graves, des pertes de vie humaine et des dommages à la surface.

L'extraction des sables se fait par concassage en laissant des piliers aussi en sables, qui assurent une faible stabilité des dalles des calcaires lacustres (figure 31) D'âge plio-quadernaire qui surmontent la formation sableuse, ce qui menace la sécurité personnelle des gens qui y travaillent, d'où vient l'anarchie de ces carrières.



Fig.31. une dalle calcaire au-dessus d'une excavation de Sable (localisation 3 sur la figure 27)

IV. Analyse des Effets de l'exploitation sur l'environnement :

La présence de ces carrières dans un milieu vital, presque urbain, et leur situation informelle, impose la nécessité de dévoilement des impacts de cette exploitation anarchique sur la structure de l'environnement, afin de

sensibiliser les autorités responsables dans le but de prendre des décisions et des mesures qui peuvent limiter ces impacts.

IV.1. Etude de l'évolution de la dégradation des terrains agricoles :

Grace à leur proximité de la rivière, les superficies environnantes sont occupées par les cultures de céréales et des oliviers qui représentent la principale activité dans la région. Néanmoins, l'exploitation des sables du sous-sol, et la création des cavités qui se développent d'une manière continue et dont le mur peut situer à 120 m de distance des berges de la rivière, ce qui provoque avec le temps, l'affaiblissement du sous-sol, par suite l'effondrement des talus, et par conséquence la dégradation de ces surfaces efficaces de point de vue agricole.

La description analytique des effets déjà mentionnés est basée sur une approche comparative entre des états initiaux et des états actuels par des outils numériques bien sophistiqués (ArcGis, Globalmapper, google earth), afin de simuler et de quantifier l'évolution des effets de ces carrières sur la dégradation des terrains.

IV.1.1.Simulation de l'évolution de la dégradation des Surperficies par ArcGis et GlobalMapper :

Deux types de données de base sont nécessaires pour effectuer cette opération :

- La carte topographique de Sebaa Ayoun 1/50000, dessiné en 1974.
- Les images satellitaires (Landsat), en 2006 et en 2016.

La carte topo est utilisée pour la digitalisation des courbes de niveau, de l'état initial des berges de la rivière, des foyers et des constructions humaines. Après la digitalisation, les courbes de niveau sont transformées en module numérique de terrain (MNT pour 1974) par l'outil créer TIN dans ArcGis, et les autres informations spatiales sont aussi représentées par ce dernier.

Les images satellitaires sont manipulées pour, déterminer l'état des berges en 2006 et en 2016, et pour créer un MNT régional précis pour l'année 2016, par simple transformation de fichier KML via ArcGis.

Avant de passer à l'étape suivante, il est nécessaire de signaler le faible taux d'érosion du cours d'eau de Ouislane d'après le Ministère de l'environnement, ce qui signifie que les quantités disparues étudiées par suite, sont éliminées par l'effet humain et pas par l'érosion fluviale.

IV.1.1.a. Comparaison des MNT :

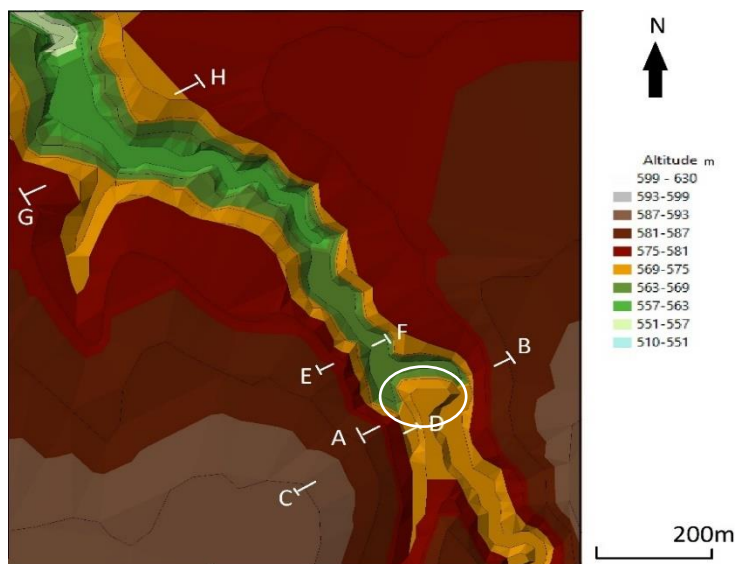


Fig.32.L'MNT de la zone étudiée en 1974

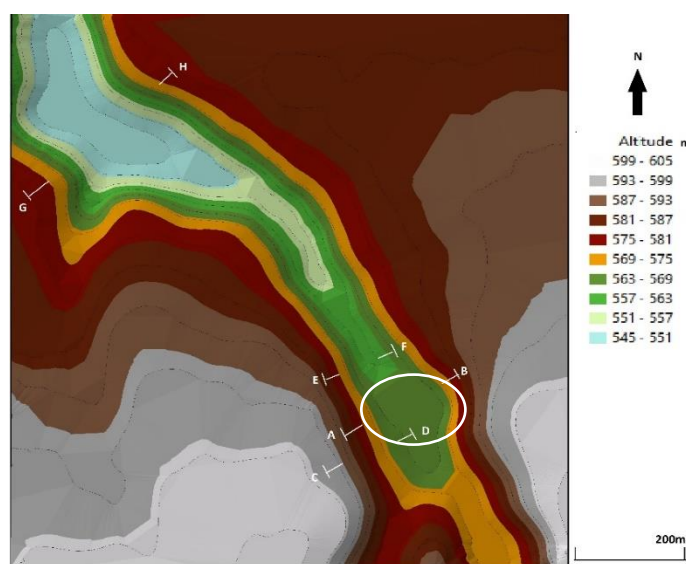


Fig.33.L'MNT de la zone étudiée en 2016

A-B ; C-D ; E-F ; G-H : des traits de coupes passant par les zone les plus touchée par l'extraction.

La comparaison des deux modèles numériques de terrain montre, généralement le déplacement, pendant la période 1974/2016, des intervalles des altitudes les plus basses, de plus en plus vers les extrémités, ils remplacent les altitudes les plus élevées de façon continue, ce qui montre une forte exploitation et une intense dégradation des berges du cours d'eau. Particulièrement, la comparaison entre ces deux figures dévoile la disparition d'un petit tertre, de marge d'altitude qui varie entre 569 et 575 m, Désigné sur les figures par une ellipse, il est exploité complètement et ne reste in situ que les stériles (voir Figure.32).

L'enlèvement des profils et des sections verticales peut aider à montrer l'évolution des quantités des terrains exploités pendant la période entre 1974 et 2016. Ce processus est réalisé à l'aide du GlobalMapper.

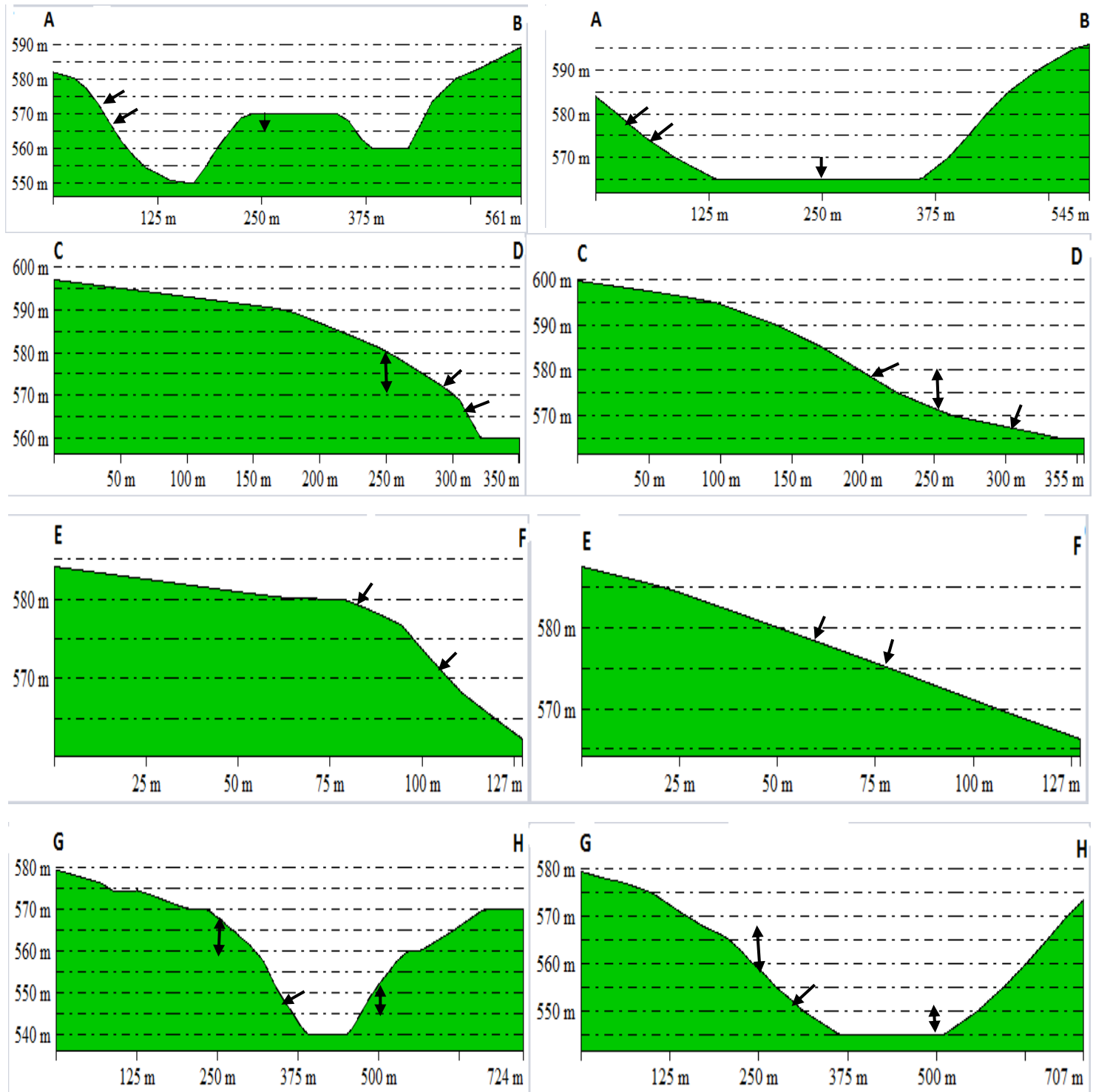


Fig .34 .Les profils topographiques réalisés à partir des MNT ; (à gauche : les coupes enlevées à partir de l'MNT de 1974 ; à droite : les coupes enlevées à partir de l'MNT de 2016)

La comparaison des profils a relevé les remarques suivantes :

- La coupe AB projetée sur l'MNT de 2016 montre une diminution d'altitude du petit relief central par 5 m, ce qui confirme la description précédente. Elle montre aussi le changement de la pente de la rive gauche qui devienne plus douce en 2016.

- La coupe CD désigne une diminution altitudinale du près de 10 m entre 1974 et 2016. L'attaque du sous-sol est responsable de la nouvelle structuration du relief local.
- La section EF manifeste bien l'effet de l'exploitation sur la pente qui est devenu plus faible en 2016, ceci est dû à l'effondrement des talus à cause de l'extraction des sables subjacentes, puis la reconstitution de la nouvelle surface par l'altération et l'érosion météoriques et gravitaires.
- Le profil GH montre une diminution d'environ 8 m d'altitude, ceci ne peut être expliqué que par les excavations et l'extraction des sables.

La superposition et la combinaison de l'MNT de 2016 sur l'MNT de 1974, à l'aide de GlobalMapper montre le résultat suivant :

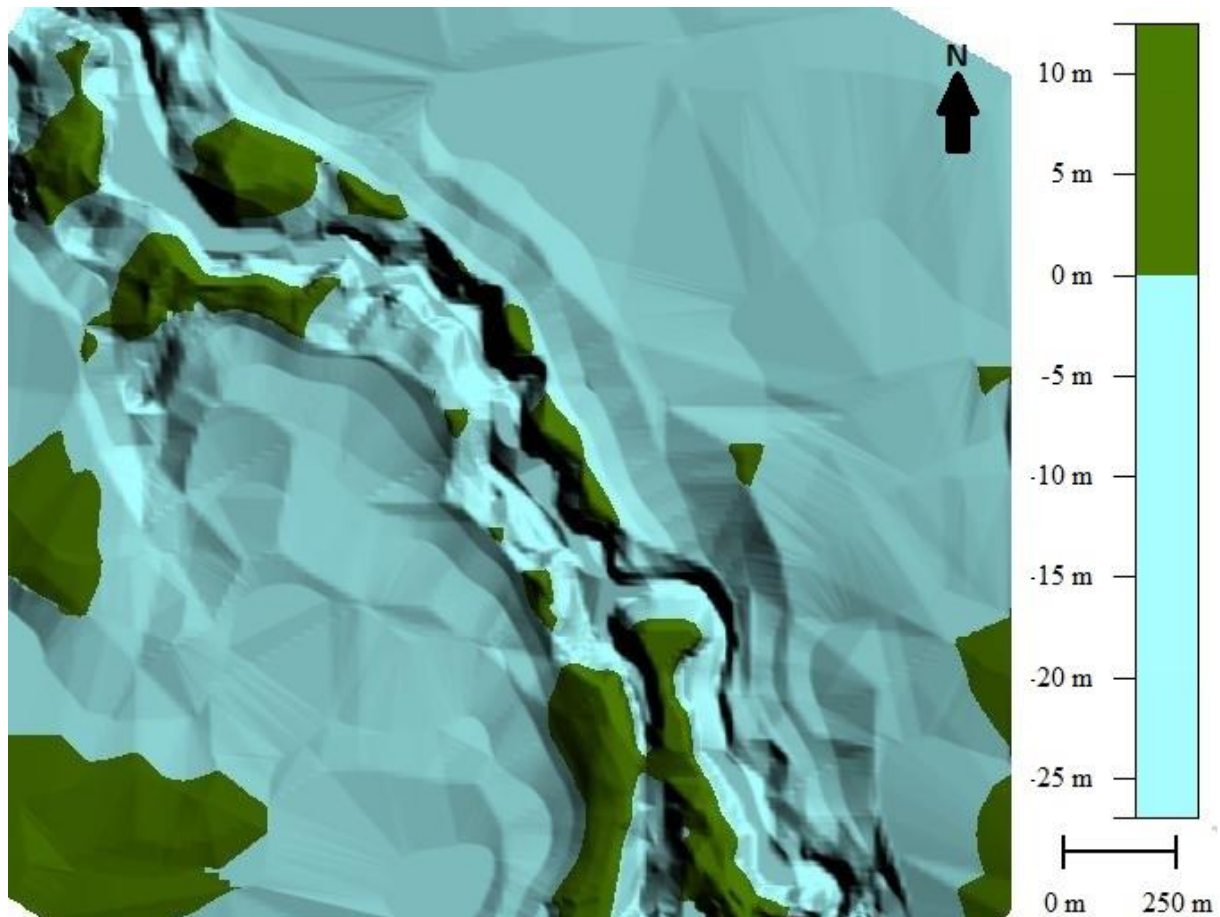


Fig.35. Superposition de l'MNT 2016 sur l'MNT 1974 :

La combinaison des deux modèles réalisée par l'outil soustraction des points d'altitude montre les changements de relief qui ont touchés la zone étudié. La couleur verte sur les deux rives de l'Oued, représente la différence positive entre les altitudes de 1974 et les altitudes de 2016, d'une autre façon, elle représente les blocs de terrain qui ont disparu par l'effet de l'extraction anarchique sur les berges d'Ouisslane. Les blocs dégradés ont des épaisseurs qui varient entre 0 et 15 m de près, des valeurs qui sont influencées par les erreurs de digitalisation et de conversion, mais qui restent proches des épaisseurs constatées sur le champ.

IV.1.1.b. Schématisation de l'évolution :

La démarche suivante a pour but de présenter un nombre d'éléments nécessaires pour la description d'un environnement donné, et de mettre en évidence, l'évolution des berges du cours d'eau pendant deux périodes : 1974/2006, et 2006/2016. Ce suivi est basé sur l'emploi de la carte topo 1974 de Seba Ayoun déjà utilisée à l'étape précédente, de l'image Landsat de 2006 et de 2016.

Le résultat de digitalisation et du fusionnement des données via ArcGis est le suivant :

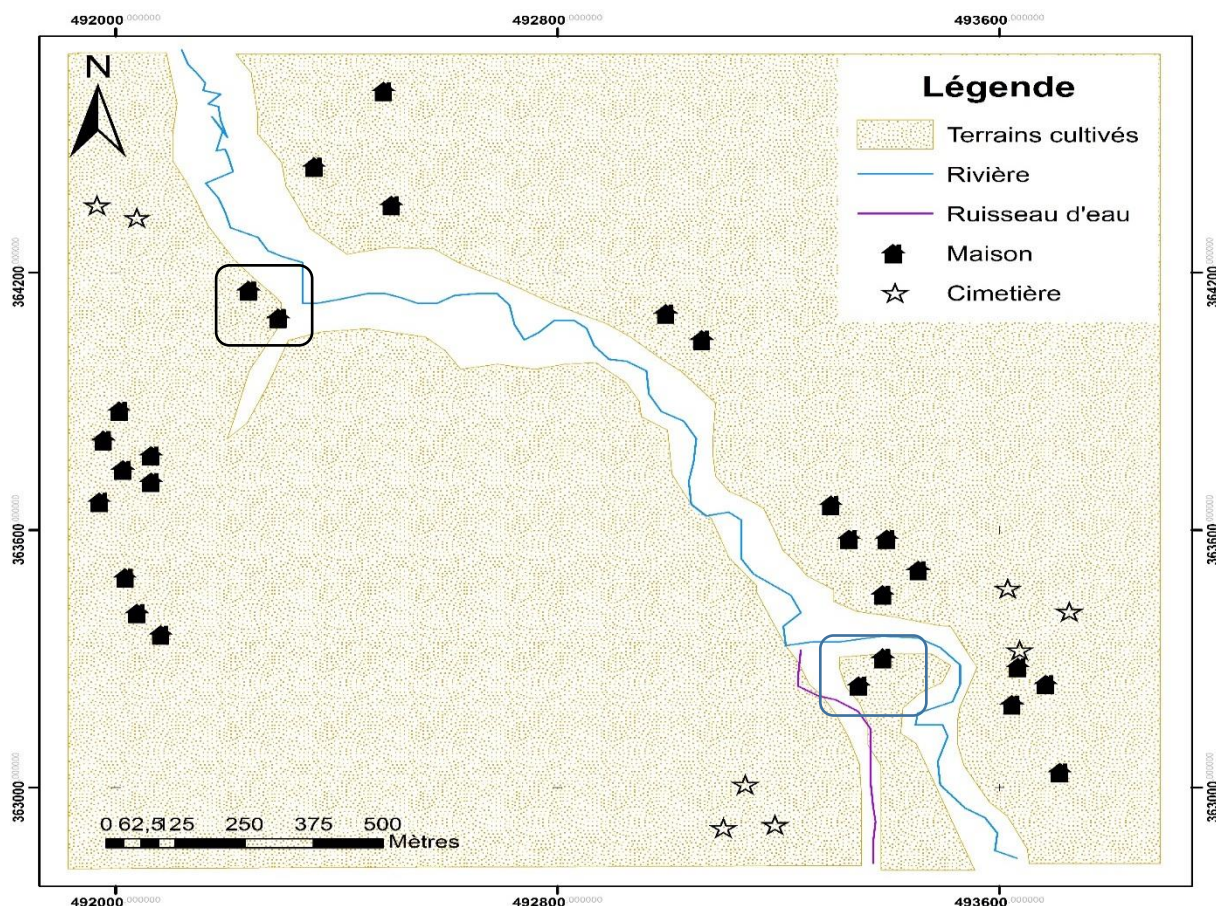


Fig.36. Un Schéma général de la zone étudié en 1974

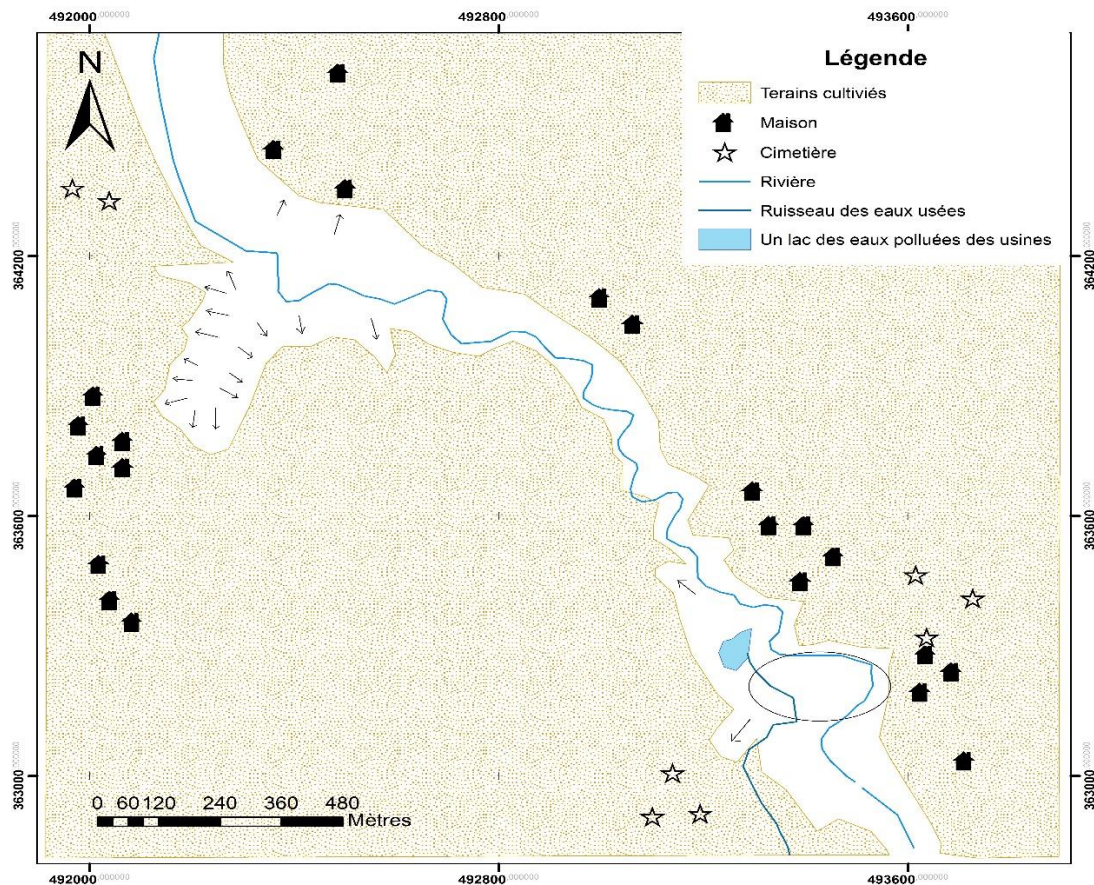


Fig.37. un Schéma général de la zone étudiée en 2006

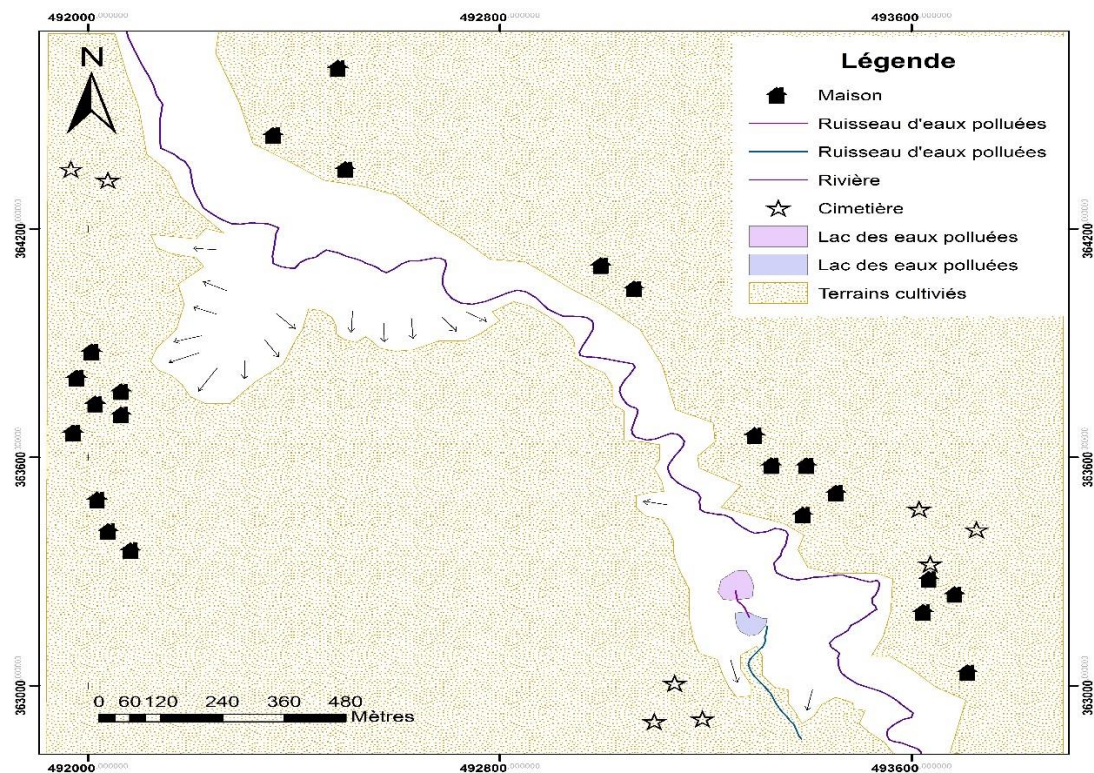


Fig.38. Un Schéma général de la zone étudiée en 2016

L'analyse des schémas simplifiés précédents montre :

- Une évolution de dégradation continue des terrains cultivés dans le sens des flèches dessinées.
- La disparition du petit tertre vers le bas du Schéma en 2006 désignée par l'ellipse dessinée, ce qui confirme toujours les résultats précédent.
- Quatre habitations sont disparues en 2006, deux sur le petit tertre, et deux autre sur une falaise qui forme un V dans la rive gauche de la rivière, elles sont désignées par deux rectangle dessinés sur le Schéma de 1974. Ceci est dû à la dégradation du sous-sol, sur lequel sont construites ces maisons.
- L'arrachement des talus est avancé en 2016 vers des cimetières, chose qui menace le caractère sacré des cimetières.
- Le changement de l'allure du cours d'eau.
- La création en 2006 d'une petite excavation dont les eaux polluées des usines qui se trouvent vers le Sud-Ouest, viennent remplir ce dernier, et avec le temps, elle est devenue un lac d'eau stagnante chargée en éléments polluants (plus détaillé dans la suite).

La superposition des schémas précédents donne naissance à la carte suivante qui résume d'une façon simplifiée les évolutions des extractions :

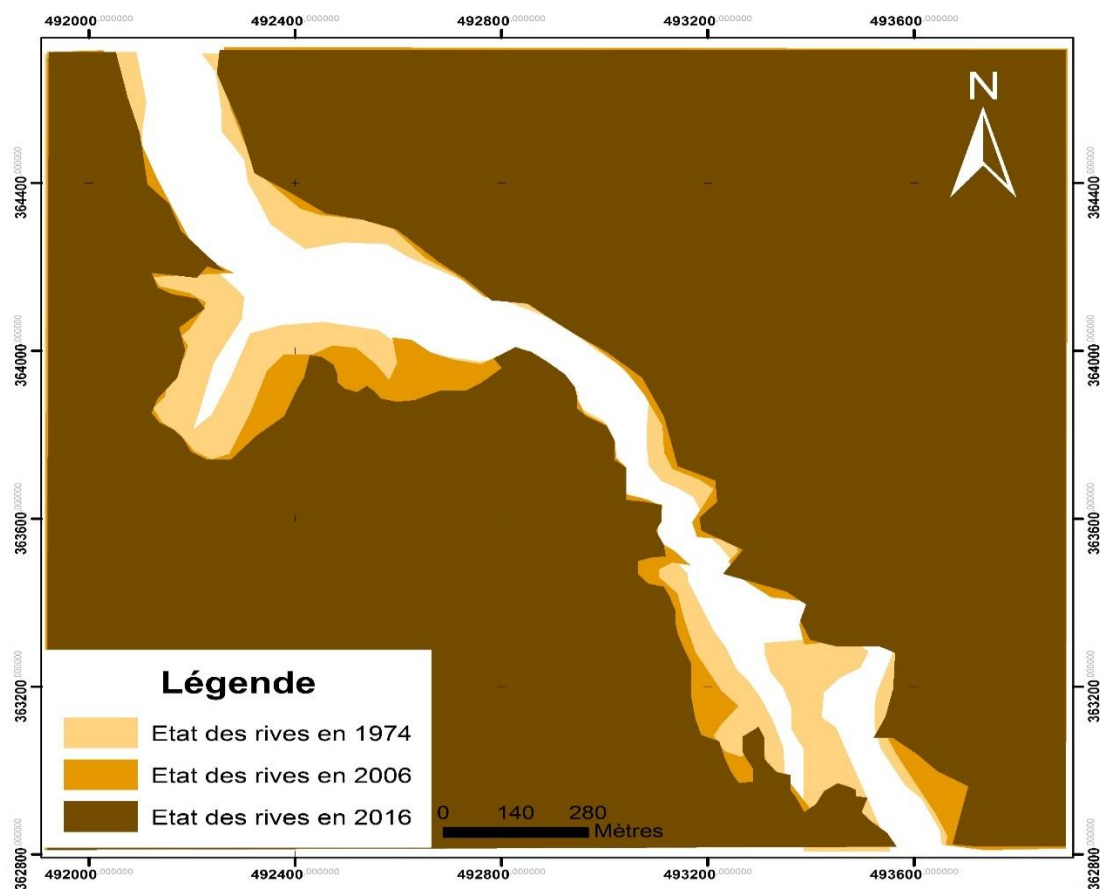


Fig.39. Carte d'évolution des dégradations des terrains pour la période 1974/2016

IV.1.2. Suivre de la dégradation des superficies par images satellitaires :

La procédure qui vient par suite consiste à élaborer une comparaison d'un ensemble d'images Landsat, qui se succèdent durant une période de 10 ans commence en 2006, et finit en 2016. Cette opération n'était possible que par l'utilisation de Google Earth pro.

Pour bien comprendre l'effet de l'extraction des sables, dans la zone étudiée, sur les superficies, on va procéder par une focalisation spatiale sur les endroits les plus touchés sur le secteur étudié.

IV.1.2.a. délimitation des endroits concernés :

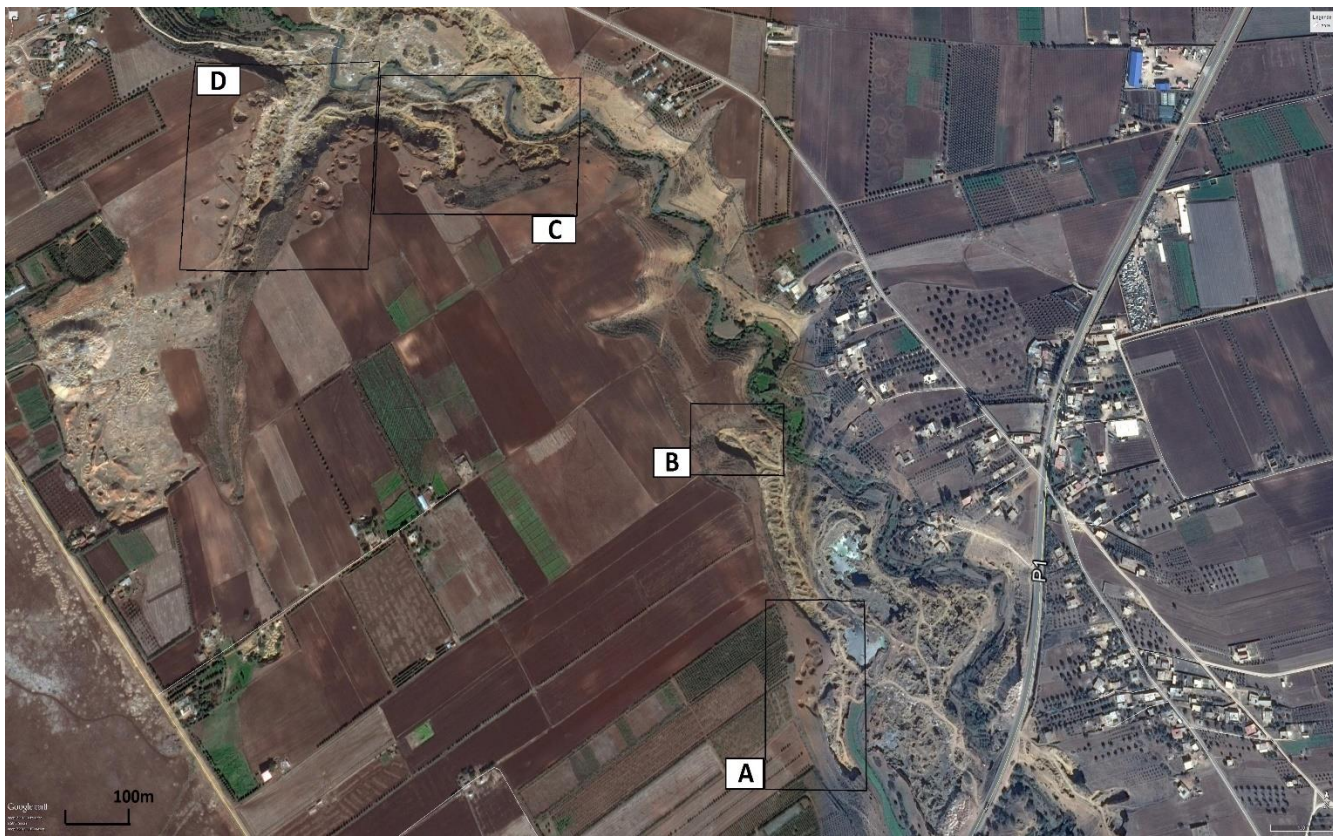


Fig.40. Image satellitaire de la zone d'étude

A-B-C-D : les zones sélectionnées à étudier.

IV.1.2.b.Présentation des images :

Les images présentées dans cette partie représentent l'évolution de la dégradation pendant 10 ans, avec intervalle de deux ans, pour chaque zone désignée précédemment. A signaler que la flèche du Nord est toujours vers le haut.

- **Zone A** (échelle 1cm sur image/ 10 m ; 1cm sur papier/ 28 m) :

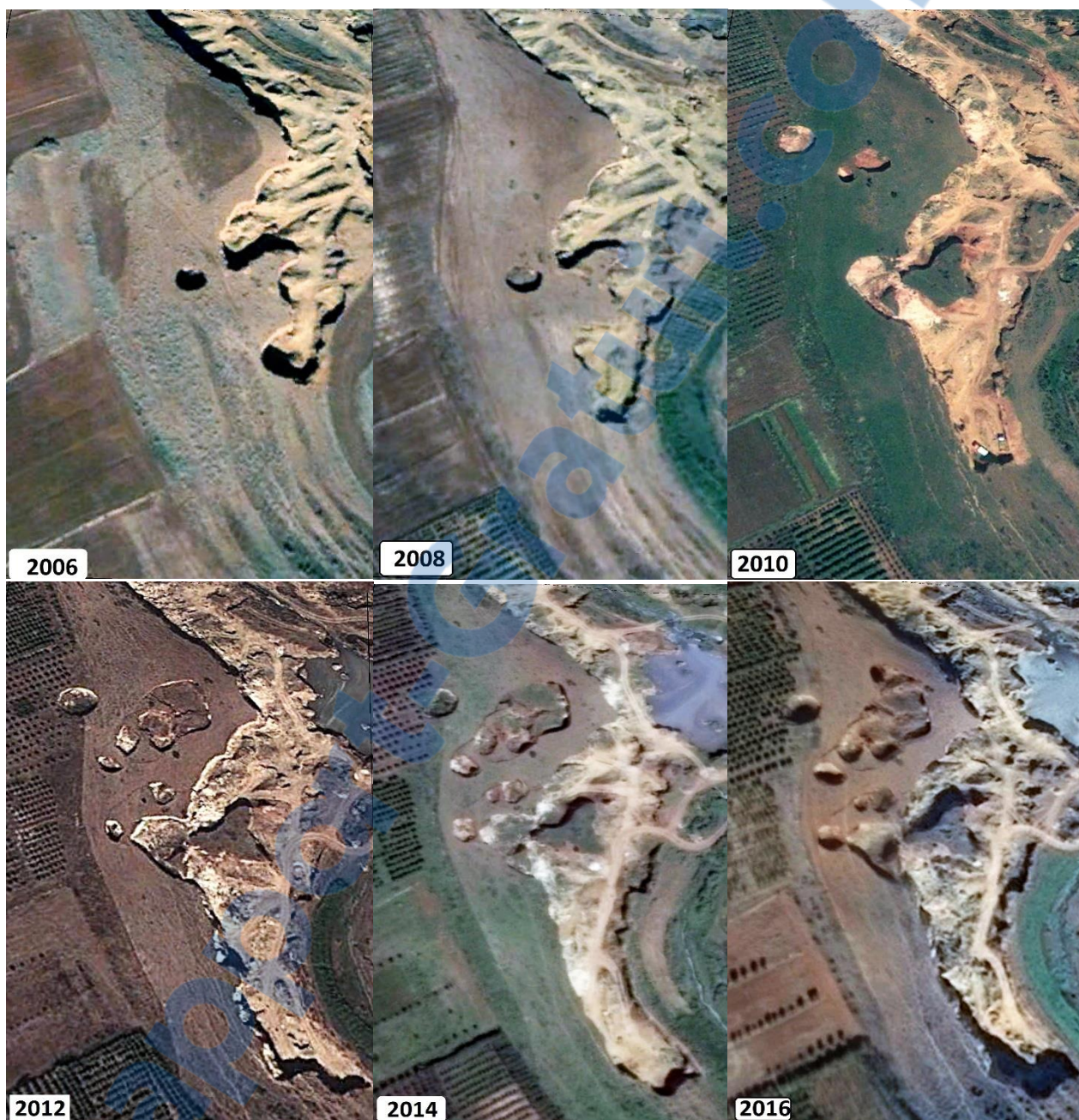


Fig.41. Evolution des extractions pour la zone A

- **Zone B** : (échelle 1 cm sur image/ 6 m ; 1cm sur papier/ 28 m)



Fig.42. Evolution des extractions pour la zone B

- **Zone C** (échelle 1 cm sur image/ 11.5 m ; 1 cm sur papier/ 70 m) :



Fig.43. Evolution des extractions pour la zone C

- **Zone D** (échelle 1 cm sur image/ 38 m ; 1 cm sur papier /41.5 m) :

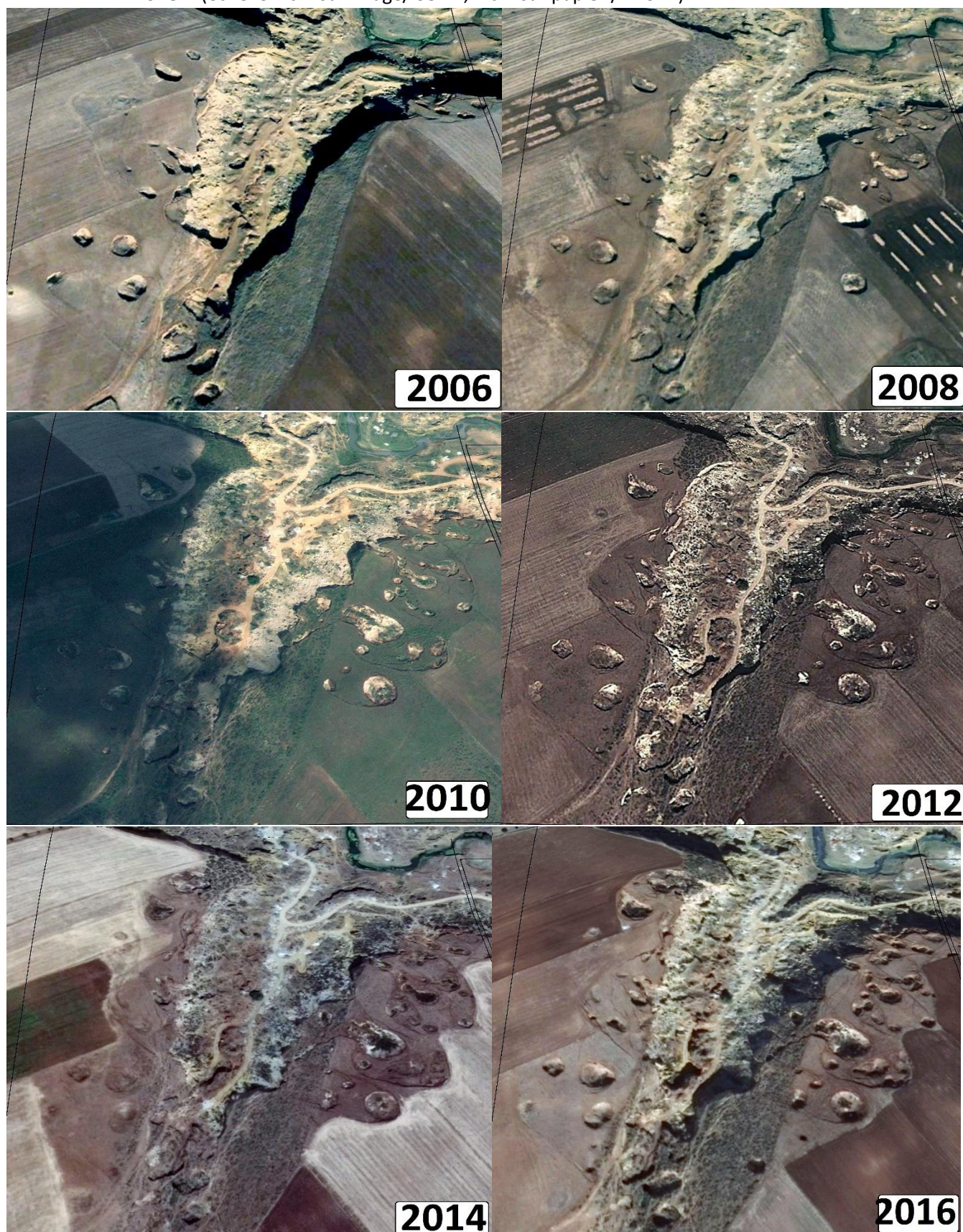


Fig.44. Evolution des extractions pour la zone D

Les évolutions représentées par ces images montre bien la dégradation et la modification des superficies agricoles dans le secteur étudié.

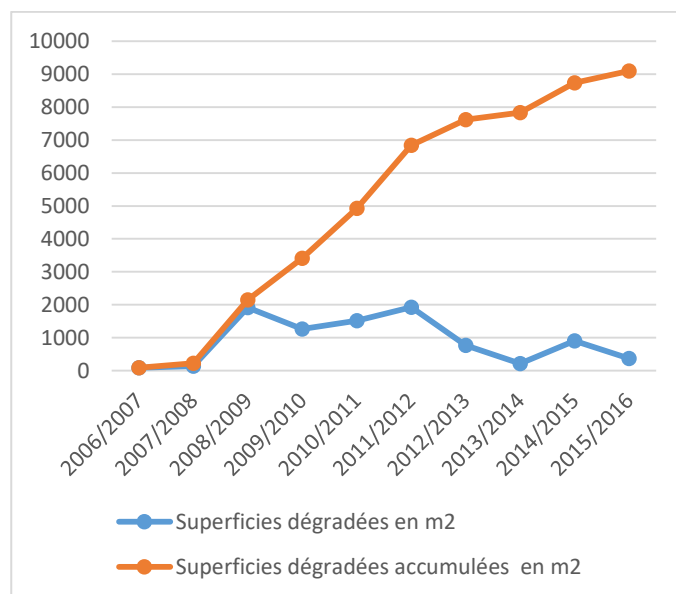


IV.1.3. Résultats et discussions :

Une bonne description d'un effet sur environnement, nécessite toujours l'intégration des paramètres mesurables, qui peuvent aider à quantifier cet effet, et à formuler une idée générale sur le danger provoqué par ce dernier. Le paramètre le plus important pour cette étude est les superficies des terrains qui existent aux alentours de ces carrières. Le suivi de la dégradation de ces surfaces, via l'outil mesure de surface au niveau du sol assuré par Google earth pro, pour la période 2006/2016, et qui concerne les quatre zones A, B, C et D, délimitées précédemment donne les résultats suivants :

• Zone A :

Année	Superficies dégradées en m2	Superficies dégradées accumulées en m2
2006/2007	91,91	91,91
2007/2008	137	228,91
2008/2009	1916	2144,91
2009/2010	1264	3408,91
2010/2011	1513,71	4922,62
2011/2012	1921,2	6843,82
2012/2013	771,36	7615,18
2013/2014	215,96	7831,14
2014/2015	901,69	8732,83
2015/2016	365,89	9098,72

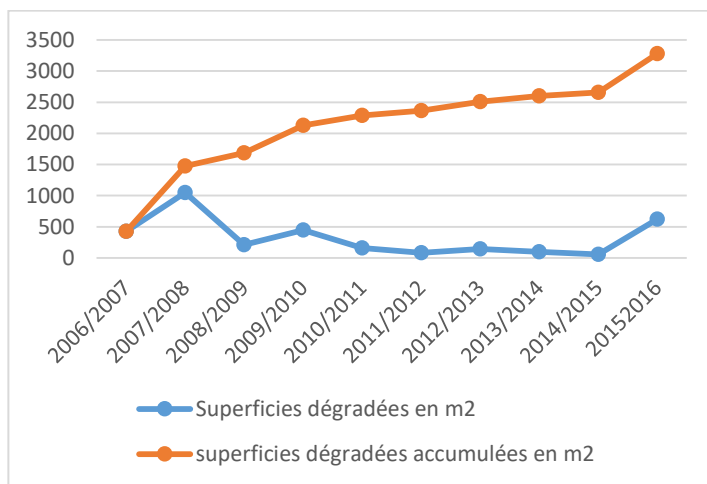


Tab.7. Les valeurs des surfaces dégradées pour la zone A

Fig.45. Graphe de l'évolution des surfaces dégradées pour A

• Zone B :

Année	Superficies dégradées en m2	superficies dégradées accumulées en m2
2006/2007	424,53	424,53
2007/2008	1048,3	1472,83
2008/2009	210,65	1683,48
2009/2010	445,18	2128,66
2010/2011	157,2	2285,86
2011/2012	79,52	2365,38
2012/2013	140,77	2506,15
2013/2014	95,11	2601,26
2014/2015	55,25	2656,51
2015/2016	622,33	3278,84

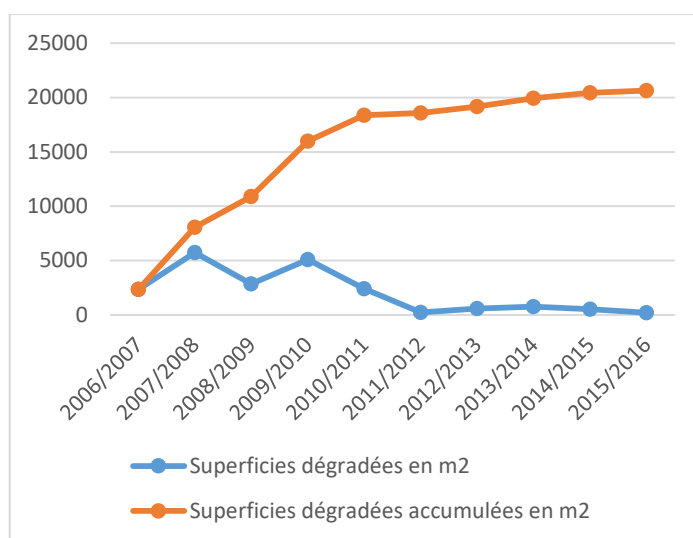


Tab.8. Les valeurs des surfaces dégradées pour la zone B

Fig.46. Graphe de l'évolution des surfaces dégradées pour B

• **Zone C :**

Année	Superficies dégradées en m2	Superficies dégradées accumulées en m2
2006/2007	2337	2337
2007/2008	5730,02	8067,02
2008/2009	2837,61	10904,63
2009/2010	5075,9	15980,53
2010/2011	2392,08	18372,61
2011/2012	227,17	18599,78
2012/2013	585,84	19185,62
2013/2014	765,77	19951,39
2014/2015	503,28	20454,67
2015/2016	205,98	20660,65

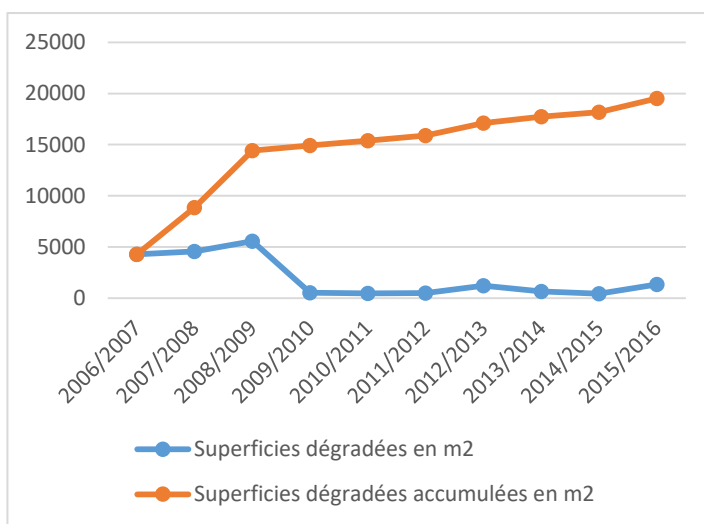


Tab.9. Les valeurs des surfaces dégradées pour la zone C

Fig.47. Graphe de l'évolution des surfaces dégradées pour C

• **Zone D :**

Année	Superficies dégradées en m2	Superficies dégradées accumulées en m2
2006/2007	4286,72	4286,72
2007/2008	4563,95	8850,67
2008/2009	5558,95	14409,62
2009/2010	510	14919,62
2010/2011	457,21	15376,83
2011/2012	505	15881,83
2012/2013	1228,74	17110,57
2013/2014	638,78	17749,35
2014/2015	422,09	18171,44
2015/2016	1333,81	19505,25



Tab.10. Les valeurs des surfaces dégradées pour la zone D

Fig.48. Graphe de l'évolution des surfaces dégradées pour D

L'analyse des résultats au-dessous relève les remarques suivantes :

- Généralement, et selon les quantités dégradées, on peut distinguer deux sous périodes, la première entre 2006 et 2010, et une deuxième période entre 2010 et 2016.
- La première sous-période a connu, pour presque tous les sites étudiés, une forte activité d'extraction traduite par les valeurs élevées des surfaces dégradées, et par la variation de la courbe cumulée qui montre une pente relativement forte.
- La deuxième sous-période est caractérisée généralement par la diminution des surfaces disparues, et par une faible variation des superficies cumulée, ce qui peut s'expliquer la baisse de l'activité.
- Il suffit de diviser la valeur dégradée totale sur 10 ans pour avoir la valeur de dégradation annuelle, puis diviser cette valeur par la surface totale de la zone sélectionnée pour calculer le taux de dégradation annuel :
 - Pour Zone A (43 118.45 m²) : 909.87 m²/an environ **2.11 %/an** de dégradation.
 - Pour Zone B (17 975.64 m²) : 327.88 m²/an environ **1.82 %/an** de dégradation.
 - Pour zone C (94 115.76 m²) : 2 066.06 m²/an environ **2.19 %/an** de dégradation.
 - Pour zone D (127 483.66 m²) : 1 950.52 m²/an environ **1.53 %/an** de dégradation.
- La somme des superficies dégradées dans l'ensemble des quatre zones étudiées, pour la période 2006/2016 est de 52 543.46 m² environ 5 ha, 5 254 m² de terrains sont dégradés chaque année.

- La somme des superficies des quatre zones est de 155 337.33 m².
- Par division des deux valeurs précédente, on conclut que le taux annuel de dégradation des terrains par effet de l'extraction des sables du sous-sol, est de **3.38 %/an**, une valeur qui peut être généralisée sur toute la région étudiée.
- Alors si les extractions continuent sans prendre aucune mesure contre cette activité informelle et anarchique, l'ensemble de la région sera dégradé ou au moins modifiée dans un délai d'environ **30 ans**.

IV.2. Estimation de la dégradation de la roche réservoir de la nappe phréatique :

Comme déjà présenté dans la partie de présentation des ressources, le bassin de Saïs comporte deux nappes superposées, une superficielle ou phréatique, et l'autre profonde et discontinue.

La nappe concernée par cette étude est la nappe phréatique à réservoir Plio-Quaternaire, constitué principalement par les Sables du Pliocène qui sont les principaux granulats exploités dans les carrières anarchique de Oued Ouislane, et par les calcaire lacustre d'âge Vilafranchien qui surmonte les Sables. L'extraction et le concassage des sables, signifie l'effondrement des calcaires subjacents avec le temps, ce qui veut dire la dégradation complète du réservoir dans lequel circulent les eaux souterraines. F.Amraoui a estimé l'épaisseur du nappe phréatique plio-quaternaire dans la totalité du bassin de Saïs,

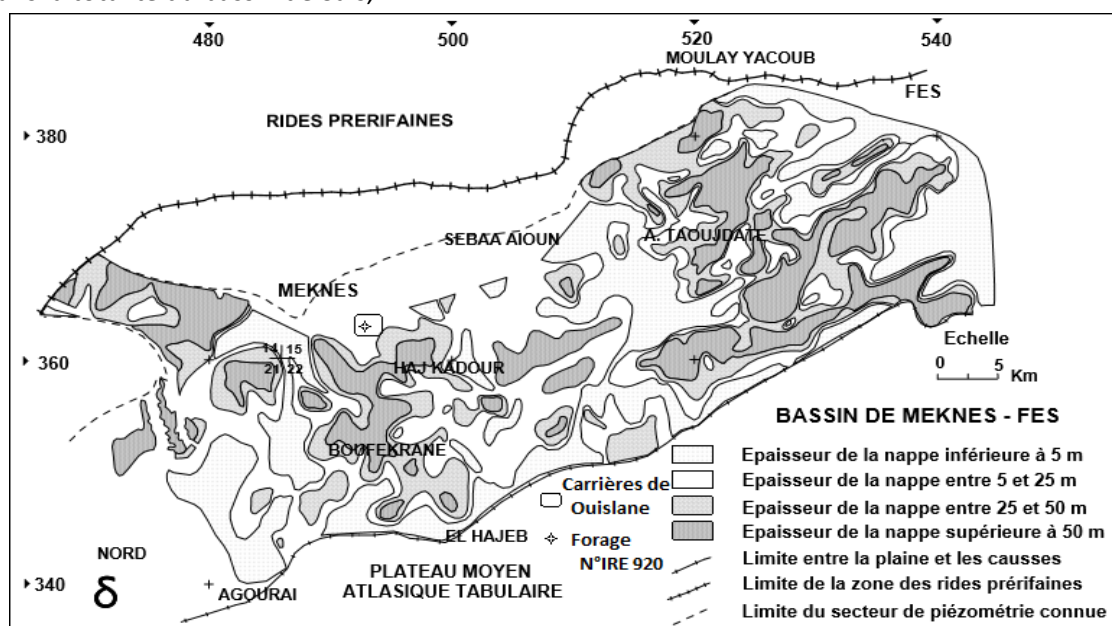


Fig.49. Carte d'épaisseur de la nappe Plio-quaternaire en 1989 d'après F.Amraoui, 2005 (modifiée)

Donc l'épaisseur de la nappe phréatique varie entre 5 et 25 m dans notre zone d'étude, selon le forage effectué (N°IRE 920), la puissance de la couche Plio-Quaternaire atteint 50 m.

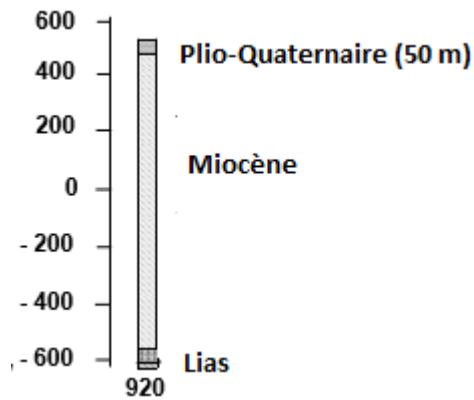


Fig.50. Log lithologique d'après le forage N°IRE 920 ; Amraoui, 2005

Pour notre étude, on va calculer les volumes de roche réservoir dégradées, selon les constatations de terrain qui ont été effectuées pendant un visite de ces carrière.



Fig.51. Photo d'un front de taille du loin

La valeur moyenne des épaisseurs qui sont exploitées sur le terrain arrive à **15 m**, par multiplication de cette valeur par la surface totale dégradée calculée dans la partie précédente, on déduit la valeur totale de sables et de calcaires dégradées pendant 10 ans (2006/2016), et qui vaut **788 151.9 m³**, c'est une valeur qui reste très approximative.

IV.3. Descriptions théoriques de l'effet des excavations sur les écoulements souterrains :

L'ouverture d'une carrière dans une nappe phréatique est susceptible d'entraîner des répercussions sur cette nappe. Parmi les effets directs et indirects qui peuvent se produire :

- la modification locale de la piézométrie de la nappe en créant un rabattement du niveau en amont de la gravière et une surélévation du niveau en aval de celle-ci.

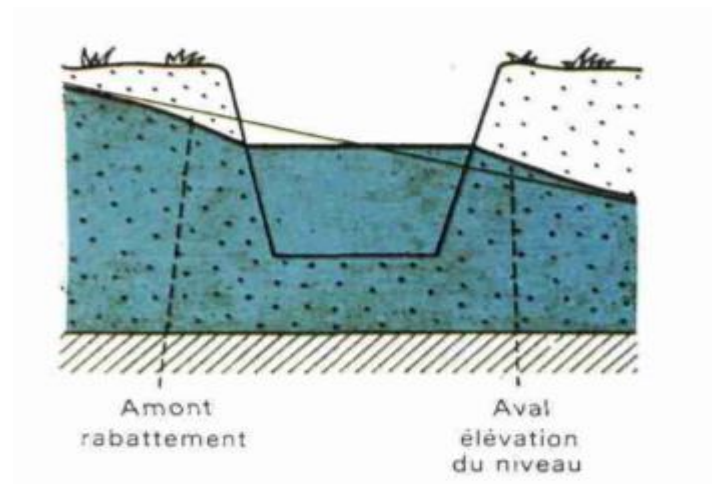


Fig.52. Impacte des excavations sur la piézométrie locale

- la mise en suspension de fins dans l'eau, ce qui provoque le colmatage du fond et des berges de la carrière et modifie ainsi la circulation souterraine. En cas de colmatage important, on peut aboutir à une surélévation générale du niveau de la nappe dans la carrière, avec risque de débordement à l'aval.

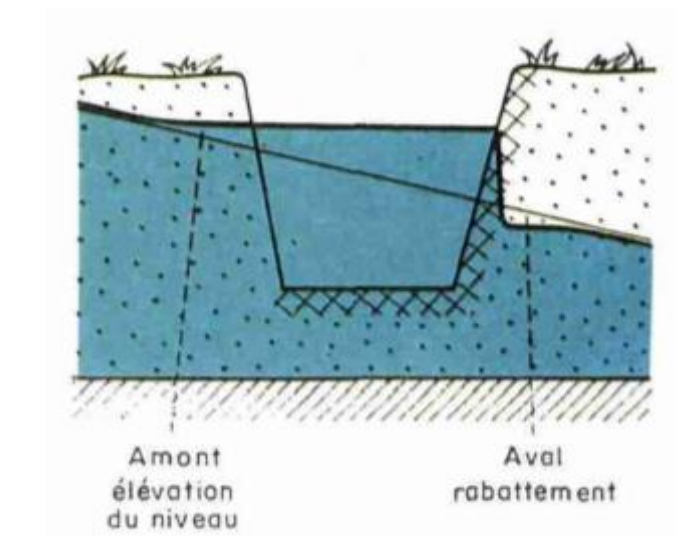


Fig.53. Impacte du colmatage des excavations sur la circulation de la nappe.

On constate à ce propos que les effets, qui peuvent apparaître longtemps après la création de l'excavation et parfois à distance de celle-ci, sont toujours durables, et coûteux à corriger à posteriori.

VI.4. Effet des excavations sur la qualité d'eau :

A cause de sa situation proche du secteur industriel qui se trouve au Sud de la ville de Meknès, l'Oued Ouislane reçoit les eaux polluées prévenantes de ces usines à travers un petit ruisseau qui s'appelle Oued Kharouba



Fig.54. Photo du ruisseau d'eaux polluées, l'écoulement est vers l'Oued Ouislane.

Le développement des extractions sur les berges d'Oued Ouislane, provoque la création des excavations et des zones de grandes profondeurs, ces dernières fournissent un endroit de recueil des eaux contaminées et chargées qui s'infiltrent à leur tour, directement dans la nappe phréatique. En effet, Ces ouvrage sont considérés comme des fenêtres de contamination qui s'ouvrent directement sur la roche réservoir de la nappe.



Fig.55. Photo d'une excavation remplie par les eaux polluées des usines

Un autre effet s'ajoute à cette pollution, c'est l'effet de la mise en suspension des fins soit dans les eaux de la rivière ou dans les eaux de la nappe, ce qui ajuste leur turbidité.

V. Conclusion :

L'analyse et le suivi des évolutions des impacts des carrières de l'Oued Ouislane a reflété bien l'aspect anarchique de cette activité, néanmoins, cette étude a décrit d'une façon générale et concise ces influences, elle reste incomplète puisqu'on n'a pas abordé d'autres conséquences qui ont en relation avec l'environnement, mais suffisante pour l'employer comme base de prise de décision et de gestion des contraintes environnementales.

CONCLUSION GENERALE

En effet, le bassin de Saïs présente une richesse naturelle bien remarquée, exprimée par : un système aquifère propre, constitué par deux réservoirs potentiels, un réseau hydrique bien développé et bien étendu sur la quasi-totalité du bassin, une diversité lithologique lui permet de recevoir les plus grandes industries des matériaux de construction.

L'analyse de la liste des carrières à renseigner sur le nombre des carrières autorisées ouvertes dans la région ainsi que les types de matériaux exploités.

L'étude des carrières anarchiques d'Oued Ouislane a montré la génération des graves et des dommages contre l'environnement de ces ouvrages, ils sont représentés par des fortes dégradations des superficies agricoles et des roches réservoirs de la nappe phréatique facile à exploiter, ainsi que la contribution indirecte à la modification négative de la qualité et le dynamisme des eaux qui circulent dans cette nappe.

A noter l'utilité de mise en jeu, d'autres outils et de techniques plus efficaces tels que les mesures topographiques sur le terrain, les analyses chimiques des eaux, les analyses géotechniques des sables exploités, le suivi des niveaux piézométriques de la nappe. Ces techniques seront les éléments de base pour une futur étude approfondie et complémentaire de cette étude.

Malgré l'insuffisance des analyses et des techniques utilisées dans cette étude, elle peut constituer une plateforme pour la gestion ou pour la prise de décision ou de mesures, en vue de la limitation des impacts de ces carrières sur l'environnement.

Liste bibliographique

- Abbadi, H. (2012). *Élaboration d'un système d'information géospatial à l'aide de PostgreSQL et GeoServer pour la gestion des données hydriques au Maroc : cas du bassin versant de Sebou*.
- Ahmamou, M. (1987). Etude sédimentologique des calcaires lacustres Saïssiens (Plio-Quaternaire) du bassin de Fès-Meknès (Maroc). *Univ. Aix Marseille III*.
- Ait Brahim, L. (1991). *Tectonique cassante et états de contraintes récentes au nord du Maroc. Contribution à l'étude du risque sismotectonique*. These Doctorat d'Etat, Université Mohammed V, Rabat.
- 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)* (Doctoral dissertation, Ph. D. thesis, University Hassan II, Casablanca, Morocco).
- Arquie, G., & Tourenq, C. (1990). *Granulats*.
- Beaudet, G. (1969). *Le plateau central marocain et ses bordures: étude géomorphologique*.
- Belhassan, K., Hessane, M. A., & Essahlaoui, A. (2010). *Interactions eaux de surface-eaux souterraines: bassin versant de l'Oued Mikkes (Maroc)*. Hydrological Sciences Journal–Journal des Sciences Hydrologiques, 55(8), 1371-1384.
- Benaabidate, L. (2000). *Caractérisation hydrologique du bassin versant de Sebou: hydrogéologie, qualité des eaux et géochimie des eaux thermales*. Thse Doc. Es-sc., Facult des Sciences et Techniques, Fs, 1973.
- Benaabidate L., & Fryar E (2010). *Controls on Ground Water Chemistry in the Central Couloir Sud Rifain, Morocco*
- Benbaqqal, H., Masrour, A., Benyassine, E. M., & Erragragui, M.(2016). *Approche du SIG pour la valorisation des carrières de matériaux de construction. Cas d'étude : Ex-Région septentrionale de Meknès-Tafilalet, Maroc (GIS approach for career development building materials Case study: Northern of former Region of Meknes-Tafilalet, Morocco)*.
- Benghazi, Z. (2008). *Cours de Technologie des Géomatériaux..*
- Boillat, P., & Marchal, M. (1993). *Industrie minérale mines et carrière les techniques*, 73-73.
- Boumir, K. (1987). *Paléo-environnement de dépôt et transformations post-sédimentaires des Sables fauves du bassin du Saïs (Maroc)*. Thèse de doctorat.
- Brahim, L. A., & Chotin, P. (1984). *Mise en evidence d'un changement de direction de compression dans l'avant-pays rifain (Maroc) au cours du Tertiaire et du Quaternaire*. Bulletin de la Société Géologique de France, 7(4), 681-691.
- 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*. Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire, 18(4), 327-334.
- Cirac, P. (1987). *Le Bassin Sud-rifain occidental au Néogène supérieur: évolution de la dynamique sédimentaire et de la paléogéographie au cours d'une phase de comblement*. Institut de géologie du bassin d'Aquitaine.
- Cirac, P. (1985). *Le Bassin sud-rifain occidental. Evolution de la que sédimentaire et de la paléogéographie*.
- Cirac, P. (1985). *The upper Neogene of South-Western Rifain basin. Sedimentary palaeogeography dynamics during a filling phase* (Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis, University of Bordeaux I, France).
- Dumouza J., Sifre Y. et Van Overbeke V. (2002) – *Tirs à ciel ouvert, tirs de masse et d'abattage, les méthodes conventionnelles pour les règles d'abattage. Paramètres du tir à ciel ouvert*. In *Les Techniques de L'industrie Minérale*, Vol. 14 : 37-42 p.
- Eberentz, P., & Rinck, G. (1987). *Impact qualitatif des carrières en eau sur les nappes souterraines*. Rapport de synthèse, BRGM, 87.

- El hamdani, M. (2013). *Etude Hydrologique du Bassin Versant de L'Oued Mikkès*. Thèse de Master.
- Elmi, N. (2012). *Evaluation des ressources en eau du bassin de Fès-Meknès à l'aide d'outils SIG*. Thèse de Master.
- Essahlaoui, A., Sahbi, H., Bahi, L., & El-Yamine, N. (2001). *Reconnaissance de la structure géologique du bassin de Saïss occidental, Maroc, par sondages électriques*. Journal of African Earth Sciences, 32(4), 777-789.
- Fassi D. (1999). *Les formations superficielles du Sais de Fès et de Méknès*. Notes et mémoires du service géologique N°389. 527 p.
- Fassi O. (1978). *Le Saïs de Meknès*. Thèse 3ème cycle. Aix-en-Provence, p.327.
- Faugères, J. C. (1978). *Les rides sud-rifaines: évolution sédimentaire et structurale d'un bassin atlantico-mésogéen de la marge africaine*.
- Feinberg, H. (1978). *Les séries tertiaires du Prérif et des dépendances post-tectoniques du Rif* (Doctoral dissertation, Thèse d'Etat. Sc. Nat, Univ Toulouse).
- Gravost, M., & SIGONNEAU, J. (1988). *Interactions entre les carrières et les eaux souterraines et superficielles*. Bilan des connaissances techniques Rapport BRGM, 87, 61.
- Idrissi, R. M. (1992). *Différenciation des sols du plateau de Meknès* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE PARIS VI).
- Margat J. (1960). *Carte hydrogéologique au 1/100.000 du bassin de Méknès-Fès*. Edition de l'office national des irrigations
- Margat J. (1958). *Découverte d'un nouveau bassin artésien au Maroc dans la région de Méknès*. Bull. trim., n°2, deuxi. Trim.
- Martaud, T. (2008). *Evaluation environnementale de la production de granulats naturels en exploitation de carrière: indicateurs, modèles et outils*. Thèse de doctorat de L'université D'ORLEANS, spécialité : sciences de l'univers.
- Martin, J. (1981). *Le Moyen Atlas central étude géomorphologique* (Vol. 258). Editions du Service géologique du Maroc.
- Morel, J. L. (1987). *Evolution récente de l'orogène rifain et de son avant-pays depuis la fin de la mise en place des nappes (Rif, Maroc)* (Doctoral dissertation, Paris 11).
- Prax A. (1990). *Découverte, extraction, chargement, transport dans les exploitations de roches meubles*. In *Granulats*. Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées : 247-283 p.
- Qadem, A. (2015). *Quantification, modélisation et gestion de la ressource en eau dans le bassin versant du haut Sebou (Maroc)* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
- Tabet ,A., Belmstour, A & Terfas, M. (1987). *Etude géologique et structurale du plateau de Meknès*. Serv, Rég. Géol, Meknès n°86/87.
- Taltasse, P. (1953). *Recherches géologiques et hydrogéologiques dans le bassin lacustre de Fès-Meknès*. Editions Felix Moncho.
- Wenrli R. (1979). *Le Pliocène de la Mamora (Maroc) : stratigraphie et foraminifères planctoniques*. Eclogae geol. Helv., vol. 72, 1, pp. 119 - 143.
- Wernli, R. (1988). *Micropaléontologie du Néogène post-nappes du Maroc septentrional et description systématique des foraminifères planctoniques*. Editions du Service géologique du Maroc.



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom: Mohammed Lghamour

Année Universitaire : 2016/2017

Titre: Les interactions carrières-environnement dans le bassin de Saïs :étude du cas des carrières anarchiques d'Oued Ouislane.

Résumé

Le Saïs est une région en plein épanouissement en domaine d'habitat et aménagement urbain. Ce développement nécessite l'exploitation des quantités énormes de matériaux de construction. Depuis l'indépendance, le nombre des carrières est en augmentation, mais ces carrières restent toujours mal décrites et étudiées vis-à-vis de leur effet sur l'environnement. En effet, la majorité de ces carrières sont exploitées d'une façon aléatoire et anarchique.

Le bassin sédimentaire de Saïs est une étendue de superficie de **2100 Km²**, limitée par le domaine méséto-atlasique au Sud et au Sud-Est, et par les rides et les parties externes du préif au Nord. Son environnement comporte une richesse énorme en géo-ressources reflétée par une diversité des aspects lithologiques qui varient des argiles triasiques vers les terrains quaternaires récents, cette variation exprime une histoire géologique et géodynamique propre à la région. Une autre géo-richesse de l'environnement de Saïs est exprimée par la présence de deux nappes d'eaux, une profonde à réservoir liasique et une autre superficielle phréatique à réservoir plio-quaternaire, ainsi, l'enregistrement des débits des sources émergées dans le Saïs montrent des valeurs importantes. Un troisième élément d'environnement est considéré par cette étude est représenté par un réseau hydrique longue et étendu sur la totalité de la surface du bassin.

Le bassin de Saïs contient environ **58** carrières et ouvrages d'exploitation des granulats occupants environ **0.44%** de la surface total de ce bassin, le chiffre réel de ces chantiers peut dépasser le double car la présence des carrières anarchiques qui entament leur activité de manière informelle, et qui ne sont pas considéré par la liste officielle sur laquelle est basé ce chiffre. Le manque de données et de références qui s'intéressent à l'étude des carrières dans la région, impose la création et l'élaboration d'une carte qui prend en considération, à la fois, la distribution spatiale de ces carrières, les types des matériaux exploités et leur dépendance administrative.

Les interactions carrières- environnement sont représentées par l'étude des impacts des carrières anarchiques d'Oued Ouislane qui exploitent les sables du Pliocène, sur le milieu physique. Les résultats de la description analytique de ces effets relève la dégradation de **3.38%** des terrains aux alentours de ces carrières, et qui comporte des activités agricoles pour chaque année. On a estimé donc la modification complète de la zone considérée par l'effet des extractions, dans un délai de **30 ans**. La quantification des volumes extraits traduit une dégradation de **788 151.9 m³** de roche réservoir de la nappe phréatique.

Mots clés : bassin de Saïs, carrières, environnement, géoressources, anarchie, dégradation.