



En hommage au professeur *Abdelhay BELKABIR*

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

LICENCE Es SCIENCES ET TECHNIQUES

« **Eau et Environnement** »

Intitulé :

***Étude des potentialités en eau souterraines  
pour l'alimentation en eau potable de la ville  
d'El Kleaa.***

Présenté par : Latifa AL YACOUBI  
Imane EL BOUAZZAoui

Encadré par : M. AGOUSSINE  
J. QAYEDI

**Soutenu le 28 /29 juin 2010**

**Membres de jury :**

M. AGOUSSINE  
A.HAFID  
H.BOUMAGGARD  
J.QAYEDI

Professeur FST Marrakech  
Professeur FST Marrakech  
Professeur FST Marrakech  
Hydrogéologue ONEP Agadir

Encadrant  
Examineur  
Examineur  
Encadrant

Année universitaire 2009-2010

# Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre gratitude et nos sincères remerciements à notre Professeur et Encadrant Monsieur M. AGOUSSINE, pour la disponibilité dont il a fait preuve en notre faveur, pour ses efforts déployés afin de nous assurer un très bon encadrement, ainsi que pour ses encouragements et ses conseils.

Nos vifs remerciements vont également à l'ensemble du corps enseignant du Département des Sciences de la Terre à la FST de Marrakech.

Nous voulons ensuite remercier Monsieur J. El Qayedy, qui nous a encadré au sein de l'Office Nationale de l'Eau Potable à Agadir pour l'ensemble des données et la bibliographie qu'il a mis à notre disposition.

Nous remercions également le personnel de l'Agence du Bassin Hydraulique de Souss Massa Draa qui nous a fourni les données complémentaires ayant servis à la réalisation de ce travail.

# Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail à:

- ◆ Nos familles qui n'arrêtent pas de nous soutenir, pour leurs énormes sacrifices déployés afin de nous offrir une vie aisée
- ◆ Nos encadrants ainsi qu'à tous les professeurs du département des Sciences de la terre pour tous les efforts qu'ils ont fourni pour nous assurer une meilleure formation
- ◆ Nos amis pour leurs encouragements.

## Sommaire

Introduction.....	5
I. Situation géographique du Souss Massa .....	6
II- Situation climatique.....	8
III- Cadre géologique de la plaine du Souss .....	10
IV- Cadre hydrogéologique de la plaine du Souss .....	13
IV.1- La nappe du Souss :.....	13
IV.2- La nappe de Chtouka : .....	16
V- Zone d'étude : Centre d'El Kleaa .....	17
V.1- Situation géographique et administrative .....	17
V.2- Géologie et hydrogéologie de la zone d'El Kleaa .....	19
V.2.1- Travaux de reconnaissances .....	19
V.2.2- Piézométrie de l'aquifère dans le secteur d'El Kleaa.....	20
IV.2.3- Identification des aquifères potentiels.....	22
V.3- Systèmes d'alimentation en eau potable existant d'El Kleaa.....	27
V.4- Historique de la nappe dans la zone d'El Kleaa .....	27
V.5- Productivité de la nappe dans la région d'El Kleaa .....	28
V.5.1-Essais de pompage.....	28
V.6- Etude « ressources-besoins» de la population d'EL KLEAA : .....	38
VI- Conclusion générale.....	40
Références bibliographiques.....	41
Liste des Tableaux .....	42
Liste des figures.....	43
Annexes .....	44

## Introduction

Le Centre d'EL KLEAA fait partie de la commune rurale dont elle porte le nom. Elle est située à 35 km au Sud Ouest de la ville d'Agadir et fait partie de la Préfecture d'Inezgane – Ait Melloul.

Ce Centre a connu, ces dernières décennies, une extension très importante ce qui a augmenté ses besoins en eau potable.

Sous l'effet des activités agricoles dans cette région, de la surexploitation par pompage et de la sécheresse, les nappes de Chtouka et de Souss, dont la région d'EL KLEAA fait partie, ont connues une baisse continue. Selon les informations produites par l'Agence du Bassin Hydraulique du Souss Massa (ABHSM), la situation hydraulique de la région est fort préoccupante et ce depuis plusieurs années déjà.

Dans le cadre d'assurer l'alimentation en eau potable de cette ville, qui est déjà alimentée par 12 associations privées, l'Office National de l'Eau Potable (ONEP), en association avec l'ABHSM, a pris en charge la recherche des réservoirs potentiels dans ce secteur. Des études géologiques et hydrogéologiques sont faites pour cet objectif.

Le présent travail, qui entre dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude de Licence ès Sciences et Techniques – Eau et Environnement, consiste à étudier la zone d'EL KLEAA de point de vue hydrogéologique et montrer si le potentiel en eau de l'ensemble des forages réalisés dans ce secteur est suffisant, dans l'avenir, pour satisfaire les besoins en eau de la population.

La démarche suivie dans ce travail est la suivante :

Après un rappel du contexte géologique et hydrogéologique des nappes du Souss et de Chtouka, nous avons mis l'accent sur l'hydrogéologie de la région d'El Kleaa (secteur d'étude) en réalisant une esquisse de corrélation lithologique des coupes géologiques des forages réalisés. Cette corrélation a été comparée à un profil géophysique réalisé dans la région afin de déterminer les formations aquifères du secteur.

L'interprétation des essais de pompage dans certains forages dont nous disposons de données, a été réalisée afin de déterminer leurs débits d'exploitation. Nous avons aussi essayé de montrer si les ressources dégagées sont suffisantes pour l'AEP du Centre à long terme.

Ce travail nous a permis de comprendre les étapes d'un dégagement des ressources en eau, depuis les études de recherche (bibliographie, géologie et géophysique), les travaux de reconnaissance et d'exploitation des aquifères et la détermination de leurs potentialités en eau (essai de pompages pour la détermination des débits d'exploitations), jusqu'à la proposition des solutions d'AEP d'une population.

## I. Situation géographique du Souss Massa

La zone du Souss-Massa se situe au centre du Maroc et couvre une superficie de l'ordre de 25.000 km<sup>2</sup> (Fig.1).

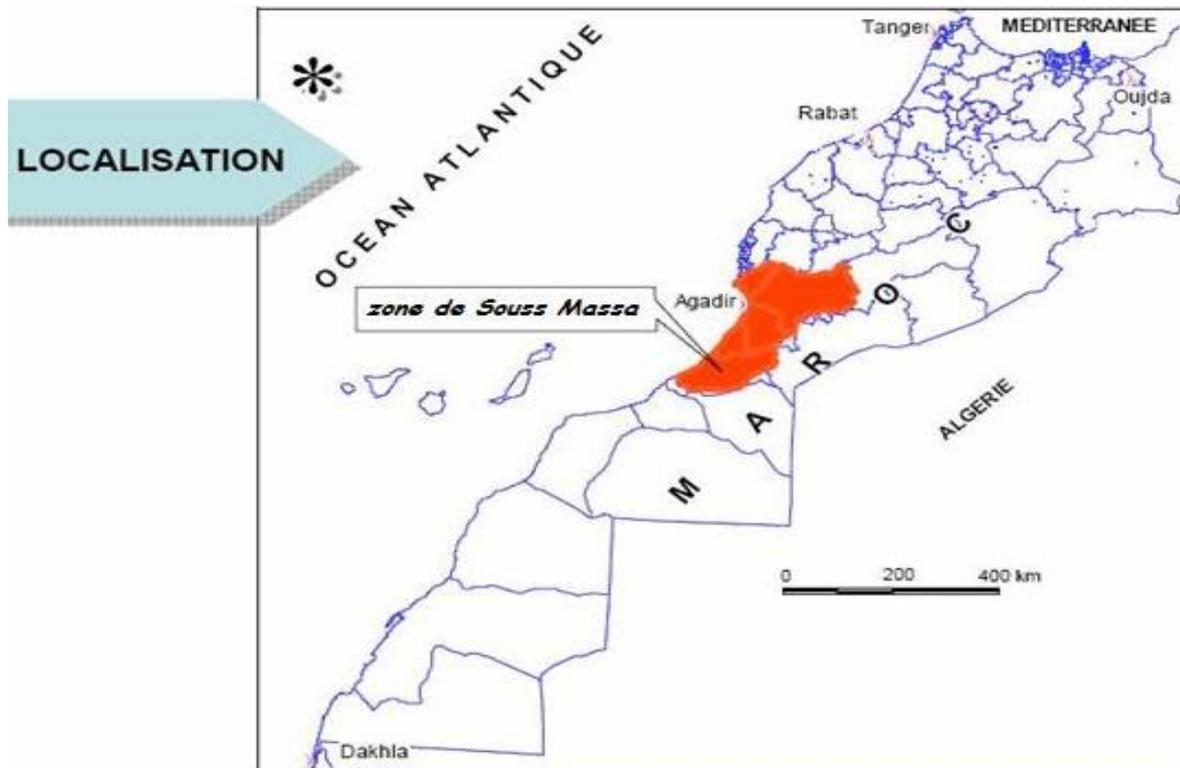


Fig. 1 : situation géographique de la zone du Souss Massa

Elle est répartie entre quatre bassins versants (Fig. 2) drainés par quatre principaux cours d'eau :

- Le bassin de l'oued Souss (16.200 km<sup>2</sup>) ;
- Les bassins de Massa et de Chtouka (6.280 km<sup>2</sup>) ;
- Les bassins côtiers des oueds Tamraght et Tamri (2.600 km<sup>2</sup>).

Situés entre l'Océan Atlantique et les montagnes de Haute-Atlas et de l'Anti-Atlas, ces bassins ont des superficies réparties entre 25% de zones de plaine et 75 % de zones de montagne. Les deux principales plaines sont celles du Souss (4.150 km<sup>2</sup>) et celle des Chtouka (1.260 km<sup>2</sup>).



Fig. 2 : la répartition des bassins versant du Souss, Massa et Chtouka, et des oueds Tamraght et Tamri dans la zone Sous Massa (ABHSM et Resing, 2005)

### Plaine de Souss :

La plaine de Souss constitue un bassin triangulaire très fortement individualisé entre le massif du Haute Atlas au Nord, les plateaux élevés de l'Anti-Atlas au Sud et à l'Est, et enfin l'océan Atlantique à l'Ouest : sa superficie est de 3950 km<sup>2</sup>. (Combe et El Hebil, 1972).

Les géographes subdivisent la vallée en trois secteurs :

- ✚ L'amont : entre Aoulouz, dont l'oued Souss débouche dans la plaine par des gorges qui terminent son cours montagneux, et Taroudant.

- ✚ Le moyen : de Taroudant au confluent de l'oued Issen, sur environ 40 km. Au droit de Taroudant la vallée s'élargit brusquement sur 40 Km. C'est la plaine des Haouara.

- ✚ L'aval : jusqu'à l'embouchure. A partir du confluent de l'oued Issen, la plaine s'élargit encore ; la bordure de l'Anti -Atlas se dirigeant droit au sud, il se trouve entre la montagne et l'océan une unité spécifique dénommée plaine côtière de Souss mais qui, du point de vue hydrographique, n'a aucun rapport avec elle. De ce fait, la plaine des Chtouka n'est pas ici rattachée à celle du Souss, mais au bassin Tiznit Massa.

### Plaine des Chtouka :

Constitue une extension de la plaine du Souss vers le Sud-ouest, et s'étend sur une superficie de plus de 940 Km<sup>2</sup>. Elle est limitée au Nord par la route d'Agadir-Biougra, à l'Est par les affleurements des formations primaires de l'Anti-Atlas, au Sud par l'Oued Massa et à l'Ouest par l'Océan Atlantique.



Fig. 3 : Situation géographique de la plaine de Souss et de Chtouka (ABHSM, 2005)

## II- Situation climatique

Le climat de la région est à prédominance aride mais il varie du type humide, hiver froid sur les sommets du Haut-Atlas Occidental à pré-saharien, à hiver frais en plaine. Le caractère aride est atténué par la proximité de l'océan et influence du courant froid des Canaries ainsi que par la protection contre les vents du Sud assurée par la barrière montagneuse de l'Anti-Atlas. (CSEC (2001))

Les températures moyennes annuelles varient de 14°C sur le Haut-Atlas au Nord à 20°C sur l'Anti-Atlas au Sud (Tab.1). La température maximale journalière atteint 49°C et la température minimale descend jusqu'à 3°C au dessous de zéro. Les amplitudes thermiques sont également élevées et peuvent atteindre 48°C. (CSEC, 2001)

Poste	Agadir	Barrage Abdelmoumen	Barrage Aoulouz	Issen pont	Taroudant	Barrage Y. B. Tachfine
T (°C)	18.3	20.6	19.9	19.3	19.7	19.9

*Tab. 1 : Température moyennes annuelles dans bassin du Souss Massa (Source)*

Les précipitations sur la région présentent une grande variabilité spatiale temporelle :

- La répartition intra-annuelle des précipitations montre l'existence de deux saisons pluviométriques distinctes :

- La saison humide, allant de Novembre à Mars, durant laquelle la région reçoit de 70 à 75 % de pluie annuelle ;

- La saison sèche, allant d'Avril à Octobre durant laquelle elle reçoit de 25 à 30% de pluie annuelle.

- La pluie annuelle est très variable, les précipitations de l'année la plus humide atteignent trois fois celles de la moyenne annuelle et jusqu'à 15 fois celles de l'année la plus sèche.

- La pluie moyenne annuelle varie de 600 mm au Nord sur les sommets du Haut-Atlas à 150 mm au Sud, sur la partie orientale de l'Anti-Atlas. La plaine reçoit environ 200 mm de pluie. En règle générale, ces précipitations diminuent du Nord au Sud et de l'Ouest vers l'Est.

On note en particulier les moyennes des précipitations ci-après sur les différents bassins (CSEC, 2001):

- ⇒ 280 mm sur le bassin du Souss ;
- ⇒ 265 mm sur le bassin de Massa ;
- ⇒ 390 mm sur le bassin de Tamraght ;
- ⇒ 370 mm sur le bassin de Tamri.

L'évaporation moyenne annuelle varie entre 1400 mm en montagne et près de la côte Atlantique, et 2000 mm en plaine. Le minimum est enregistré au mois de Janvier avec en moyenne 35 mm en montagne et 100 mm en plaine, tandis que le maximum est enregistré en Juillet avec en moyenne 240 mm en montagne et 270 mm en plaine. (CSEC, 2001)

La région est relativement ventée. Des vents d'Est chauds, communément appelés Chergui, peuvent souffler en été et en automne. La vitesse moyenne annuelle du vent est de l'ordre de 3km/h en montagne et 5km/h en plaine. Elle peut atteindre au piémont des montagnes près de 8km/h.

### **III- Cadre géologique de la plaine du Souss**

La géologie de la plaine du Sous est caractérisée par trois domaines bien différents (Combe et El Hebil, 1972) :

- **Le domaine Haut - atlasique**
- **Le domaine Anti - atlasique**
- **Le domaine de la plaine du Souss et Chtouka**

La géologie régionale est caractérisée par une vaste dépression synclinale orientée Est-Ouest à remplissage plioquaternaire. Ce matériel de remplissage, sédimenté durant le Néogène et jusqu'au Quaternaire, surmonte des formations crétacées et éocènes qui affleurent le long la bordure haut atlasique méridionale, sauf entre Amskroud et Erguita. Cet ensemble forme la plaine de Souss, en dessous de laquelle plongent les formations crétacées et éocènes en synclinorium faillé.

Le flanc nord du synclinal crétacé-éocène, qui adosse au haut atlas est affecté par un système de failles subverticales s'étendant d'Ouest en Est et délimitant des bas fonds où se sont accumulés des terrains récents plio-quaternaires.

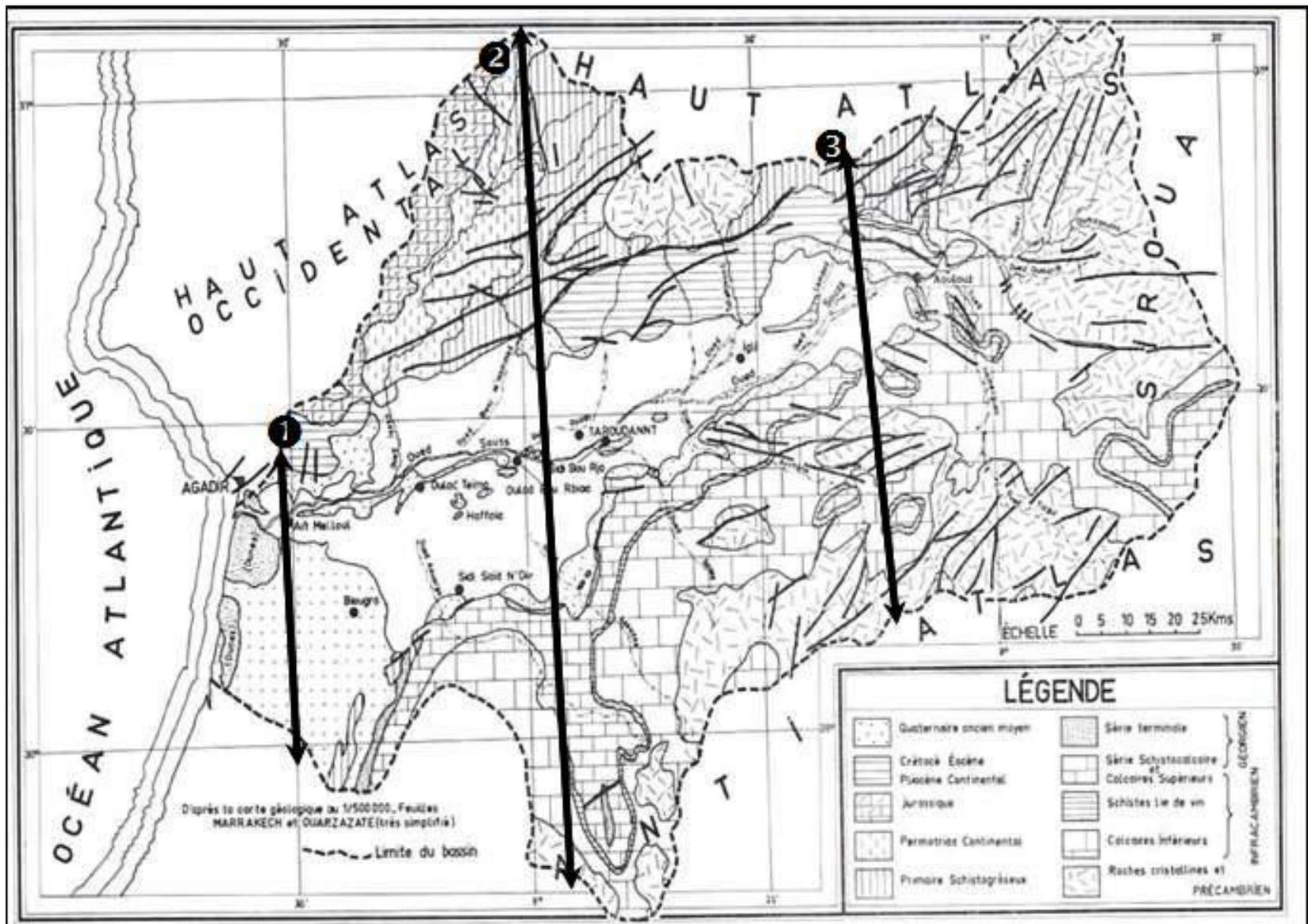


Fig. 4: Géologie de la plaine du Souss (Combe et El Hebil, 1972)

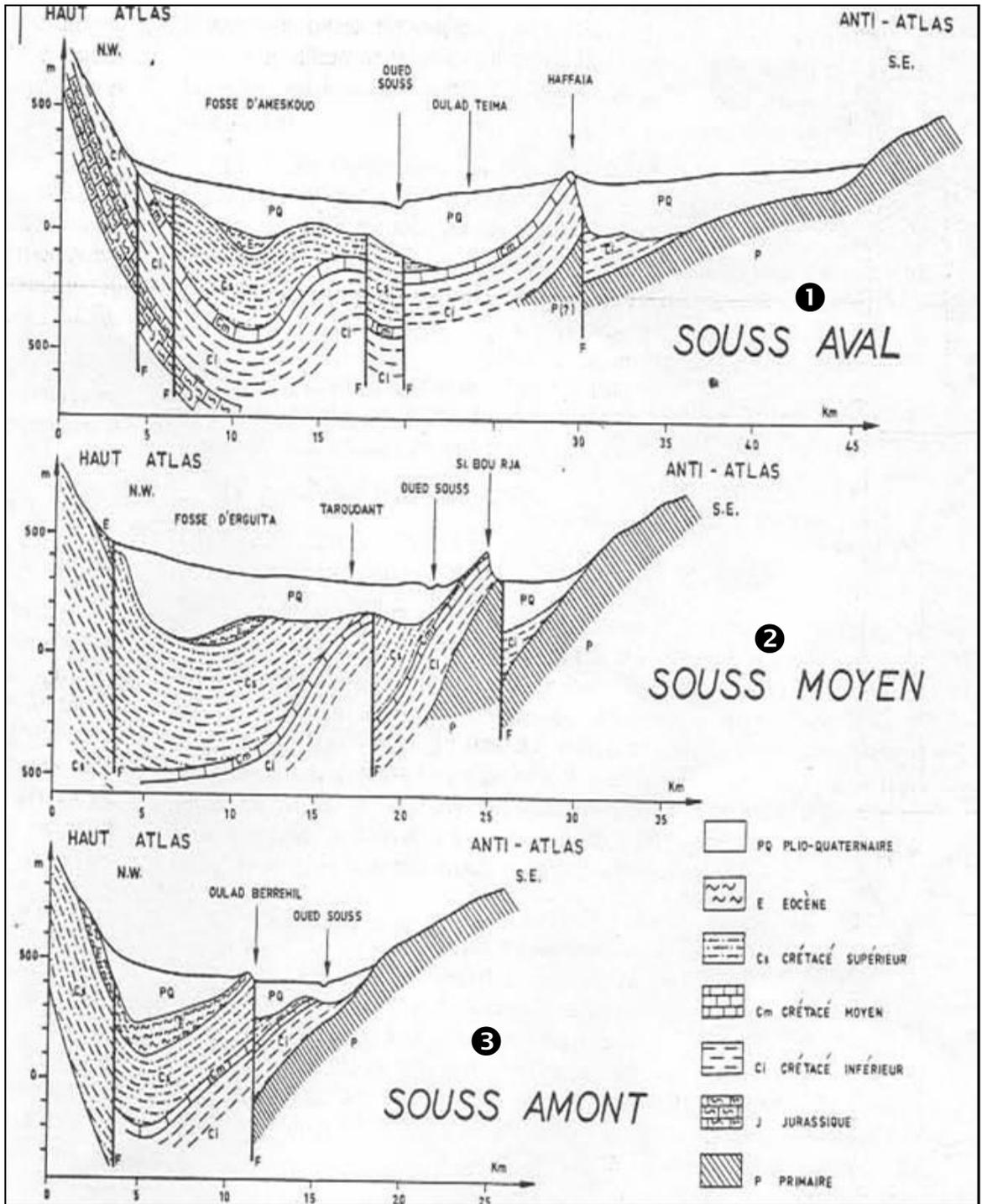


Fig. 5: Coupes géologiques à travers la plaine du Souss (Combe et El Hebil, 1972)  
(Position des coupes, voir Fig. 4)

## **IV- Cadre hydrogéologique de la plaine du Souss**

Le remplissage alluvionnaire superficiel et certaines parties des niveaux sous-jacents, constituent un vaste système aquifère en relation localement, avec les aquifères des montagnes de bordure. Une nappe libre généralisée existe dans la plaine du Souss, surmontant souvent une ou plusieurs nappes captives. L'ensemble constitue un système multicouche compris entre les bordures montagneuses et l'océan qui est une limite aval à niveau imposé et constant. Dans ce système, la nappe libre contient l'essentiel des ressources en eau souterraine de plaine.

D'une manière générale on peut différencier quatre types lithologiques constituant l'aquifère :

- Formation fluvio-lacustre à alternance de conglomérats, calcaires, marno-calcaires et grès avec des intercalations argilo-marneuses
- Grès et sables marins et côtiers du Moghrébien
- Cailloutis du lit fossile de l'oued
- Calcaires pliocènes du Souss aval

La nature du substratum est variable et se présente, dans l'ensemble sous forme d'une structure synclinale faillée.

L'alimentation des nappes phréatique et profonde provient à la fois des apports latéraux de nappes de montagnes, et des infiltrations de l'eau des Oueds et des ruissellements concentrés sur la plaine (Combe et El Hebil, 1972).

### **IV.1- La nappe du Souss :**

L'épaisseur de l'aquifère varie entre 150 m environ, entre Arazane et Taroudant, et 500 m à l'aval d'Ouled Teïma. La profondeur de l'eau par rapport au sol croît au fur et à mesure qu'on s'éloigne du cours de l'Oued Souss (ABHSM (2005)) :

- Elle est comprise entre 10 et 30 m près du cours de l'Oued
- Descend à 25 et 35 m à l'aval d'Oulad Bourbia
- Dépasse 70 m en amont de Loulija et Sebt El Guerdane.

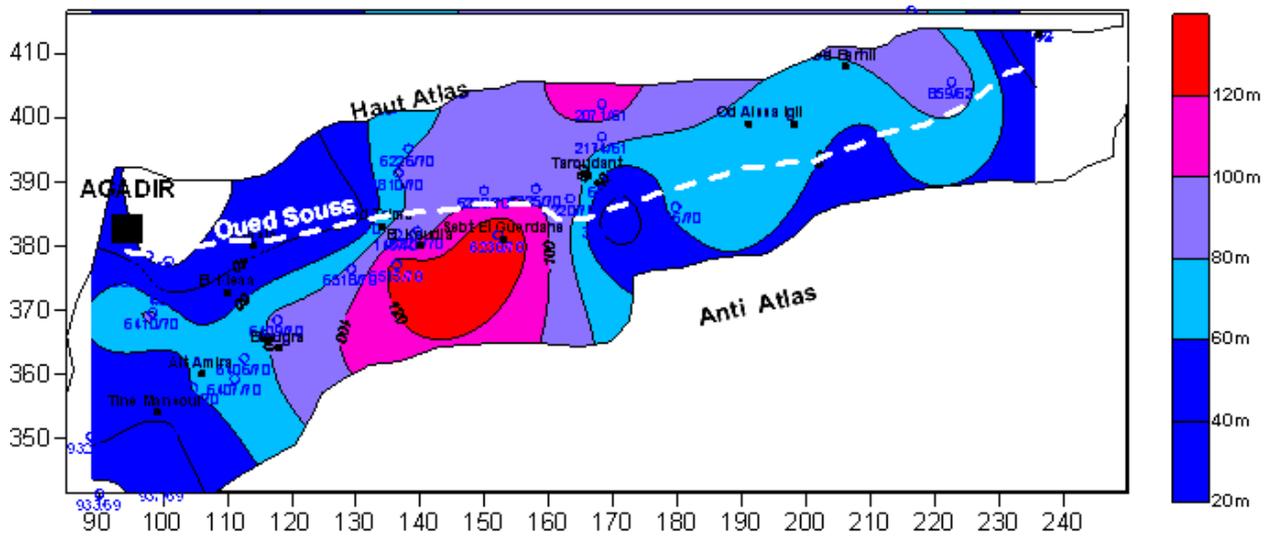


Fig.6 : Carte des profondeurs / sol de la nappe du Souss (Juin 2008)  
(Source des données : ABHSM)

Les fluctuations du niveau de la nappe du Souss ont été suivie sur plus de 22 piezometres (Annexe1). Les graphes ci-dessous ont été réalisés à partir d'un suivi des trois dernières années .

Nous avons choisi les piézomètres IRE 859/62 et 1114/62 pour représenter la partie amont de l'aquifère du Souss (Fig.7).

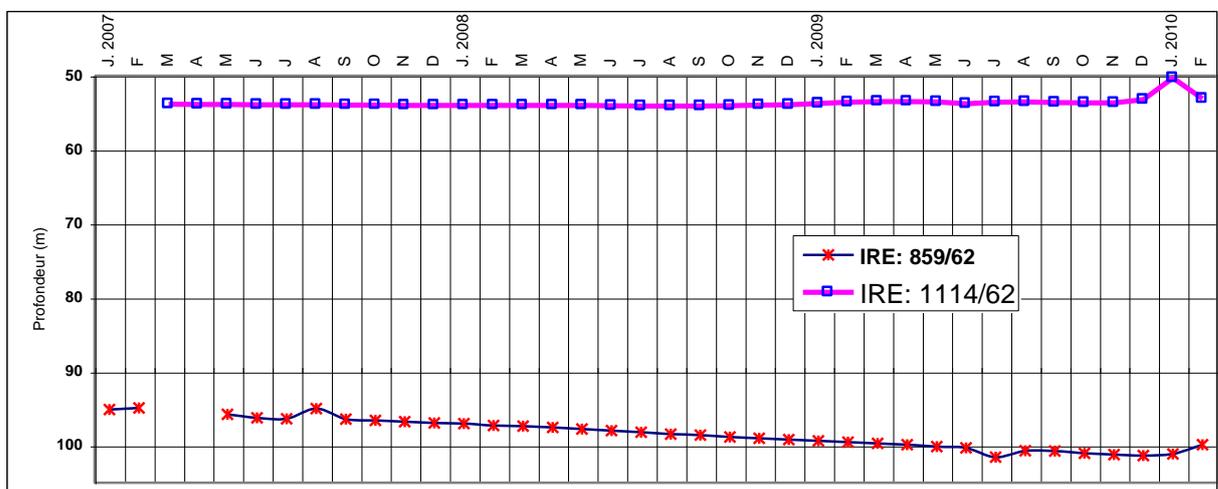


Fig. 7: Fluctuation du niveau/sol de la nappe du Souss – Partie amont (Source ABHSM)

L'abaissement du niveau de la nappe, d'environ 5 à 8 m au niveau du piezomètre IRE 859/62 peut s'expliquer par l'effet de la sécheresse et de la surexploitation de la nappe dans ce secteur. La remontée de la nappe en Février 2010, s'explique par les précipitations intenses qu'a vue la région du Souss en cette année.

Pour la partie médiane de la plaine, elle est représentée par les piézomètres IRE 6225/70 et 4346/70 (Fig. 8,9).

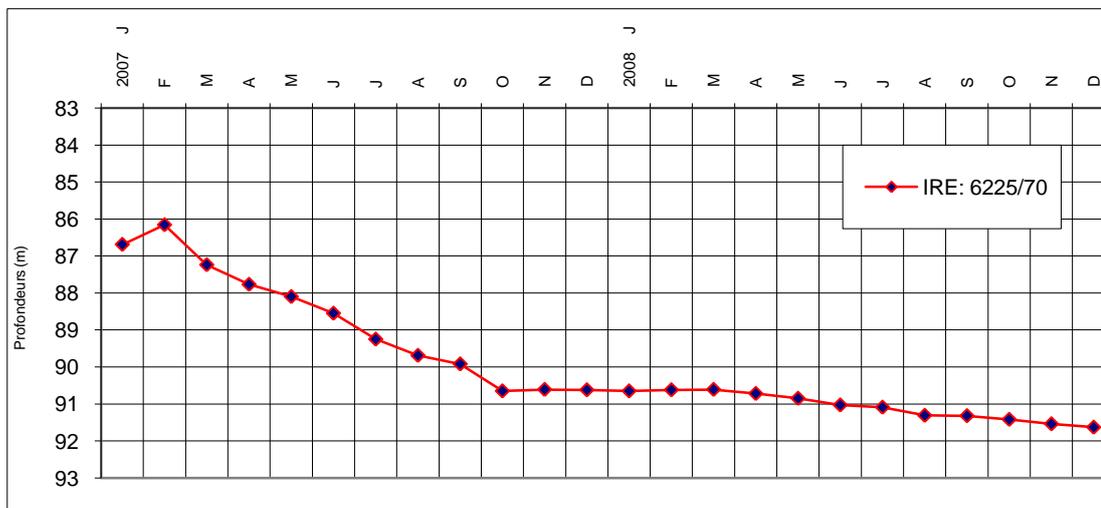


Fig.8: Fluctuation du niveau/sol de la nappe du Souss – Partie médiane (Source ABHSM)

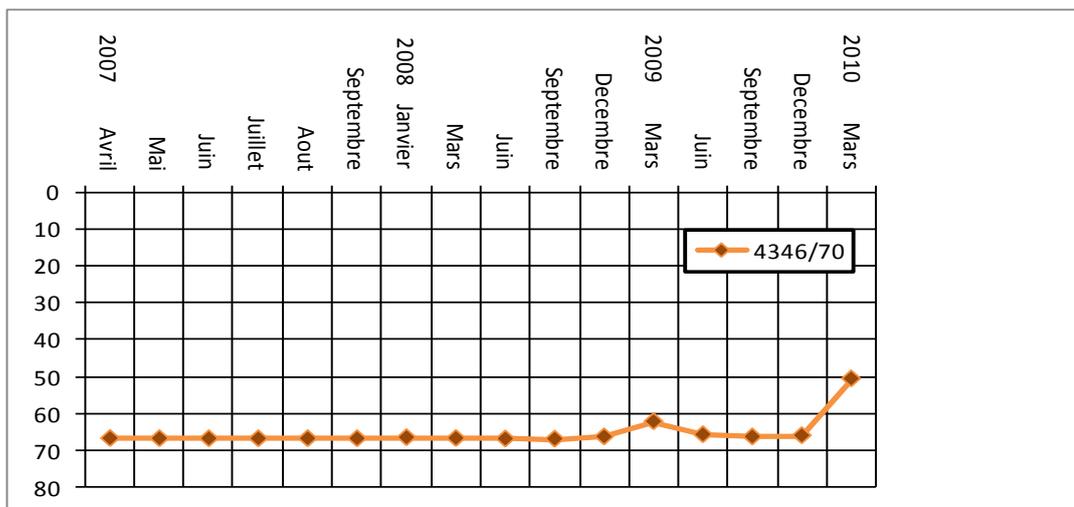


Fig. 9: Fluctuation du niveau/sol de la nappe du Souss – Partie médiane (Source ABHSM)

Dans ce secteur, les profondeurs de la nappe oscillent entre 60 et 90m avec une baisse continue au niveau piézomètre 6225/70.

Le secteur aval de la nappe du Souss et une partie de la nappe de Chtouka, étant notre secteur d'étude (région d'El Kleaa), cette zone sera détaillée au paragraphe IV.3.2-

#### IV.2- La nappe de Chtouka :

Le long de l'Oued Massa, la nappe est peu profonde, à l'exception du secteur du cordon dunaire où la nappe peut se trouver à des profondeurs de 65 m au dessous du sommet des formations dunaires (ABHSM (2005)).

La profondeur de la nappe de Chtouka est suivie sur plus de 15 piezometres.

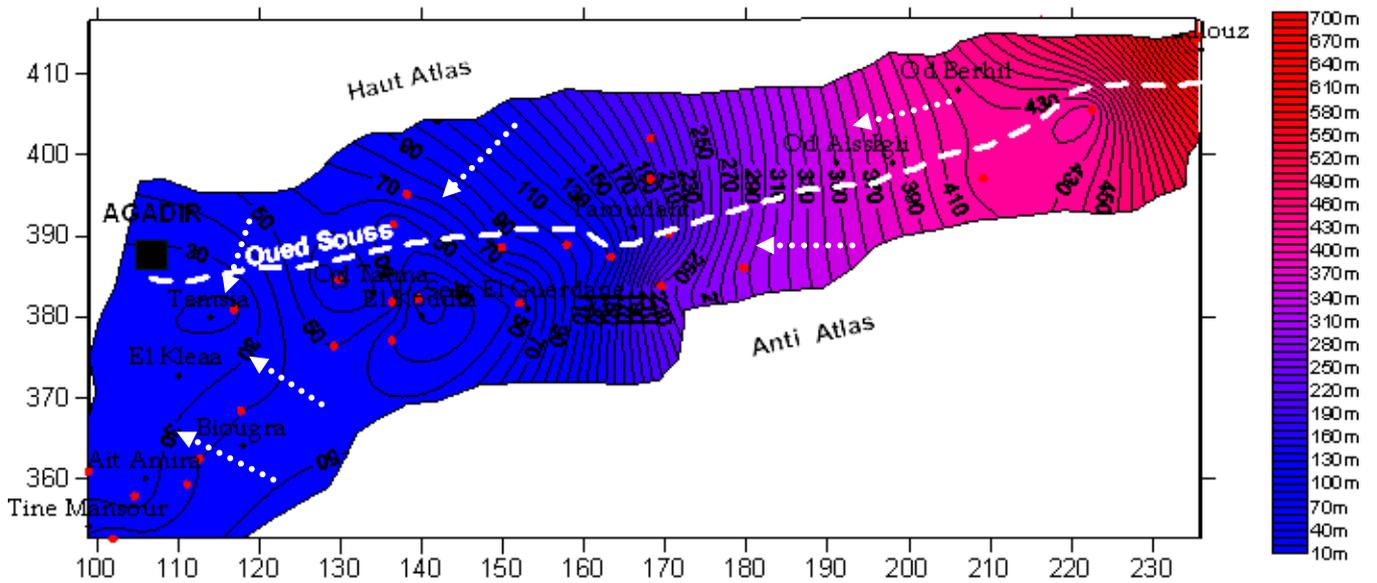


Fig.10: Piézométrie des nappes de Souss et Chtouka Décembre 2009 (données Source : ABHSM)

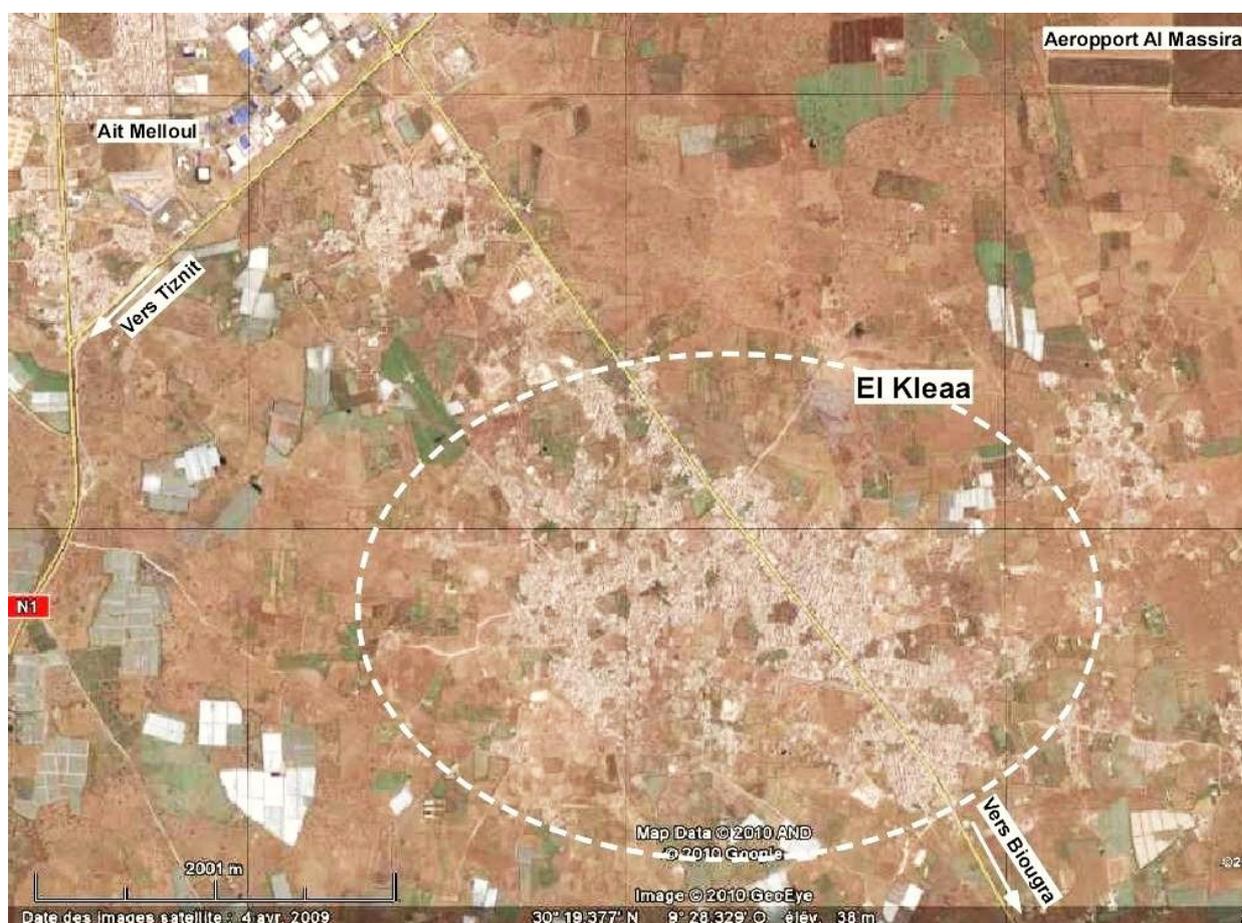
L'écoulement général s'effectue d'Est en Ouest et le gradient hydraulique moyen décroît de l'amont vers l'aval

## V- Zone d'étude : Centre d'El Kleaa

### V.1- Situation géographique et administrative

Le Centre d'El Kleaa est situé à 35 km au sud Ouest de la ville d'Agadir et à 10 km du centre de Biougra (Fig.11). Elle fait partie du cercle d'Aït Melloul qui relève de la préfecture d'Inezgane – Aït Melloul.

Le Centre d'El Kleaa se repère sur la carte topographique 1/50000 de la Forêt d'Admine , entre les coordonnées suivantes :  $108,070 \text{ m} < X < 110,470 \text{ m}$  ;  $371,045 \text{ m} < Y < 377,080 \text{ m}$  et  $31\text{m} < Z < 77\text{m}$  ((DRS (Mai 2007)) .



*Photo n° 1: vue satellitaire du Centre d'El Kleaa , image Avril 2009 (Source : Google)*



## **V.2- Géologie et hydrogéologie de la zone d'El Kleaa**

Dans le secteur d'étude, l'aquifère est constitué par des formations du Crétacé et de l'Eocène. Celles-ci ont été affaissées par une faille au pied du Haut Atlas et recouvertes par des formations quaternaires. Ces formations de recouvrement sont constituées de conglomérats fluvio-lacustres. Elle surmonte l'éocène supérieur qui est constitué de grès rouges et de marnes sableuses rouge. Les formations de remplissage, sédimentées durant le néogène, ont des épaisseurs pouvant atteindre 500 m ou plus.

Les formations de recouvrement contiennent un aquifère important qui assure l'extension de l'aquifère généralisée du Souss. L'éocène moyen essentiellement marno-calcaire joue le rôle de substratum.

La profondeur d'eau souterraine dans la zone d'étude est de l'ordre de 60 m.

Les réserves de la nappe phréatique au niveau de la zone d'étude sont très importantes en raison de l'importance de l'épaisseur et des caractéristiques hydrodynamiques des formations de recouvrement ((DRS (Mai 2007)).

### **V.2.1- Travaux de reconnaissances**

Dans la zone de d'El Kleaa, nous disposons de 23 forages, réalisés par l'ONEP et par l'ABHSM. Cinq d'entre eux (IRE : 6396/70, 6370/70, 6371/70, 6372/70 et 6373/70) sont gérés par l'ONEP d'Agadir (Tab. 2).

IRE	Coordonnées		Profondeur (m)	débit l/s
	X	Y		
6369/70	110,107	377,26	200	12
6370/70	111,095	376,033	180	16
6371/70	108,5	377,85	158	8
6372/70	111,763	376,259	175	20
6373/70	111,25	377,3	174	8

*Tab. 2 : Caractéristiques des forages gérés par l'ONEP dans la région d'El Kleaa*

Les débits d'exploitation de ces ouvrages varient entre 8 et 20 l/s, et leur profondeur est comprise entre 158 et 200 m.

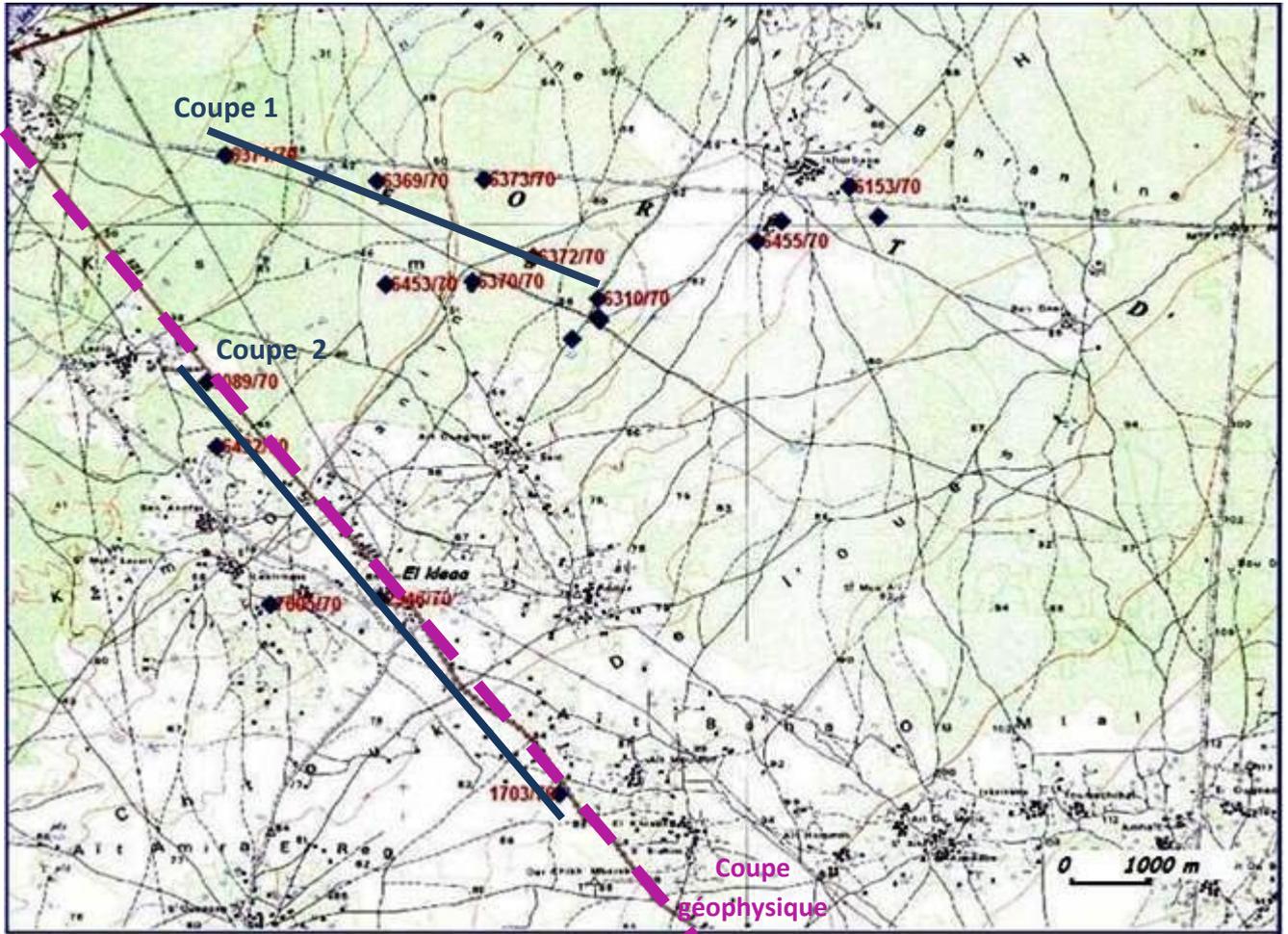


Fig.12: Position des forages réalisés dans la région d'El Kleaa

### V.2.2- Piézométrie de l'aquifère dans le secteur d'El Kleaa

Pour étudier la piézométrie de la zone d'El Kleaa, nous disposons des relevés de 6 piézomètres sur les 3 dernières années (Fig.12, 13).

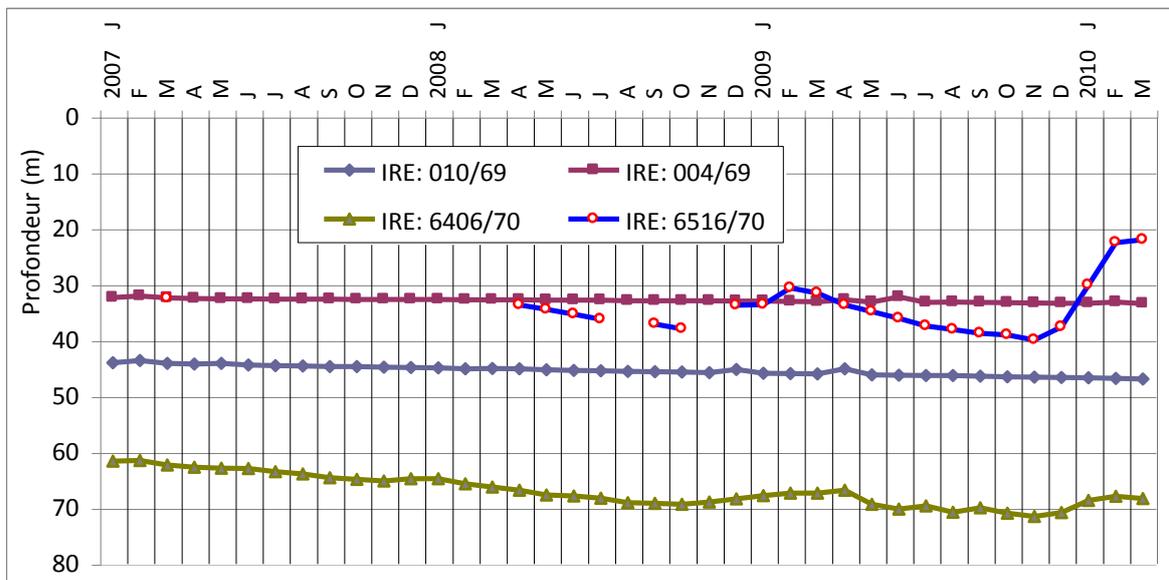


Fig. 13: Fluctuation mensuelle du niveau/sol de la nappe du Chtouka dans la région d'El Kleaa (Source des données : ABHSM)

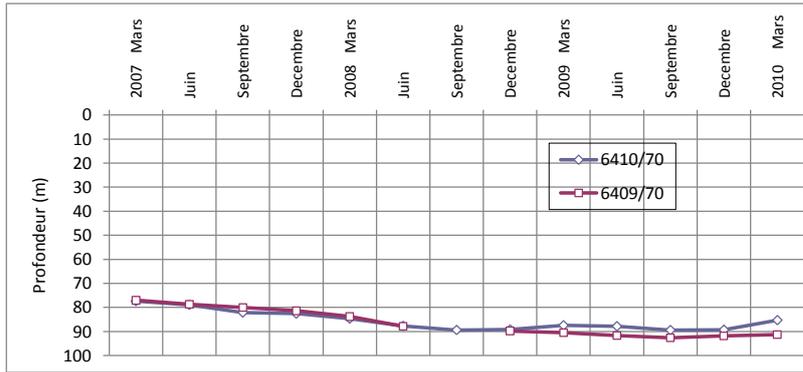


Fig.14: Fluctuation trimestrielle du niveau/sol de la nappe du Chtouka au tour du Centre d'El Kleaa  
(Source des données : ABHSM)

D'une façon générale, la baisse continue de la nappe est visible dans tous les piézomètres.

Les fluctuations importantes de la profondeur de la nappe au niveau du forage IRE 6516/70 (Fig. 13) peuvent s'expliquer par sa situation près de l'Oued Souss. Les dernières crues de l'oued ont fortement influencé les niveaux de la nappe dans le secteur proche de l'oued.

Au niveau du piézomètre IRE 6406/70 (Fig. 13), la forte baisse de la nappe (10m) peut s'expliquer par son éloignement de l'oued Souss et par la surexploitation de la nappe dans ses environs (Agriculture intense).

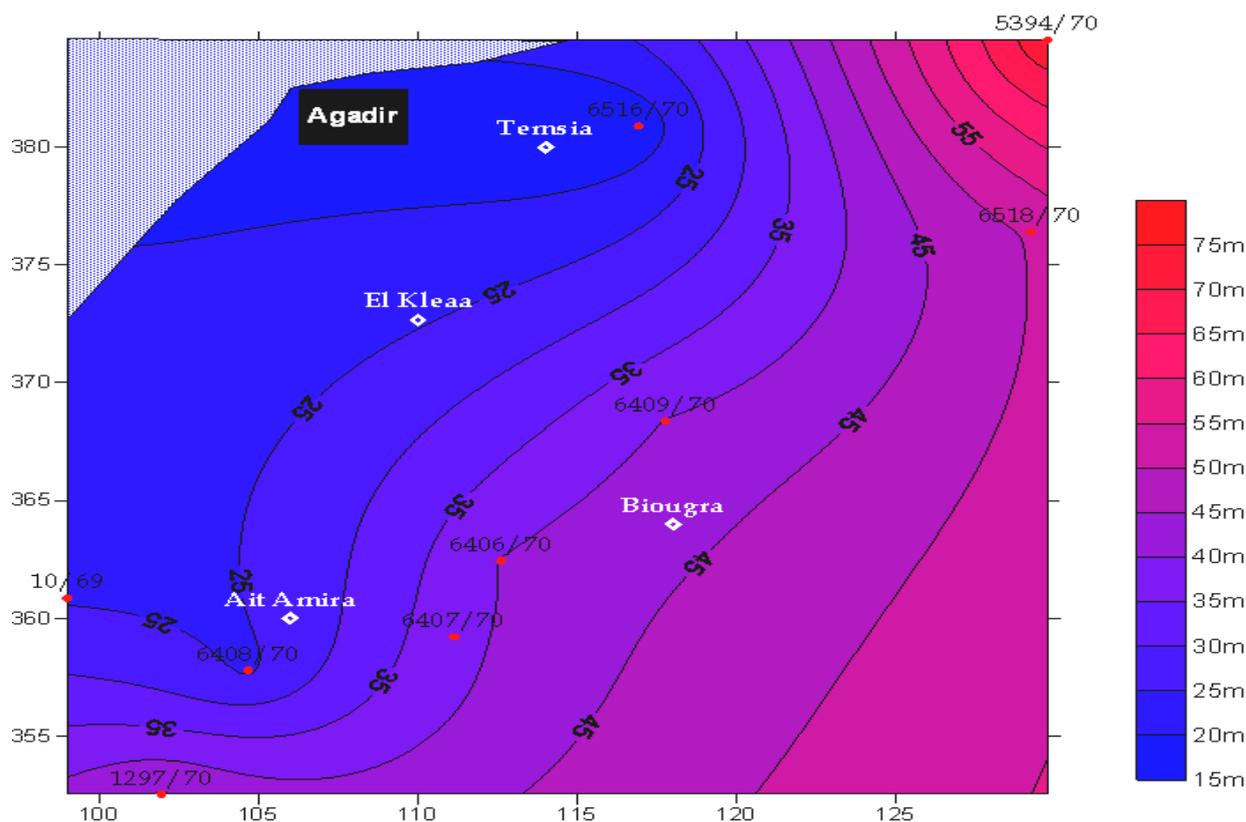


Fig.15 : Piézométrie de la région d'El Kleaa – Décembre 2009 (source des données: ABHSM)

La carte piézométrique de la région d'El Kleaa, établie à partir des données piézométriques de Décembre 2009, montre que le niveau piézométrique dans le secteur qui nous intéresse est compris entre 20 et 40m. L'écoulement de la nappe se fait du Sud Est au Nord Ouest avec un gradient hydraulique faible et qui augmente à l'Est de Tamsia et dans la région d'Ait Amira. Ces forts gradients hydrauliques sont essentiellement dus à la forte exploitation de la nappe dans ces secteurs où l'agriculture est intense.

#### IV.2.3- Identification des aquifères potentiels

Dans l'objectif d'identifier les formations potentiellement aquifères dans la région d'El Kleaa, pour une éventuelle exploitation, nous avons réalisé des essais de corrélation (Fig. 16 et 17) et comparaison avec le profil géophysique (Fig. 18).

L'aquifère dans la zone d'El Kleaa est constituée de 3 niveaux avec passage progressif des faciès :

- La « formation du Souss » constituée de marnes et de marno-calcaires, d'une résistivité élevée
- Les sables et les grès d'une résistivité faible
- Les calcaires d'une résistivité très importante.

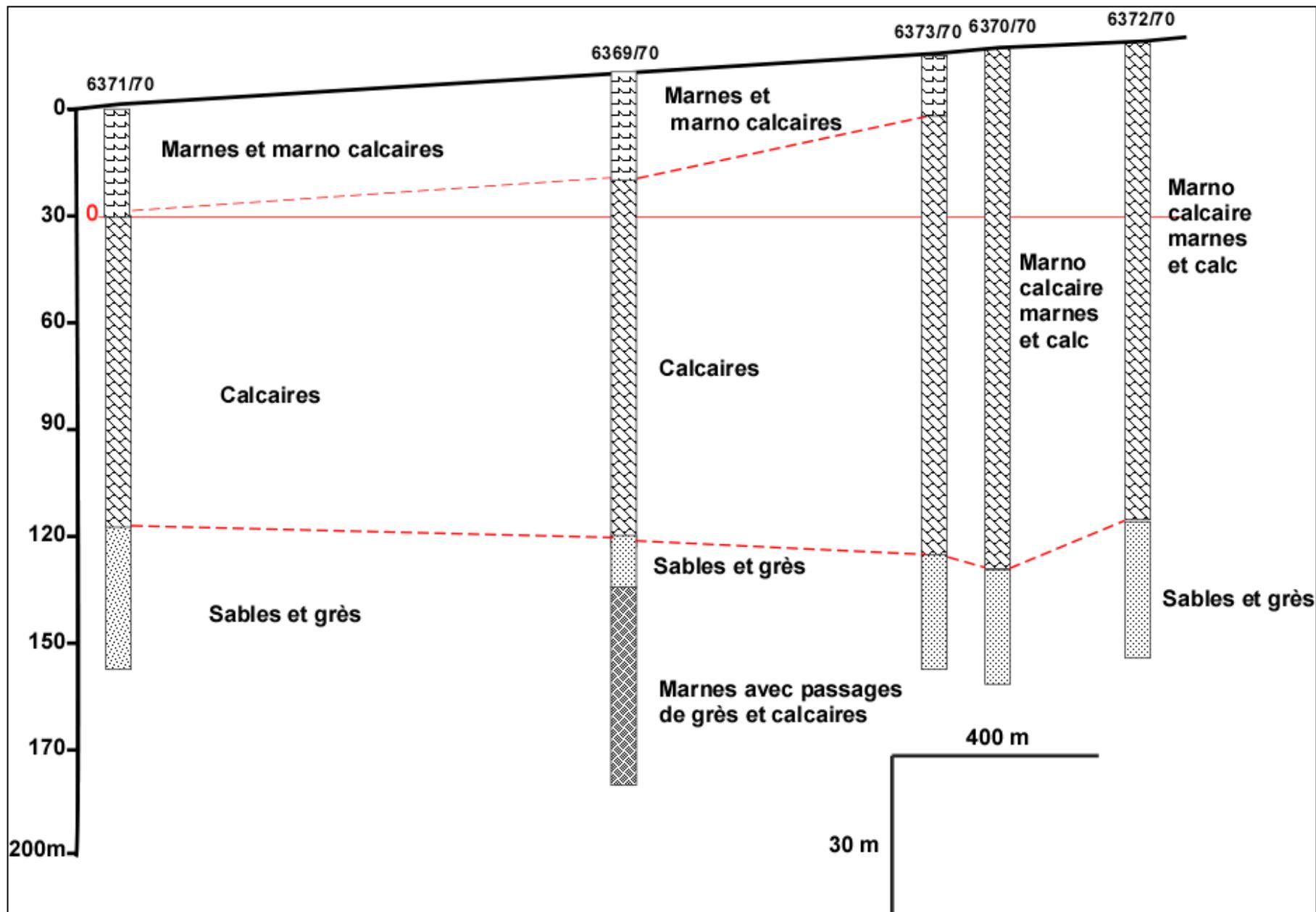
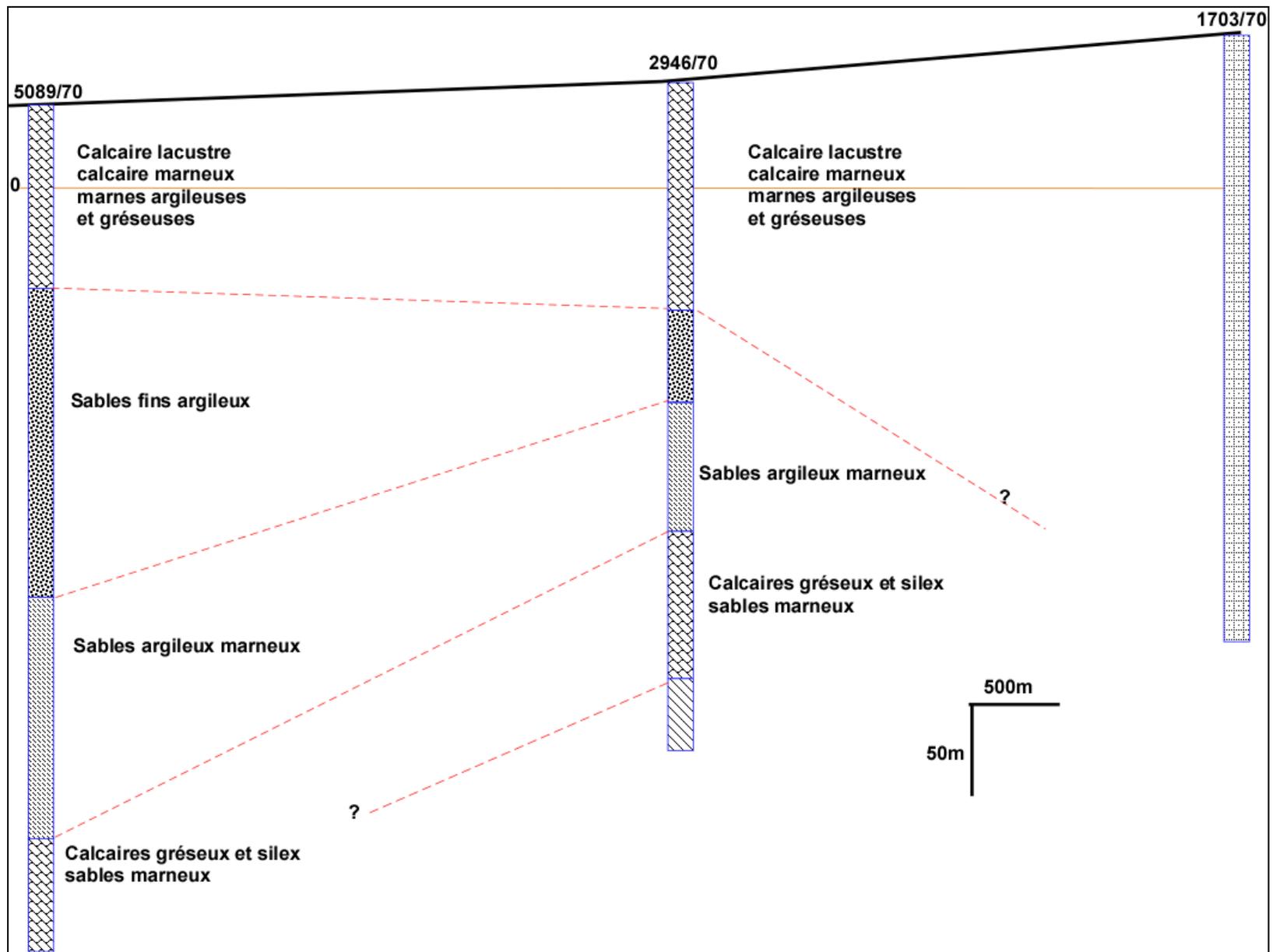


Fig.16: Corrélation d'après la coupe des forages (source des données géologiques : ABHSM)(Coupe 1 fig.12)



*Fig.17: Corrélation (données géologiques d'après ABHSM)(Coupe 2 fig.12)*

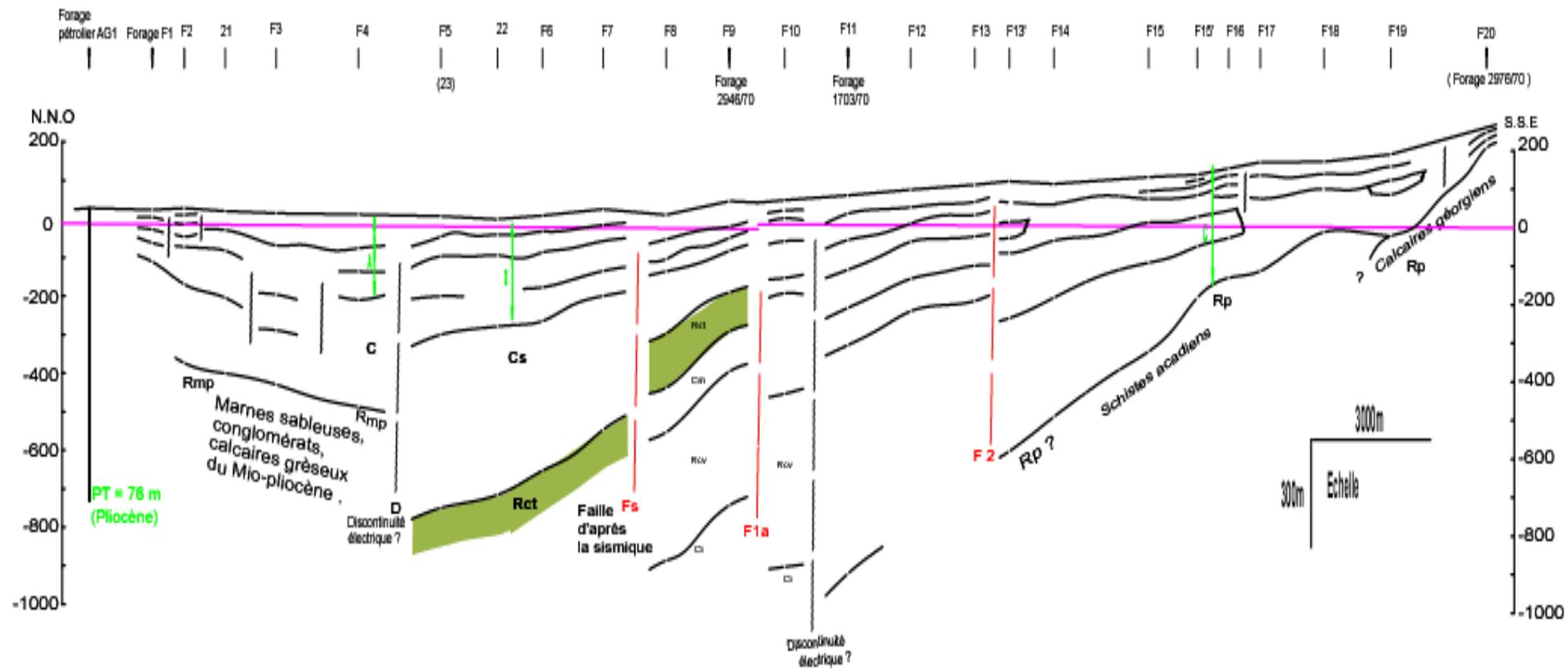


Fig.18 : profil géophysique (source : Géo-Atlas et ONEP)  
 (Coupe géophysique fig.12)  
 L'échelle des hauteurs a été multipliée par 4.

### **V.3- Systèmes d'alimentation en eau potable existant d'El Kleaa**

Le Centre d'El Kleaa est alimenté actuellement à partir de 12 puits appartenant à 12 associations privées pour un débit global pouvant atteindre 36 l/s environ, ayant chacune sa propre infrastructure d'eau potable.

### **V.4- Historique de la nappe dans la zone d'El Kleaa**

L'historique de la nappe dans la zone d'El Kleaa est étudié entre 2003 et 2009 à partir des 5 forages dont on dispose des données piézométriques (Tab.3).

Forage	NP/sol (m)		Descente du niveau de la nappe (m)
	2003	2009	
6369/70	47,9	77,4	29,5
6370/70	40,9	74,28	33,38
6371/70	37,8	56,02	18,22
6372/70	43,42	74,1	30,68
6373/70	41,07	71,32	30,25

Tab. 3 : Baisse de la nappe dans la région d'El Kleaa, entre 2003 et 2009 (Source : ONEP)

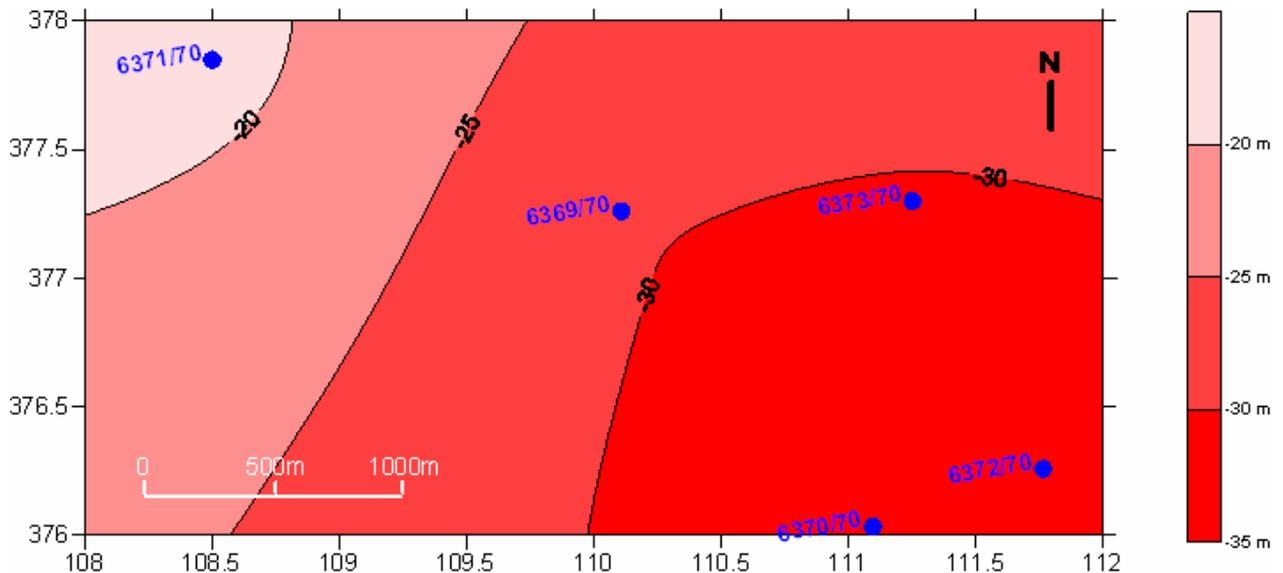


Fig.19 : Baisse de la nappe au NW d'El Kleaa, entre 2003 et 2009

Sur les 6 années (2003-2009), la profondeur de la nappe du Souss au niveau de la zone d'El Kleaa a connue une baisse moyenne de 30m, soit une baisse d'environ 5m par an.

Or la descente de la nappe phréatique du Souss est provoquée par plusieurs facteurs, le plus important étant le déficit d'alimentation suite à la succession des années de sécheresse

qui a sévié dans cette région pendant les dernières années, ainsi que le surpompage dans la nappe (irrigation des agrumes).

## **V.5- Productivité de la nappe dans la région d'El Kleaa**

### **V.5.1-Essais de pompage**

- **Situation et caractéristiques principales des forages testés**

Les différents forages, réalisés par l'ONEP, que nous avons étudié (Tab. 4 Et fig. 20), se localisent dans la forêt d'Admine (Préfecture Inezegane -Ait Melloul):

Forages N° IRE	Coordonnées	
	X	Y
6369/70	110,107	377,26
6370/70	111,095	376,033
6371/70	108,5	377,85
6372/70	111,763	376,259
6373/70	111,25	377,3

Tab.4 : situation des forages étudiés dans la forêt d'Admine

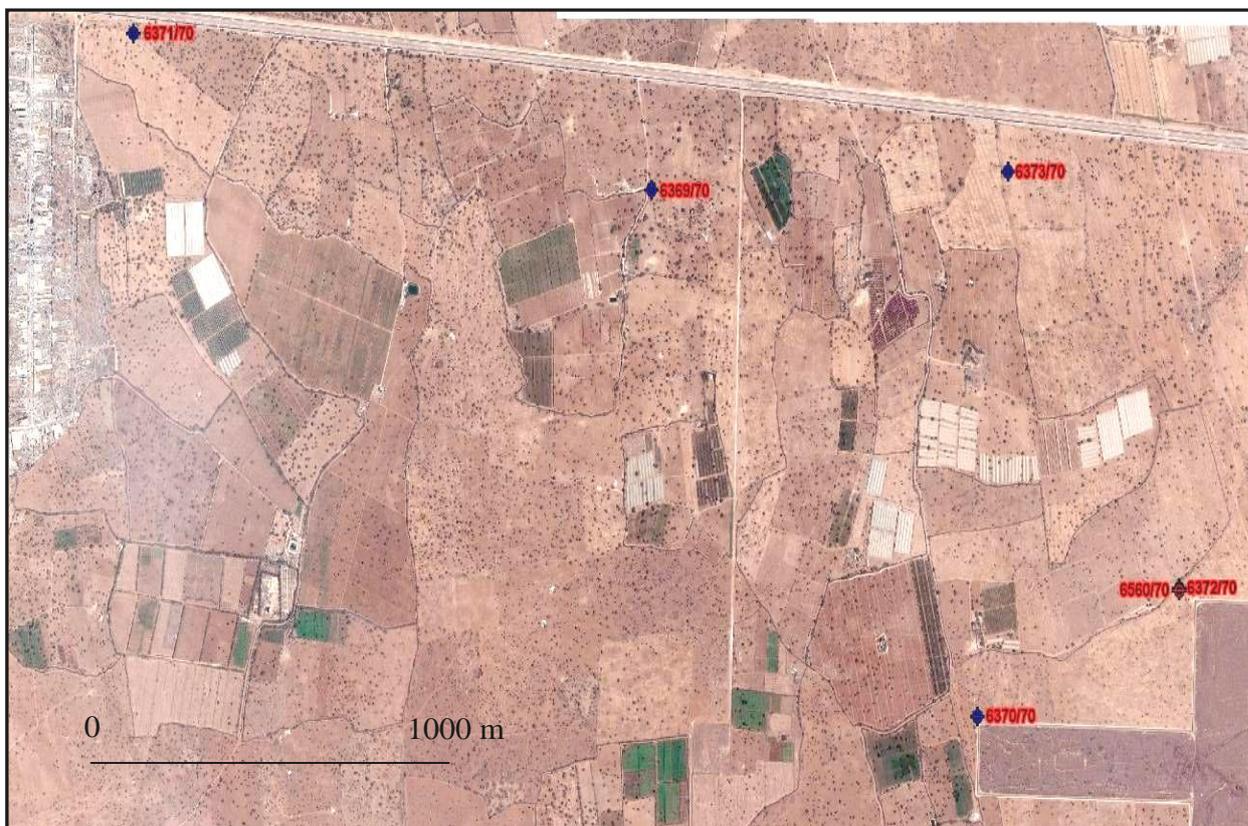


Fig.20 : Carte de position des forages gérés par l'ONEP dans la région d'El Kleaa

Ces forages ne sont pas assez profonds et visent la nappe phréatique superficielle du Souss

- Modalité de réalisation des essais

Les essais de pompage se sont déroulés du 11 Juillet à 11 Août 2009, ils ont été exécutés en 2 phases :

- \* Essais de puits : Afin d'évaluer les caractéristiques hydrodynamiques propres de l'ouvrage
- \* Essais de nappe : Afin de caractériser les paramètres hydrogéologiques de l'aquifère

#### **A- Essais de puits (essai par paliers de débits)**

Ce type d'essai dit de courte durée, réalisé à débits croissants de durée constante, vise à s'assurer des capacités de production d'un forage. Il permet de déterminer le débit à ne pas dépasser en cours d'exploitation (débit critique) sous peine de détérioration de l'ouvrage et le débit d'exploitation optimum. **(G.Castany (1982))**

Le test consiste à la réalisation de 3 à 4 pompages, à débit croissant, mais de durée constante, réalisés successivement sans arrêt de pompage. La remontée du niveau piézométrique de la nappe ne se fait qu'à la fin du pompage permettant ainsi la mesure du rabattement résiduel.

Les débits des différents paliers sont choisis sur la base du débit atteint en fin de développement. La durée est à moduler en fonction du débit escompté. Le pompage doit être accompagné de la mesure simultanée des niveaux d'eau dans le forage.

La courbe caractéristique montre généralement une pente régulière dans sa partie initiale et une partie terminale qui s'incurve. La partie incurvée révèle des turbulences dans l'écoulement de l'eau souterraine vers la pompe qui, à terme peuvent endommager celle-ci, déstabiliser le massif de gravier et provoquer l'apparition d'eau turbide. Il convient donc de ne pas dépasser un débit critique que l'on situe graphiquement au point d'inflexion de la courbe caractéristique. Le débit d'exploitation sera fixé à 10% en dessous de ce débit critique.

$$Q_{\text{exp}} = Q_{\text{critique}} - 0,1 \times Q_{\text{critique}}$$

Le rabattement maximum admissible correspondant au débit d'exploitation peut aussi être déterminé par la relation suivante :

$$S_{\text{max}} = S_{\text{critique}} - 0,1 S_{\text{critique}}$$

### **Application**

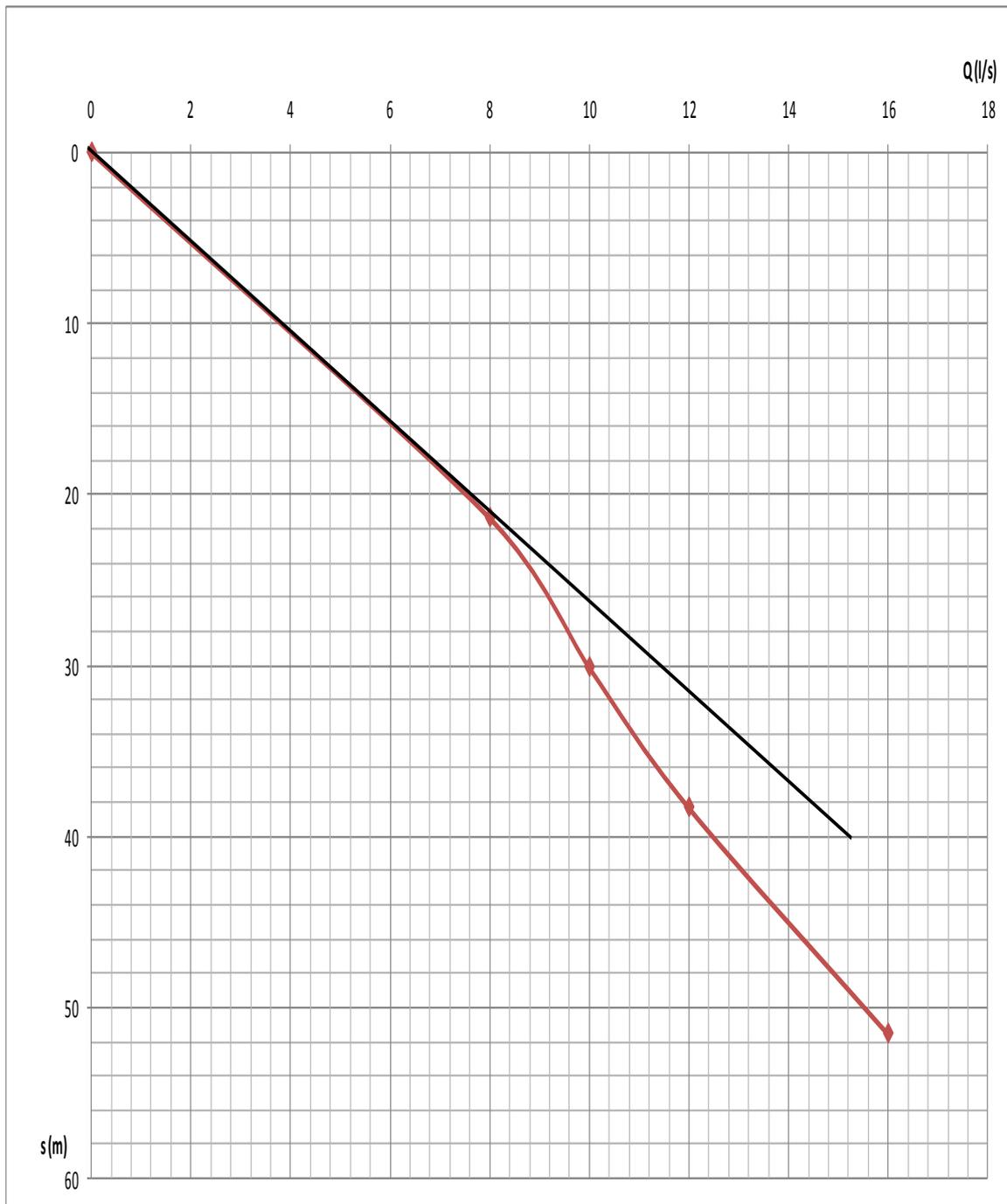
A partir de données des essais par paliers, on peut tracer les courbes caractéristiques des forage  $s = f(Q)$ .

La productivité (Pr) recherchée de l'ouvrage est calculée par la relation:

$$\mathbf{Pr = q_s * S_{max}} \quad \text{Avec} \quad \mathbf{q_s = Q/s}$$

Les courbes caractéristiques des 5 forages (N° IRE : 6369/70, 6370/70, 6371/70, 6372/70, 6373/7) sont réalisées à partir des données De l'année 2009.

Forage N° IRE 6369/70 :

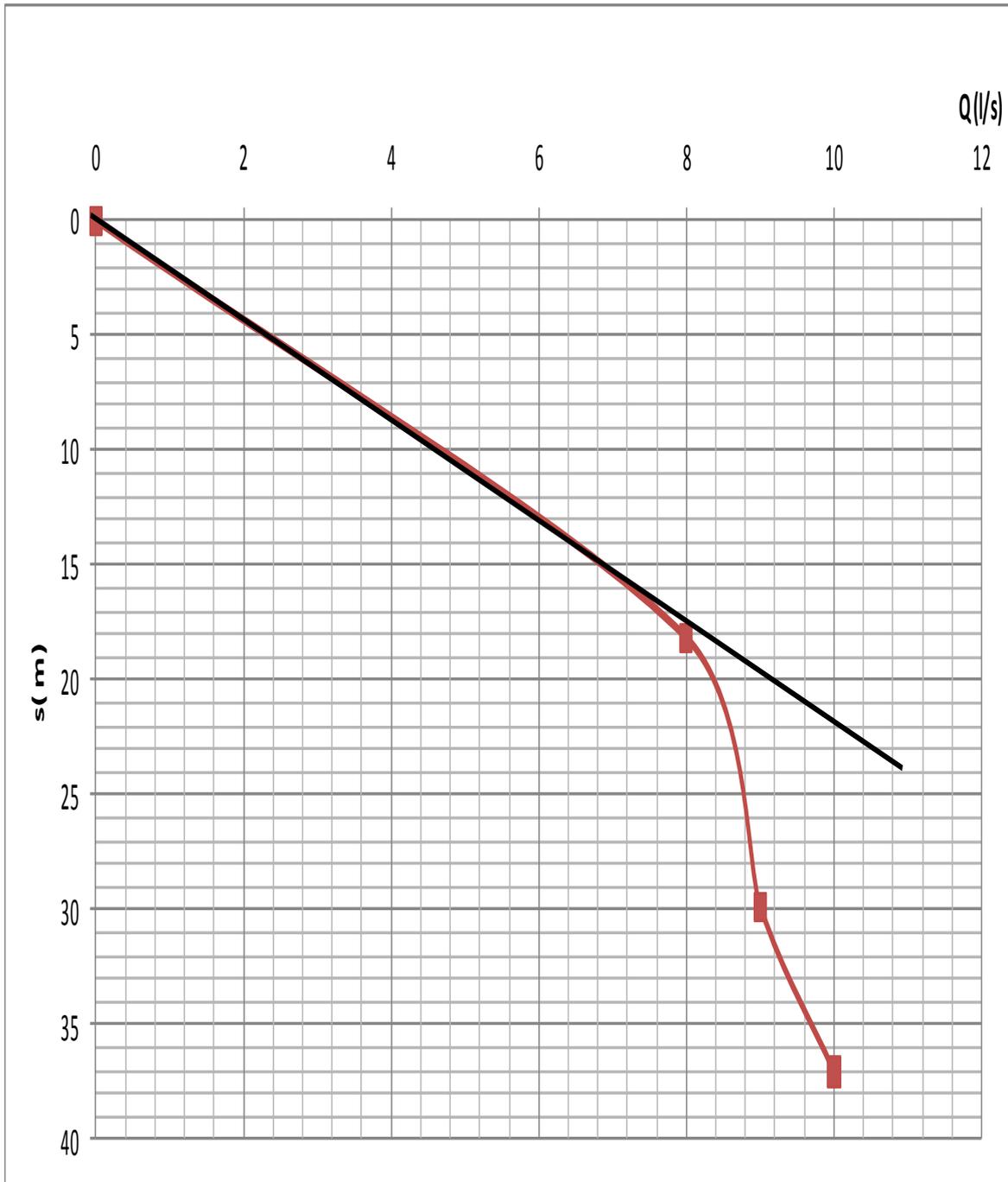


**Fig. 1 : Courbe caractéristique (s-Q) du forage IRE 6369/70**

Forages	Q critique (l/s)	s critique (m)	Q <sub>exp</sub> (l/s)	S <sub>max</sub> admissible (m)	Débit spécifique q <sub>s</sub> (l/s.m)	Productivité (l/s)
6369/70	8,00	21,36	7,2	19,224	0,33	6,34392

**Tab 5 : tableau récapitulatif des caractéristiques du forage N° IRE 6369/70**

Forage N° IRE 6370/70 :



**Fig.2 : Courbe caractéristique (s-Q) du forage IRE 6370/70**

Forages	Q critique (l/s)	s critique (m)	Q <sub>exp</sub> (l/s)	S <sub>max</sub> admissible (m)	Débit spécifique qs (l/s.m)	Productivité (l/s)
6370/70	8,00	18,18	7,2	16,362	0,34	5,56308

**Tab 6 : Tableau récapitulatif des caractéristiques du forage N° IRE 6370/70**

Forage N° IRE 6371/70 :

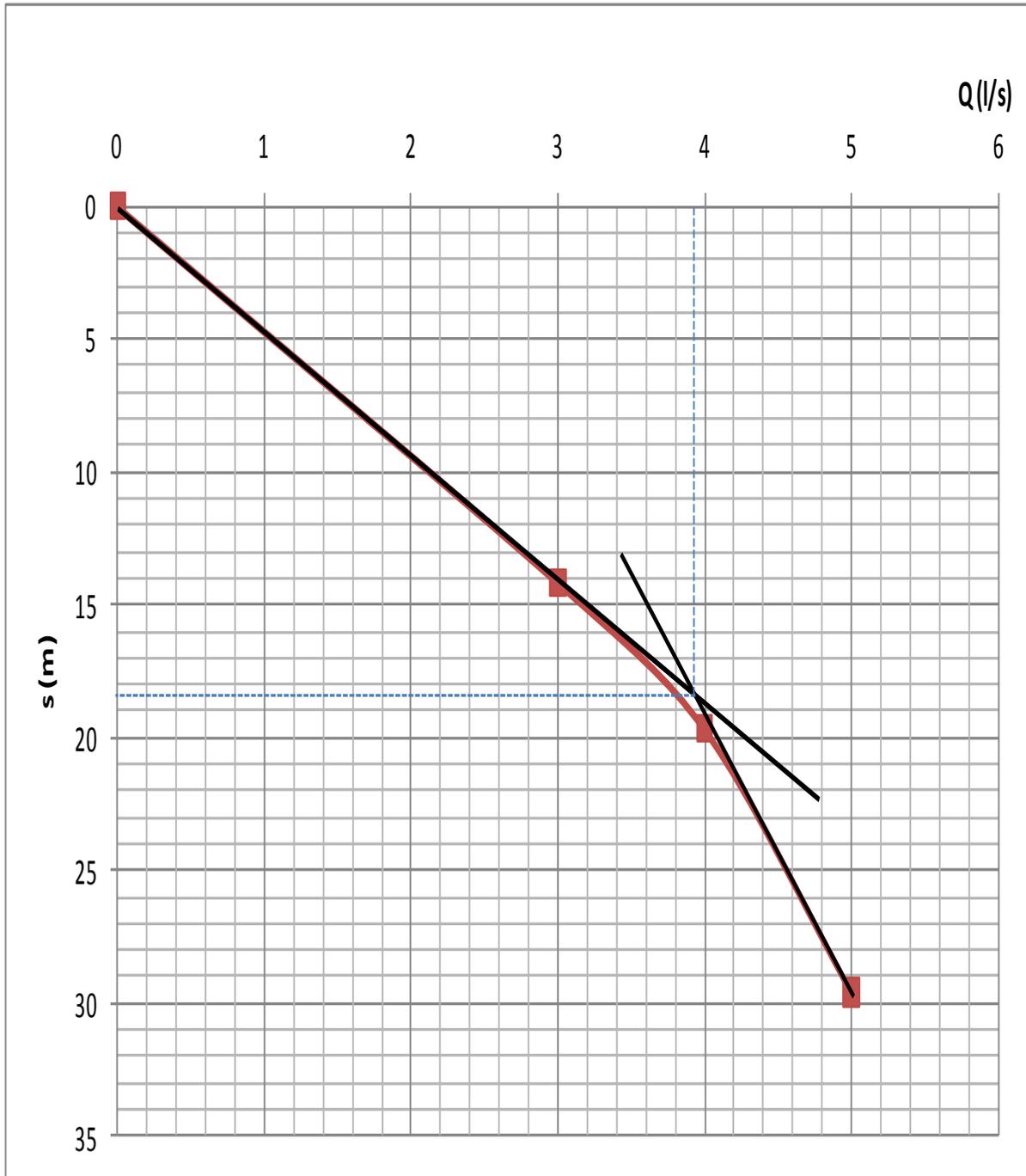


Fig.23 : Courbe caractéristique (s-Q) du forage IRE 6371/70

Forages	Q critique (l/s)	s critique (m)	Q <sub>exp</sub> (l/s)	s <sub>max</sub> admissible (m)	Débit spécifique q <sub>s</sub> (l/s.m)	Productivité (l/s)
6371/70	3,98	18,60	3,582	16,74	0,19	3,1806

Tab 7 : Tableau récapitulatif des caractéristiques du forage N° IRE 6371/70

Forage N° IRE 6372/70 :

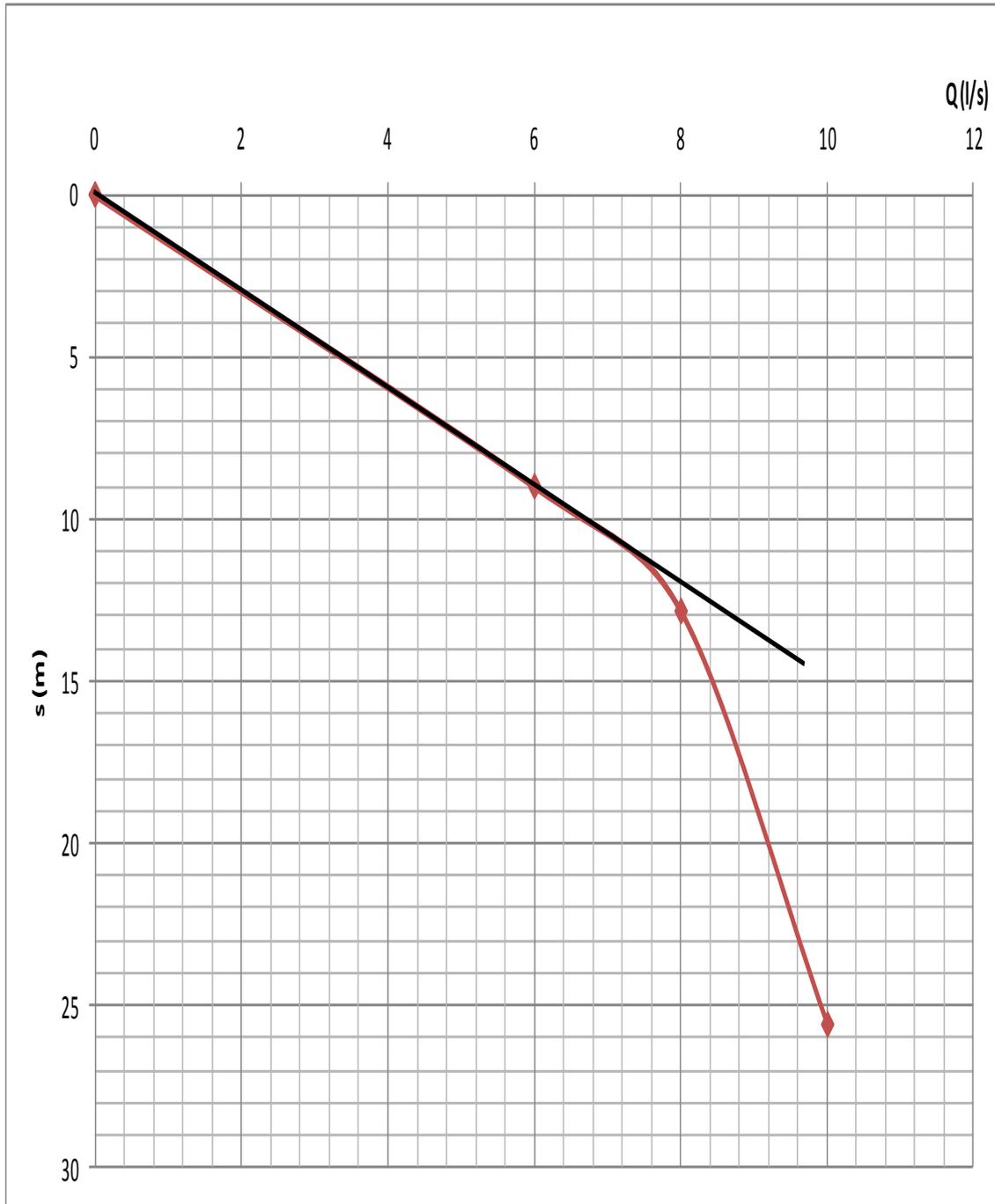


Fig.24 : Courbe caractéristique (s-Q) du forage IRE 6372/70

Forages	Q critique (l/s)	s critique (m)	Q <sub>exp</sub> (l/s)	s <sub>max</sub> admissible (m)	Débit spécifique q <sub>s</sub> (l/s.m)	Productivité (l/s)
6372/70	8,00	12,00	7,2	10,8	0,56	6,048

Tab 8 : Tableau récapitulatif des caractéristiques du forage N° IRE 6372/70

Forage N° IRE 6373/70 :

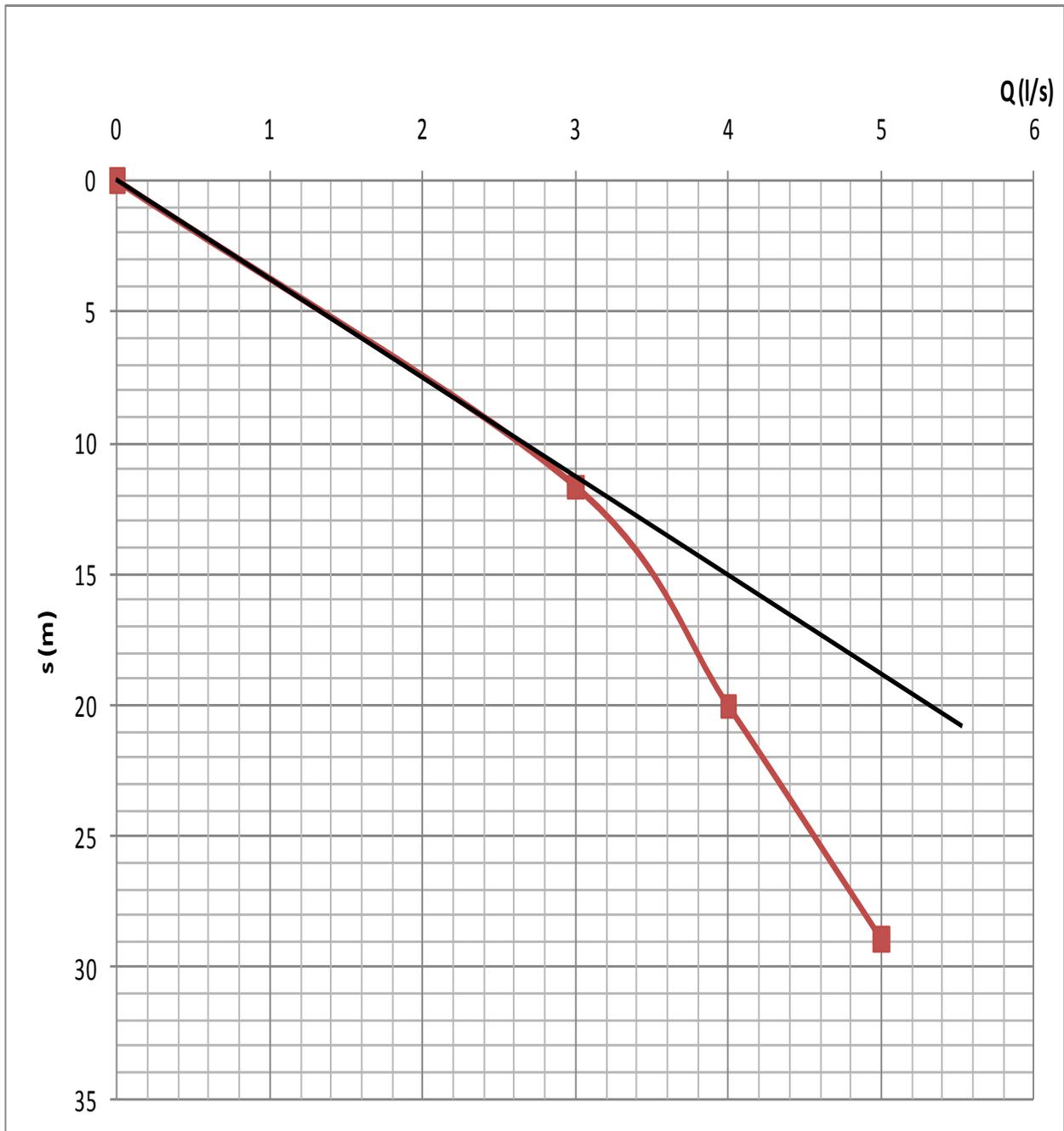


Fig.25 : Courbe caractéristique ( $s$ - $Q$ ) du forage IRE 6373/70

Forages	Q critique (l/s)	s critique (m)	Q <sub>exp</sub> (l/s)	s <sub>max</sub> admissible (m)	Débit spécifique q <sub>s</sub> (l/s.m)	Productivité (l/s)
6373/70	3,00	11,66	2,7	10,494	0,21	2,20374

Tab 9 : Tableau récapitulatif des caractéristiques du forage N° IRE 6373/70

Le tableau 10 récapitule les principaux résultats des essais de pompage réalisés au niveau des 5 forages de l'ONEP.

Forages	Q critique (l/s)	s critique (m)	Q <sub>exp</sub> (l/s)	s <sub>max</sub> admissible (m)	Débit spécifique qs (l/s.m)	Productivité (l/s)
6369/70	8,00	21,36	7,20	19,22	0,33	6,34
6370/70	8,00	18,18	7,20	16,36	0,34	5,56
6371/70	3,98	18,60	3,58	16,74	0,19	3,18
6372/70	8,00	12,00	7,20	10,80	0,56	6,04
6373/70	3,00	11,66	2,70	10,49	0,21	2,20

Tab 10 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des 5 forages gérés par l'ONEP

### B- Essais de nappe (essai de longues durées)

Ils permettent de tester le comportement de la nappe et de mesurer les caractéristiques de l'aquifère.

Ils sont exécutés par un seul palier de débit, à débit constant, prolongée durant au moins 42 heures avec un optimum de 72 heures. La remontée doit être observée pendant une durée égale. L'interprétation des données mesurées, rabattement et temps, repose sur l'emploi des expressions d'hydrodynamique en régime transitoire établies par Theis et Jacob.

Les mesures de niveau doivent être poursuivies après l'arrêt du pompage. Elles peuvent être interprétées et confirmer l'interprétation des mesures relevées en cours de pompage ou les remplacer partiellement lorsque la turbulence induite par la pompe ne permet pas d'obtenir des mesures fiables.

#### Application :

Lors de l'interpréter un pompage d'essai, le couple de données recueillie est porté sur un papier graphique semi-logarithmique :

- Les rabattements de l'eau en mètres, en ordonnées linéaires
- Les temps de pompage t pour la descente ou t/t' pour la remontée, en abscisses logarithmiques.

L'essai est valable s'il est possible de tracer une droite moyenne représentative.

A partir de ces droites, on calcule la transmissivité de la remontée et celle de la descente, avec :

$$T = (0,183 \times Q_{\text{moy}}) / \Delta s$$

Nous avons interpréter les données de l'essai (11-07-2009) relatif au forage IRE 6369/70 (Fig. 26 et 27).

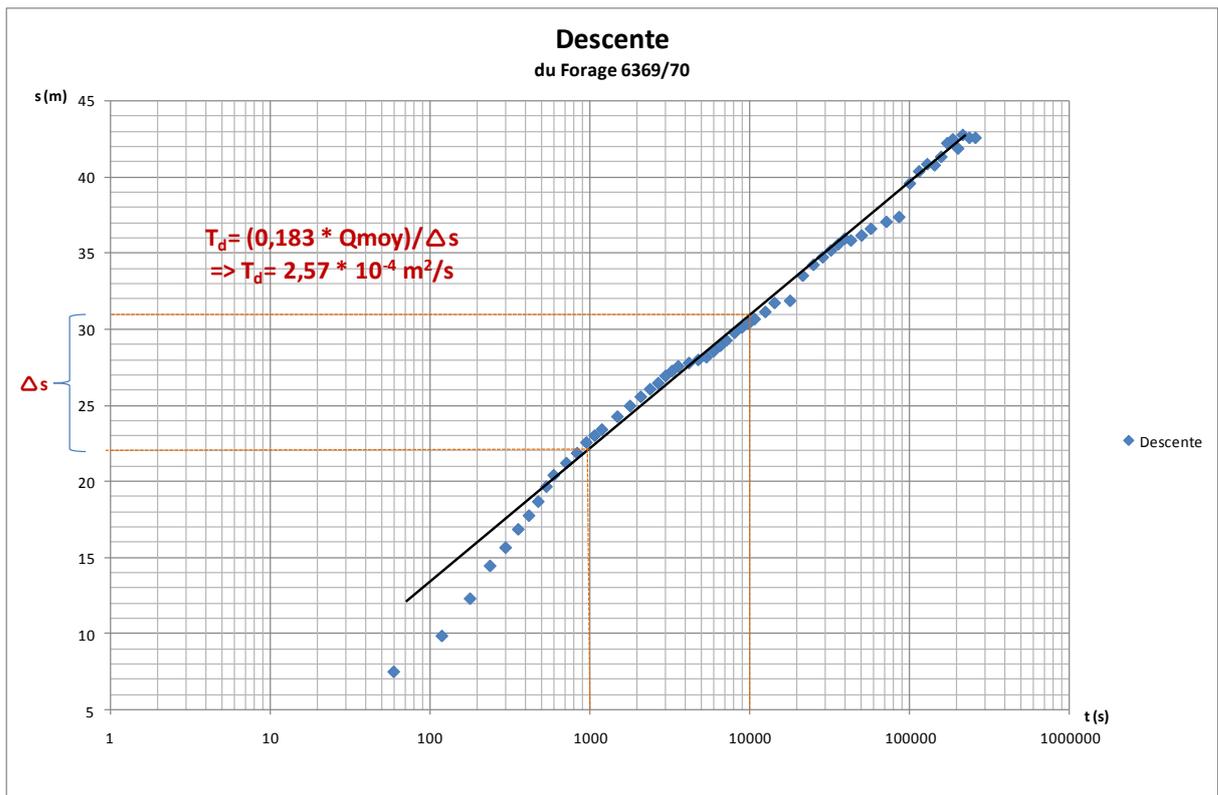


Fig.26 : Essai de nappe de long durée (72h)- Descente dans le forage IRE 6369/70

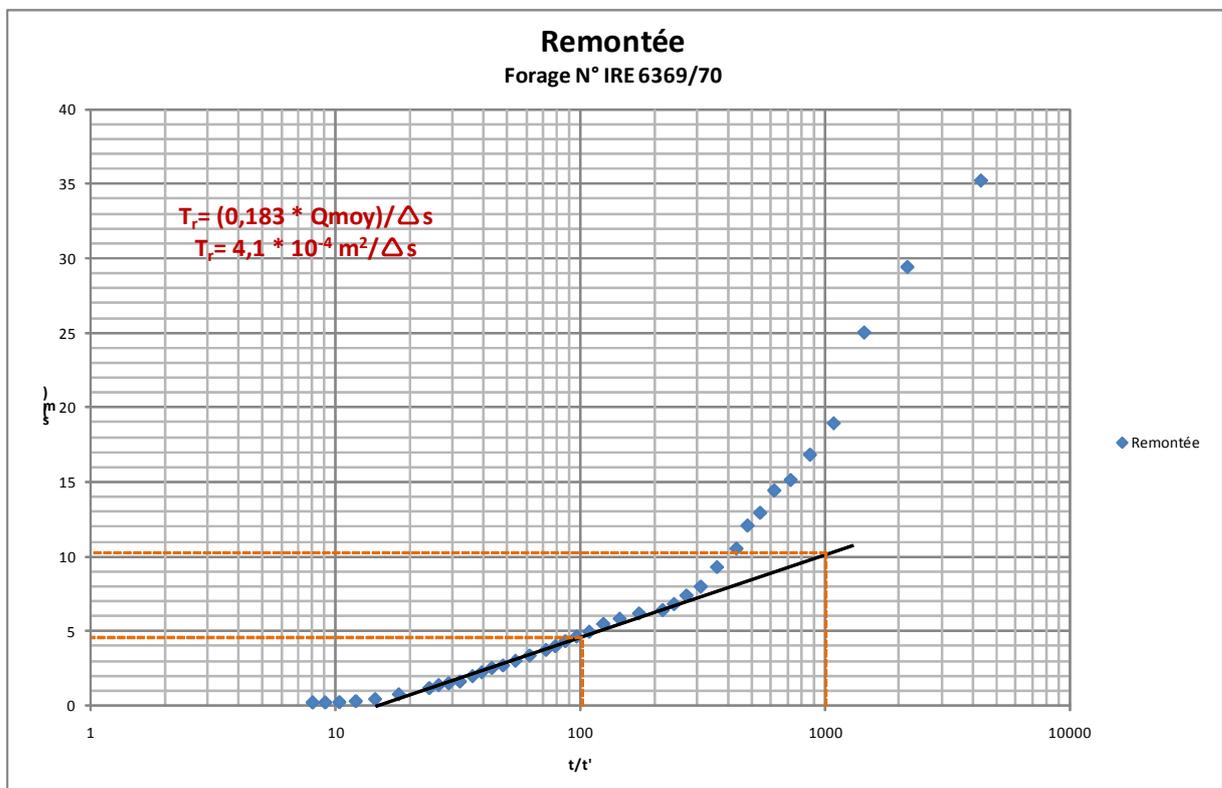


Fig.27 : Essai de nappe de long durée- Remontée dans le forage IRE 6369/7

### V.6- Etude « ressources-besoins» de la population d'EL KLEAA :

Après avoir interprété les essais de pompage, notre travail a consisté à comparer la productivité des cinq forages aux besoins en eau potable de la population de la zone d'El Kleaa. Une étude des besoins a été réalisée par l'ONEP.

Les besoins en eau potable prévus pour la population d'EL KLEAA à l'horizon de 20 ans se résument dans le tableau suivant :

Année	Statistiques		Previsions										
	1994	2004	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Population	8339	38 220	53 948	55 836	57 791	59 813	61 907	64 074	56 675	67 317	69 000	70 725	72 493
Taux de branchement %			95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
Consommation totale m <sup>3</sup> /j			3021	3127	3236	3350	3467	3588	3678	3770	3864	3961	4060
Rendement global %			81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
Besoins de pointe à la distribution l/s			53	55	57	59	61	64	65	67	68	70	72
Besoins de pointe à la production l/s			56	58	60	62	65	67	69	70	72	74	76

Tab 11 : Etude des besoins en eau de la population d'El Kleaa

L'interprétation des essais de pompage a permis de déterminer la productivité des cinq forages (Tab. 12):

Forages	Q <sub>exp</sub> (l/s)	Productivité (l/s)
6369/70	7,2	6,34
6370/70	7,2	5,56
6371/70	3,58	3,18
6372/70	7,2	6,04
6373/70	2,7	2,2
somme	<b>27,88</b>	<b>23,32</b>

Tab.12 : tableau récapitulatif des caractéristiques des cinq forages

La productivité globale des cinq forages est d'environ 23 l/s alors que les besoins en eau actuel (2010) ont été estimés à 56 l/s (Tab. 13).

<b>Besoins de la population (l/s) en 2010</b>	<b>Productivité des forages (l/s) en 2009</b>
56	23

**Tab 13 : comparaison ressources-besoins de la population d'EL KLEAA**

On remarque qu'il existe une grande différence entre les besoins de la population de la zone d'El Kleaa et la productivité des cinq forages. Celle-ci ne satisfait pas ces besoins. Il faudra donc chercher d'autres zones pour l'implantation d'autres forages, ou un autre moyen de sécurisation de l'AEP de cette ville.

## **VI- Conclusion générale**

L'alimentation en eau potable de la ville d'El Kleaa a consistée à une étude générale (hydrogéologique, géologique, géophysique) de toute la zone.

Cette étude nous a permis d'identifier les trois niveaux aquifères potentiels qui forment la nappe du Souss et de Chtouka dans le secteur d'étude :

- la « formation du Souss » (marnes et marno-calcaires) constituant la nappe superficielle,
- les formations sableuses et gréseuses
- et les calcaires turoniens.

La seconde étape a consistée à étudier la productivité de la nappe à partir de l'interprétation des essais de pompage sur les cinq forages situés au N-W de la ville. Ce qui a montré que cette batterie de forage n'est capable de fournir qu'un débit de l'ordre de 25 litres/s.

Les estimations de l'ONEP ont montré que les besoins d'El Kleaa sont actuellement de l'ordre de 56 l/s (2010) et de l'ordre de 76 l/s à l'horizon 2020.

Nous concluons que la ville d'El Kleaa nécessite d'autres sources d'alimentation en eau potable soit par:

- ✚ Fonçage d'autres forages d'exploitation et rechercher les calcaires turoniens mis en évidence par la géophysique et dont la profondeur est de 200 à 400m à proximité du forage IRE 2946/70. Ceci peut être une solution à court terme.
- ✚ Branchement au réseau d'AEP d'Ait Melloul.

## **Références bibliographiques**

- ABHSM et Resing (2005): Optimisation de la gestion de ressources en eau dans le bassin du Souss Massa. Colloque sur la gestion des ressources en eau, mai 2005.
- COMBE M. et EL HEBIL A. (1972) : Plaine du Souss, des Chtouka et de Tiznit : Vallée du Souss. Ressources en Eau du Maroc, Tome 3.Ed. Service géologique du Maroc.
- CSEC (2001) : Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat- plan directeur pour le developement des ressources en eau des bassins du Souss-Massa. Agadir 21-22 juin 2001, 9ème Session.
- DRS (Mai 2007) : Direction Régionale Du Sud : Etude d'AEP du centre d'EL KEAA commune rurale EK KLEAA préfecture Inezegane-Ait Melloul. Avant-projet sommaire. Mémoire explicatif, édition définitive Mai 2007.
- G.Castany (1982) : Principes et méthodes de l'hydrogéologie 1982.
- ABHSM (2005) : Rapport interne de l'Agence du Bassin Hydraulique du Souss Massa : Stratégie de préservation des ressources en eau souterraine dans le bassin du Souss Massa 2005.

## Liste des Tableaux

Tab. 1 : Température moyennes annuelles dans bassin du Souss Massa (Source)	8
Tab. 2 : Caractéristiques des forages gérés par l'ONEP dans la région d'El Kleaa	18
Tab. 3 : Baisse de la nappe dans la région d'El Kleaa, entre 2003 et 2009 (Source : ONEP)	25
Tab.4 : situation des forages étudiés dans la forêt d'Admine	26
Tab 5 : tableau récapitulatif des caractéristiques du forage N° IRE 6369/70	29
Tab 6 : Tableau récapitulatif des caractéristiques du forage N° IRE 6370/70	30
Tab 7 : Tableau récapitulatif des caractéristiques du forage N° IRE 6371/70	31
Tab 8 : Tableau récapitulatif des caractéristiques du forage N° IRE 6372/70	32
Tab 9 : Tableau récapitulatif des caractéristiques du forage N° IRE 6373/70	33
Tab 10 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des 5 forages gérés par l'ONEP	34
Tab 11 : Etude des besoins en eau de la population d'El Kleaa	36
Tab.12 : tableau récapitulatif des caractéristiques des cinq forages	36
Tab 13 : comparaison ressources-besoins de la population de EL KLEAA	37

## Liste des figures

<i>Fig. 1 : situation géographique de la zone du Souss Massa</i>	5
<i>Fig. 2 : la répartition des bassins versant du Souss, Massa et Chtouka, et des oueds Tamraght et Tamri dans la zone Sous Massa (ABHSM et Resing, 2005)</i>	6
<i>Fig. 3 : Situation géographique de la plaine de Souss et de Chtouka (ABHSM, 2005)</i>	7
<i>Fig. 4: Géologie de la plaine du Souss (Combe et El Hebil, 1972)</i>	10
<i>Fig. 5: Coupes géologiques à travers la plaine du Souss (Combe et El Hebil, 1972) (Position des coupes, voir Fig. 4)</i>	11
<i>Fig.6 : Carte des profondeurs / sol de la nappe du Souss (Juin 2008) (Source des données : ABHSM)</i>	13
<i>Fig. 7: Fluctuation du niveau/sol de la nappe du Souss – Partie amont (Source ABHSM)</i>	13
<i>Fig.8 : Fluctuation du niveau/sol de la nappe du Souss – Partie médiane (Source ABHSM)</i>	14
<i>Fig.9: Fluctuation du niveau/sol de la nappe du Souss – Partie médiane (Source ABHSM)</i>	14
<i>Fig.10: Piézométrie des nappes de Souss et Chtouka Décembre 2009 (données Source : ABHSM)</i>	15
<i>Fig.11 : Situation du Centre El Kleaa d'après carte topo 1/50000 de la Foret d'Admine</i>	17
<i>Fig.12: Position des forages réalisés dans la région d'El Kleaa</i>	19
<i>Fig. 13: Fluctuation mensuelle du niveau/sol de la nappe du Chtouka dans la région d'El Kleaa (Source des données : ABHSM)</i>	19
<i>Fig.14: Fluctuation trimestrielle du niveau/sol de la nappe du Chtouka au tour du Centre d'El Kleaa (Source des données : ABHSM)</i>	20
<i>Fig.15 : Piézométrie de la région d'El Kleaa – Décembre 2009 (source des donnée: ABHSM)</i>	21
<i>Fig.16: Corrélation (Coupes des forages d'après ABHSM)</i>	22
<i>Fig.17: Profil géophysique (d'après GéoAtlas et ONEP)</i>	23
<i>Fig.18: Corrélation (Coupes des forages d'après ABHSM)</i>	24
<i>Fig.19 : Baisse de la nappe au NW d'El Kleaa, entre 2003 et 2009</i>	25
<i>Fig.20 : Carte de position des forages gérés par l'ONEP dans la région d'El Kleaa</i>	26
<i>Fig.21: Courbe caractéristique (s-Q) du forage IRE 6369/70</i>	29
<i>Fig.22 : Courbe caractéristique (s-Q) du forage IRE 6370/70</i>	30
<i>Fig.23 : Courbe caractéristique (s-Q) du forage IRE 6371/70</i>	31
<i>Fig.24 : Courbe caractéristique (s-Q) du forage IRE 6372/70</i>	32
<i>Fig.25 : Courbe caractéristique (s-Q) du forage IRE 6373/70</i>	33
<i>Fig.26 : Essai de nappe de long durée (72h)- Descente dans le forage IRE 6369/70</i>	35
<i>Fig.27 : Essai de nappe de long durée (72h)- Remontée dans le forage IRE 6369/70</i>	35

## Annexes

Annexe 1 :

Le niveau statique (Profondeurs de la nappe/sol) mensuel et trimestriel dans 5 piézomètres dans le secteur d'El Kleaa.

Mois \ Forages N° IRE	859/62	1114/62	6225/70
<b>2007 J</b>	95,13	-	86,69
<b>F</b>	94,88	-	86,16
<b>M</b>	-	-	87,24
<b>A</b>	-	53,85	87,77
<b>M</b>	95,75	53,88	88,1
<b>J</b>	96,25	53,9	88,55
<b>J</b>	96,36	53,94	89,25
<b>A</b>	95,005	53,94	89,69
<b>S</b>	96,4	53,95	89,92
<b>O</b>	96,6	53,97	90,65
<b>N</b>	96,75	53,98	90,61
<b>D</b>	96,94	54	90,62
<b>2008 J</b>	97,03	54	90,65
<b>F</b>	97,29	54,03	90,62
<b>M</b>	97,38	54	90,61
<b>A</b>	97,54	54,01	90,72
<b>M</b>	97,76	54,02	90,85
<b>J</b>	97,95	54,02	91,03
<b>J</b>	98,2	54,05	91,09
<b>A</b>	98,43	54,1	91,31
<b>S</b>	98,58	54,12	91,32
<b>O</b>	98,82	54,09	91,42
<b>N</b>	99	54,06	91,54
<b>D</b>	99,16	53,98	91,63
<b>2009 J</b>	99,33	53,95	-
<b>F</b>	99,51	53,75	-
<b>M</b>	99,67	53,58	-
<b>A</b>	99,86	53,51	-
<b>M</b>	100,11	53,5	-
<b>J</b>	100,31	53,54	-
<b>J</b>	101,55	53,79	-
<b>A</b>	100,69	53,59	-
<b>S</b>	100,72	53,52	-
<b>O</b>	101,01	53,63	-
<b>N</b>	101,19	53,65	-
<b>D</b>	101,31	53,68	-
<b>2010 J</b>	101,12	53,23	-
<b>F</b>	99,85	50,29	-
<b>M</b>	-	53,1	-

Mois \ Forages N° IRE	4346/70
<b>2007 Avril</b>	66,88
<b>Mai</b>	66,92
<b>Juin</b>	66,94
<b>Juillet</b>	66,95
<b>Aout</b>	66,93
<b>Septembre</b>	66,94
<b>2008 Janvier</b>	66,65
<b>Mars</b>	66,86
<b>Juin</b>	67
<b>Septembre</b>	67,05
<b>Décembre</b>	66,44
<b>2009 Mars</b>	62,34
<b>Juin</b>	65,86
<b>Septembre</b>	66,45
<b>Décembre</b>	66,13
<b>2010 Mars</b>	50,76