

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPUTAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE CHAHID CHEIKH LARBI TEBESSI - TEBESSA  
FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

**Mémoire de fin d'étude**  
**Pour l'obtention du diplôme Master**

**Option : Hydrogéologie**

**Thème**

**IDENTIFICATION DE LA RESERVE EN EAUX  
SOUTERRAINES DANS LA PLAINE D'EL  
HAMMAMET – BOULHAF DYR  
(TEBESSA - ALGERIE)**

**Présenté par :**  
NACER Hounaida

**Dirigé par :**  
Pr HEMILA Mohammed Laid

**Devant le jury composé de :**

**Président :** Dr GUEFFAIFIA Omar

**Examineur :** Dr BENHAMADI Houcine

**Encadreur :** Pr HEMILA Mohammed Laid

**Promotion : JUIN 2024**

# **REMERCIEMENTS**

À la circonstance où s'achève la préparation de ce mémoire de fin d'étude pour l'obtention de mon diplôme de Master en hydrogéologie, il m'est agréable de remercier tous ceux qui m'ont aidé à le réaliser.

Ma grande gratitude s'adresse **Mr. Le Professeur Mohammed Laid HEMILA** pour son encadrement, son aide et ses conseils et sa disponibilité. Il m'a consacré une part importante de son temps pour mener à bien mon modeste travail qu'il a suivi avec détermination de bout en bout.

Mes très vifs remerciements s'adressent à l'ensemble des enseignants du département des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université de CHAHID CHEIKH LAARBI TEBESSI - Tébessa.

En particulier mes remerciements s'adressent à mes enseignants formateurs en hydrogéologie : **Mr Dr GUEFAIFIA Omar, Pr GOUAIDIA Layachi, Pr BAALI Fathi, Mr Pr BOUBAYA Djamel, Mr Dr BENHAMADI Houcine, Mme Dr SGHIR Karima.**

Je tiens à remercier également tous les membres du comité de jury d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Mes vifs remerciements vont également à mon préféré Ghania qui m'a encouragé tout le long de la préparation de ce modeste travail.

Il m'est également très agréable de remercier mes amis collègues.

**Mes plus vifs remerciements vont plus particulièrement :**

**A mes très chers père et mère et à mes chers frères et ma sœur**

**Sans leur aide surtout morale, ce travail ne serait pas arrivé à terme.**

# **TABLE DE MATIERES**

Page

## **INTRODUCTION GENERALE**

I. Buts et méthodologie d'étude :.....	02
II. Situation géographique de la région d'étude: .....	04

## **CHAPITRE I :**

### **APERÇUS GENERAUX SUR LA ZONE D'ETUDE**

I. Aperçu géomorphologique : .....	08
II. Aperçu hydro-climatologique : .....	08
III. Aperçu géologique et tectonique : .....	15
IV. Aperçu hydrogéologique : .....	23
V. Conclusion : .....	25

## **CHAPITRE II :**

### **STRUCTURE ET GEOMETRIE DE L'AQUIFERE**

I. Introduction :.....	27
II. Présentation des résultats de réinterprétation des profils géoélectriques :.....	28
III. Etablissement et interprétation de la carte des isopaques de l'horizon aquifère du remplissage alluvionnaire : .....	56
III.1 Etablissement de la carte des isopaques .....	56
III.2 Interprétation de la carte des isopaques :.....	56
IV. Etablissement et interprétation de la carte des isobathes du substratum de l'horizon aquifère du remplissage alluvionnaire :.....	61
IV.1 Etablissement de la carte des isobathes du substratum :.....	61
IV.2 Interprétation de la carte des isobathes du substratum :.....	61
V- Conclusion :.....	63

**CHAPITRE III :**  
**ESTIMATION DES RESERVES EN EAUX SOUTERRAINES DE**  
**L'AQUIFERE DU REMPLISSAGE ALLUVIONNAIRE**

I. Introduction :	66
II. Estimation de la réserve relative à la période des hautes eaux du cycle hydrologique 1973/1974 :	66
II.1 Présentation et interprétation de la carte piézométrique du cycle hydrologique 1973/1974 :	67
II.2 Etablissement et interprétation de la carte des isopaques d'alluvions mouillées relative à la période des hautes eaux du cycle hydrologique 1973/1974 :	69
II.3 Estimation du coefficient d'emmagasinement :	74
a) Définition :	74
b) Estimation :	74
II.4 Calcul des réserves en eaux souterraines :	75
III- Estimation des réserves en eaux souterraines relatives à la période des basses eaux du cycle hydrologique 1985/1986:	78
III.1 Présentation de la piézométrie du cycle hydrologique 1985/1986 :	78
III.2 Etablissement de la carte des isopaques d'alluvions mouillées relative à la période des basses eaux du cycle hydrologique 1985/1986 :	78
III.3 Calcul des réserves en eaux souterraines relatives à la période des basses eaux du cycle hydrologique 1985/1986 :	83
IV. Fluctuation spatio-temporelle des réserves en eaux souterraines :	83
V. Calcul et estimation des réserves en eau et des paramètres caractéristiques de la nappe relatifs au cycle hydrologique 2023/2024 :	88
VI. Conclusion :	96
<b>CONCLUSION GENERALE:</b>	<b>99</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE :</b>	<b>104</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure n° 1 Situation géographique de la plaine d'El Hammamet-Tébessa-Boulhaf Dyr par rapport au territoire Algérien.

Figure n° 2 Situation géographique de la plaine d'El Hammamet-Tébessa-Boulhaf Dyr par rapport au grand bassin versant de Medjerda et du sous bassin de Mellègue (Carte établie par l'agence nationale des ressources hydriques (A.N.R.H.).

Figure n°3 Carte géomorphologique de la plaine d'EL Hammamet dans le cadre du Bassin versant de Tébessa-Morsott.

Figure n° 4 Courbe de variabilité interannuelle des précipitations annuelles (1984/1985 - 2009/2010) - In DJELAB Mokdad.

Figure n°5 Distribution interannuelle des précipitations mensuelles de la station de Tébessa (1984/1985 - 2009/2010). - In DJELAB Mokdad.

Figure n°6 Courbe de distribution interannuelle des températures moyennes mensuelles (1984/1985 - 2009/2010). - In DJELAB Mokdad.

Figure n°7 Carte géologique de Tébessa (Feuille 206)

Figure n° 8 Esquisse géologique de la zone d'étude (établie par DUROZOY G. 1949 et reprise par KOWALSKI W.M. 1997).

Figure n° 9 Log lithostratigraphique synthétique de la géologie de la plaine d'El Hammamet-Tébessa.

Figure n° 10 Carte de position des forages implantés dans la plaine d'El Hammamet-Tébessa - Boulfaf Dyr

Figure n° 11 Carte de position des sondages électriques verticaux et des forages dans la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr

Figure n° 12 Profil géoélectrique I

Figure n° 13 Profil géoélectrique J

Figure n° 14 Profil géoélectrique K

Figure n° 15 Profil géoélectrique L

Figure n° 16 Profil géoélectrique M

Figure n° 17 Profil géoélectrique N

Figure n° 18 Profil géoélectrique O

Figure n°19 Profil géoélectrique P

Figure n° 20 Profil géoélectrique Q

Figure n° 21 Profil géoélectrique R

Figure n° 22 Profil géo électrique F (Cuvette de Tébessa)

Figure n° 23 Profil géoélectrique G (Cuvette de Tébessa)

Figure n° 24 Profil géoélectrique H (Cuvette de Tébessa)

Figure n°25 Profil géoélectrique I (Cuvette de Tébessa)

Figure n° 26 Profil géoélectrique J (Cuvette de Tébessa)

Figure n° 27 Profil géoélectrique K (Cuvette de Tébessa)

Figure n°28 Profil géoélectrique L (Cuvette de Tébessa)

Figure n° 29 Profil géoélectrique M (Cuvette de Tébessa)

Figure n° 30 Profil géoélectrique N (Cuvette de Tébessa)

Figure n° 31 Profil géoélectrique O (Cuvette de Tébessa)

Figure n° 32 Profil géoélectrique P (Cuvette de Tébessa)

Figure n° 33 Carte des isopaques du substratum de l'aquifère alluvionnaire dans la zone d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr

Figure n° 34 Carte des isobathes du substratum de l'aquifère alluvionnaire dans la zone d'El Hammamet -Tébessa - Boulhaf Dyr

Figure n° 35 Carte piézométrique de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet – Tébessa-Boulhaf Dyr (Cycle hydrologique 1973/1974)

Figure n° 36 Carte des isopaques des alluvions mouillées (charge hydraulique) de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet -Tébessa - Boulhaf Dyr (Cycle hydrologique 1973/1974)

Figure n° 37 Carte piézométrique de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr (Cycle hydrologique 1985/1986).

Figure n° 38 Carte des isopaques des alluvions mouillées (charge hydraulique) de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr relatives au cycle hydrologique 1985/1986.

Figure n° 39 Carte de fluctuation de la nappe alluvionnaire dans la zone d'El Hammamet – Tébessa - Boulhaf Dyr entre les cycles hydrologiques 1973/1974 et 1985/1986

Figure n° 40 Carte piézométrique de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet – Tébessa - Boulhaf Dyr estimée (calculée) relative au cycle hydrologique 2023/2024

Figure n° 41 Carte de fluctuation de la nappe alluvionnaire entre les cycles hydrologiques 1973/1974 et 2023/2024 dans la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr (Est Algérien).

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 Données pluviométrique en mm enregistrées au niveau de la station météorologique de Tébessa sur une période de vingt-six (26) cycles hydrologiques (1984/1985 – 2009/2010).

Tableau n°2 Données de température en °C enregistrées au niveau de la station météorologique de Tébessa sur une période de vingt-six (26) cycles hydrologiques (1984/1985 – 2009/2010).

Tableau n°3 Bilan hydrique du bassin versant de Tébessa selon la méthode de G.W. THORNTWAITE sur une période de vingt-six (26) cycles hydrologiques (1984/1985 2009/2010).

Tableau n°4 Inventaire des forages implantés dans la plaine d'El Hammamet-Tébessa-Boulhaf Dyr (Algérie).

Tableau n°5 Matrice de la piézométrie relative à la période des hautes eaux du cycle hydrologique 1973/1974 de la plaine d'El Hammamet-Tébessa-Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Tableau n°6 Matrice de la charge hydraulique relative à la période des hautes eaux du cycle hydrologique 1973/1974 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa-Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Tableau n° 7 Tableau récapitulatif de détermination du coefficient d'emmagasinement par analogie des valeurs de résistivités spécifiques des couches.

Tableau n°8 Matrice d'estimation du coefficient d'emmagasinement de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr (Est Algérien)

Tableau n°9 Matrice d'estimation de la réserve en eau, exprimée en million de mètre cube, relative à la période des hautes eaux du cycle hydrologique 1973/1974 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr (Est Algérien)

Tableau n° 10 Matrice de la piézométrie relative à la période des basses eaux du cycle hydrologique 1985/1986 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet-Tébessa-Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Tableau n° 11 Matrice de la charge hydraulique relative à la période des basses eaux du cycle hydrologique 1984/1985 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Tableau n° 12 Matrice d'estimation de la réserve en eau, exprimée en million de mètre cube, relative à la période des basses eaux du cycle hydrologique 1984/1985 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Tableau n° 13 Matrice de fluctuation de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa- Boulhaf Dyr (Est Algérien) du cycle hydrologique 1973/1974 à celui du 1985/1986 (Est Algérien).

Tableau n° 14 Matrice d'estimation de déstockage en eau souterraine entre le cycle hydrologique 1973/1974 et celui du 1985/1986, exprimé en million de mètre cube, de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa- Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Tableau n° 15 Résultats récapitulatifs du bilan des réserves d'eaux souterraines de l'aquifère alluvionnaire dans la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Algérie).

Tableau n°16 Matrice d'estimation de la réserve en eau, exprimée en million de mètre cube, relative au cycle hydrologique 2023/2024 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet- Tébessa - Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Tableau n° 17 Matrice d'estimation de la charge hydraulique en eau relative au cycle hydrologique 2023/2024 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet – Tébessa- Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Tableau n° 18 Matrice d'estimation des côtes piézométriques relative au cycle hydrologique 2023/2024 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Tableau n° 19 Matrice d'estimation de la fluctuation de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr (Est Algérien) du cycle hydrologique 1973 /1974 à celui 2023/2024 (Est Algérien).

Tableau n° 20 Matrice d'estimation de la profondeur de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr (Est Algérien) relative au cycle hydrologique 2023/2024(Est Algérien).



## RESUME

Le sujet d'étude réalisé rentre dans le cadre de l'identification de la potentialité hydraulique souterraine dans la partie sud ouest du bassin versant de Tébessa - Morsott. Notre tâche principale est d'estimer la réserve en eaux souterraines dans la plaine d'El Hammamet – Tébessa - Boulhaf Dyr.

Comme résultats d'application d'une approche d'analyse et de traitement des anciennes données géophysiques, par étalonnage aux cuttings des forages et aux affleurements, et celles de la fluctuation du plan d'eau souterrain, la réserve en eaux souterraines de la nappe du remplissage alluvionnaire a été estimée, selon une variante plus pessimiste dans la détermination des paramètres de base, à :

- 4,894 milliards de mètre cube pour le cycle hydrologique 1973/1974,
- 4,81 milliards de mètre cube pour le cycle hydrologique 1985/1986.

En cette période de douze cycles hydrologiques, l'abaissement général du plan d'eau souterrain a provoqué, sur une superficie d'environ 180 km<sup>2</sup>, un déstockage d'eau de la nappe de 84,487 millions de mètre cube correspondant à une moyenne interannuelle de 7,04 millions de mètre cube, il représente à l'échelle d'une maille d'un kilomètre carré de 39114,35 mètre cube par an.

La projection de ces réserves pour le cycle hydrologique 2023/2024, a donné une diminution importante de cette réserve d'environ 352,03 millions de mètre cube ( $352,03 \times 10^6$  m<sup>3</sup>), calculée sur une période de 50 ans (1973/1974 à 2023/2024).

Cette situation déficitaire en eau souterraine en cette localité est certainement due à la longue période de sécheresse, que notre pays a vécu et à l'intensification des pompages par les forages implantés en ces derniers temps pour satisfaire le besoin des différents usages de l'eau.

Il est évidemment nécessaire à mentionner que cette situation estimée de l'état actuel des réserves (Cycle hydrologique 2023/2024) est très hypothétique et ne peut refléter la réalité qu'à partir de sa vérification avec les mesures réelles du niveau du plan d'eau sur tous les points d'eau existants.

Alors, ces résultats de calculs ne seront crédibles et représentatifs de la réalité du comportement de cette nappe alluvionnaire qu'à partir d'un bon calage caractérisé par un écart très faible entre les niveaux calculés et ceux mesurés du plan d'eau souterrain de la nappe en question.

## ملخص

يندرج موضوع الدراسة في إطار تحديد الإمكانيات المائية الجوفية بالجزء الجنوبي الغربي من حوض تبسة – مرسط. مهمتنا الرئيسية تتمثل في تقدير احتياطي المياه الجوفية في سهل الحمامات – تبسة – بولحاف دير.

كنتيجة لتطبيق مقاربة تقنية في تحليل ومعالجة البيانات الجيوفيزيائية القديمة، من خلال عملية المقارنة مع عينات التربة التي أخذت على مستوى الآبار ومع نوعية الصخور للطبقات الأرضية الظاهرة على السطح، وكذلك المعطيات القديمة لتغير المنسوب الجوفي للمياه، تم تقدير بالتقريب احتياطي المياه الجوفية للمنطقة، وفقاً لسيناريو أكثر تشاؤماً في تحديد العناصر الأساسية، على النحو التالي :

• 4.894 مليار متر مكعب للدورة الهيدرولوجية 1974/1973.

• 4.81 مليار متر مكعب للدورة الهيدرولوجية 1986/1985.

وخلال فترة اثني عشرة دورة هيدرولوجية، أدى الانخفاض العام في مستوى المياه الجوفية، على مساحة حوالي 180 كيلومتر مربع، إلى خفض المخزون من طبقة المياه الجوفية بمقدار 84.487 مليون متر مكعب وهو ما يعادل 7.04 مليون متر مكعب في كل سنة، والذي يمثل على حد الكيلومتر المربع الواحد 39114.35 متر مكعب سنوياً.

وعملية حساب توقعات المخزون للدورة الهيدرولوجية 2024/2023، أعطت انخفاضا مهما بنحو 352.03 مليون متر مكعب تم احتسابها على فترة 50 عاما من 1974/1973 إلى 2024/2023 . ومن المؤكد أن حالة العجز في المياه الجوفية بهذه المنطقة ترجع إلى فترة الجفاف الطويلة التي تضرب بلادنا وإلى تكثيف ضخ المياه على مستوى الآبار التي تم تركيبها لتلبية احتياجات مختلف مستخدمي المياه بالمنطقة.

ومن الواضح أنه من الضروري الإشارة إلى أن هذا الوضع التقديري للوضع الحالي للمخزون (الدورة الهيدرولوجية 2024/2023) افتراضي للغاية ولا يمكن أن يعكس الواقع إلا من خلال التحقق منه بالقياسات الفعلية والحقيقية لمستوى المنسوب الجوفي على جميع نقاط المياه الموجودة.

وفي الأخير، فإن هذه النتائج الحسابية لن تكون ذات مصداقية وممثلة لواقع سلوك هذه المائدة الجوفية إلا بتوافق وتتطابق جيد مع فارق ضئيل جدا بين المستوى المحسوب وذلك المقاس لمنسوب سطح الماء لهذه المائدة الجوفية المعنية.

## **ABSTRACT**

The subject of study carried out falls within the framework of the identification of the underground hydraulic potential in the south-western part of the Tebessa - Morsott watershed. Our main task is to estimate the groundwater reserve in the plain d'El Hammamet – Tébessa - Boulhaf Dyr.

As results of application of an approach to analysis and processing of old geophysical data, by calibration to drilling cuttings and outcrops, and those of the fluctuation of the underground water body, the groundwater reserve of the aquifer of the alluvial filling was estimated, according to a more pessimistic variant in the determination of the basic parameters, at:

- 4.894 billion Cubic meters for the 1973/1974 hydrological cycle,
- 4.81 billion Cubic meters for the 1985/1986 hydrological cycle.

During this period of twelve hydrological cycles, the general lowering of the underground water body caused, over an area of approximately 180 km<sup>2</sup>, a destocking of water from the aquifer of 84.487 million cubic meters corresponding to an inter year average of 7.04 million cubic meters, it represents on the scale of a square kilometer grid of 39114.35 cubic meters per year.

The projection of these reserves for the 2023/2024 hydrological cycle, gave a significant decrease in this reserve of approximately 352.03 million cubic meters, calculated over a period of 50 years (1973 /1974 to 2023/2024).

This groundwater deficit situation in this locality is certainly due to the long period of drought that our country has experienced and to the intensification of pumping by boreholes installed in recent times to satisfy the needs of different water users.

It is obviously necessary to mention that this estimated situation of the current state of the reserves (Hydrological cycle 2023/2024) is very hypothetical and can only reflect reality from its verification with the actual measurements of level water plan on all existing water points.

Then, these calculation results will only be credible and representative of the reality of the behavior of this alluvial aquifer from a good calibration characterized by a very small difference between the calculated levels and those measured of the underground water body of the tablecloth in question.

# **INTRODUCTION GENERALE**

## II. Buts et méthodologie d'étude :

Dans le cadre de la réalisation de mon projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en hydrogéologie, j'ai choisi un sujet d'étude, qu'il a été proposé par mon encadreur, ayant un but principal d'identification de la potentialité hydraulique souterraine dans la partie sud ouest du bassin versant de Tébessa Morsott. La tâche principale est de faire une synthèse des études géophysiques et hydrogéologiques entrepris dans cette région afin d'estimer les réserves en eau souterraines dans l'espace de la plaine d'El Hammamet – Tébessa – Boulhaf Dyr sur une superficie d'environ 320 km<sup>2</sup>.

Par manque des moyens matériels et financiers, nous étions dans l'obligation de choisir une approche d'analyse et de traitement des anciennes données en cherchant selon un raisonnement logique une certaine fiabilité des résultats de calculs.

Alors, nous avons adopté une méthodologie d'étude à deux étapes :

- La première étape s'est la caractérisation de la structure de l'aquifère alluvionnaire, c'est-à-dire on doit définir sa lithologie et sa géométrie ainsi que leurs variabilités spatio-temporelles. A ce niveau, nous avons exploité les données de deux grandes campagnes de prospection géophysique, à savoir :
  - La première campagne a été réalisée, en 1970 par la compagnie générale de la géophysique (C.G.G), sur l'étendue de la plaine Morsott – Tébessa – Bekkaria. Nous avons utilisé cent cinquante huit (158) sondages électriques verticaux, répartis sur onze (11) profils géoélectriques allant du profil « F » jusqu'au profil « P »,
  - La deuxième campagne a été réalisée, en 1978 par la compagnie STRAJEXPORT PRAGUE, sur l'espace de la plaine d'EL Hammamet. Nous avons utilisé cent neuf (109) sondages électriques verticaux répartis sur dix (10) profils géoélectriques allant du profil « I » jusqu'au profil « R »,

Comme technique d'analyse, nous avons réemployé les résultats de réinterprétation de ces vingt et un (21) profils géoélectriques, trouvés en 2017 et 2022 par les collègues BENDAKOUM M., AYACHI S. et LAADJEL A. sous l'encadrement de mon encadreur Professeur HEMILA M. L.. A ce niveau nous avons revu les réinterprétations de ces profils et nous avons apporté les corrections nécessaires et rectifié les défaillances apparues et rencontrées.

- La deuxième étape ; s'est l'estimation de la variation des réserves de cette nappe alluvionnaire à la limite de la zone d'étude en prenant en considération la géométrie de l'aquifère. Le travail de calcul, pour la détermination de la charge hydraulique et sa

variabilité spatio-temporelle, a été fait sur la base de traitement des anciennes données piézométriques relatives à de deux levés piézométriques, à savoir :

- La carte piézométrique établie, par l'A.N.R.H en période des hautes eaux du cycle hydrologique 1973/1974,
- La carte piézométrique dressée, par Pr HEMILA Mohammed Laid en période des basses eaux du cycle hydrologique 1985/1986, sur la base d'un inventaire réalisé en octobre 1985 de tous les puits domestiques implantés dans la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Morsott.

Comme procédé de travail, nous avons choisi un découpage de la plaine en mailles carrées de un kilomètre carrés (01 km<sup>2</sup>) pour chaque maille en raison de l'existence d'un réseau non dense de points d'eau. Dans nos calculs, nous avons utilisé un scénario que nous le considérons le plus pessimiste dans les choix d'une part des valeurs du coefficient d'emmagasinement, qui normalement doit être déterminé par les essais de pompages sur station de pompage équipée d'un puits principal et de piézomètres, et d'autre part des valeurs de la charge hydraulique où le substratum de l'aquifère reste non détecté dans des endroits.

Le manuscrit de cette étude peut être présenté en trois chapitres, à savoir :

- Dans le premier chapitre, nous présentons dans un contexte général la zone d'étude des points de vue géomorphologique, géologique, hydroclimatologique et hydrogéologique,
- Dans le deuxième chapitre, nous exposerons la géométrie de l'aquifère : son extension horizontale et verticale, ainsi que la variabilité spatiale de la nature lithologique de son matériau,
- Dans le troisième et dernier chapitre, nous évoquerons la potentialité aquifère par une approche d'estimation des réserves en eaux souterraines et leurs fluctuations spatio-temporelles en fonction des caractéristiques hydrodynamiques propres de cet aquifère.

A la fin de cette tentative d'étude, nous dégagerons dans la conclusion générale les synthèses trouvées et nous suggérons dans le cas d'une perspective de recherche et d'étude plus exhaustive, un programme complémentaire d'acquisition des nouvelles données qui permettra de bien identifier, à la limite de la zone d'étude, le potentiel hydraulique souterrain à travers une situation actuelle d'écoulement et du stock de la nappe.

## II. Situation géographique de la région d'étude:

La plaine d'El Hammamet- Tébessa- Boulhaf Dyr s'allonge sur une superficie ne dépassant pas 312 km<sup>2</sup> avec 26 km de longueur et 12 km de largeur, elle constitue la partie sud ouest du bassin versant de Tébessa- Morsott qui se trouve à l'extrémité nord est du territoire Algérien et fait partie du grand bassin versant de Medjerda et du sous bassin versant de Méllègue (Figure n° 01 et 2). Cette plaine est délimitée:

- Au nord, par Halloufa, El Haria, Ain Hamadja, village de Boulhaf Dyr et Djebel Guenifida ;
- Au sud, par Djebel Es Senn, Djebel El Gaagaa, Djebel Bouziane-Tabia, Djebel Stah, Djebel Mestiri et Djebel Doukane ;
- A l'est, par le tracé arbitraire qui raccorde la ville de Tébessa-Hanchir El Kelba, Ain Djabbia ;
- A l'ouest par H<sup>r</sup> el Khenafid, Draa Mzahizla, Ain Moussa et Koudiat el Arar.

De point de vue administratif, cette zone d'étude est la jonction de trois communes El Hammamet, Tébessa et Boulhaf Dyr.

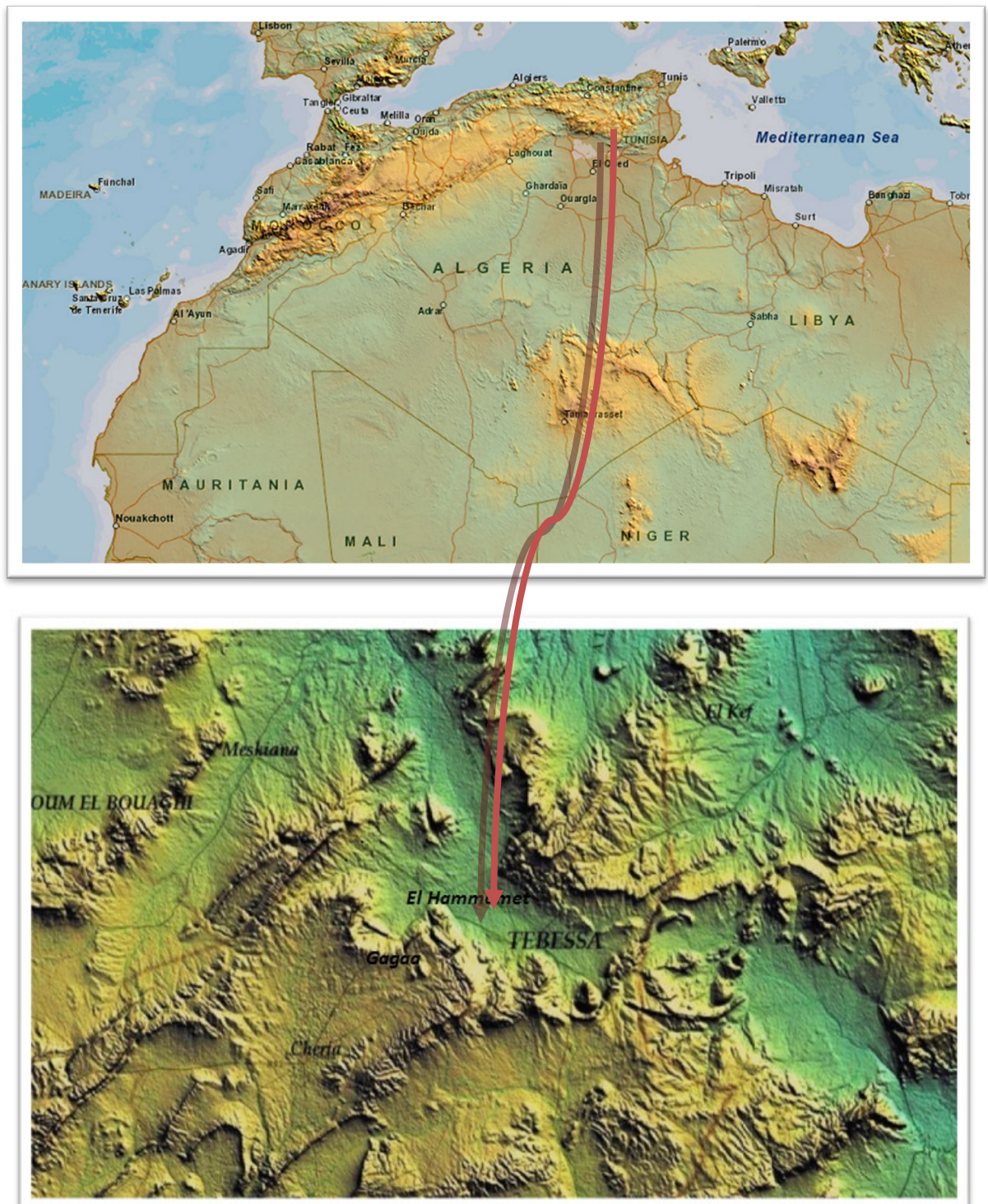


Figure n° 1: Situation géographique de la plaine d'El Hammamet-Tébessa-Boulhaf Dyr par rapport au territoire Algérien.



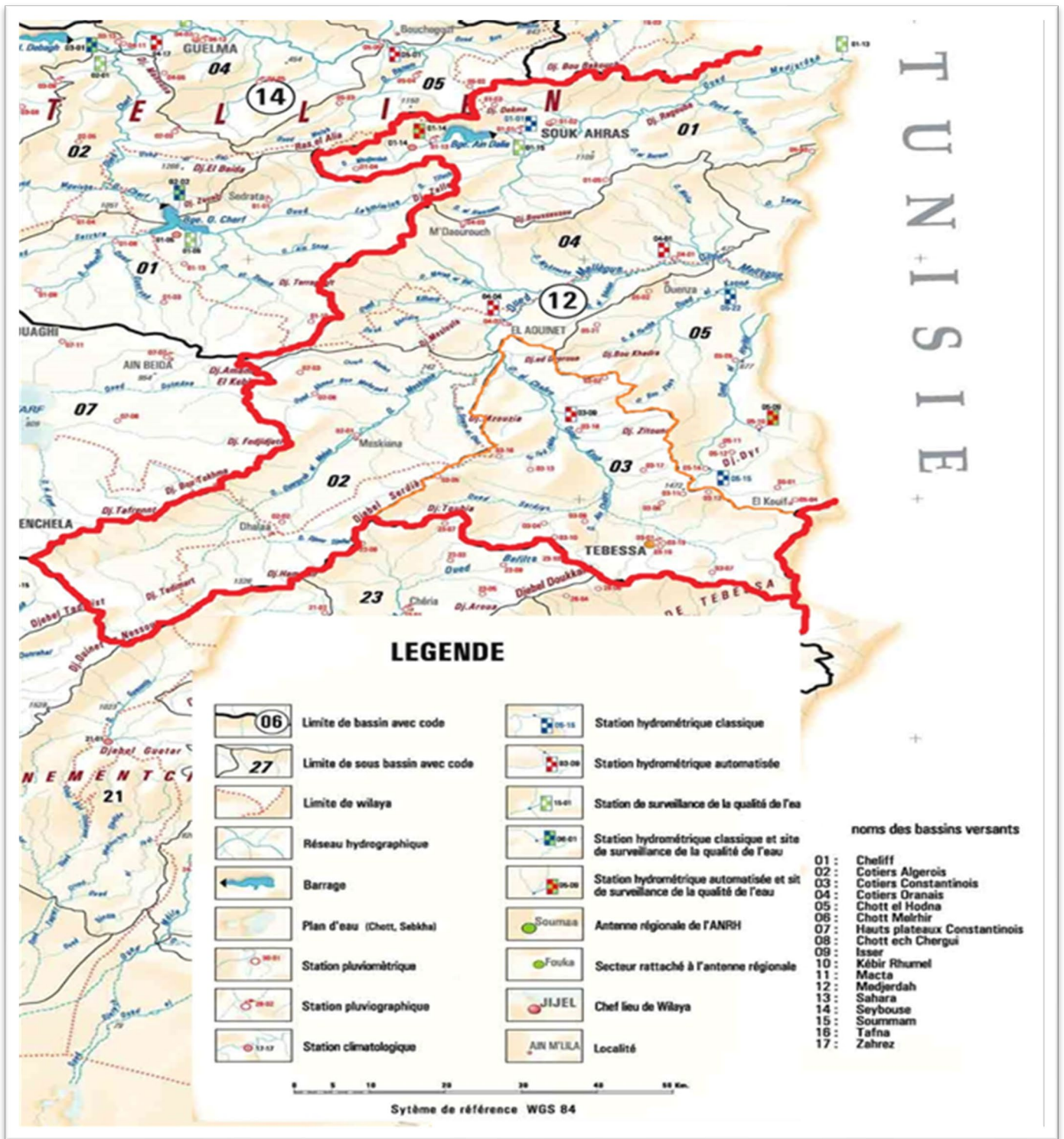


Figure n° 2: Situation géographique de la plaine d'El Hammamet-Tébessa-Boulhaf Dyr par rapport au grand bassin versant de Medjerda et du sous bassin de Mellègue (Carte établie par l'agence nationale des ressources hydriques (A.N.R.H.).

**CHAPITRE I :**  
**APERÇUS GÉNÉRAUX SUR LA ZONE D'ÉTUDE**

## **I. Aperçu géomorphologique :**

La plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr constitue la partie amont ouest du bassin versant de Tébessa – Morsott. Ce dernier se présente comme un grand fossé d'effondrement recoupant orthogonalement des plis d'axe sud ouest – nord est. Des grandes fractures, disloquant ces structures anciennes, ont naturellement accompagné l'enfoncement du grand graben. Cette plaine est entourée de part et d'autre de masses calcaires assez élevées :

- au sud les Djebels Troubia, Es Senn, El Gagaa, Bouziane, Stah, Mestiri et Doukane,
- au nord, les Djebels du synclinal perché de Dyr et Djebel Belkfif.

Ces masses calcaires sont séparées par des dépressions creusées dans les marnes de la série Crétacée (Figure. n° 3).

Cette plaine représente donc une culminance de grandes falaises carbonatées des versants, elle est formée par un remplissage alluvionnaire très épais souvent à sédiments plus grossiers au pieds des versants et plus fins aux centres des dépressions. La chaîne montagneuse est caractérisée par des hautes altitudes atteignant 1456 m à Djebel Troubia, 1353 m à Djebel El Gagaa, 1254 m à Djebel Es Senn, 1321 m à Djebel Bouziane, 1027 m à Djebel Stah, 1338 m à Djebel Mestiri, 1712 m à Djebel Metagunaro - Doukane, 1150 m à Djebel Guenifida. Les crêtes et les falaises sont bien dégagées par le phénomène érosif. Les principaux cours d'eau qui draine les eaux de surface sont :

- l'oued Serdiess à l'ouest, qui traverse la plaine d'El Hammamet selon une direction préférentielle sud ouest - nord est avec une très faible dénivelée.
- l'oued El Kebir –Chabroo, qui traverse la plaine de la Merdja jusqu'à la sortie de la plaine de Boulhaf Dyr avec une dénivelée faible de 39 m entre les limites sud est et nord de la zone d'étude.

## **II. Aperçu hydro-climatologique :**

Les études hydro-climatologiques réalisées antérieurement par plusieurs auteurs ont confirmé la semi aridité du climat dans la région de Tébessa dont leurs paramètres hydrologiques varient considérablement d'une façon très irrégulière dans le temps et dans l'espace.

En 2011, un travail d'analyse hydro climatologique a été entrepris par le défunt DJELAB Mokdad sur la base des données de la station météorologique de Tébessa implantée selon les coordonnées Lambert X=991.9, Y=247.2 et Z = 890 m.

En effet, la disponibilité des données pluviométriques sur une période de vingt-six (26) cycles hydrologiques (de 1984/1985 à 2009/2010 - Tableau n°1 et 2), récoltées de l'agence

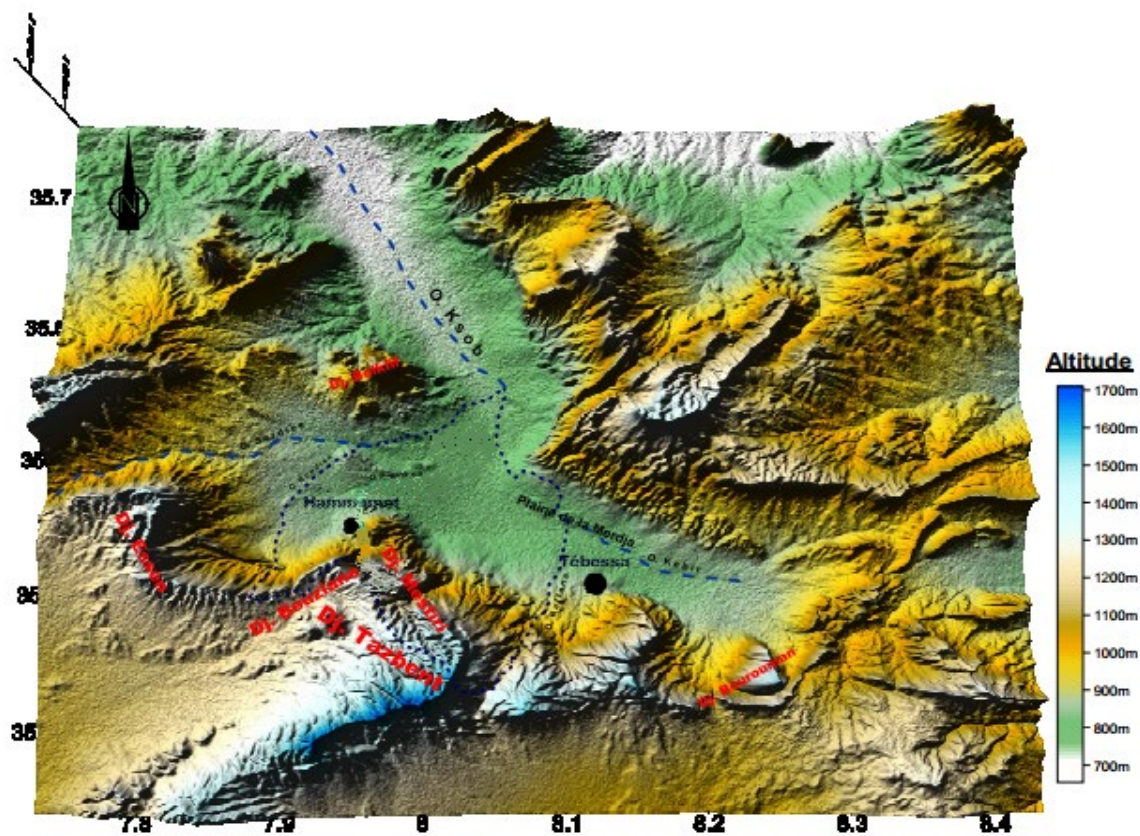


Figure n°3 : Carte géomorphologique de la plaine d'El Hammamet-Tébessa-Boulhaf Dyr dans le cadre du Bassin versant de Tébessa-Morsott.

Années/Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
1984-1985	9,9	23,6	15,3	47,3	22,9	92,4	46,6	17,6	57,9	24,9	0	5,6	364
1985-1986	67,1	15,1	3,1	4,4	26	11,3	58,1	2,6	18,7	10,1	63	3,1	282,6
1986-1987	25,8	42,9	36,6	19,7	8	27,6	52,4	12,1	23,1	1	30,5	2,2	281,9
1987-1988	7,7	17,4	29,5	11,8	20,1	27,4	28,9	24,7	49,1	69	1	3,1	289,7
1988-1989	15,6	17,3	28,5	33,3	22	12,2	15,6	16,8	4,1	89	10,7	68,2	333,3
1989-1990	29,1	14,1	15	11,1	117,2	17,4	34,1	52,6	79	11,1	24,7	78,8	484,2
1990-1991	23,3	13,9	81,4	65,6	24	5,4	73,9	32,5	74,7	16,6	2,4	65,6	479,3
1991-1992	79	22,8	30,1	20,8	30,7	29,3	26,1	19,6	69,1	24,4	7,5	2,8	362,2
1992-1993	32,2	29,3	45,9	30,2	2,5	29,9	3,1	4,3	18,6	17,4	10,9	7	231,3
1993-1994	22,7	4,2	16,8	28,7	31	23,9	20,1	23,3	41	4	6,9	11	233,6
1994-1995	7,2	94,6	1,1	6,8	26,2	3	37,8	22,1	27	39,6	1,7	44,1	311,2
1995-1996	171,8	39,7	34,3	22,7	30,8	88	67,4	62,9	30,2	41,7	19,6	30	639,1
1996-1997	13,1	7,2	6,9	15	30,1	9,3	20,9	51,3	25,4	26,6	27,5	25,2	258,5
1997-1998	51,3	62,7	39,3	23,5	22,3	102	34	29,2	16,7	38,1	0	15,6	434,7
1998-1999	78,6	36,2	55,1	15,4	71,8	11,7	48,7	15,4	30,9	16,9	18,9	33,7	433,3
1999-2000	22,1	81,5	73,7	34,54	6,6	4,1	10	14,7	86,5	78,1	21,6	18,8	452,24
2000-2001	51,8	18,3	17	13,7	27,1	15,8	15,1	2,7	49,3	2,4	7,6	10	230,8
2001-2002	56,6	17,5	23,3	7,8	17	11,8	9,7	29	42,8	23,9	60,5	93	392,9
2002-2003	36,5	40,5	76,4	30,3	127	38,9	18	97,8	29,2	9,5	2,8	23,1	530
2003-2004	70,2	45,5	17,5	168	20,6	3,2	91,2	24,9	49,7	91,6	16,4	44	642,8
2004-2005	23,3	25,5	117	59,9	29,2	33,9	30,9	22,5	2,1	40,8	1,4	46,6	433,1
2005-2006	39	118,3	31,6	77,3	39	14,4	5,5	49,3	40,5	26,9	8,4	39,7	489,9
2006-2007	19	15,5	4	63,2	5,5	11	61	82	48,5	46,5	30,2	54,4	440,8
2007-2008	57	15,4	9,3	32	8,5	14	46,5	28	67,4	12,9	5,5	18,7	315,2
2008-2009	104	52	15	53,7	99,5	11,8	33,7	144,1	72,7	0	23	12,7	622,2
2009-2010	113,8	3,1	2	7,4	38,7	3,3	21,5	80,1	35	25,9	20,2	2,4	353,4
<b>Moy. Mensuel</b>	47,22	33,6	31,76	34,77	34,78	25,11	35,03	37	41,89	30,34	16,26	29,21	396,97

Tableau n°1 : Données pluviométrique en mm enregistrées au niveau de la station météorologique de Tébessa sur une période de vingt-six (26) cycles hydrologiques (1984/1985 – 2009/2010).

Mois/ Années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy. Annuel
1984-1985	20,6	14,5	12	6,4	5,4	10,4	8,3	14,2	16,9	25,1	27,7	25,6	15,59
1985-1986	20,4	15,7	13	8	6,3	8,1	9,4	13,7	19,9	22	25	26,8	15,69
1986-1987	21	16,6	10,2	6,4	6,3	7,7	8,8	14,3	16,7	24,3	26,7	27,9	15,57
1987-1988	23,6	19,3	10,7	10,5	8,2	7,4	9,9	14,8	21	22,5	28	26,7	16,88
1988-1989	20,6	18,2	11,6	5,8	5,4	7,2	11,5	13,7	18,2	20,9	25,6	26,1	15,4
1989-1990	22,2	15,5	13,4	10,7	6,7	10,4	10,4	12,7	17,2	25,4	24,9	22,5	16
1990-1991	24,1	20	11,5	5,5	5,5	6,8	11,6	10,4	14,2	21,9	26,3	25,6	15,28
1991-1992	21,8	16,7	10,6	5,5	4,7	6,7	9,4	11,8	16,3	20,9	23,9	25,7	14,5
1992-1993	21,9	18	21,1	7,8	5,2	5,6	8,7	13,9	18,2	24,8	26,8	27	16,58
1993-1994	22,3	19,1	11,1	7,7	7,5	8,9	11,9	11,85	21,9	24,2	27	28,6	16,84
1994-1995	23,6	16,7	13,2	8,1	5,7	10,3	9,2	12,7	20,1	22,9	27,1	24,6	16,18
1995-1996	21,1	16,3	11,3	9,8	9	6,3	10,1	12,4	18,2	20,8	25,9	26,6	15,65
1996-1997	20,3	15	12,4	10,2	8,7	6,3	9,3	1,2	20,4	26,6	27,5	25,2	15,26
1997-1998	20,5	17	11,5	8,5	7,2	9,3	9,8	15,1	17,7	24,6	27,8	25,7	16,23
1998-1999	23,2	15	10,2	6,3	7,1	8,2	10,2	14,9	28,1	25,8	26,2	28,9	17,01
1999-2000	23,6	19,2	11,1	7,1	4,1	7,8	11,7	16,1	21	22,4	27,5	26,8	16,53
2000-2001	22,1	15,9	12,8	9,4	8	7,5	15,6	14	19,6	25	28,4	27,1	17,12
2001-2002	22,3	21,1	11,8	6,8	6,3	9	12,5	15	19,4	25,1	26,6	24,9	16,73
2002-2003	21,2	17,8	12,2	8,8	6,9	6,1	10	14,1	18,9	25,2	29,2	27,4	16,48
2003-2004	21,5	19,6	12,3	7	6,9	9,6	11,2	12,8	15,9	22,4	26,2	27	16,03
2004-2005	20,8	20,5	10,2	8,1	4,5	4,9	11,2	14,2	21,1	23,7	28,5	25,9	16,13
2005-2006	21,6	17,8	12,1	6,5	9,4	7,2	11,8	16,6	21,3	24,8	26,5	25,9	16,79
2006-2007	21,4	19	12,1	7,9	8,8	9,2	9,7	13,5	18,5	25,3	26,5	26,7	16,55
2007-2008	22	17,6	10,5	6,9	7	8,3	10,9	15,5	19,3	23,4	28,7	27,2	16,44
2008-2009	22,2	16,9	10,01	0,3	7,1	6,4	9,7	11,5	10,3	24,2	28,7	26,8	14,51
2009-2010	21	16,7	12,4	10,7	8,3	10,1	13,1	15,9	17,4	24	27,2	18,6	16,28
<b>Moy. Mensuel.</b>	21,8	17,53	11,97	7,56	6,78	7,91	10,61	13,34	18,76	23,78	26,94	26,07	16,09

Tableau n°2 : Données de température en °C enregistrées au niveau de la station météorologique de Tébessa sur une période de vingt-six (26) cycles hydrologiques (1984/1985 – 2009/2010).

nationale des ressources hydriques (A.N.R.H.), et leurs traitement et analyse ont permis de déduire la situation hydroclimatique de la région d'étude que nous la résumons comme suit :

a) **Régime pluviométrique** : Sur cette période d'observation, il a été démontré que le régime pluviométrique est très irrégulier d'une année à l'autre avec des écarts à la normale très considérables (Figure n° 4). La moyenne interannuelle des précipitations est de 396.97 mm. Les deux cycles hydrologiques 2003/2004 et 1995/1996 sont les plus arrosés avec des précipitations atteignant respectivement les 642.8 mm et 639.1 mm. Par contre la plus faible pluviosité a été observée durant le cycle hydrologique 2000/2001 où le total annuel des pluies n'a pas dépassé les 230.8 mm. Durant ces vingt-six (26) cycles hydrologiques, douze cycles ont une pluviométrie supérieure à la moyenne interannuelle.

Dans un contexte mensuel, les pluies orageuses d'automne ont été marquées au mois de septembre par le pic pluviométrique le plus élevé atteignant une valeur moyenne interannuelle de 47.22 mm. Le mois le plus sec est évidemment le mois de juillet où la pluviosité a chuté considérablement au-dessous du seuil de la valeur 20 mm. Les trois mois de printemps (Mars, Avril et Mai) sont généralement caractérisés par l'élévation de la pluviosité (Figure n°5). L'irrégularité du régime pluviométrique est aussi bien constatée au pas de temps mensuel de distribution, la figure n°5 montre l'importance des écarts mensuels de la pluie entre les années. En effet le pic de plus forte précipitation de l'année la plus arrosée 2003/2004 a été enregistré durant le mois de décembre avec une valeur de 160 mm. Cependant durant le deuxième cycle le plus arrosé 1995/1996, la pluie torrentielle automnale a été très violente en marquant au mois de septembre le plus grand pic mensuel de précipitation, avec une valeur dépassant 171 mm. Ceci confirme bien le phénomène de l'irrégularité du régime pluviométrique mensuelle. Les précipitations des mois significatifs de la période des hautes eaux, qui s'étale du mois de février au mois de mai, ont représenté durant cette année 40% du total pluviométrique. Durant le cycle de la plus faible pluviosité (2000/2001), la moyenne mensuelle de la lame d'eau précipitée n'a pas dépassé les 20 mm, elle est quasi-équivalente à la pluviosité du mois le plus sec de l'année moyenne de précipitations. Ceci explique bien l'impacte de la sécheresse sur le bilan hydrologique de la région.

b) **La variation thermique**: Le traitement et l'analyse des données thermiques (Figure n°6) ont indiqué que les hivers de la région sont très froids et les étés sont très chauds et sec avec des valeurs extrêmes de températures moyennes mensuelles respectives 6.78°C valeur enregistrée au mois de janvier et 26.94°C valeur enregistrée au mois de juillet. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 16.09 °C.

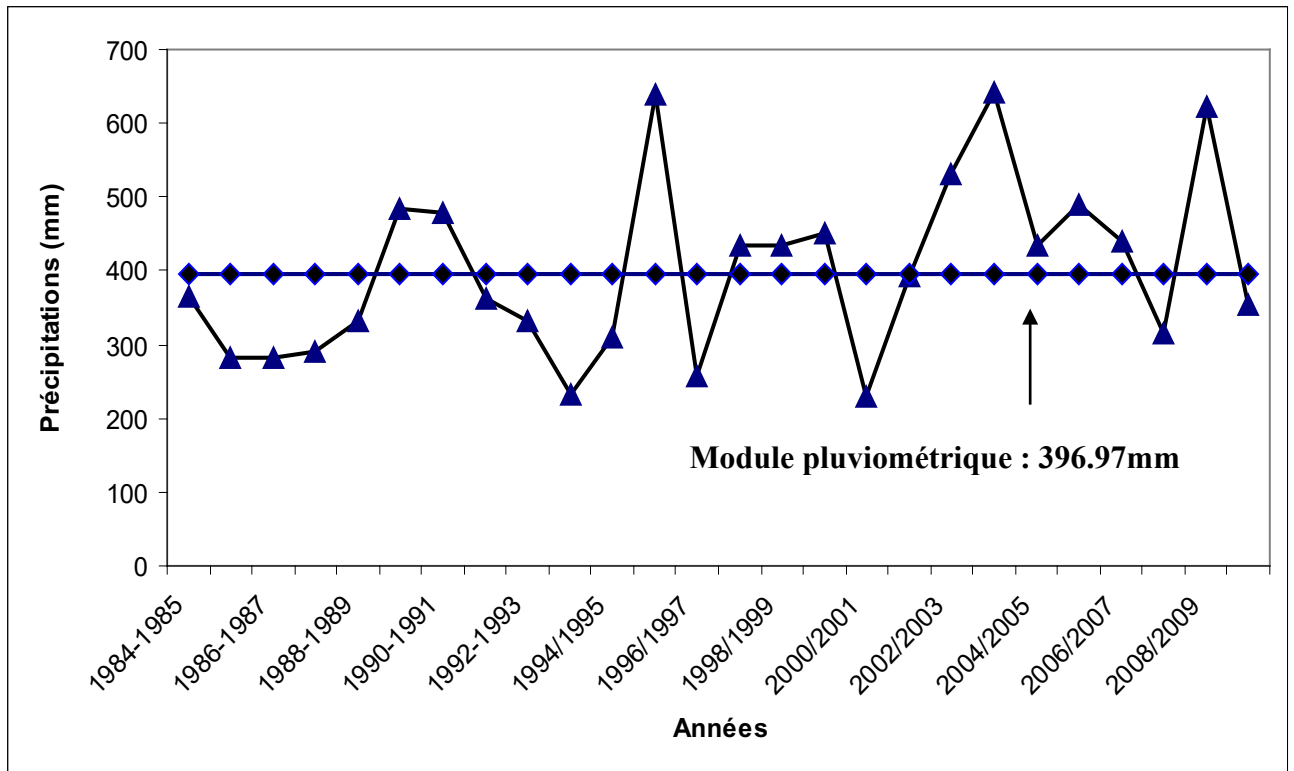


Figure n° 4 Courbe de variabilité interannuelle des précipitations annuelles (1984/1985 - 2009/2010) - In DJELAB Mokdad.

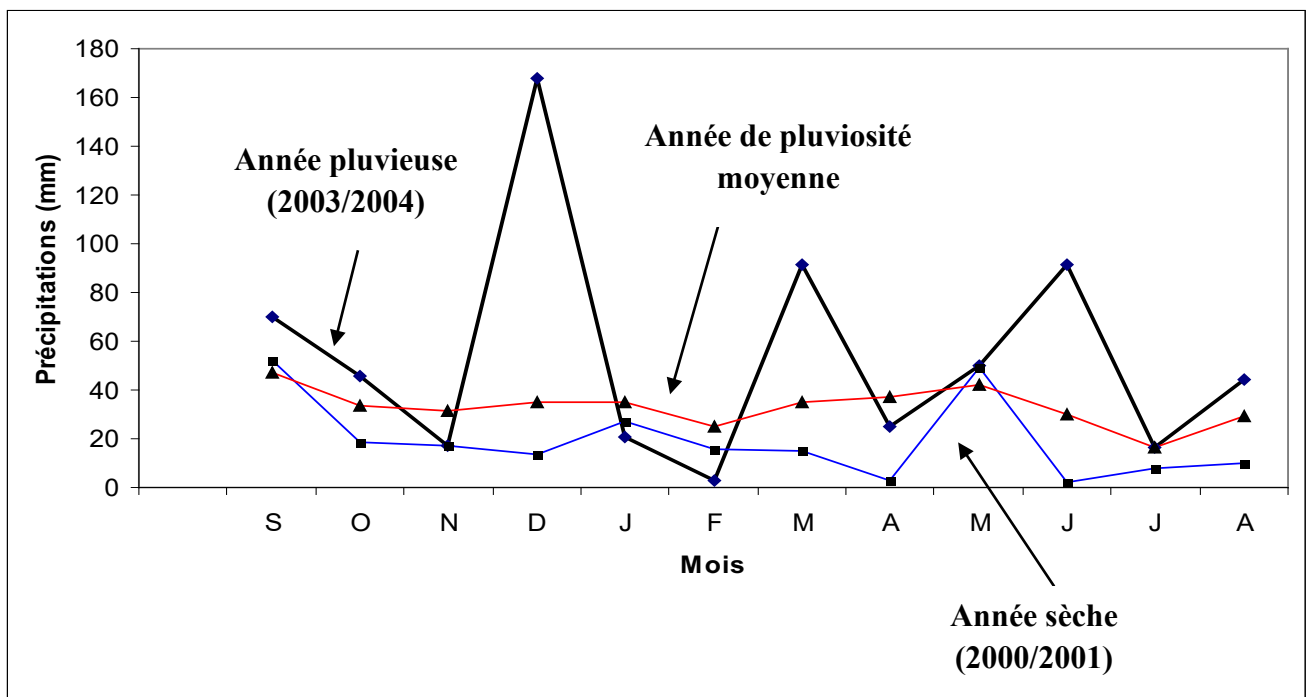


Figure n°5 Distribution interannuelle des précipitations mensuelles de la station de Tébessa (1984/1985 - 2009/2010). - In DJELAB Mokdad.



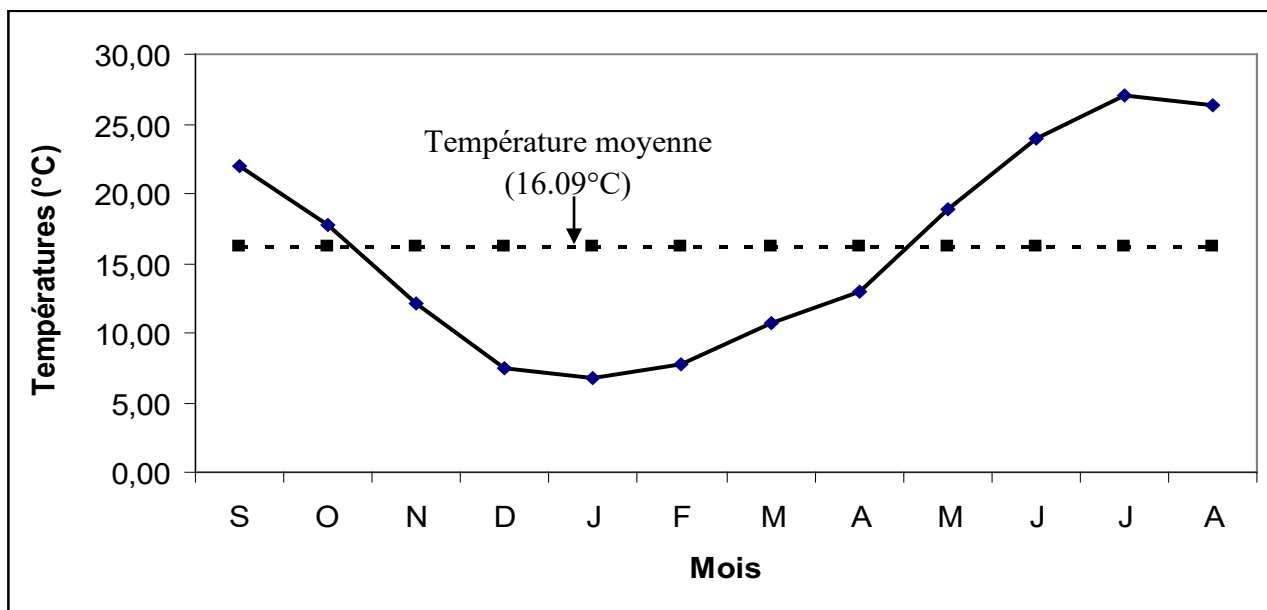


Figure n°6 : Courbe de distribution interannuelle des températures moyennes mensuelles (1984/1985 - 2009/2010). - In DJELAB Mokdad.

Durant une période de six mois, allant du mois de novembre au mois d'avril, la température de l'air est restée en dessous de la température moyenne annuelle (16.09 °C).

La confrontation de toutes les données climatiques et l'établissement du bilan hydrique par la méthode de Thorntwaite, représenté sur le tableau ci-dessous, ont révélé sur cette période d'observation une forte évapotranspiration réelle et un faible excédent qui représentent respectivement 91.47 % et 8.53 % du total des précipitations. Le déficit agricole annuelle est de l'ordre 504.99 mm distribuée sur six mois, allant du mois de mai jusqu'au mois d'octobre. La période excédentaire est de trois mois (janvier, février et mars) en donnant un excédent moyen annuel de 33.85 mm pour être disponible à la réalimentation des écoulements de surface et des nappes souterraines. Les réserves facilement utilisables commencent à se constituer au mois de novembre pour atteindre le point de saturation 29 mm au mois de janvier. Au troisième mois du printemps, l'augmentation de la température remet ces réserves à l'état d'abattement qui va persister sur une période de six mois correspondante à la saison estivale et la saison automnale. L'application de la formule M. J. Tixeront et E. Berkaloff a donné pour le cycle moyen de la même période d'observation un ruissellement de 27.67 mm et une lame d'eau infiltrée de 6.18 mm. Ce qui représentent alors respectivement 6.97 % et 1.56 % par rapport au total des précipitations.

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Ma.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Total
<b>T</b>	21,8	17,53	11,97	7,56	6,78	7,91	10,61	13,34	18,76	23,78	26,94	26,07	16,09
<b>I</b>	9,29	6,68	3,75	1,87	1,59	2	3,12	4,42	7,4	10,6	12,8	12,18	75,7
<b>P</b>	47,22	33,6	31,76	34,77	34,78	25,11	35,03	37	41,89	30,34	16,26	29,21	396,97
<b>ETP n.c. (mm)</b>	97,64	67,26	35,03	15,96	13,25	17,25	28,5	42,16	75,53	113,3	140,23	132,58	
<b>K</b>	1,03	0,97	0,86	0,81	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	
<b>E.T.P.c.(mm)</b>	100,57	65,24	30,13	12,93	11,53	14,66	29,35	46,38	91,39	138,25	173,89	153,79	868,11
<b>D.P.(mm)</b>	-53,35	-31,64	1,63	21,84	23,25	10,45	5,68	-9,38	-49,5	-107,91	-157,63	-124,58	
<b>R.F.U.</b>	0	0	1,63	23,47	29	29	29	19,62	0	0	0	0	
<b>E.T.R.(mm)</b>	47,22	33,6	30,13	12,93	11,53	14,66	29,35	46,38	61,51	30,34	16,26	29,21	363,12
<b>E.X.</b>	0	0	0	0	17,72	10,45	5,68	0	0	0	0	0	33,85
<b>D.a.(mm)</b>	53,35	31,64	0	0	0	0	0	0	29,88	107,91	157,63	124,58	504,99

Tableau n°3 : Bilan hydrique du bassin versant de Tébessa selon la méthode de G.W. THORNTWAITE sur une période de vingt-six (26) cycles hydrologiques (1984/1985 2009/2010).

### III. Aperçu géologique et tectonique :

En se référant aux divers travaux géologiques entrepris dans la région d'étude par plusieurs auteurs notamment ceux du DUROZOY G. 1949 qui a établi la carte géologique de Tébessa (feuille n° 206) et l'esquisse géologique d'El Hammamet (feuille n° 205), la région d'étude d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr constitue la partie sud ouest du fossé d'effondrement de Tébessa - Morsott. Elle est formée par deux grands ensembles sédimentaires autochtones:

- Ensemble carbonaté à facies calcaireux et marneux, qui représente les affleurements de bordures et de Djebels ;
- Ensemble de sédiments détritiques de remplissage alluvionnaire qui représente la plaine.

Comme le montre la carte géologique de Tébessa (Figure n°7) et l'esquisse géologique d'El Hammamet (Figure n°8) et le log litho stratigraphique (Figures n°9), la description des formations peut se présenter de plus récent au plus ancien comme suit :

**III.1 Limons récents (q<sup>2</sup>):** Ces alluvions limoneuses occupent la partie avale et le centre de la plaine selon les parcours de l'Oued Chabroo et l'oued Serdiess et les oueds d'écoulement temporaire.

**III.2 Alluvions anciennes de piedmont (q<sub>I</sub>):** Ce sont des formations de bordure de la plaine avec un changement de faciès, d'une formation argileuse constituée à partir des marnes emschériennes à celle caillouteuse vers les versants à partir des calcaires maestrichtiens. Ce sont la plupart du temps des cônes de déjection.

**III.3 Matériel d'épandage ancien (q<sub>II</sub>) :**

a) **En terrasse :** Ce sont des cailloutis et argiles, peu épais en général, Il repose sur les marnes crétacées.

b) **En niveaux :**

- *niveau 1* : Ce sont des éboulis et des cônes de déjection anciens ravinés par les oueds actuels,
- *niveau 2* : Ce sont des gros éboulis, amas de blocs souvent énormes, les calcaires maestrichtiens paraissant disloqués et en cours de destruction par l'érosion ;
- *niveau 3* : ce sont des anciens cônes de déjection rougeâtres, formées d'esquilles calcaires bien cimentés, empruntées exclusivement aux reliefs maestrichtien (Dj. Mestiri Chabat El Hamra, Ksar Tabinet).

**III.4 Plio-Quaternaire (Villafranchien) (q<sub>III</sub>) :** Il s'agit :

- des argiles rouges qui se trouvent à Oued Kebir et Oued Serdiess ;
- des conglomérats de Koudiat Sefra et Oued Naguess.

Ces sédiments présentent dans la plupart du temps un pendage d'origine tectonique. A cette série se rapporte la plus grande partie des terrains de comblement du fossé d'effondrement.

**III.5 Pliocène (P):** Il est constitué par des argiles rouges, conglomérats et sables quartzeux, termes les plus anciens d'une série compréhensive Plio-Quaternaire. Les argiles rouges sont compactes, les conglomérats sont souvent bien cimentés. La formation du Pliocène recouvre largement les calcaires éocènes et maestrichtiens de la bordure nord et nord est de la plaine.

**III.6 : Paléogène:**

**III.6.1 : Eocène moyen et inférieur (Lutétien inférieur et Yprésien) (e<sub>III,1</sub>):** Il s'agit des calcaires massifs à silex en bancs épais, de 50 à 60 m de puissance, renfermant Thersitea ponderosa, Nummulites atacicus et Nummulites Irregularis varrollandi, Nummulites pomeli. A la base, 5 m de calcaires marneux blancs à silex. Il affleure à Ain el Hennchir.

**III.6.2 : Eocène inférieur (Thanétien) (e<sub>IV</sub>):** Cet étage d'épaisseur 10 à 15 m est constituée par des marnes et des calcaires marneux à silex renferment plusieurs couches phosphatées où les dents de Squales ne sont pas rares. Il affleure à Draa el Faia.

**III.6.3 : Eocène inférieur (Dano-Montien) (ec) et Maestrichtien supérieur (C<sup>9c</sup> ou C<sup>6c</sup>):** Il s'agit d'une couche constituée par une puissante série de 300 m de marnes noires ou jaunâtres, quelquefois gypseuses ou pyriteuses, à rares petits bancs marno-calcaires. Il affleure à Draa el Faia.

### **III.7 Crétacé supérieur :**

**III.7.1 Le Maestrichtien Moyen (C<sup>9b</sup> ou C<sup>6b</sup>):** C'est une assise très constante et très homogène dans toute la région, il s'agit de 80 m environ de calcaires blancs massifs, bien lités, renfermant parfois de nombreuses empreintes d'Inocérames typiques.

**III.7.2 : Maestrichtien Inférieure (C<sup>9a</sup> ou C<sup>6a</sup>):** Il est représenté par les marnes grises qui sont souvent masquées par les éboulis au pied de reliefs. L'épaisseur est d'une trentaine de mètres. Quelquefois deux gros bancs de calcaire ocre très dur existent à la base des marnes. Au dessus d'Ain Chabroo, sur Djebel Stah et Djebel Mestiri, les marnes passent à des marno-calcaires blancs qui n'ont pas distingués de l'assise suivante.

**III.7.3 Campanien (C<sup>8</sup> ou C<sup>5</sup>):** Cet étage est constitué par une assise de 60 m de calcaires marneux blancs et crayeux. Il forme, quand il n'est pas masqué par les éboulis, une seconde falaise au dessous des reliefs maestrichtiens.

**III.7.4 Emschérien (Santonien - Coniacien) (C<sup>7</sup> ou C<sup>3-4</sup>) :** C'est une série épaisse de 250 m et monotone de marnes noires ou vertes (jaunes en altération) à rares passés de calcaire à la base avec à sa partie supérieure des niveaux plus calcaires et dans les 2/3 inférieures des assises de lumachelles ocres très bien marquées (Coniacien).

**III.7.5 Turonien supérieur (C<sup>6c</sup> ou C<sup>2c</sup>) :** Au dessous du dernier banc de lumachelles du Coniacien, le Turonien supérieur, épais de 150 m, comprend de haut en bas : des marnes noires gypsifères, des marno-calcaires gris en plaquettes à altération blanchâtres et de nouveau des marnes noires souvent lumachéliques et rognoneuses. Un banc de calcaire à lumachelle fossilifère entre Rafana et Bordj Bazina augmente d'épaisseur et prend un facies récifal au dessus des sources de Tébessa.

**III.7.6 Turonien moyen (C<sup>6b</sup> ou C<sup>2b</sup>) :** C'est une assise massive de 80 à 100 m de calcaires beiges ou rosés et de dolomies ou de calcaires dolomitiques. Les bancs sont épais sauf dans la

partie inférieure qui comprend uniquement des calcaires marneux. Ces massifs calcaires ont un caractère récifal.

**III.7.7 Turonien inférieur (C<sup>6a</sup> ou C<sup>2a</sup>) :** C'est une assise très constante de marno – calcaires gris en petits bancs, de marnes, de marno calcaires en plaquettes. L'épaisseur est de 60 à 70 m. On rencontre fréquemment à la base de petits Inocérames allongés à test noirs.

**III.7.8 Cénomaniens supérieur (C<sup>5b</sup> ou C<sup>1c</sup>) :** Il s'agit des marnes jaunes avec quatre ou cinq bancs de calcaires ocres, épais, durs intercalés, et de Lumachelles. L'épaisseur est de 200 m. La faune et la microfaune sont très abondantes.

**III.7.9 Cénomaniens moyen (C<sup>5a</sup> ou C<sup>1b</sup>) :** C'est une série très espèce de marnes grises sans fossiles avec quelques bancs de lumachelles à la base. L'épaisseur est de 200 m.

**III.7.10 Cénomaniens inférieur (C<sup>4</sup> ou C<sup>1a</sup>) :**

- Au sommet (C<sup>4b</sup>), on a de haut en bas des lumachelles grises en dalles minces alternant avec des marnes, puis deux bancs de calcaires gris compactes cristallins massifs intercalés dans des marnes. L'épaisseur est de 80 m.
- A la base (C<sup>4</sup>), sous l'assise précédente, on a de haut en bas : des marnes jaunes à gypse avec quelques bancs de lumachelles ocre ou jaunes, minces et quelques bancs, puis des marnes noires épaisses. L'épaisseur est de 60 - 80 m.

**De point de vue tectonique :** La totalité du bassin versant est affectée par une tectonique cassante bien développée faisant partie de la structure globale de la région de Tébessa. Le fossé d'effondrement est la conséquence de mouvements récents du socle, prolongeant celui de Kasserine à l'est, en Tunisie, se poursuivant au nord-ouest par celui de Morsott (plis de couverture). Ce graben recoupe d'anciennes structures, orientées selon une direction sud ouest - nord est, qui sont considérées comme plis de couverture. Ces structures sont anté-Miocènes et les mouvements ont commencé au Campanien pour atteindre le point le plus aigu au Lutétien supérieur.

Les principaux traits structuraux de l'atlas saharien résultent de mouvements tectoniques déterminant l'évolution paléogéographique et structurale de la région. On distingue :

- Le plissement des séries sédimentaires ; qui se présente comme ensemble de plis à grand rayon de courbure et dont l'ossature est assurée par les niveaux calcaires crétacés. Les anticlinaux sont relayés par de grandes structures synclinales dont le cœur est constitué par des calcaires éocènes. Les principaux éléments structuraux sont caractérisés par l'homogénéité du plissement de direction nord est - sud ouest, suite à la phase tectonique atlasique fini-éocène.

- La genèse des fossés d’effondrement ; Ces fossés d’effondrements sont post Mio-pliocène, ils sont allongés nord ouest – sud est accompagnés de grandes cassures de même direction qui constituent la structure générale de la région. Ils font partie du paysage des confins Algéro-Tunisien et s’étendent sur plusieurs kilomètres (fossés de Morsott-Tébessa). Ces fossés sont limités par des accidents majeurs en failles normales résultants généralement ; soit d’une phase distensive, soit induits par la translation des blocs nord est - sud ouest selon une rotation dextre (J.P.Richart 1969).

Comme conséquence hydrogéologique, la nature pétrographique et lithologique des affleurements et la structure tectonique qu’a affectée la zone d’étude ont certainement favorisé la constitution des nappes aquifères. Les formations susceptibles d’être aquifères sont :

- Le remplissage alluvionnaire à faciès caillouteux, graveleux et argileux,
- Les calcaires à silex d’âge Lutétien-Yprésien,
- Les calcaires massifs à Inocérâmes d’âge Maestrichtien inférieur,
- Les calcaires marneux blancs et crayeux d’âge Campanien,
- Les calcaires massifs du Turonien moyen.

Partie est de la  
zone d'étude

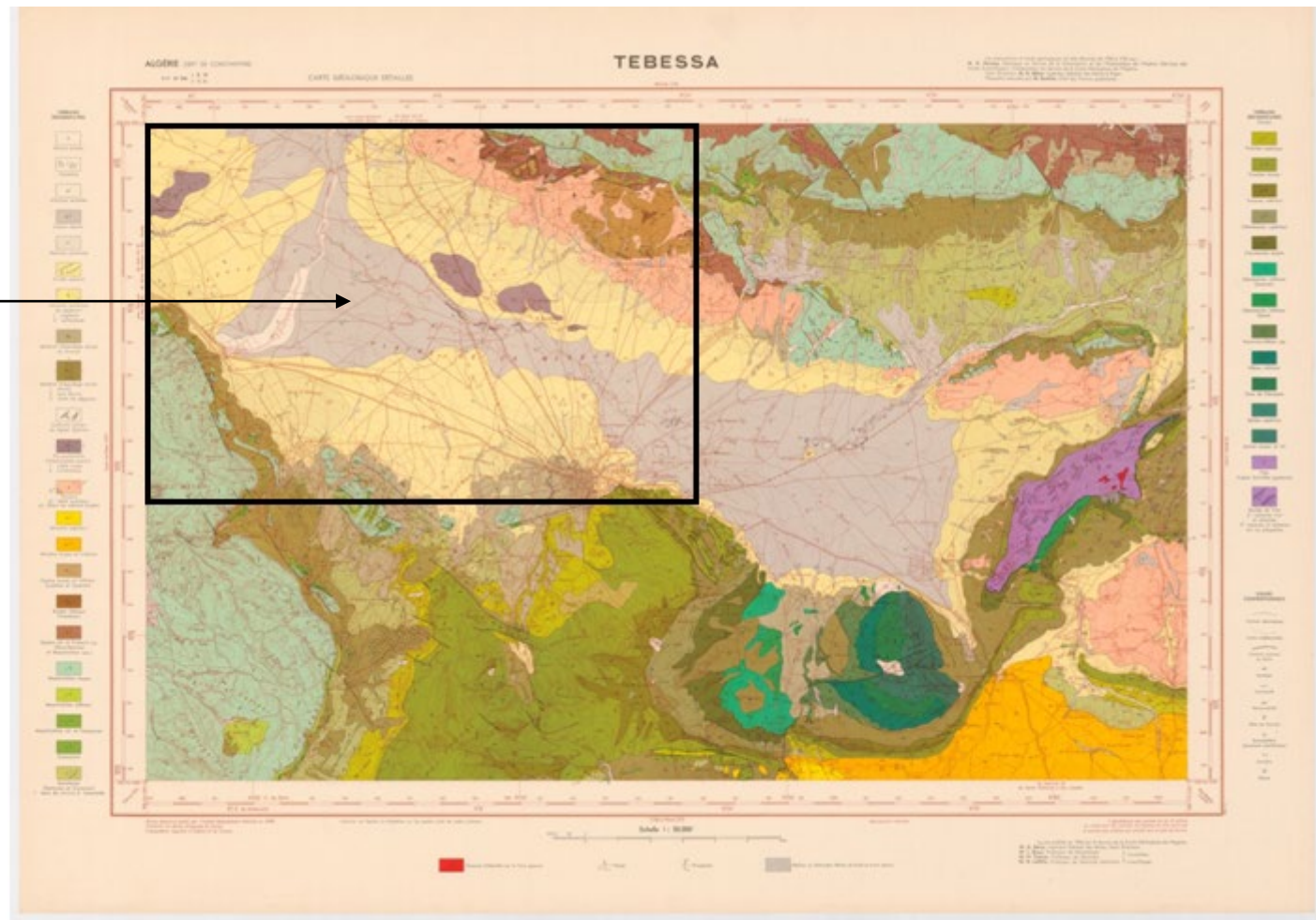


Figure n°7 : Carte géologique de Tébessa (Feuille 206)

N.B. : Pour la légende, voir figure 9.

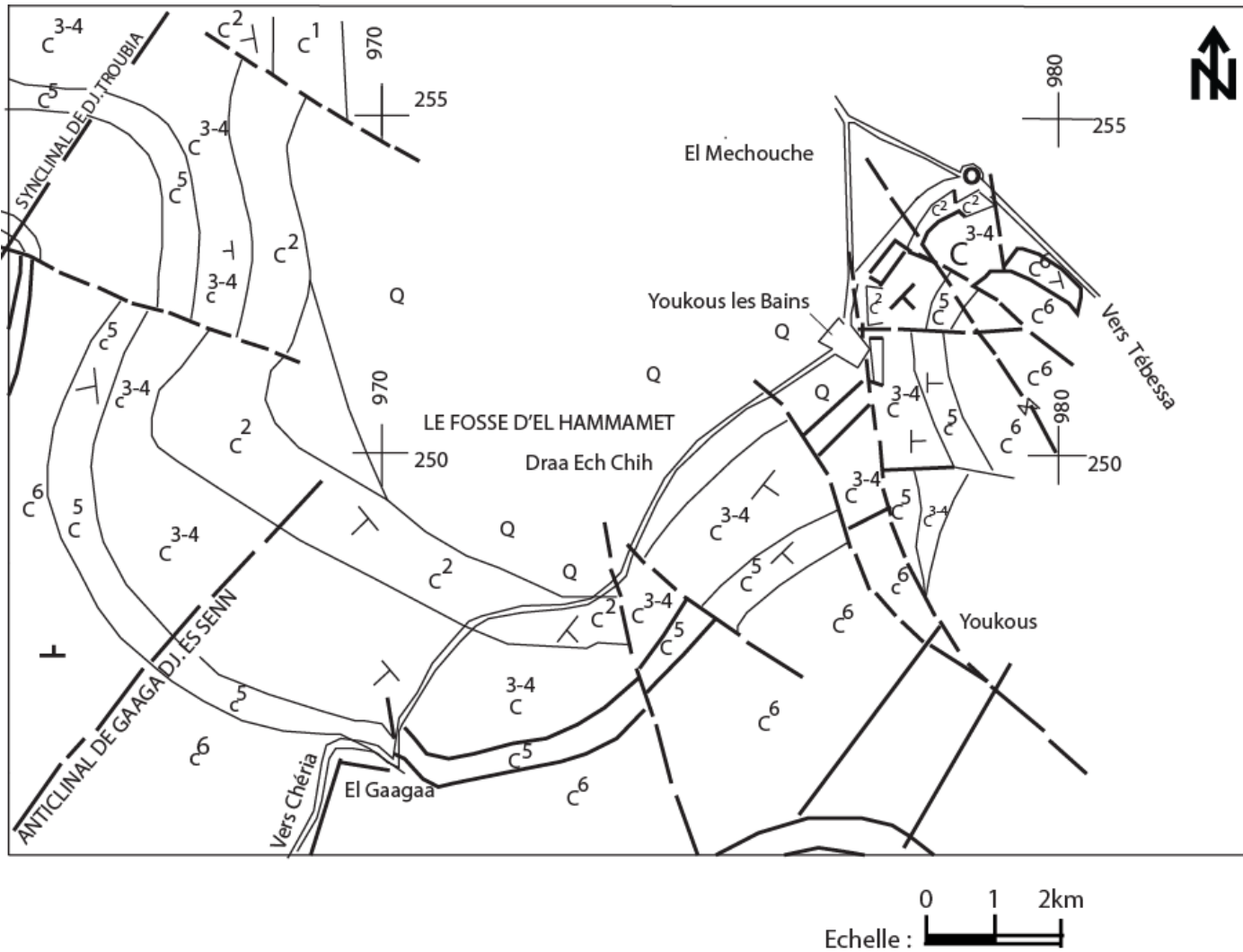


Figure n° 8 : Esquisse géologique de la zone d'étude (établie par DUROZOY G. 1949 et reprise par KOWALSKI W.M. 1997).

NB : Pour la légende, voir figure 9.



ERE	SYSTEME	ETAGE	EPAISSEUR m	LITHOLOGIE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE
QUATERNAIRE	q <sub>2</sub>	Limons récents			Alluvions limoneuses
	q <sub>I</sub>	Alluvions anciens			Formations argileuses ou caillouteuses
	q <sub>II</sub>	Matériel ancien d'épandage			Cailloutis et argiles
	P	Pliocène			Argiles rouges et conglomérats
TERTIAIRE	Paléogène	e III, I	Lutétien - Yprésien	60 m	Calcaires massifs à silex
		e IV	Thanétien	15 m	Calcaires marneux à silex
		e C	Dano - Montien	300 m	Marnes noires ou jaunâtres quelque fois gypseuses
SECONDAIRE	Crétacé supérieur	C 6b	Maestrichtien moyen	80 m	Calcaires blancs massifs avec empreintes d'Inocérames
		C 6a	Maestrichtien inférieur	30 m	Marnes grises
		C 5	Campanien	60 m	Marno-calcaires
		C 3-4	Emschérien (Santonien Coniacien)	250 m	Marnes noires ou vertes
		C 2c	Turonien supér.	150 m	Marnes noires gypsifères, Marno-calcaires gris.
		C 2b	Turonien moyen	100 m	Calcaires beiges ou rosés
		C 2a	Turonien infér.	60-70 m	Marno-calcaires et Marnes
		C 1c	Cénomanién supér.	200 m	Marnes jaunes avec quatre bancs de calcaire
		C 1b	Cénomanién moyen	200 m	Marnes grises
		C 1a	Cénomanién inf.	160 m	Marnes jaunes et noires à gypse

Figure n° 9 : Log lithostratigraphique synthétique de la géologie de la zone d'El Hammamet- Tébéssa - Boulhaf Dyr.

#### **IV. Aperçu hydrogéologique :**

Les études hydrogéologiques entrepris précédemment par plusieurs auteurs sur le fossé d'effondrement de Tébessa – Morsott ont permis de montrer dans cette localité la présence d'un aquifère de grande potentialité hydraulique dans le remplissage alluvionnaire du Quaternaire en raison de sa lithologie, sa grande puissance et ses bonnes paramètres hydrodynamiques.

Cet aquifère est formé par des horizons lenticulaires à faciès très hétérogènes composés essentiellement par des gros cailloutis de calcaires blancs, des galets de calcaires et de graviers mélangés de sables et d'argiles. Son plan d'eau est variable dans le temps et l'espace. Cet aquifère est en exploitation pour l'alimentation en eau potable par une batterie de vingt huit (28) forages imparfaits implantés dans cette zone (Figure n° 10).

Les anciennes cartes piézométriques établies précédemment ont tous montré que cette nappe se réalimente souterrainement par les affleurements carbonatés de bordure constituant des nappes fissurées et karstiques.

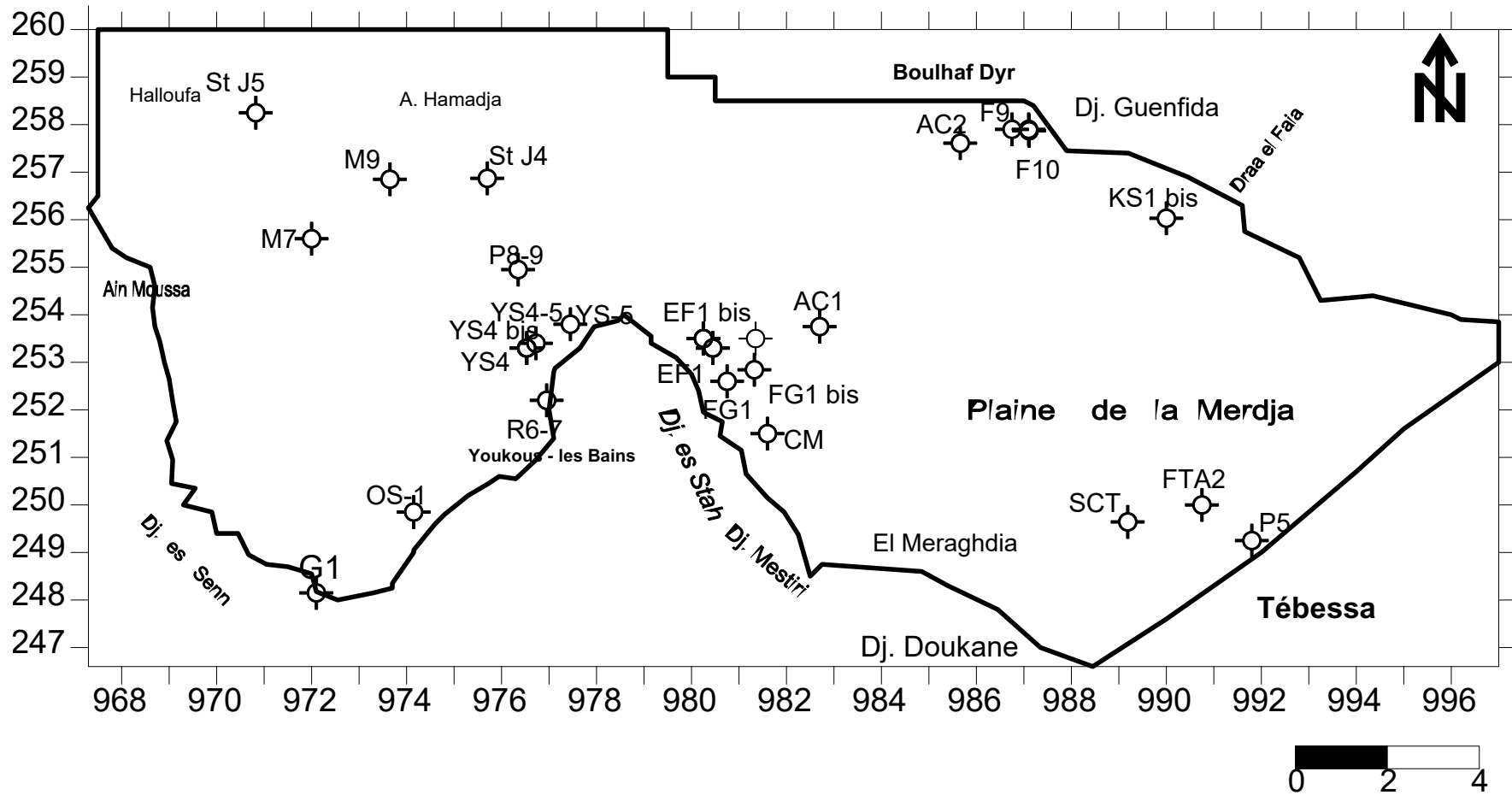


Figure n° 10: Carte de position des forages implantés dans la plaine d'El Hammamet-Tébessa-Boulfaf Dyr.

## **V. Conclusion :**

A partir de ces informations exposées, nous pouvons retenir que cette zone d'étude est constituée par deux grands ensembles :

- Le premier ensemble constitue la plaine à sédiments de remplissage alluvionnaire Plio-Quaternaire,
- Le deuxième ensemble représente les anciens affleurements de bordures qui sont à faciès carbonatés d'âge crétacé.

Les crêtes et les falaises sont bien dégagées par le phénomène érosif.

Cette région se caractérise par un climat semi aride, se traduisant par une irrégularité mensuelle et annuelle du régime pluviométrique. Les pluies automnales sont les plus élevées cependant la saison estivale est toujours la plus sèche. Les précipitations tombées durant la période des hautes eaux représentent généralement 40% à 50 % de la pluviométrie annuelle. Le froid est très rigoureux en saison hivernale.

Cette zone se caractérise par une forte évapotranspiration réelle et un faible excédent qui représente respectivement 91% et 9 %. Le déficit agricole annuelle est de six mois, allant du mois de mai jusqu'au mois d'octobre. Cependant la période excédentaire n'est que trois mois durant l'année ; janvier, février et mars. Le ruissellement et l'infiltration sont respectivement de 7 % et 2 %.

Dans cette localité, le remplissage alluvionnaire du Quaternaire constitue un aquifère de grande potentialité hydraulique en raison de sa lithologie, sa grande puissance et ses bons paramètres hydrodynamiques. Cet aquifère est en exploitation par une batterie de vingt huit forages pour l'alimentation en eau potable de la population de la région de Tébessa.

**CHAPITRE II :  
STRUCTURE ET GEOMETRIE  
DE L'AQUIFERE**

## **I. Introduction :**

L'étude de la structure et la géométrie d'un aquifère est une étape primordiale à la quantification de son potentiel hydraulique souterrain car le calcul de la réserve en eaux souterraines dépend essentiellement de la détermination du paramètre de l'épaisseur de la couche saturée et sa variabilité spatio-temporelle.

Pour cela, le bassin d'effondrement de Tébessa – Morsott a connu des travaux d'investigation et d'exploration géologique et hydrogéologique. Parmi ces travaux, deux grandes campagnes de prospection géophysique ont été réalisées, à savoir :

- La première campagne a été réalisée, en 1970 par la compagnie générale de la géophysique (C.G.G), sur l'étendue de la plaine Morsott – Tébessa – Bekkaria. Trois cent quarante sept (347) sondages électriques verticaux, répartis sur vingt cinq (25) profils géo électriques, ont été exécutés avec des lignes des AB 2000 m (242 S.E.V.) et 6000 m (105 S.E.V.) ;
- La deuxième campagne a été réalisée, en 1978 par la compagnie STRAJEXPORT PRAGUE, sur l'espace de la plaine d'EL Hammamet. Environ deux cent cinquante deux (252) sondages électriques verticaux, répartis sur dix huit (18) profils géo électriques, ont été exécutés avec des lignes des AB 2000 m et 6000 m.

Dans l'objectif d'identification de la structure et la géométrie de l'aquifère du remplissage alluvionnaire à la limite de la zone d'étude El Hammamet-Tébessa-Boulhaf Dyr, nous avons exploité les données de deux cent soixante sept (267) sondages électriques verticaux dont :

- Cent neuf (109) sondages électriques verticaux, exécutés sur l'espace de la plaine d'EL Hammamet et répartis sur dix (10) profils géoélectriques allant du profil « I » jusqu'au profil « R » (Figure n° 11),
- Cent cinquante huit (158) sondages électriques verticaux, exécutés sur l'étendue de la plaine Tébessa – Boulhaf Dyr et répartis sur onze (11) profils géoélectriques allant du profil « F » jusqu'au profil « P » (Figure n° 11).

Comme procédé de traitement, nous avons directement utilisé les résultats des travaux de réinterprétation des vingt et un (21) profils géoélectriques par étalonnage des logs géologiques de vingt huit (28) forages et par la reconnaissance géologique des affleurements de bordures (Tableau n°04).

Il est à noter qu'au niveau des lieux de contact anormal du remplissage alluvionnaire avec les affleurements des couches plus anciennes, nous avons pris en considération des points limites où l'épaisseur de l'aquifère est fixée nulle.

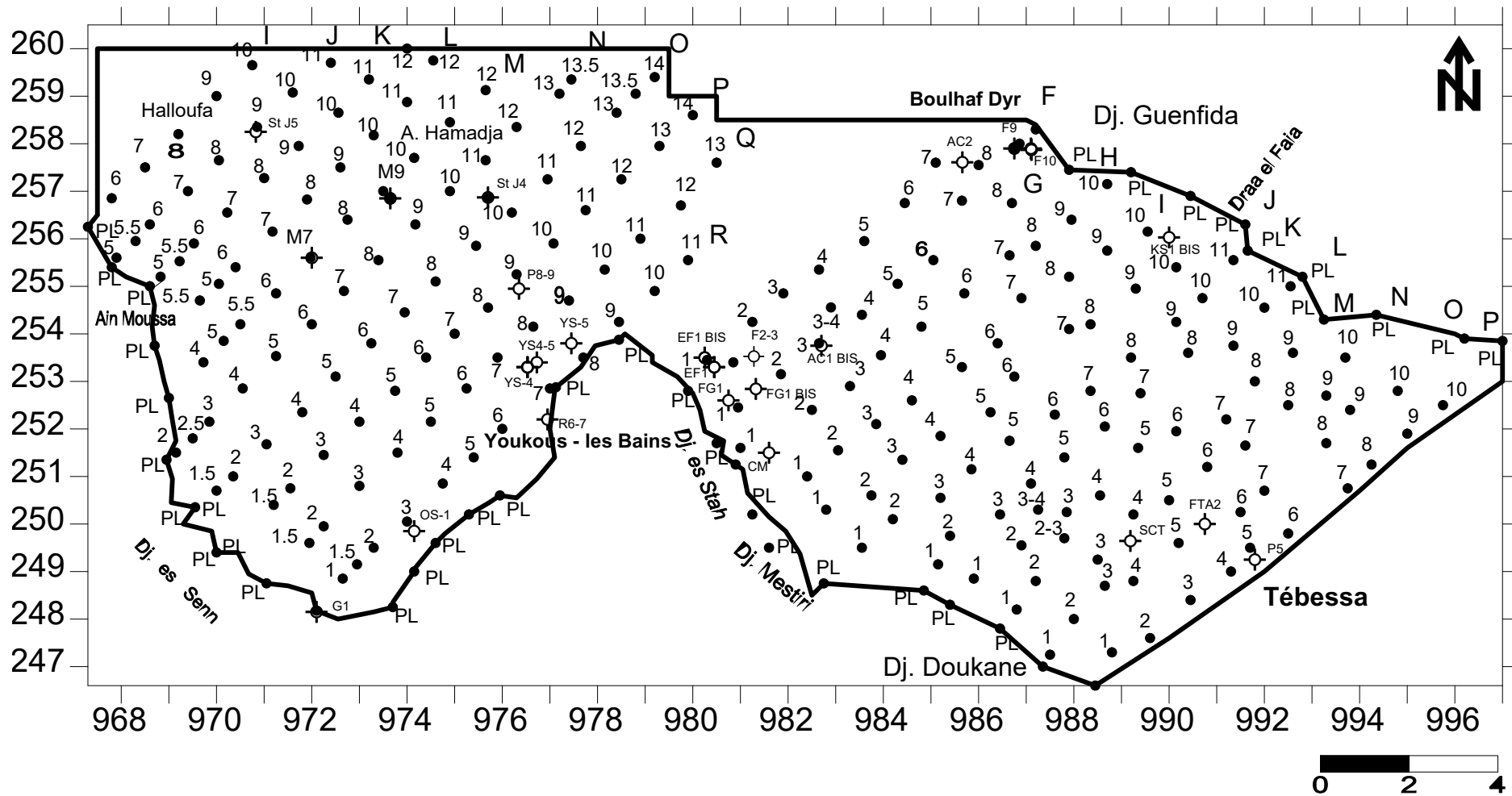


Figure n° 11 Carte de position des sondages électriques verticaux et des forages dans la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr

## II. Présentation des résultats de réinterprétation des profils géoélectriques :

Sous l'encadrement de Monsieur le professeur HEMILA M. L., les essais de redressement relatif de ces profils géoélectriques par les collègues BENDAKOUM M., AYACHI S. et LAADJEL A. me permettent de présenter les résultats de réinterprétation des profils géo électricques comme suit:

### 1. sur l'espace de la plaine d'EL Hammamet :

La tentative de corrélation des données de résistivité des couches avec les natures lithologiques des affleurements de bordure et les données des cuttings des logs géologiques de quelques forages implantés dans la plaine (Tableau n° 4), nous a révélé ce qui suit :

- Le profil géoélectrique « I » (Figure n° 12), situé à la limite nord ouest de la plaine dans la zone appelée H<sup>r</sup> el Khenafid - Halloufa, montre une succession de couches géoélectriques résistantes et conductrices qui s'intercalent. En subsurface, à partir du sondage électrique vertical n° 9, deux couches lenticulaires qui appartiennent sans doute au remplissage alluvionnaire ont été apparues :
  - La première lentille conductrice, de résistivité et d'épaisseur ne dépassant pas respectivement  $7\Omega\text{m}$  et 35 m, est visualisée au niveau des deux sondages électriques verticaux n° 10 et 11, elle caractérise certainement une nature argileuse,
  - La deuxième lentille résistante, de résistivité et d'épaisseur ne dépassant pas respectivement  $13\Omega\text{m}$  et 30 m, est apparue à la limite de la zone d'étude au niveau du sondage électrique vertical (S.E.V.) n° 9. Elle indique certainement des sédiments à mélange de sables et de graviers avec peu d'argiles.

Au dessous de cette mince couverture alluvionnaire, nous constatons une superposition de cinq couches géoélectriques, à savoir de haut en bas:

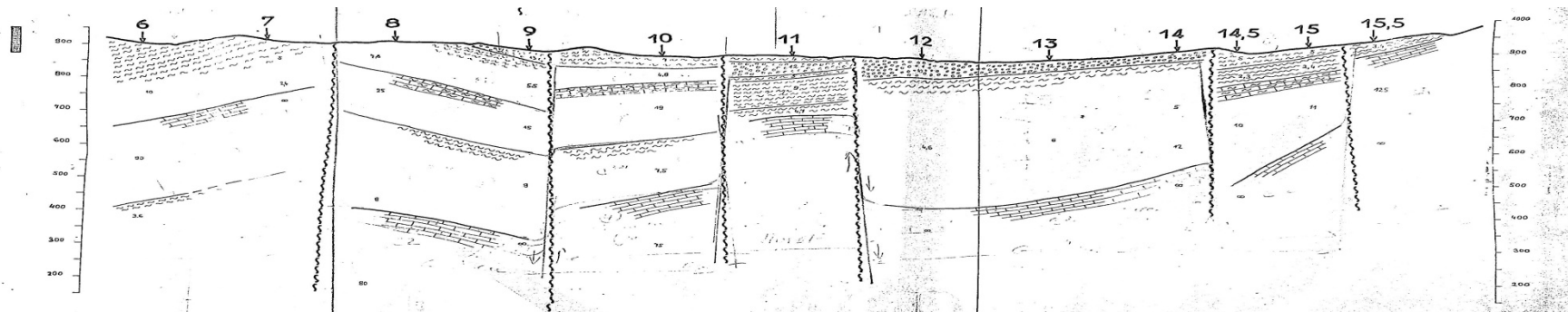
- La première couche est conductrice de résistivité 4.8 à 7.8  $\Omega\text{m}$  et épaisse d'épaisseur variant de 50 à 125 m, elle est remarquée en affleurement au niveau du sondage électrique vertical (S.E.V.) n° 8 et en dessous du remplissage alluvionnaire au niveau des deux sondages électriques verticaux n° 9 et 10. Cette couche ne peut être attribuée qu'aux formations marneuses du Campanien - Maestrichtien inférieur (C<sup>5</sup>- C<sup>6a</sup>).
- La deuxième couche de dessous de résistivité variant de 15 à 25  $\Omega\text{m}$  et d'épaisseur atteignant 175 m pourrait caractérisée les marno-calcaires de l'Emschérien supérieur (Santonien C<sup>4</sup>).
- La troisième couche très conductrice ( $2.4 < \rho < 10 \Omega\text{m}$ ) et très épaisse, détectée en profondeur par les sondages électriques verticaux allant du S.E.V. n°8 au S.E.V n° 11 et



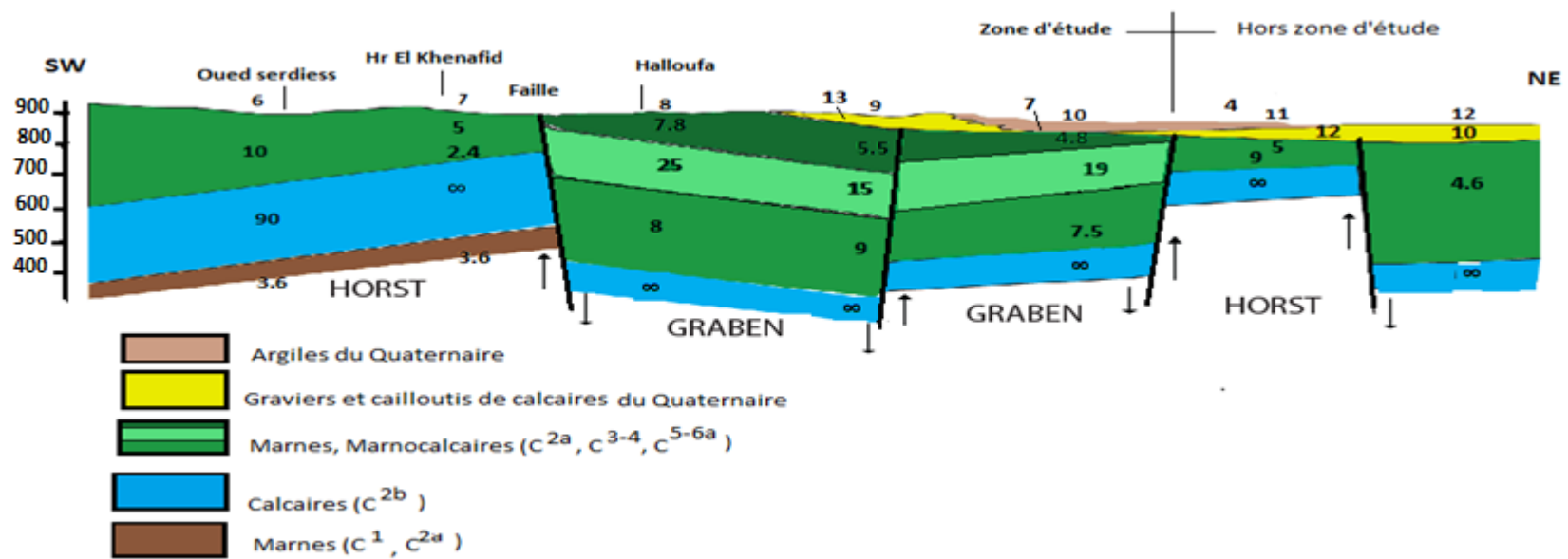
aperçue en surface par les deux premiers sondages (S.E.V. n°6 et n°7), constitue certainement les marnes d'âge Turonien supérieur – Emschérien inférieur (C2C - C3).

La Zone D'implantation	N°	Sigle du forage	Coordonnées Lambert			Profondeur du forage	Observation
			X (m)	Y (m)	Z (m)		
La Plaine d' EL Hammamet	1	St J4	975,7	256,87	860	45	A,A
	2	YS-5	977,45	253,8	847	22.4	A,A
	3	CM	981,6	251,5	780	57	A,A
	4	FG-1	980,75	252,6	785	202.5	A,A
	5	G1	972,1	248,15	971	80	A,A
	6	P8-9	976,35	254,95	822	150	A,A
	7	OS-1	974,15	249,85	895	420	A,A
	8	St J5	970,825	258,25	775	60	A,A
	9	R6-7	976,95	252,2	860	200	A,A
	10	YS-4	976,525	253,3	840	205	A,A
	11	YS4-5	976,725	253,4	848	175	A,A
	12	YS-4bis	976,534	253,3	840	170	A,A
	13	M7	972	255,6	863	150	A,A
La Plaine de Tébessa - Boulhaf – Dyr	14	AC1	982,7	253,75	777	200	A,A
	15	F2-3	981,35	253,5	783	191	A,A
	16	EF1,BIS	980,25	253,50	789	180	A,A
	17	EF1	980,45	253,30	789	265	A,A
	18	F1-2	980,850	253,400	788		A,A
	19	AC1 BIS	982,71	253,75	777	140	A,A
	20	AC2	985,66	257,61	780	482	A,A
	21	F9	986,75	257,9	810	151	A,M
	22	F10	987,100	257,9	818	150	A,M
	23	F11	987,110	257,87	828	150	A,A et A,M
	24	FG1B, BIS	981,324	252,843	833	142	A,A et A,M
	25	SCT	989,187	249,643	842	250	A,A
	26	KS1 BIS	990,000	256,030	870	200	A,A
	27	FTA2	990,750	250,000	818	150	A,A
	28	P5	991,800	249,250	812	155	A,A

Tableau n°4 Inventaire des forages implantés dans la plaine d'El Hammamet – Tébessa - Boulhaf Dyr (Algérie).



a) Profil réalisé en 1978 par STRAJEXPORT PRAGUE.



b) Profil réinterprété en Mai 2022 par Pr HEMILA M. L., AYACHI S. et LAADJEL A.

Figure n° 12 Profil géoélectrique I

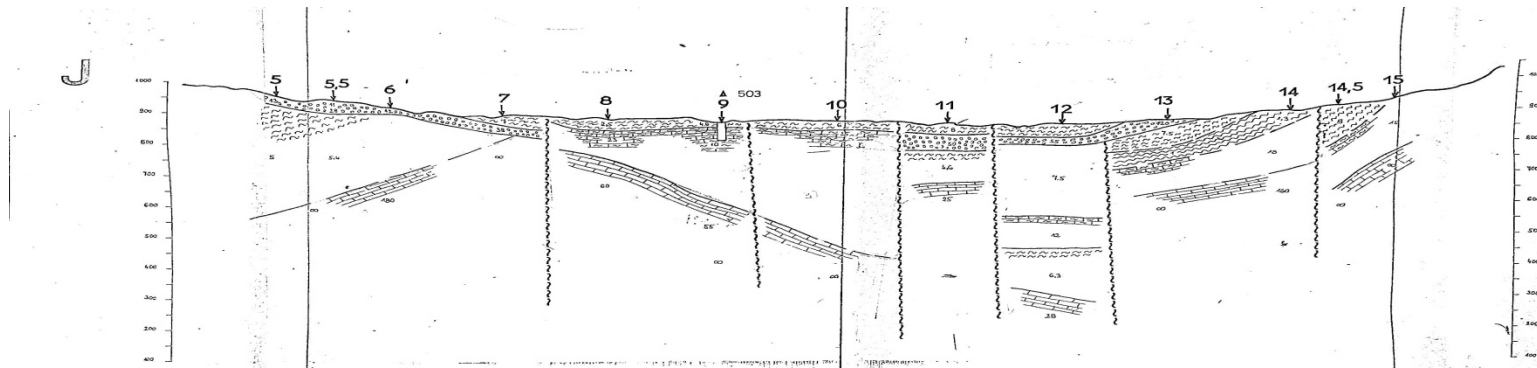
- La quatrième couche plus profonde, apparue à une profondeur dépassant 160 m aux deux premiers sondages et au S.E.V. n°11 et à une profondeur variant entre 425 et 560 m par les S.E.V. n° 8,9 et 10, est une couche très résistante de résistivité dépassant 90  $\Omega\text{m}$  et une épaisseur dépasse 200 m. Selon le principe de superposition, cette couche géoélectrique représente les calcaires du Turonien moyen (C<sup>2b</sup>).
- La dernière couche que nous pouvons la considérer comme substratum des calcaires du Turonien, n'a été détectée qu'au niveau du premier sondage électrique verticale de ce profil électrique (S.E.V. n°6) à une profondeur 475 m. Cette couche géoélectrique très conductrice de résistivité 3.6  $\Omega\text{m}$  constitue évidemment les marnes du Turonien inférieur.

La variation très considérable des niveaux de profondeur de détection de ces couches traduit l'existence des contacts anormaux entre les différentes couches anciennes et explique bien que la région a subi des mouvements tectoniques très cassants auparavant. Alors, des failles ont été illustrées avec des grands rejets. Comme exemple, le rejet de la faille localisée entre S.E.V. n°7 et n°8 atteint 350 m. Dans l'ensemble du profil, nous observons une structure géologique complexe caractérisée par la mise en place des grabens et des horsts en escaliers.

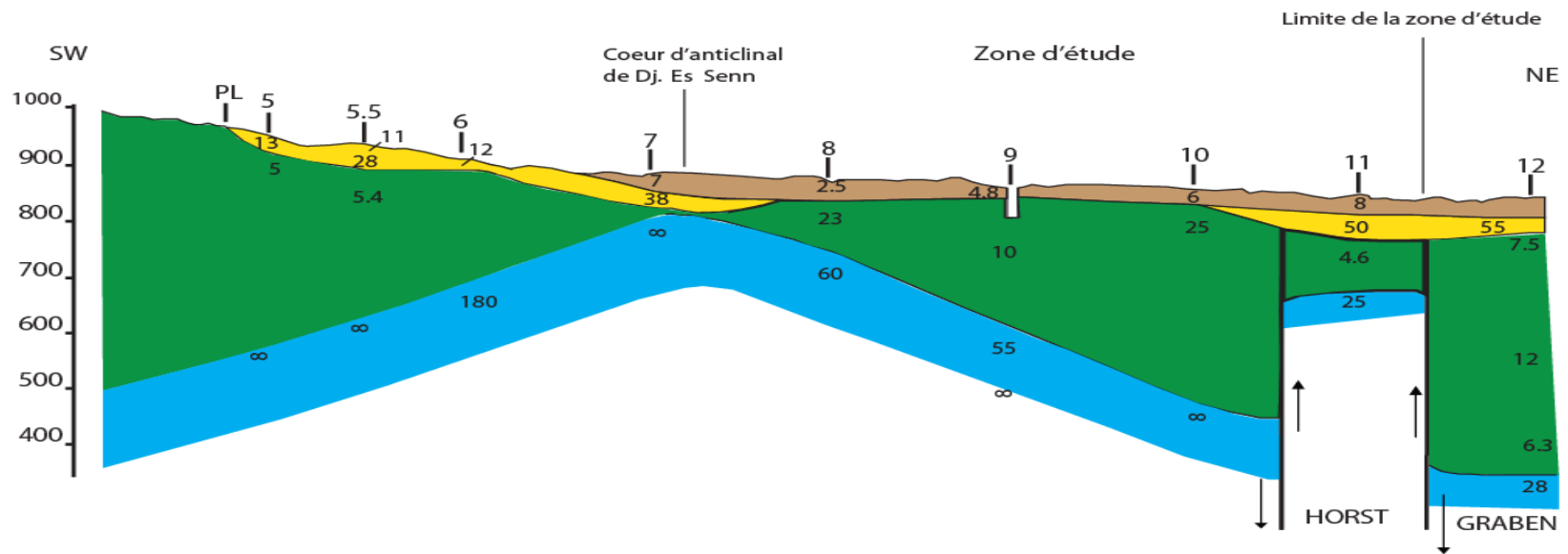
- Le profil géo électrique « J » (Figure n°13), montre le début d'élargissement latéral du remplissage alluvionnaire du Quaternaire vers la plaine. La lentille argileuse de surface a été détectée à partir du sondage n°7 avec une résistivité qui varie entre 2.5 à 8  $\Omega\text{m}$ . La couche géo électrique résistante de sables et graviers a été aperçue, en subsurface en dessous de la lentille argileuse, par les sondages électriques verticaux numérotés de 5 à 7 avec une résistivité de 12 à 38  $\Omega\text{m}$  et par les deux sondages n°11 et 12 avec une résistivité atteignant 55  $\Omega\text{m}$ . Cette couche résistante caractérise un sédiment à éléments plus grossiers (gros graviers et cailloutis de calcaires). Le substratum de cette couverture Quaternaire est marneux et marno-calcaireux d'âge Emschérien – Campanien où la résistivité est de 5  $\Omega\text{m}$  pour les marnes et entre 10 et 25  $\Omega\text{m}$  pour les marno-calcaires.

La structure globale au niveau de ce profil J, est un anticlinal dont la charnière du grand pli est localisée au niveau des sondages électriques verticaux n°7 et 8. Le cœur est calcaireux d'âge Turonien moyen. A partir du S.E.V. n°10, la structure est ainsi faillée avec des rejets assez forts en marquant des horsts et des grabens.

- Le profil géo électrique « K » (Figure n°14), a mis en évidence un remplissage alluvionnaire plus résistant et plus épais. La couche résistante s'étend sur la totalité du profil avec une large variation horizontale et verticale de la résistivité, ceci indique bien

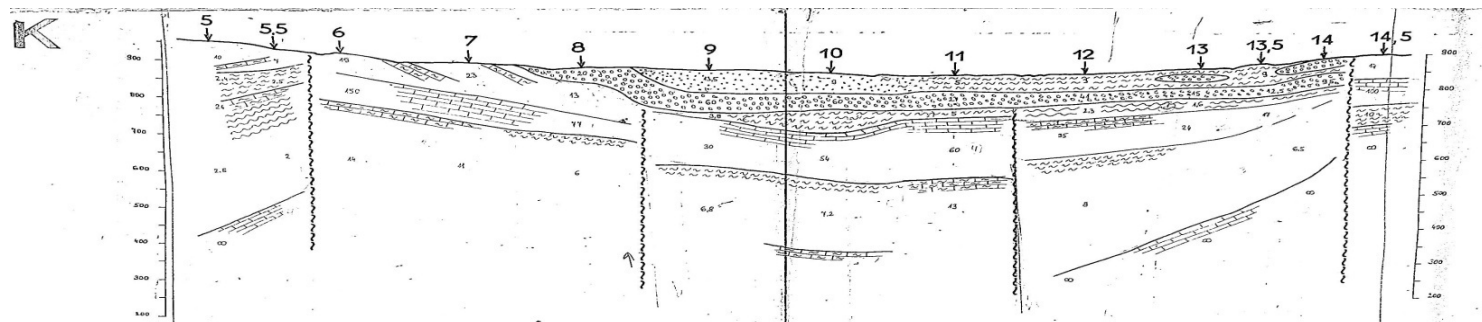


a) Profil réalisé par STRAJEXPORT PRAGUE. en 1978

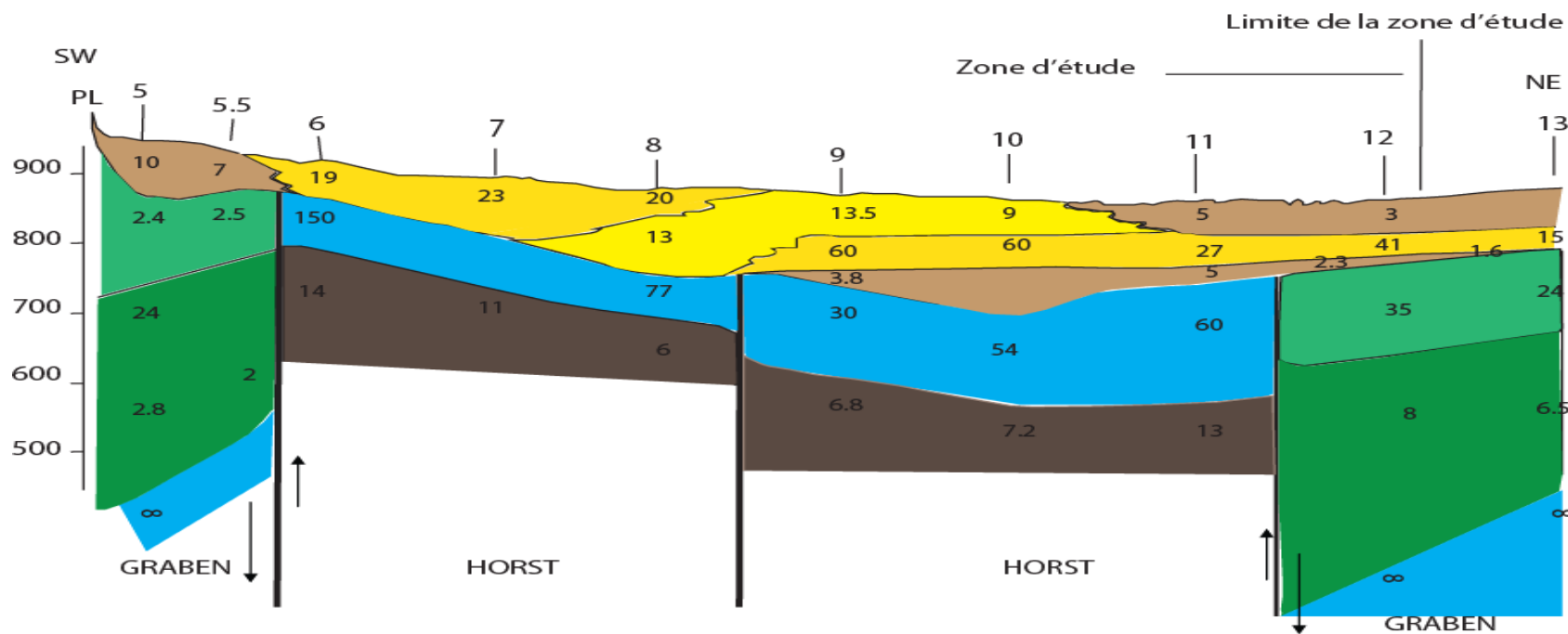


b) Profil réinterprété en Mai 2022 par Pr HEMILA M. L., AYACHI S. et LAADJEL A.

Figure n° 13 Profil géoélectrique J



a) Profil réalisé en 1978 par STRAJEXPORT PRAGUE.



b) Profil réinterprété en Mai 2022 par Pr HEMILA M. L., AYACHI S. et LAADJEL A.

Figure n° 14 Profil géoélectrique K

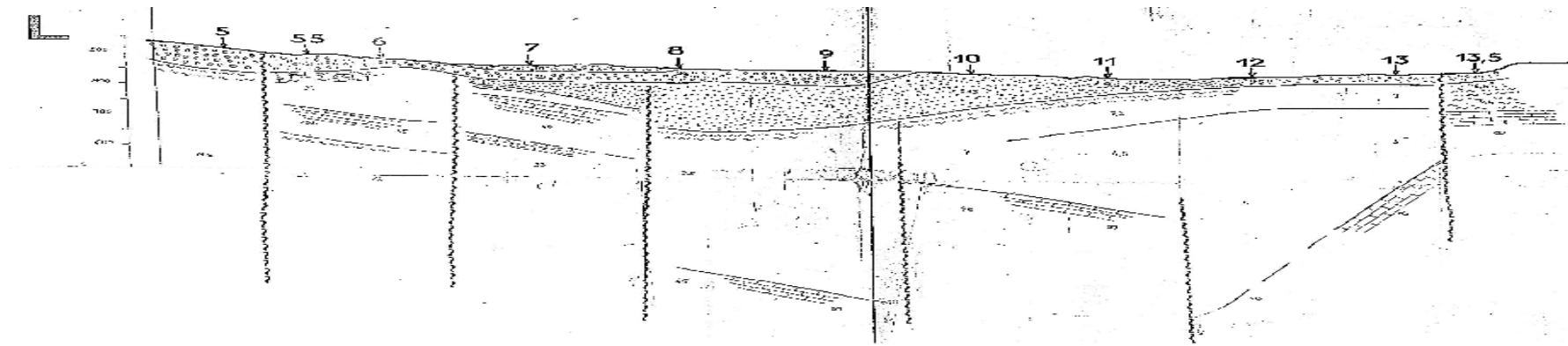
le changement latéral de faciès d'un dépôt de sables argileux de résistivité 13 - 15  $\Omega\text{m}$  à un dépôt de graviers et cailloutis de calcaires de résistivité 19 à 60  $\Omega\text{m}$ . A partir du sondage n°11, cette couche résistante du remplissage devient en dessous de la lentille argileuse ayant une résistivité 3 à 5  $\Omega\text{m}$ . Le substratum de cette couverture alluvionnaire devient calcaireux d'âge Turonien moyen au niveau des trois sondages n° 6, 7 et 8. La structure géologique générale déduite précédemment est bien conservée au niveau de ce profil.

- Le profil géo électrique « L » (Figure n°15) révèle un remplissage alluvionnaire totalement résistant marqué par une nette variation latérale de la résistivité. La lentille argileuse est complètement disparue, c'est-dire son extension vers la plaine est limitée à un endroit limitrophe de ce profil avec le profil géo électrique précédent. Dans ce remplissage résistant, trois lentilles géo électriques peuvent être distinguées :

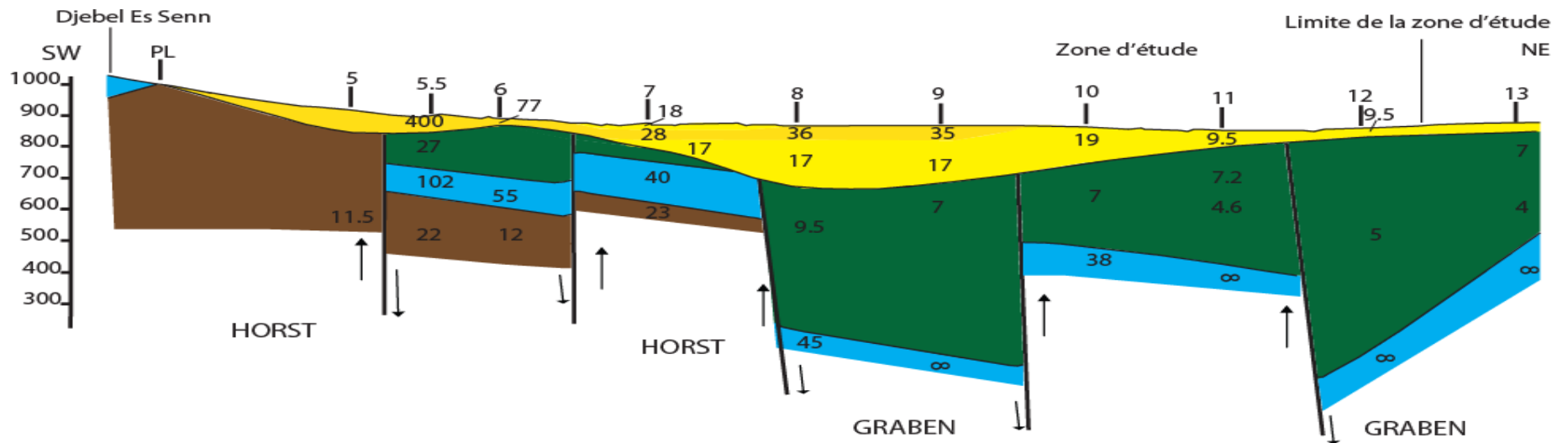
- La première lentille de résistivité 18  $\Omega\text{m}$ , d'extension latérale et verticale très limitée aux sondages n° 7 et 8, caractérise un sédiment de sables et de graviers avec peu d'argiles,
- La deuxième lentille du dessous, qui s'allonge du sondage n° 5 à celui n° 9 avec une résistivité qui varie de 28 à 400  $\Omega\text{m}$  (S.E.V. n° 5.5), caractérise un sédiment de gros graviers et cailloutis de calcaires. Son épaisseur est de 30 à 75 m,
- La troisième lentille, constituant la base, débute du S.E.V. n° 7 jusqu'au S.E.V. n° 13, sa résistivité varie entre 9.5 à 19  $\Omega\text{m}$ . Elle représente un sédiment de sable argileux, de sable fin et de gravier. Cette lentille est plus épaisse au niveau des sondages 8, 9 et 10 où l'épaisseur est de 110 à 150 m. Au centre du profil, précisément au niveau des sondages 8 et 9, le substratum à faciès marneux et marnocalcaires se trouve à 200 m de profondeur, cependant aux extrémités, il se trouve à une profondeur ne dépassant pas 30 m.

La structure géologique générale est de même, caractérisée par la présence des failles avec des rejets assez forts en marquant des horsts et des grabens.

- Le profil géo électrique « M » (Figure n°16) présente aussi un remplissage alluvionnaire résistant qui se caractérise par des ondulations de son substratum en donnant des dépressions et des dômes. Ce substratum est calcaireux d'âge Turonien moyen au niveau des trois premiers sondages (S.E.V. n° 4, 4.5 et 5) et marneux d'âge Emschérien à partir du sondage électrique vertical n°6. Les calcaires du Turonien moyen sont très épais atteignant 400 m d'épaisseur et les marnes d'âge Cénomaniens - Turonien inférieur n'ont été détectées qu'au niveau des trois premiers sondages avec une profondeur 475 à 500 m.
- Le profil géoélectrique « N » (Figure n°17) met en évidence une diminution de l'épaisseur de la couverture alluvionnaire plus en allant vers la limite nord jusqu'à son disparition totale d'une part et l'affleurement de son substratum marneux au niveau

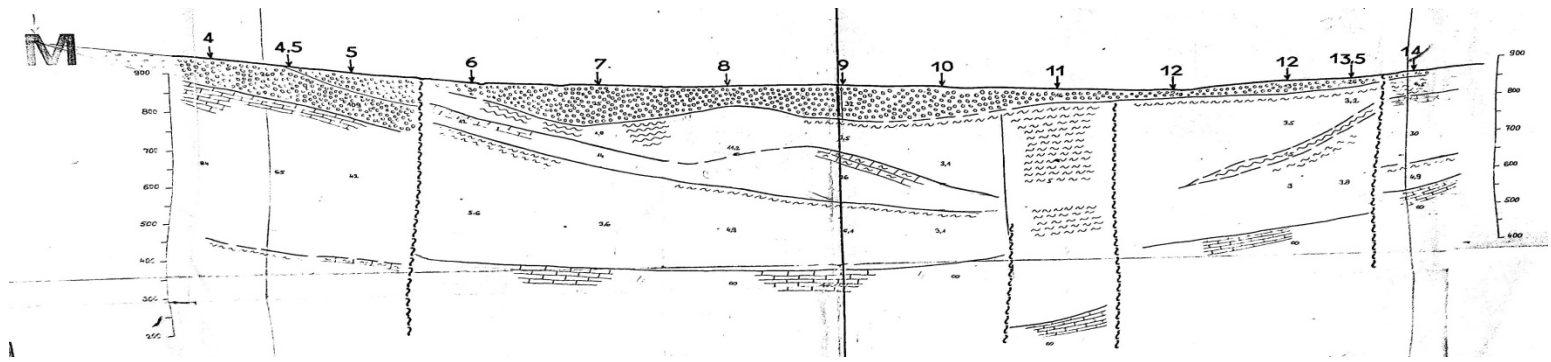


a) Profil réalisé en 1978 par STRAJEXPORT PRAGUE.

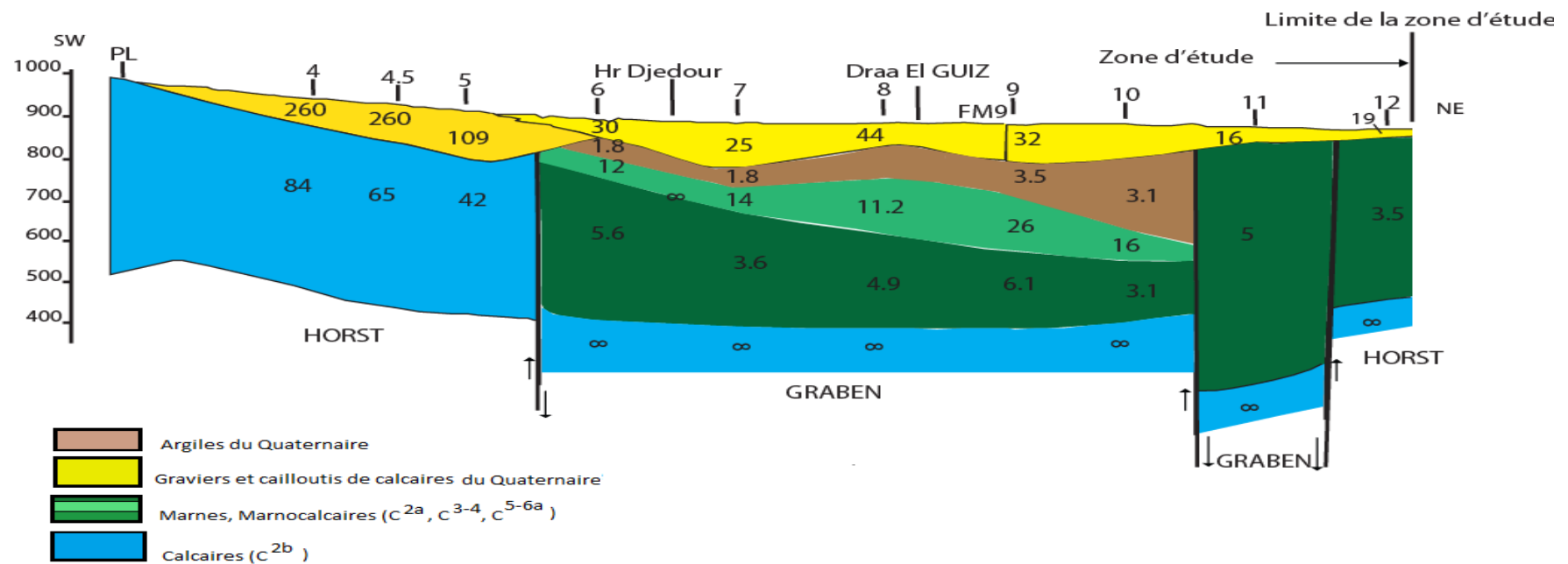


b) Profil réinterprété en Mai 2022 par Pr HEMILA M. L., AYACHI S. et LAADJEL A.

Figure n° 15 Profil géoélectrique L



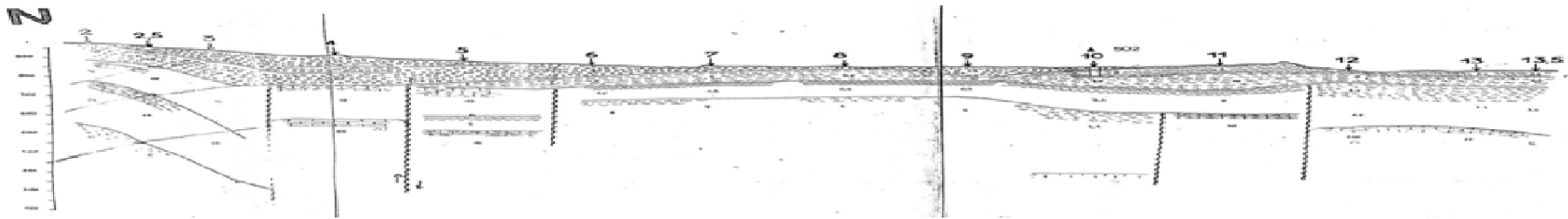
a) Profil réalisé en 1978 par STRAJEXPORT PRAGUE.



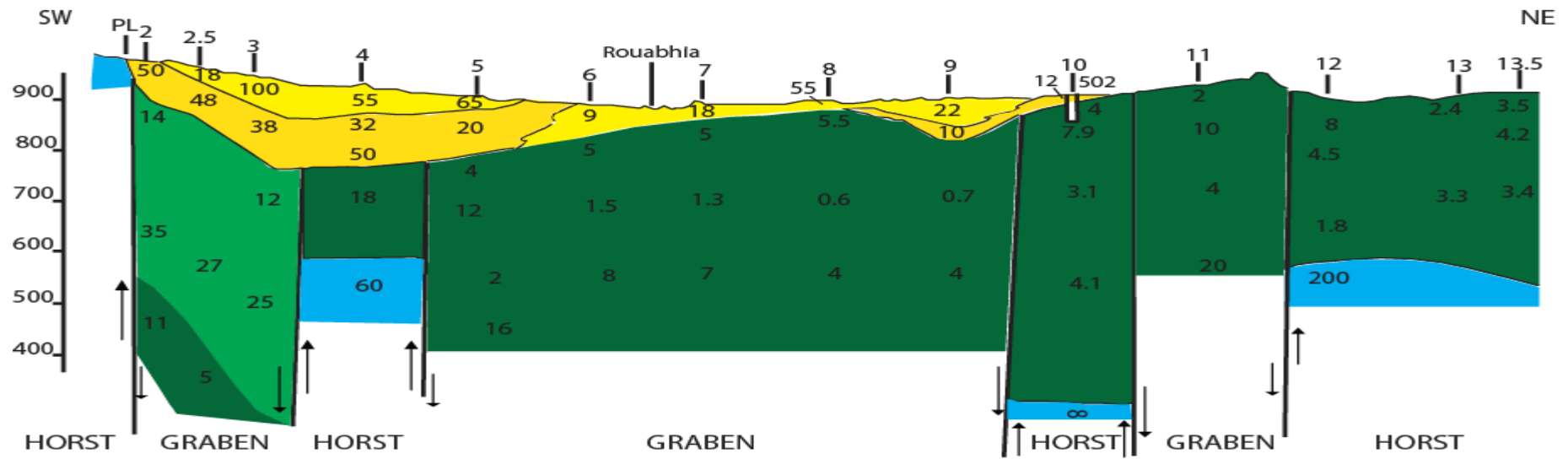
b) Profil réinterprété en Mai 2022 par Pr HEMILA M. L., AYACHI S. et LAADJEL A.

Figure n° 16 Profil géoélectrique M





a) Profil réalisé en 1978 par STRAJEXPORT PRAGUE.

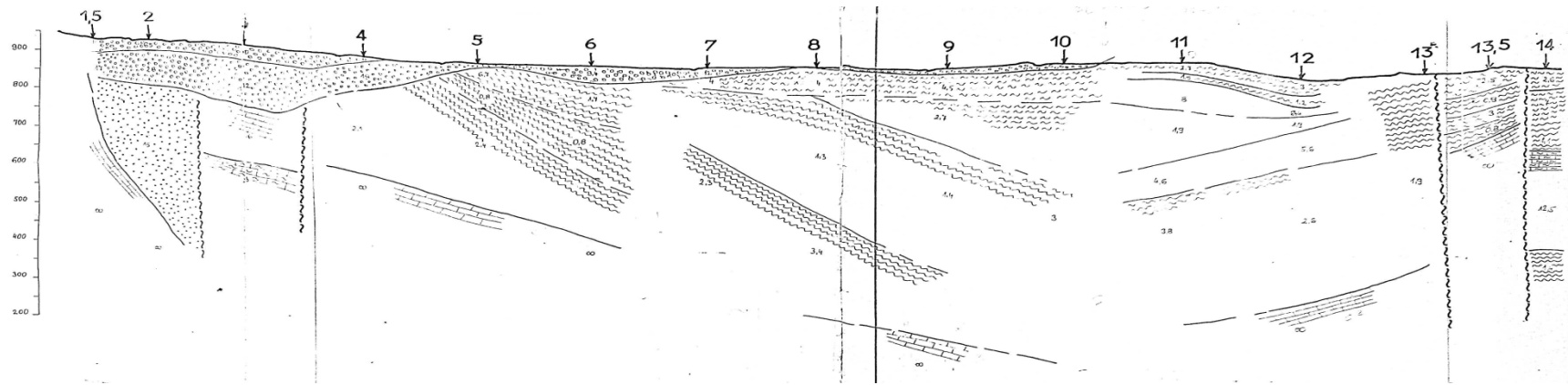


b) Profil réinterprété en Mai 2022 par Pr HEMILA M. L., AYACHI S. et LAADJEL A.

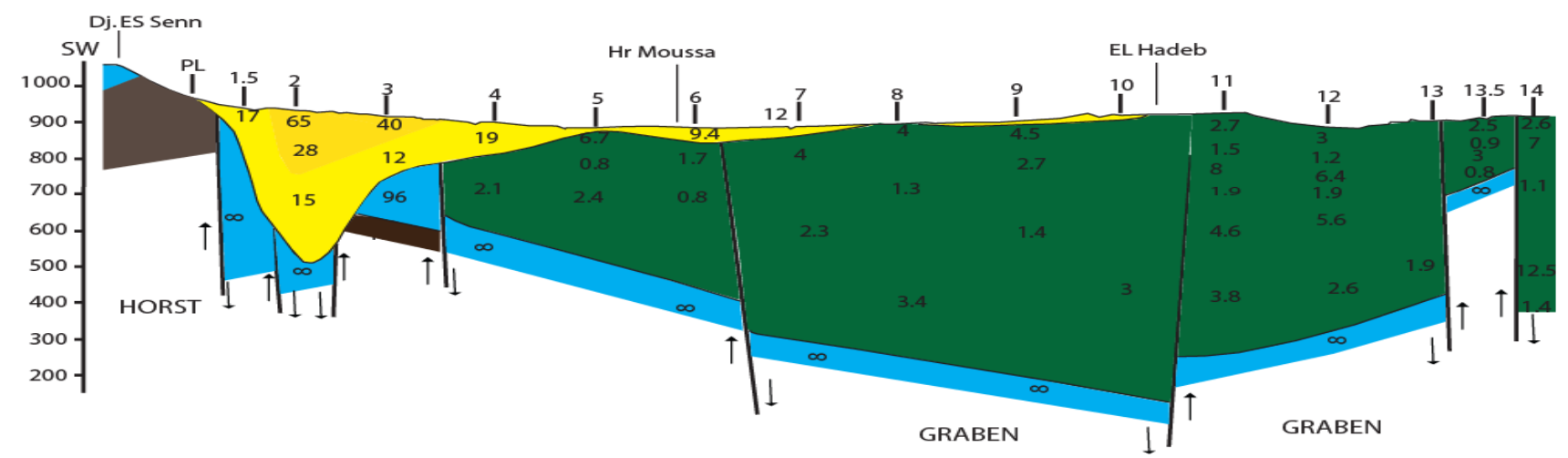
Figure n° 17 Profil géoélectrique N

du S.E.V. n° 10 d'autre part. Cependant, aux sondages allant du S.E.V. n° 2 au S.E.V. n° 6, cette couverture alluvionnaire résistante reste épaisse atteignant 150 m. Sa résistivité oscille entre 18 et 100  $\Omega$  m indiquant un dépôt de sédiments beaucoup plus caillouteux et graveleux. Nous rappelons ainsi l'existence au niveau du S.E.V. n°6 d'une petite lentille de résistivité 9  $\Omega$  m d'argile sableuse. La structure générale est analogue à celle donnée par les profils géo électriques précédents.

- Le profil géo électrique « O » (Figure n°18) indique au niveau du sondage n°2 une importante dépression de cette couverture alluvionnaire résistante du Quaternaire, celle-ci est marquée par la détection du substratum à faciès calcaireux du Turonien moyen à 430 m de profondeur par rapport au niveau de sol. Cependant, au sondage n° 4, le substratum à faciès marneux d'âge Emschérien commence à s'élever pour être en subsurface au niveau des sondages électriques verticaux n°5, 7, 9 et 10 et entièrement en affleurement à la surface au niveau du sondage n°8 et ensuite au niveau des cinq derniers sondages électriques verticaux (S.E.V. n° 11, 12, 13, 13.5 et 14). En ce profil géoélectrique, nous remarquons aussi une légère baisse de la résistivité électrique ( $9.4 < \rho < 65 \Omega\text{m}$ ) dans l'ensemble de ce remplissage alluvionnaire résistant. La structure générale reste compact inchangée à celle précisée auparavant par les profils géoélectriques précédents.
- Le profil géoélectrique « P » (Figure n° 19), met en évidence un remplissage alluvionnaire résistant qui s'étend du premier sondage jusqu'au sondage n° 10, il se présente en deux dépressions séparées au niveau du sondage n° 6 par un dôme. La plus importante est celle découverte par les sondages électriques verticaux allant du premier au cinquième, en cet endroit l'épaisseur atteint 235 m (S.E.V. n°3). Mais, la deuxième dépression est moins importante où l'épaisseur est au maximum 77.5 m (S.E.V. n° 8). Le substratum est de nature marneuse d'âges Turonien supérieur – Emschérien – Campanien, excepté au niveau des deux premiers sondages où ce substratum est de nature calcaireuse d'âge Turonien moyen. A partir du sondage n°10 jusqu'à la limite nord de la zone d'étude, ce substratum affleure en surface.
- Le profil géoélectrique « Q » (Figure n° 20), révèle une structure géoélectrique semblable à celle observée au niveau du profil précédent. Toutefois, le remplissage devient très puissant, caractérisé par la présence de deux grandes dépressions. Au niveau de la première dépression, la plus importante, l'épaisseur de la couverture alluvionnaire atteint 530 m (S.E.V. n°2). Le substratum est de même, il est de nature calcaire d'âge Turonien moyen au niveau des deux premiers sondages et marneux d'âge Turonien supérieur – Emschérien - Campanien-Maestrichtien inférieur au niveau des autres sondages

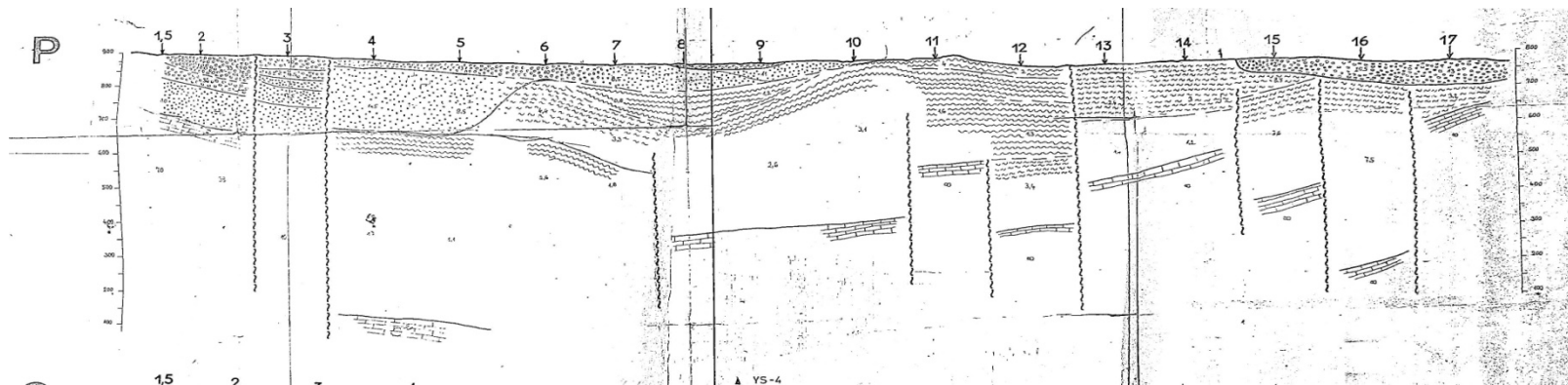


a) Profil réalisé en 1978 par STRAJEXPORT PRAGUE.

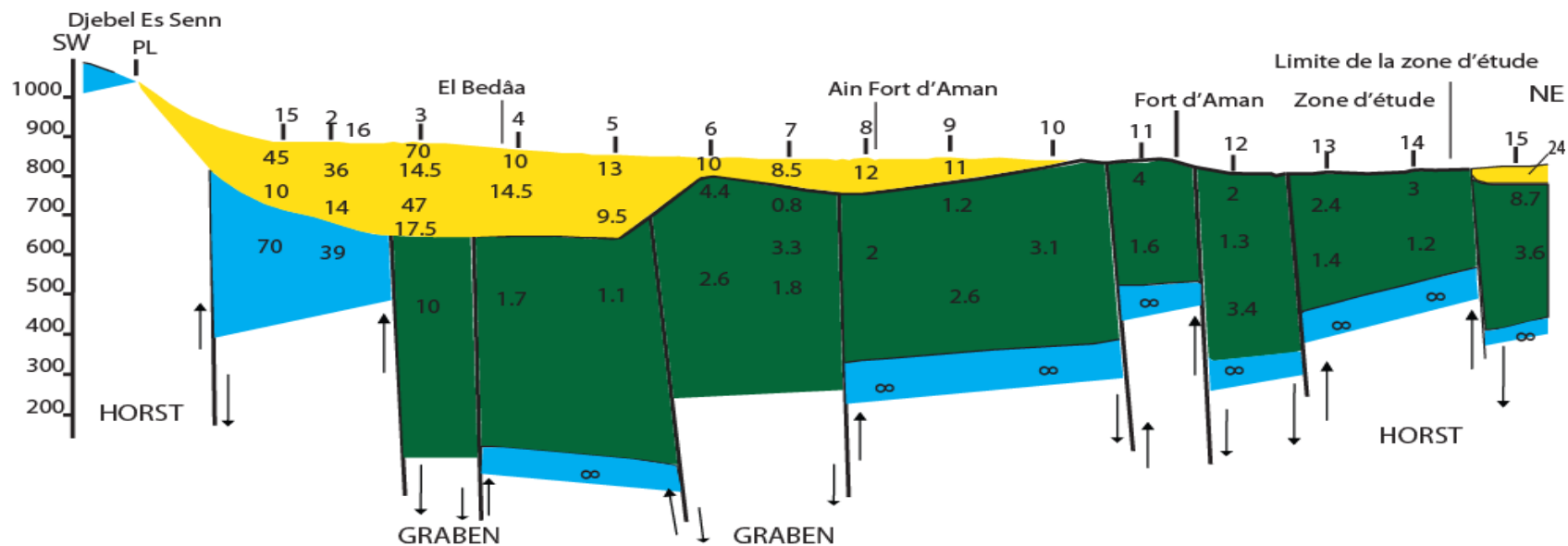


b) Profil réinterprété en Mai 2022 par Pr HEMILA M. L., AYACHI S. et LAADJEL A

Figure n° 18 Profil géoélectrique O

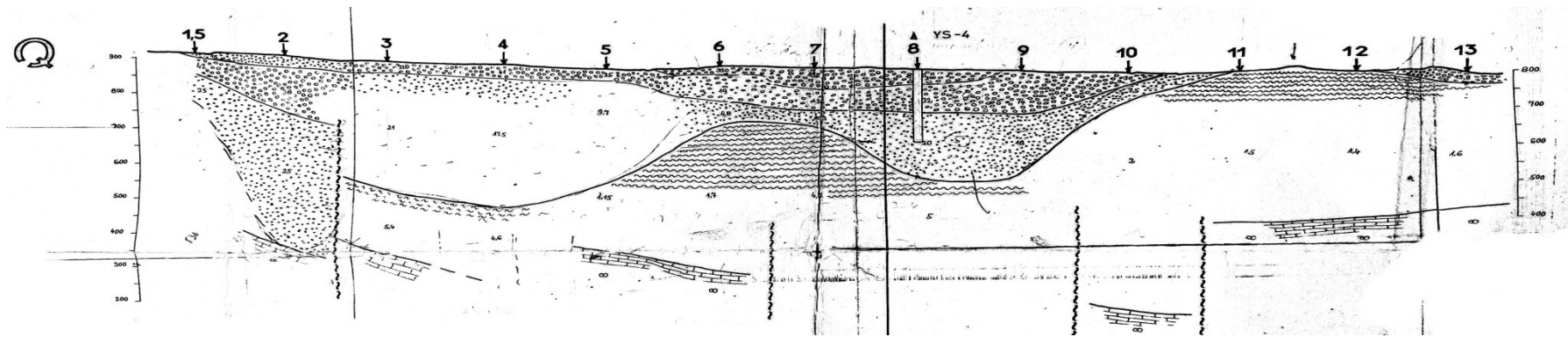


a) Profil réalisé en 1978 par STRAJEXPORT PRAGUE.

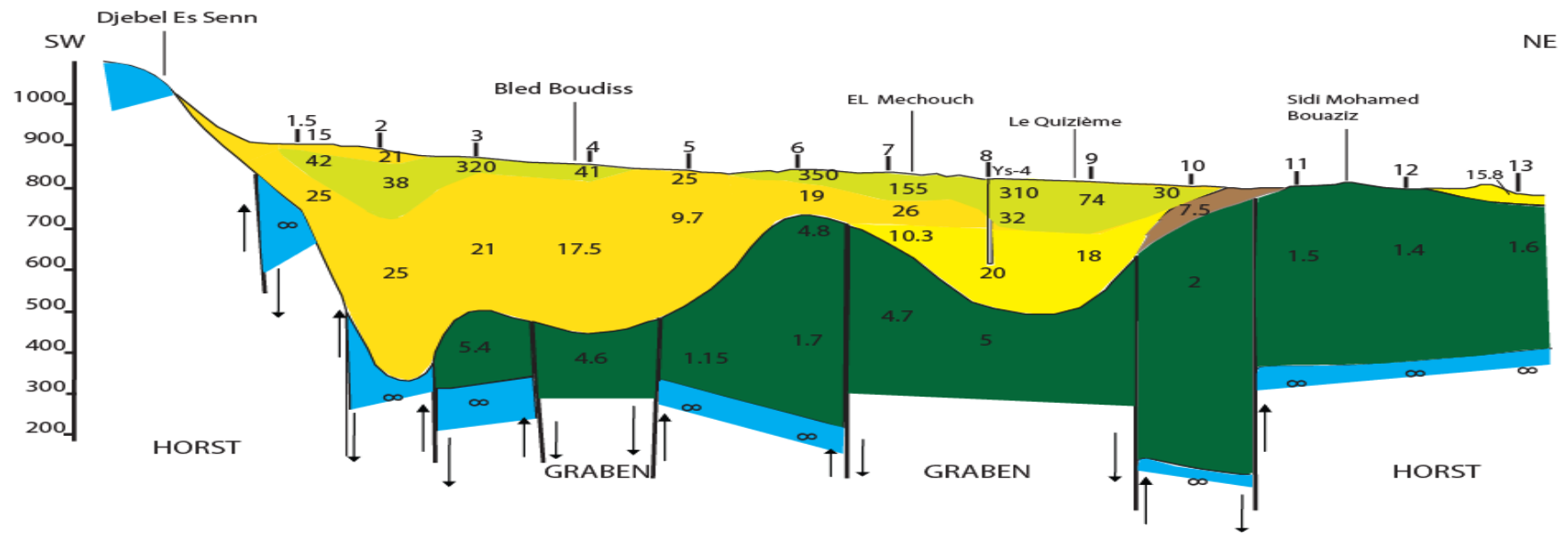


b) Profil réinterprété en Mai 2022 par Pr HEMILA M. L., AYACHI S. et LAADJEL A

Figure n°19 Profil géoélectrique P



a) Profil réalisé en 1978 par STRAJEXPORT PRAGUE.



b) Profil réinterprété en Mai 2022 par Pr HEMILA M. L., AYACHI S. et LAADJEL A

Figure n° 20 Profil géoélectrique Q

électriques verticaux. Ce substratum apparait aussi en surface à partir du sondage n°11 jusqu'à la limite nord de la zone d'étude.

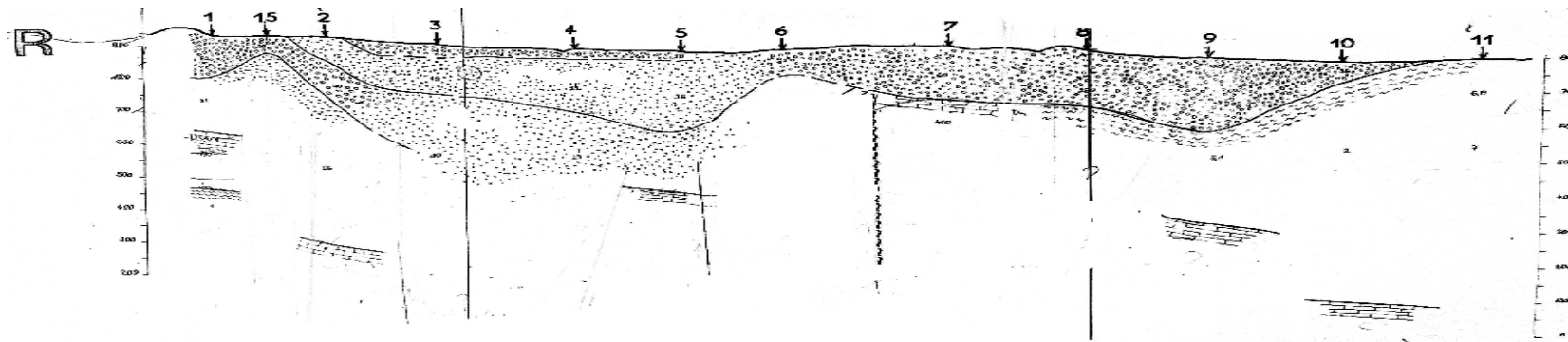
- Le profil géoélectrique « R » (Figure n° 21), situé en parallèle de la ligne de crête délimitant le bassin versant, donne aussi une structure analogue mais avec un substratum de remplissage alluvionnaire très profond où nous le constatons non détecté à une profondeur dépassant 620 m au niveau de quatre sondages électriques verticaux (S.E.V. n° 1.5, 3, 4, 6). La particularité de ce profil est que ce substratum est calcaireux d'âge Turonien moyen du premier au septième sondage et marneux du huitième au dernier sondage. Le non détection du substratum explique bien l'ampleur de l'effondrement qu'a affecté le bassin versant de Tébessa. Le profil illustre bien que cet effondrement est très fort en forme d'escaliers en donnant naissance à des horsts et des grabens. Les rejets de failles sont grands et dépassant 700 m.

## **2. Sur la plaine de Tébessa – Boulhaf Dyr :**

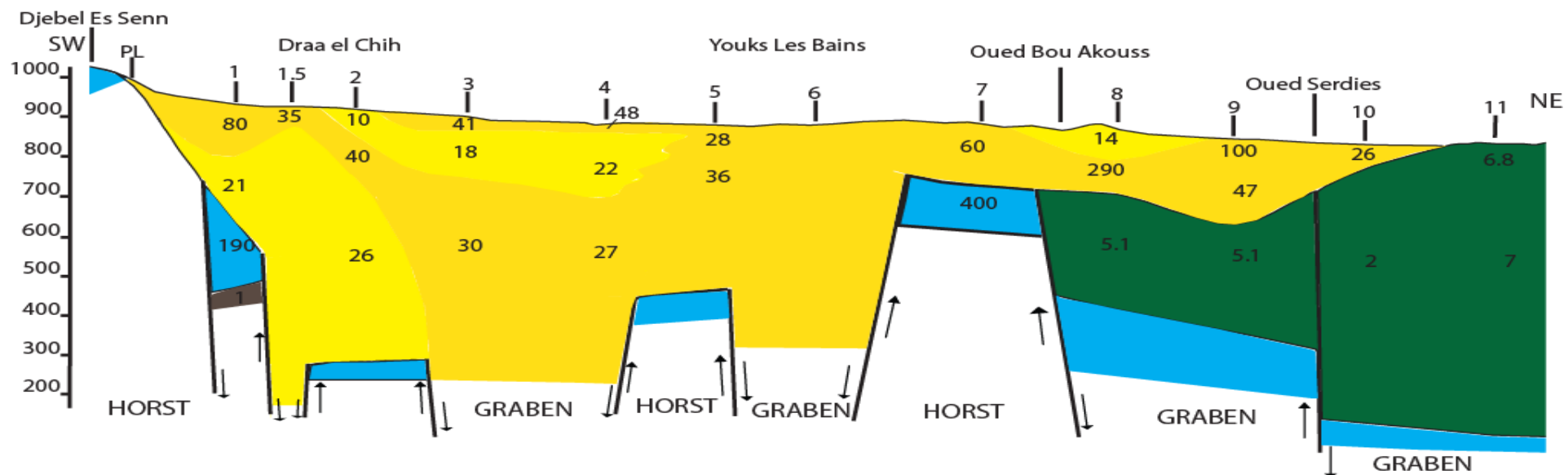
Du même procédé de traitement et de réinterprétation des dites données de base relatives aux onze (11) profils géoélectriques allant du profil « F » jusqu'au profil « P », nous pouvons réexposer la synthèse de corrélation, donnée en Mai 2017 par BENDAKOUM M. dans le cadre de préparation de son projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master sous l'encadrement de Monsieur le Professeur HEMILA M. L., relative à la structure et la géométrie de l'aquifère du remplissage alluvionnaire dans la zone dénommée Tébessa – Boulhaf Dyr. Alors, nous pouvons citer ce qui suit :

- le profil géoélectrique F : Comme le montre la figure n°22, a mis en évidence un remplissage alluvionnaire très épais en contact anormal souterrain avec les formations carbonatées d'âge Maestrichtien affleurant aux bordures du bassin. Ce contact anormal est bien témoigné par la mise en place des grandes failles à grands rejets marquant un effondrement très profond dépassant les 400 m au centre de la plaine. Le forage AC2 de 482 m implanté au nord affirme bien cette forte subsidence où les marnes Dano-Montiennes n'ont été détectées qu'à partir de 410 m.

Dans l'ensemble, on constate sur ce profil F une couche hétérogène résistante de résistivité variant de 10 à 200  $\Omega\text{m}$  se repose, à partir du sondage électrique vertical n°2, sur une couche très épaisse et conductrice de résistivité inférieure à 5  $\Omega\text{m}$ . Cependant au niveau du premier sondage électrique vertical, elle se repose sur une couche très résistante (de résistivité dépassant 100  $\Omega\text{m}$ ) qui a été attribuée aux calcaires fissurés du Maestrichtien moyen. Cette première couche hétérogène résistante constitue un aquifère très épais avec une épaisseur qui varie entre 69.2 m et 223 m.



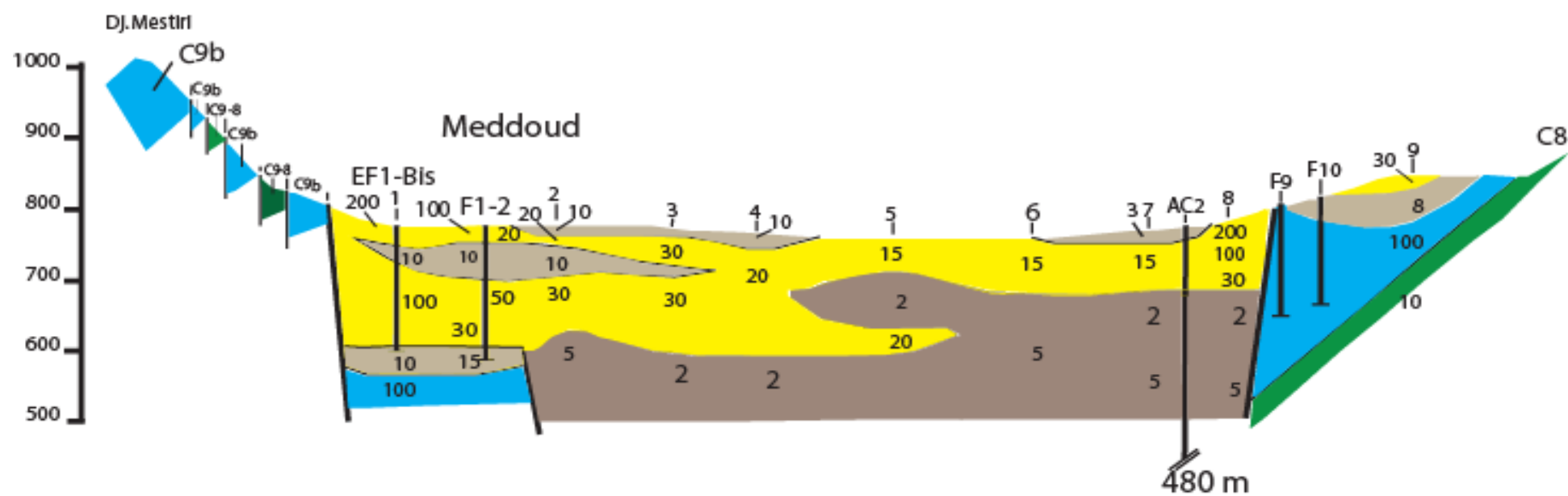
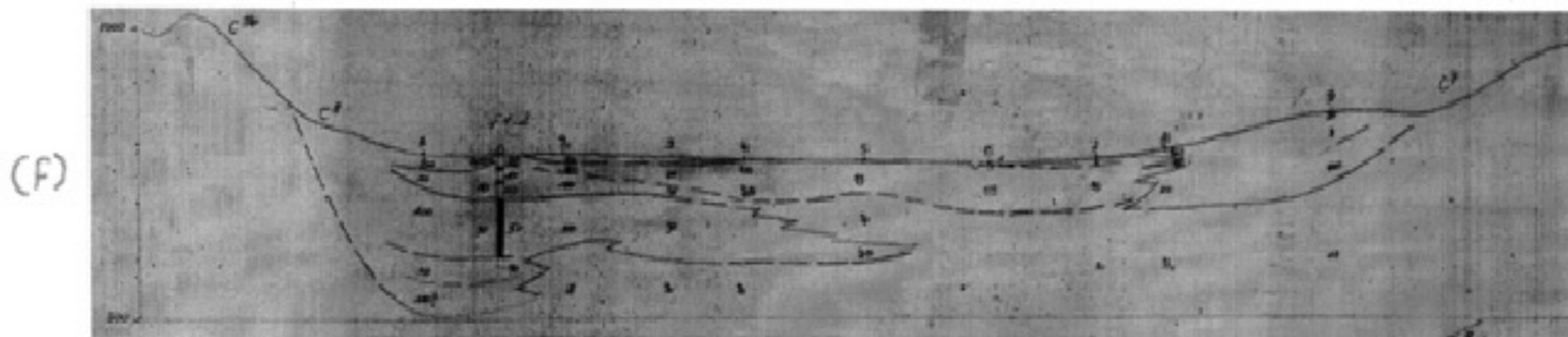
a) Profil réalisé par STRAJEXPORT PRAGUE. en 1978



b) Profil réinterprété en Mai 2022 par Pr HEMILA M. L., AYACHI S. et LAADJEL A.

Figure n° 21 Profil géoélectrique R

a) Profil réalisé par C.G.G. en 1970



b) Profil réinterprété en Mai 2017 par Pr HEMILA M. L. et BENDAKOUM M.

Figure n° 22 Profil géo électrique F (Cuvette de Tébessa)



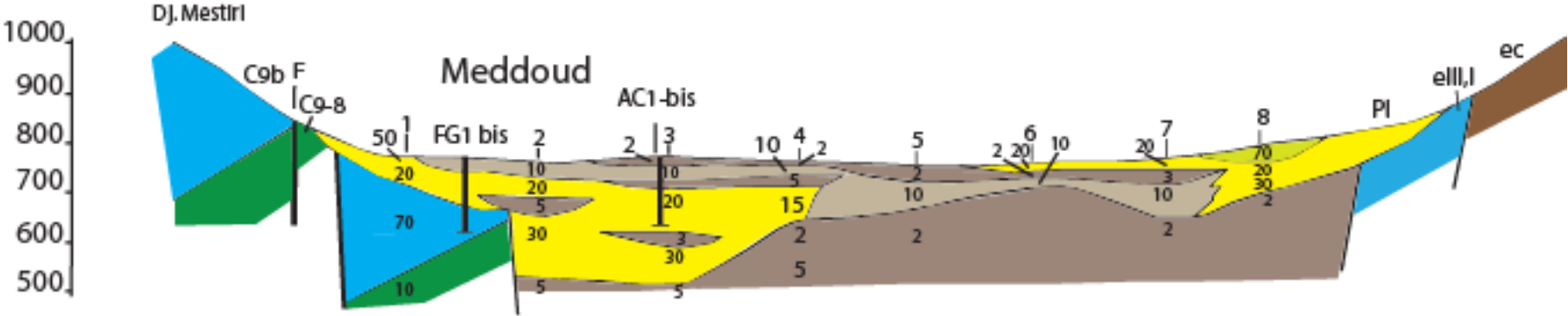
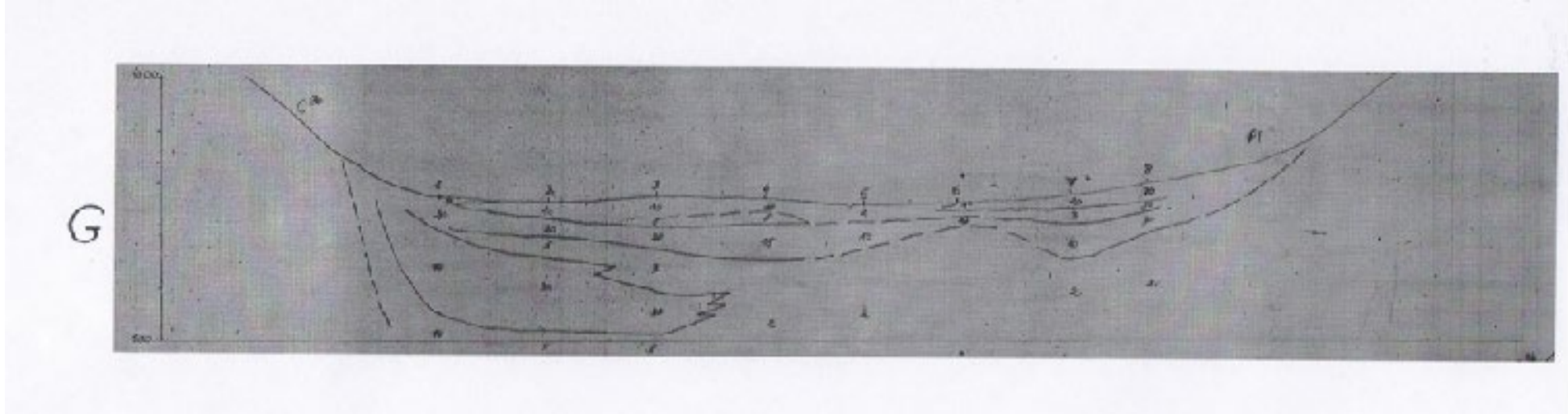
La grande puissance de celui-ci est bien marquée à la bordure sud comme l'indique bien les deux forages EF1 BIS et F1-2 où la nature des sédiments d'après leurs cuttings est caillouteuse et la présence d'un niveau statique d'eau à partir de 56 m de profondeur. Par corrélation aux cuttings du forage AC2, la couche de dessous très conductrice est une couche argileuse très puissante (Épaisseur = 310 m) faisant partie du remplissage alluvionnaire et qui constitue le substratum imperméable de l'aquifère. Au niveau de la couche résistante, un changement horizontal et vertical de la résistivité a été remarqué en donnant une certaine structure lenticulaire où deux lentilles ayant une résistivité 10  $\Omega\text{m}$  ont été visualisées. Ces lentilles représentent sans doute les couches d'argiles sableuses qui affleurent à Ain Chabroo. Au niveau des sondages électriques verticaux n°6, 7 et 8, une couche très conductrice de résistivité 3  $\Omega\text{m}$  apparaît en surface et coiffe la couche résistante sur une très faible épaisseur ne dépassant pas 3 m. Cette couche conductrice représente les argiles et les limons récents du Quaternaire.

- Le profil géoélectrique G (Figure n°23) : a visualisé le même schéma mais avec une certaine modification latérale de faciès au niveau des lentilles où ces dernières deviennent plutôt très conductrices de résistivité 2 à 5  $\Omega\text{m}$ . Alors le terrain devient plutôt argileux et marécageux dans cet endroit. La couche résistante de calcaires fissurés d'âge Maestrichtien a été soulevée dans cet endroit pour être détectée à partir d'une profondeur de 88 m par les forages FG1 et FG 1 bis.

Au milieu de ce profil et à partir du sondage électrique vertical n°4, il a été constaté une nette diminution de la puissance de la couche résistante aquifère et un soulèvement du substratum imperméable. Cet horizon résistant devient alors au S.E.V. n° 4 et 5 sous pression entre deux couches conductrices.

- Les profils géoélectriques H, I, J et K (Figure n°24 à 27) : au niveau de ces profils, le soulèvement du substratum imperméable a été ainsi observé en donnant une morphologie ondulatoire du substratum et des couches argileuses plus épaisses en forme des lentilles intercalées dans l'aquifère.
- Les profils géoélectriques L, M et N (Figure n°28 à 30), au niveau de ces trois profils, a été enregistré le soulèvement encore du substratum pour devenir subsurface au sondage électrique vertical n°7 puis il apparaît en surface au sondage électrique vertical n°8 du profil N (Figure 30). L'horizon résistant de dessous est donc en sous pression de la couche argileuse.
- Le profil géoélectrique O (Figure n°31) : a mis en place deux dépressions très épaisses et de nature caillouteuse, graveleuse et sableuse, qui sont séparées par le soulèvement à la surface du substratum imperméable (S.E.V. n° 7 et 8).

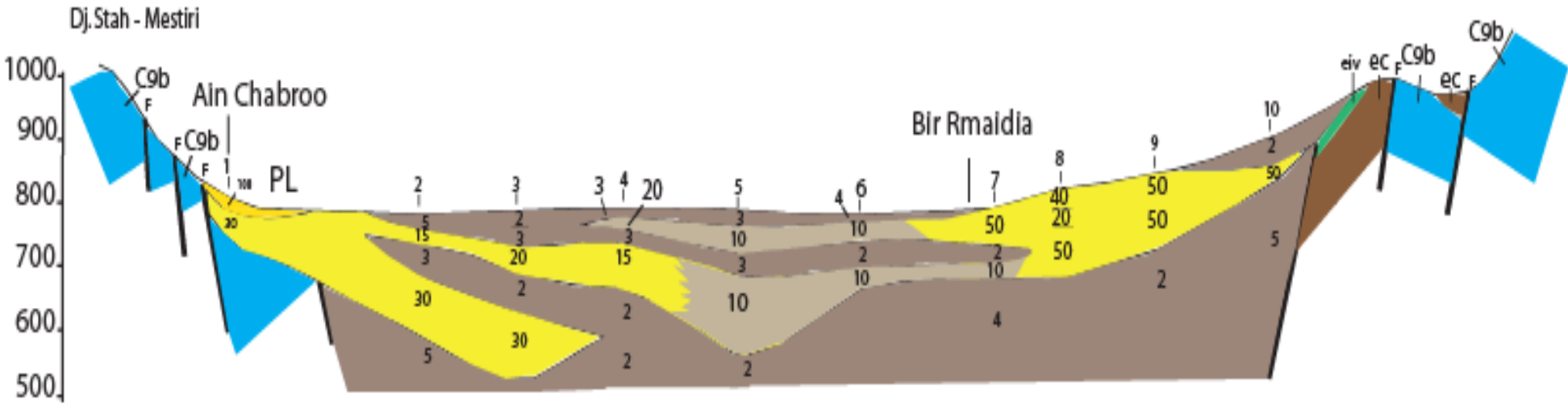
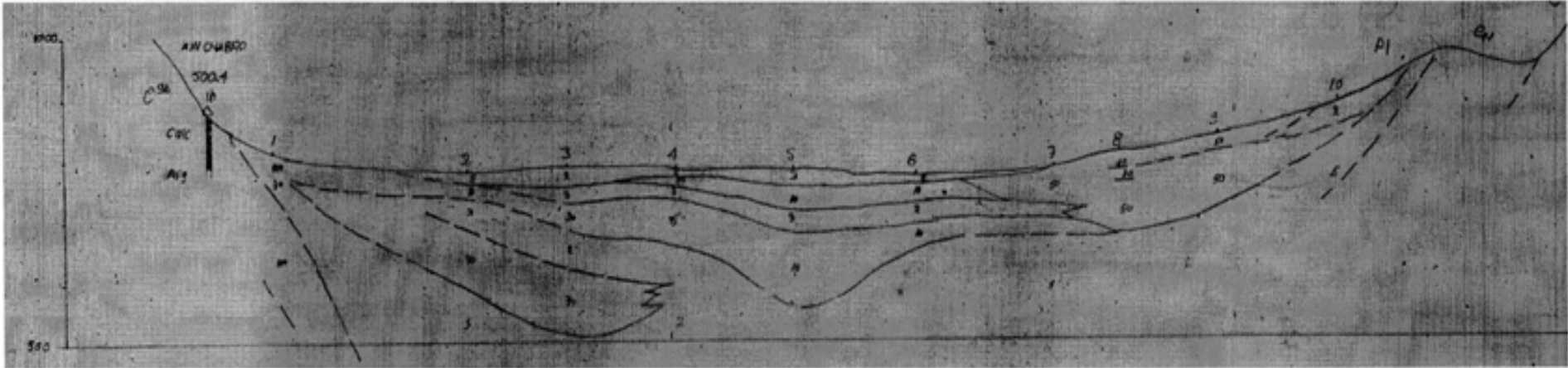
a) Profil réalisé en 1970 par C.G.G.



b) Profil réinterprété en Mai 2017 par Pr HEMILA M. L. et BENDAKOUM M.

**Figure n° 23 Profil géoélectrique G (Cuvette de Tébesa)**

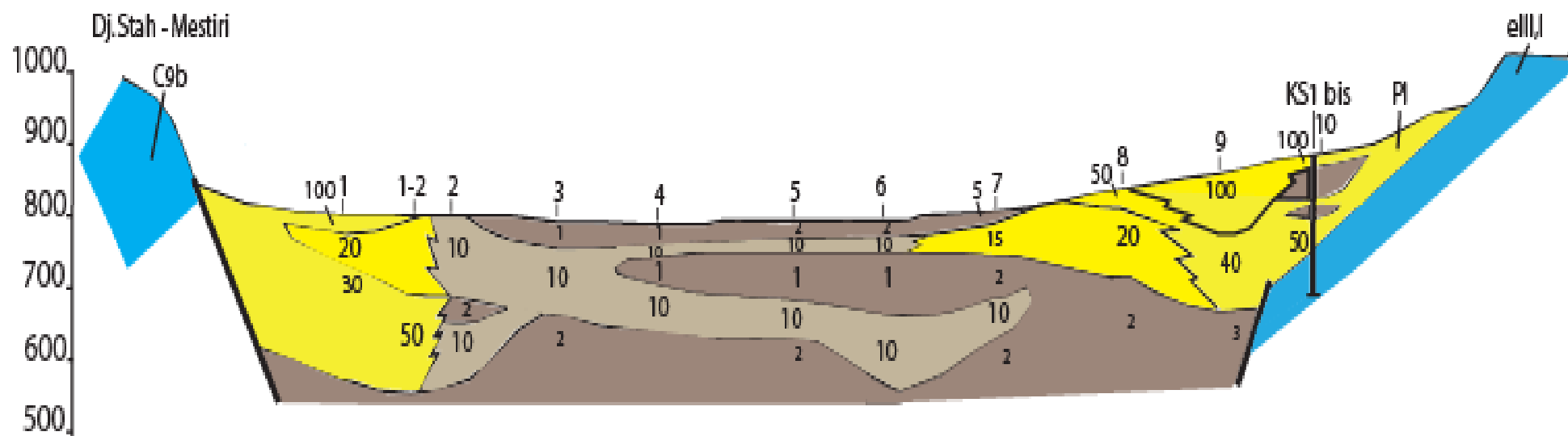
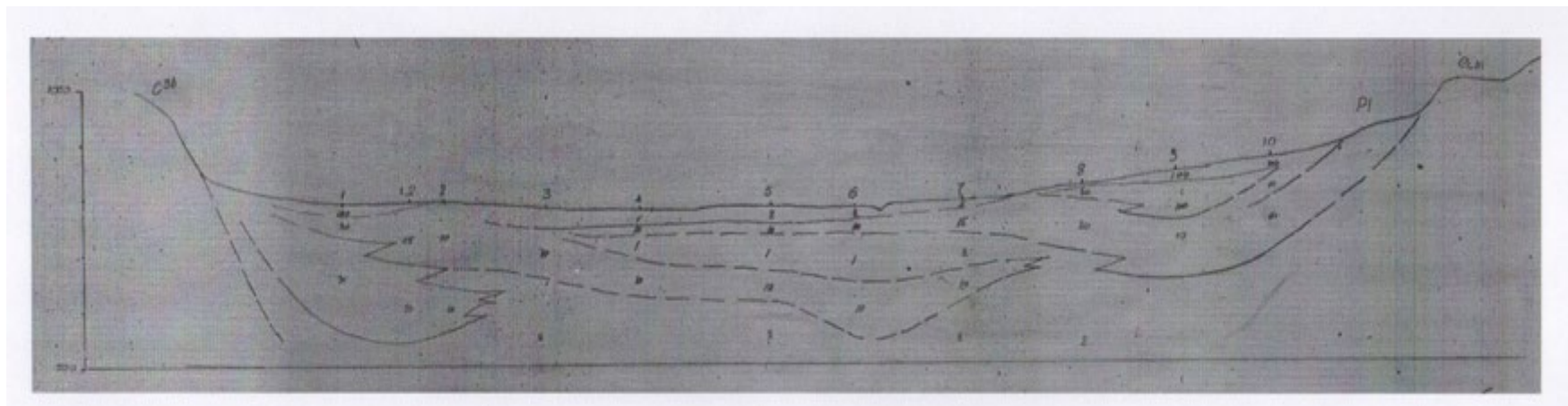
a) Profil réalisé en 1970 par C.G.G.



b) Profil réinterprété en Mai 2017 par Pr HEMILA M. L. et BENDAKOUM M.

Figure n° 24 Profil géoélectrique H (Cuvette de Tébessa)

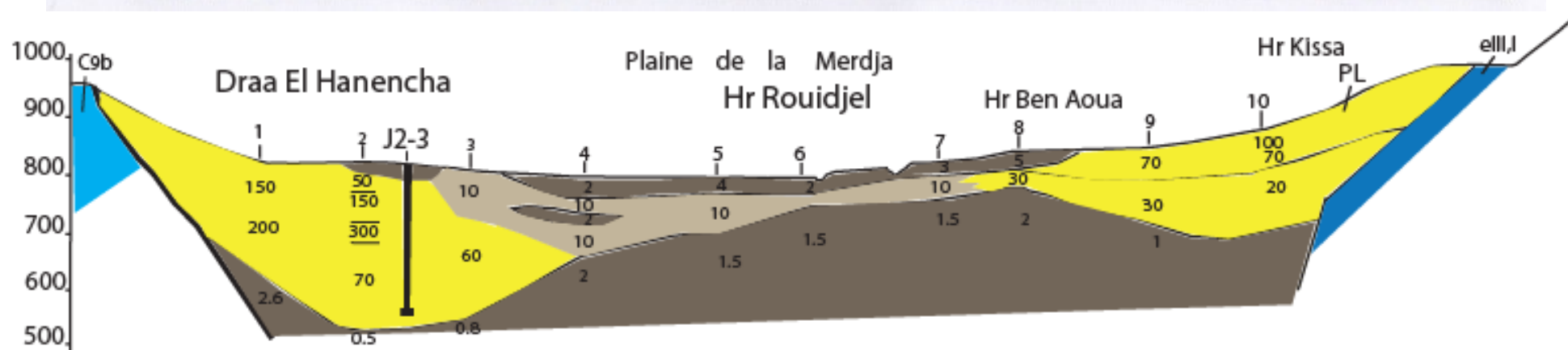
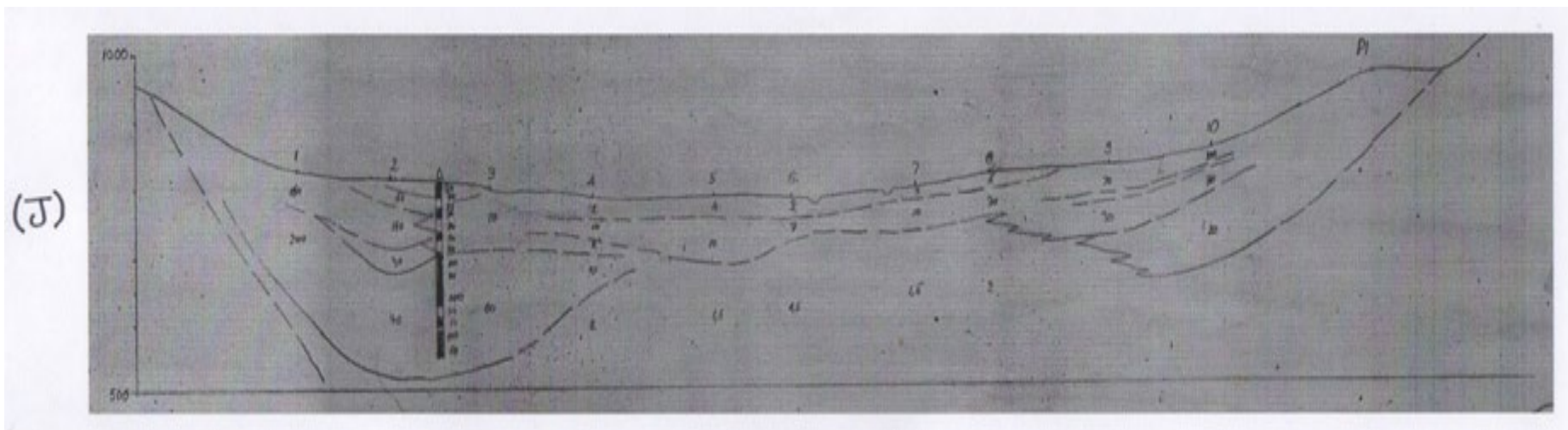
a) Profil réalisé en 1970 par C.G.G.



b) Profil réinterprété en Mai 2017 par Pr HEMILA M. L. et BENDAKOUM M.

**Figure n°25 Profil géoélectrique I (Cuvette de Tébesa)**

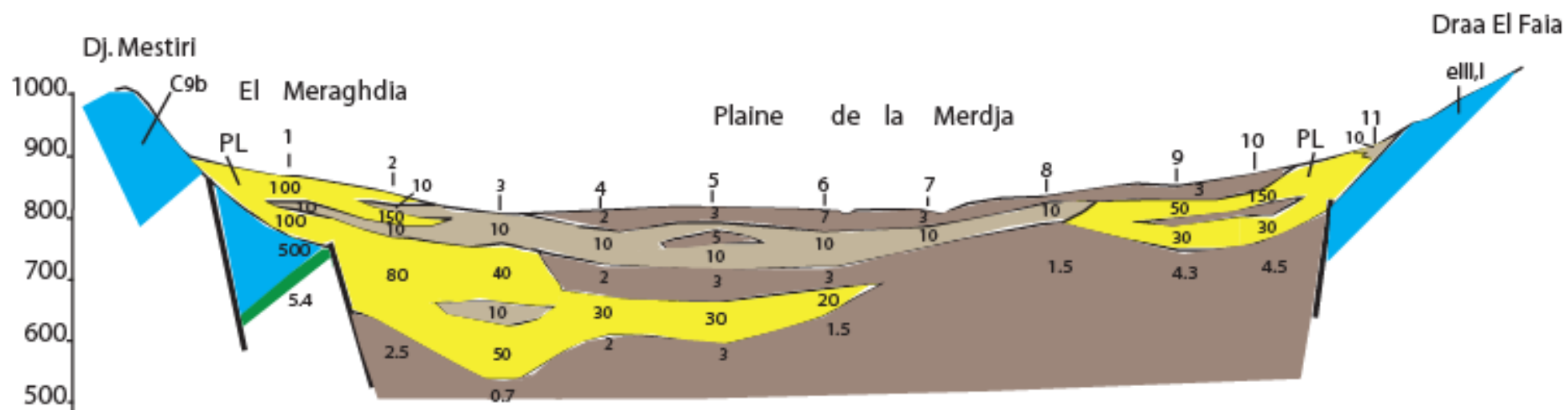
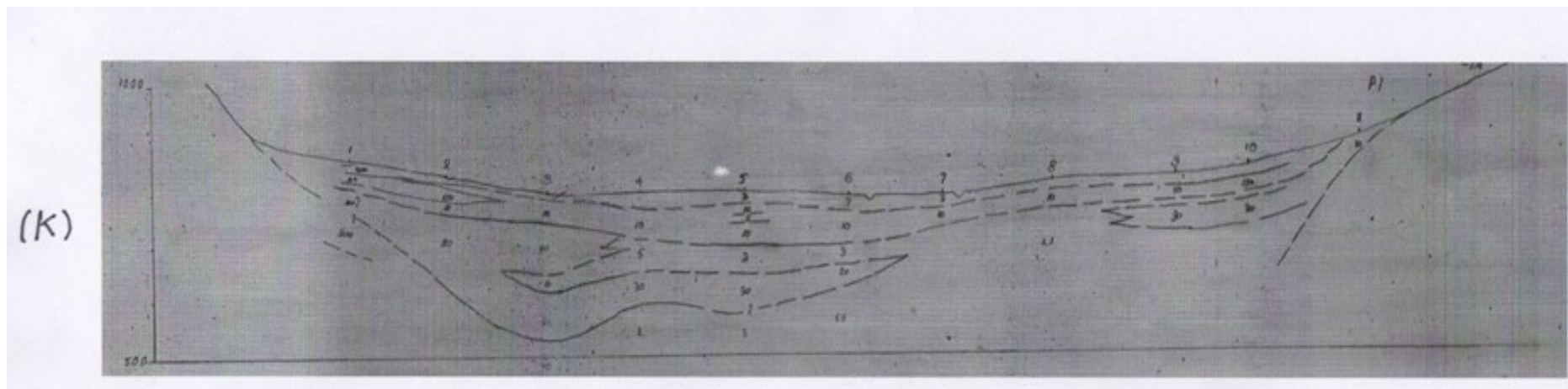
a) Profil réalisé en 1970 par C.G.G.



b) Profil réinterprété en Mai 2017 par Pr HEMILA M. L. et BENDAKOUM M.

Figure n° 26 Profil géoélectrique J (Cuvette de Tébessa)

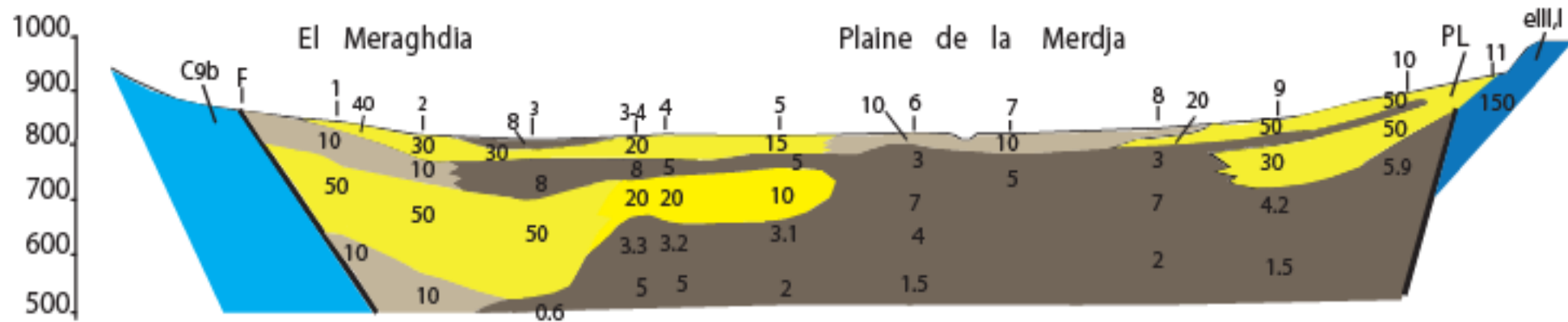
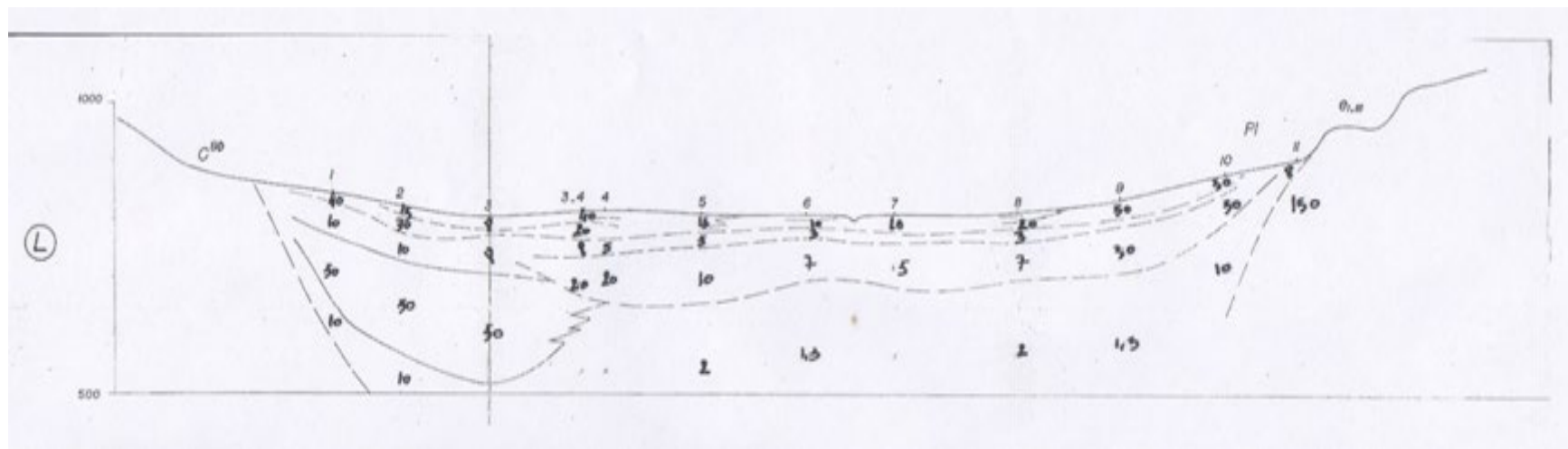
a) Profil réalisé en 1970 par C.G.G.



b) Profil réinterprété en Mai 2017 par Pr HEMILA M. L. et BENDAKOUM M.

Figure n° 27 Profil géoélectrique K (Cuvette de Tébessa)

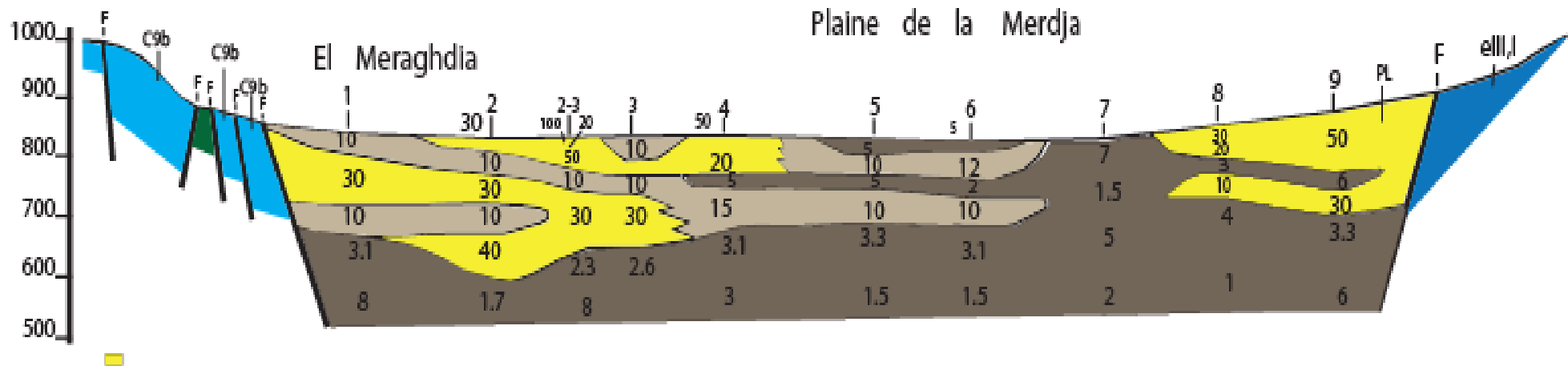
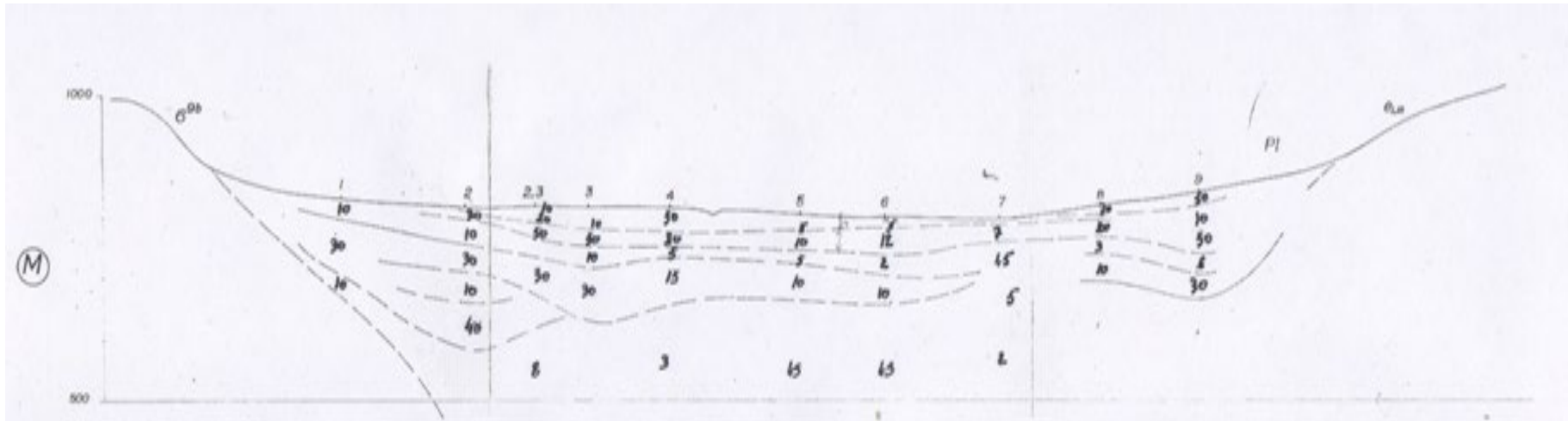
a) Profil réalisé en 1970 par C.G.G.



b) Profil réinterprété en Mai 2017 par Pr HEMILA M. L. et BENDAKOUM M.

Figure n°28 Profil géoélectrique L (Cuvette de Tébessa)

a) Profil réalisé en 1970 par C.G.G.

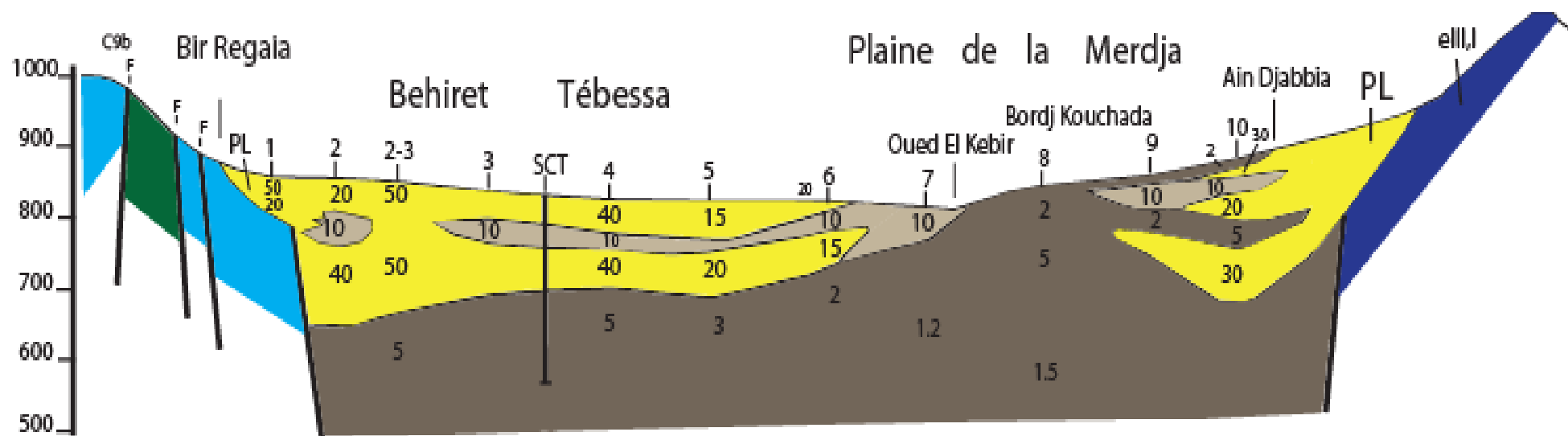
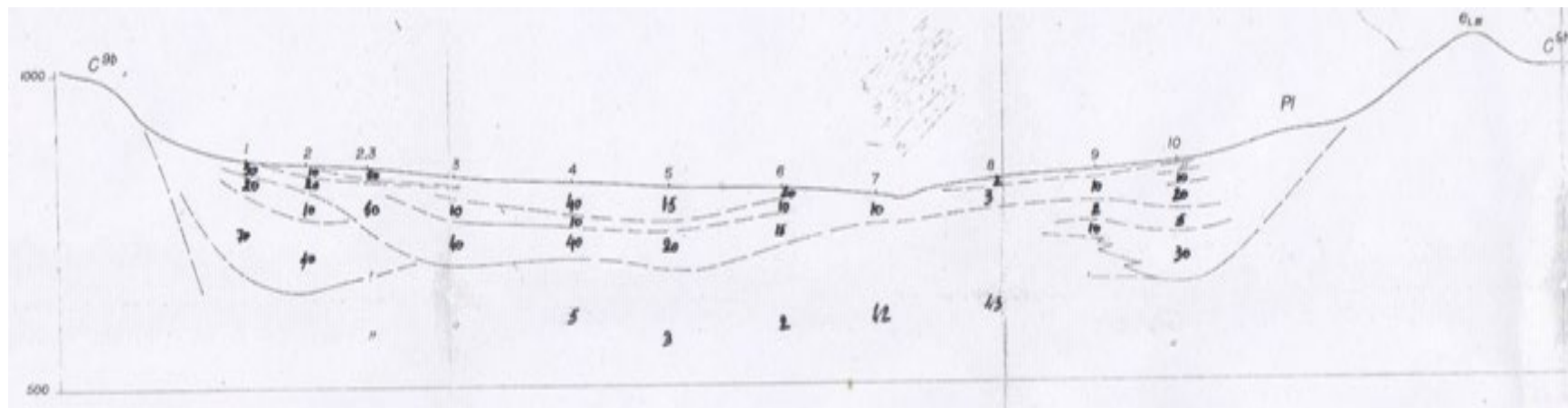


b) Profil réinterprété en Mai 2017 par Pr HEMILA M. L. et BENDAKOUM M.

Figure n° 29 Profil géoélectrique M (Cuvette de Tébessa)



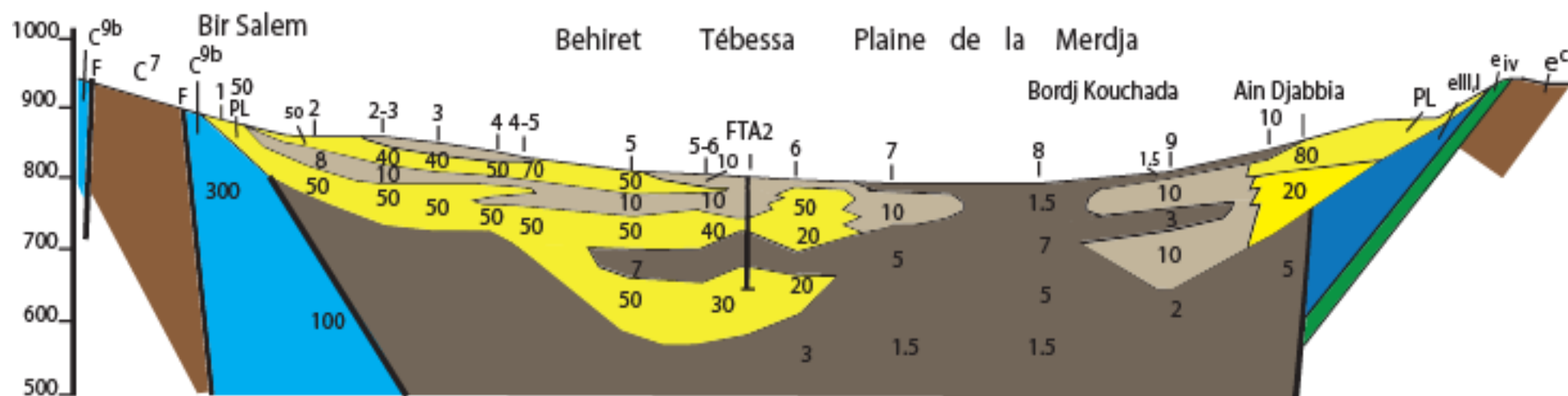
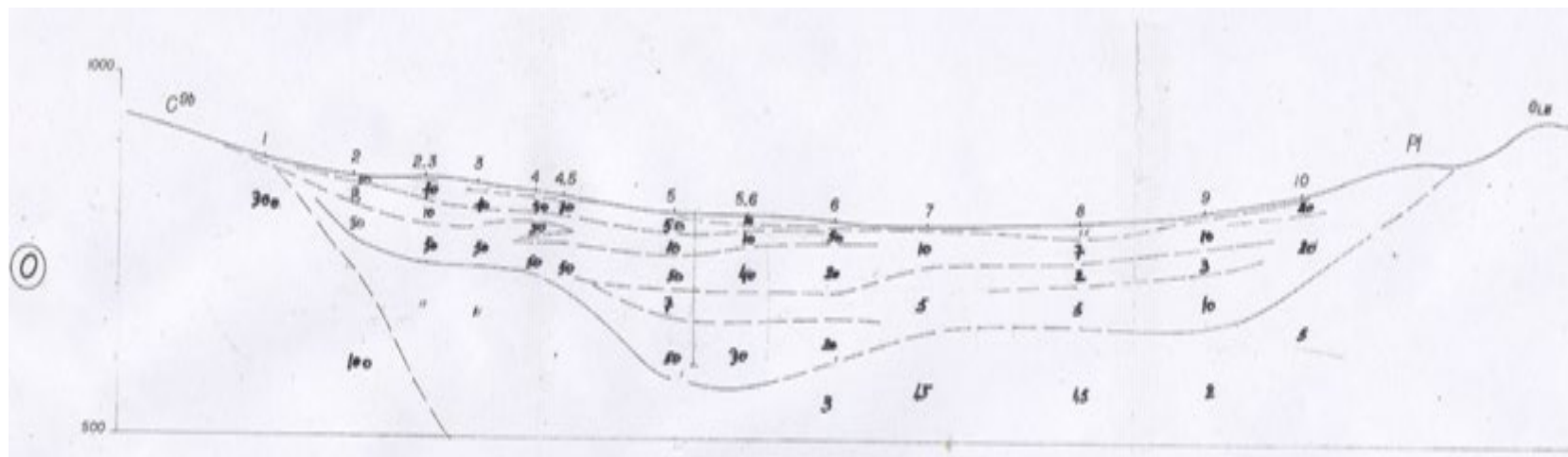
a) Profil réalisé en 1970 par C.G.G.



b) Profil réinterprété en Mai 2017 par Pr HEMILA M. L. et BENDAKOUM M.

Figure n° 30 Profil géoélectrique N (Cuvette de Tébessa)

a) Profil réalisé par C.G.G. en 1970



b) Profil réinterprété en Mai 2017 par Pr HEMILA M. L. et BENDAKOUM M.

**Figure n° 31 Profil géoélectrique O (Cuvette de Tébessa)**

- Le profil géoélectrique P (Figure n°32) : a rapporté la structure géoélectrique trouvée au nord où la couche résistante aquifère est très épaisse atteignant les 307 m au niveau du sondage électrique vertical n°3. Le substratum est de nature argileuse à partir du sondage électrique vertical n°4. Cependant, au niveau des sondages électriques verticaux 1,2 et 3 la couche alluvionnaire de nature caillouteuse et graveleuse se repose directement sur les calcaires fissurés du Maestrichtien qui affleurent en surface à la ligne de relief Djebel Doukane et Djebel Mestiri.

### **III. Etablissement et interprétation de la carte des isopaques de l'horizon aquifère du remplissage alluvionnaire :**

#### **III.1 Etablissement de la carte des isopaques :**

La réinterprétation et le redressement des profils géoélectriques par étalonnage aux données des logs géologiques des puits et à la structure géologique et tectonique de cette région, permettent, au niveau de chaque sondage électrique vertical (S.E.V.), de bien déterminer l'épaisseur de l'horizon résistant du remplissage alluvionnaire qui constitue le principal aquifère de toute la plaine. Sur la base des valeurs mesurées de ce paramètre, nous avons dressé la carte des isopaques de cet horizon aquifère en utilisant le logiciel Surfer 13 et en appliquant la méthode d'interpolation kriging (Figure n°33). Cette illustration graphique nous a permis de découvrir l'extension horizontale et verticale de cet aquifère.

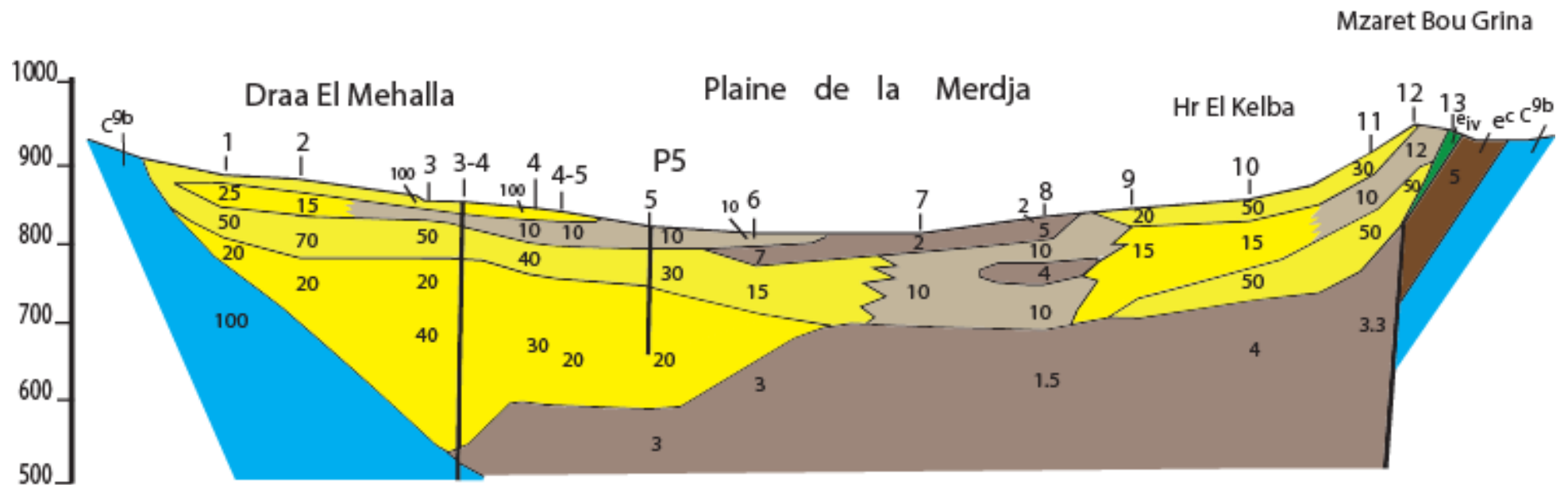
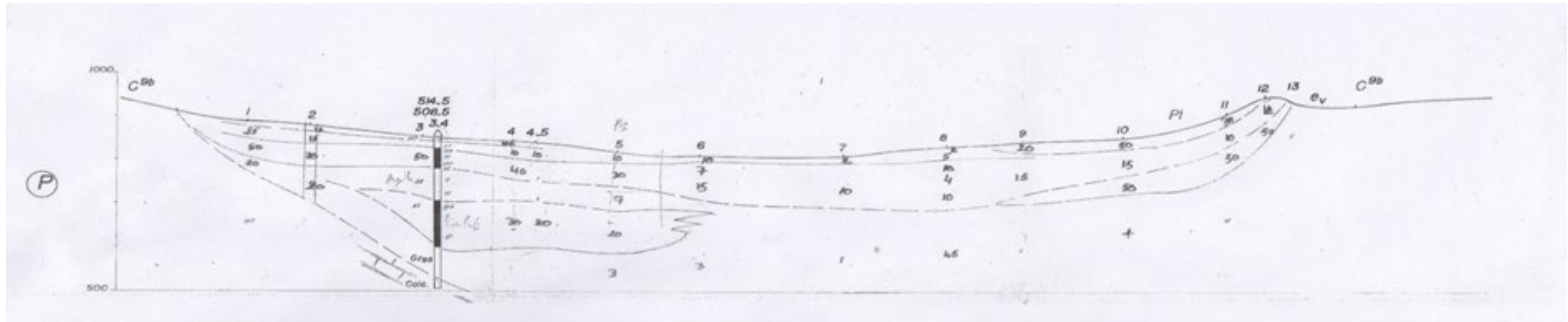
Nous pouvons signaler qu'au niveau d'un sondage électrique vertical où le substratum est plus profond et n'a pas été aperçu, nous étions dans l'obligation de fixer une épaisseur égale à celle du sondage voisin où le substratum est bien détecté.

#### **III.2 Interprétation de la carte des isopaques :**

Comme le visualise la figure n°33, la carte des isopaques dressée révèle l'existence d'un horizon aquifère qui s'étend presque sur la totalité de la plaine selon un espace d'environ cent quatre vingt kilomètres carrés (180 km<sup>2</sup>). La répartition spatiale des iso-valeurs de son épaisseur nous a permis de distinguer deux zones en formes de deux grandes cuvettes séparées par un dôme qui s'allonge selon une ligne reliant Ain Chabroo au sud où le substratum imperméable ne dépasse pas cinquante mètre (50 m) de profondeur, et Djebel Belkif au nord où le substratum imperméable affleure en surface.

- a) La première cuvette :** Se localise à l'ouest et forme la plaine d'El Hammamet. Elle se présente sous forme de deux dépressions :

a) Profil réalisé en 1970 par C.G.G.



b) Profil réinterprété en Mai 2017 par Pr HEMILA M. L. et BENDAKOUM M.

Figure n° 32 Profil géoélectrique P (Cuvette de Tébessa)

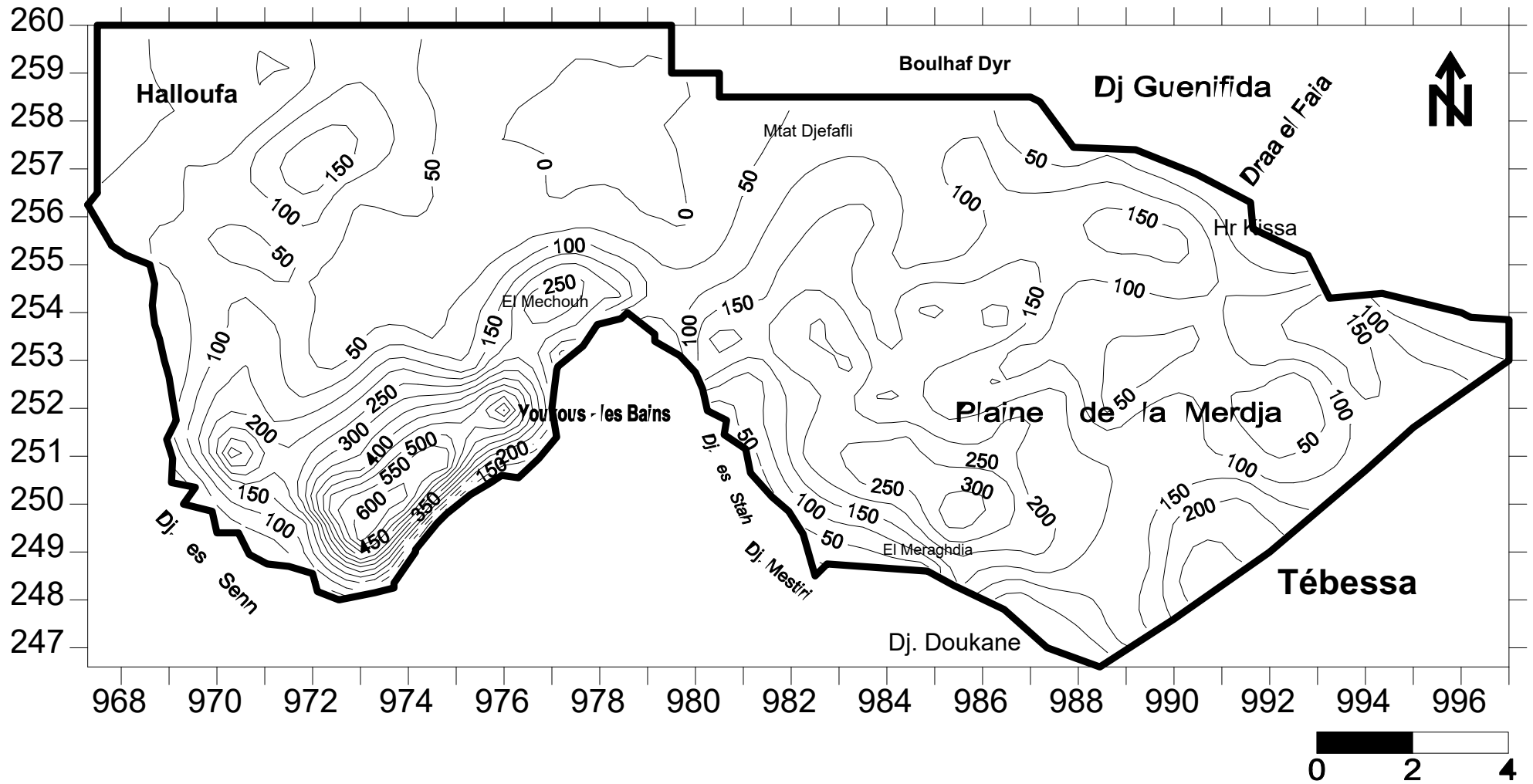


Figure n° 33 Carte des isopaques de l'aquifère alluvionnaire dans la zone d'El Hammamet -Tébessa - Boulhaf Dyr

- La première dépression se trouve au nord – ouest, elle est délimitée par les zones nommées :
  - EL Haria au nord,
  - Hf Moussa au sud,
  - H' El Khenafid à l'ouest,
  - Ain Hamadja et El Hadeb à l'est.

Cette dépression se présente avec un fond qui atteint une profondeur de 200 m, détecté au niveau du S.E.V n°8, profil géoélectrique « L ». Elle s'allonge selon un axe de direction nord est - sud ouest et prend l'allure d'un rectangle équivalent ramassé de superficie d'environ 20 kilomètres carrés, de longueur d'environ 5.6 km et de largeur qui ne dépasse pas 3.5 km.

- La deuxième dépression : la plus importante se trouve au sud de la plaine d'El Hammamet, elle s'allonge longitudinalement selon un axe de même orientation, direction nord est – sud ouest, mais de distance dépasse 10 km. Cette importante dépression de superficie d'environ 35 kilomètres carrés, est limitrophe de la ligne de crêtes qui délimite le bassin versant de Tébessa-Morsott dans sa partie sud ouest. Localement, elle est délimitée :
  - au nord par Hr Moussa,
  - au nord est par la zone Ain Hamadja et El Hadeb où les marnes d'âge Emschérien affleurent en surface,
  - au sud ouest par les pieds de versants Djbel es Senn,
  - Au sud est par les pieds de versants de Djebel Bouziane et par le village de Youkous - les Bains.

Dans cette grande localité, nous observons la mise en place de quatre fossés de différentes profondeurs en donnant une structure globale analogue d'un fossé en escaliers. Ces fossés sont comme suit :

- Le fossé nord qui constitue la zone appelée El Mechouch où l'épaisseur du remplissage alluvionnaire résistant atteint 305 m enregistrée au niveau du S.E.V n°8 du profil géoélectrique Q,
- Le fossé centrale qui forme la plaine limitrophe du village de Youkous – les bains (El Hammamet) où l'épaisseur du remplissage alluvionnaire résistant dépasse 600 m enregistrée au niveau du S.E.V n° 6 du profil géoélectrique « R ». Les forages implantés dans cette zone sont tous des forages imparfaits (substratum imperméable non atteint),

- Le fossé sud qui forme la zone de Draa Ech Chih où l'épaisseur de l'aquifère dépasse 600 m enregistrée au niveau des premiers sondages électriques verticaux du profil géoélectrique R (du S.E.V n° 1 au S.E.V n° 4),
- Le fossé limitrophe du pied de versant Djebel es Senn où le fond de l'aquifère en question atteint 410 m de profondeur, enregistrée au niveau du S.E.V n°2 du profil géoélectrique O.

**b) La deuxième cuvette :** Elle constitue la plaine de Tébessa – Boulhaf Dyr où trois zones peuvent être distinguées :

- 1- La zone Ain Chabroo-Meraghdia-Tébessa : Dans cette zone limitrophe de la ligne de crêtes, nous observons deux dépressions séparées par un seuil. L'épaisseur de l'horizon aquifère atteint :
  - au niveau de la dépression d'El Mraghdia - Ain Chabroo – Meddoud, 255 m enregistrée au S.E.V n° 3 du profil G et 350 m enregistrée au S.E.V n° 2 du profil L. Cette dépression s'allonge suivant une direction sud - est nord - ouest et suivant un espace d'environ 11.25 km<sup>2</sup>,
  - au niveau de la dépression située à l'ouest de la ville de Tébessa, 300 m observée au S.E.V n° 3 du profil P.

Pendant l'épaisseur de l'horizon au niveau du dôme ne dépasse pas 140 m.

- 2- La zone de Boulhaf Dyr – Ain Kissa – Ain Djabia : Dans cette zone limitrophe de la ligne de crêtes de Dyr, l'aquifère alluvionnaire se caractérise par la mise en place de deux dépressions caractérisées par le fonçage du substratum jusqu'à 190 m de profondeur, détectée au niveau S.E.V n° 9 du profil I pour la dépression Ain Kissa et détectée au niveau S.E.V n° 10 du profil N pour la dépression à Ain Djabia. Entre ces deux dépressions le substratum s'élève pour être détecté à une profondeur ne dépasse pas 100 m.
- 3- La zone centrale qui constitue la plaine de la Merdja et l'espace de l'extension du Marécage. Dans cette zone nous remarquons un soulèvement important du substratum sous forme d'un dôme bien étalé selon un espace limité par l'Aéroport, Bir Kouchada, Hf Ben Aoua et Hf Rouidjel. Dans cet endroit, l'épaisseur de l'aquifère en question varie de 20 à 100 m mais nous signalons à la localité de Bir Kouchada le substratum affleure en surface (S.E.V n° 8 du profil N).

#### **IV. Etablissement et interprétation de la carte des isobathes du substratum de l'horizon aquifère du remplissage alluvionnaire :**

##### **IV.1 Etablissement de la carte des isobathes du substratum :**

La carte des isobathes du substratum est une représentation graphique des iso valeurs d'altitude de la profondeur du substratum, c'est-à-dire exprimée en côte d'altitude. Cette dernière sera calculée par la simple opération de soustraction de la profondeur du substratum de la côte du sol. ( $\text{Côte du substratum} = \text{Côte du sol} - \text{Profondeur du substratum}$ ).

La détermination des côtes du substratum de l'horizon aquifère alluvionnaire au niveau de tous les sondages électriques verticaux, nous a permis d'établir une carte des isobathes en utilisant le même logiciel et la même méthode d'interpolation (Figure n°34).

##### **IV.2 Interprétation de la carte des isobathes du substratum :**

La carte des isobathes du substratum illustrée (Figure n°34) a une allure de répartition en iso-valeurs analogue et identique à celle de la carte des isopaques de l'aquifère alluvionnaire. Elle réaffirme bien la présence de ces deux cuvettes séparées par le dôme Ain Chabroo – Belkfif.

Nous constatons le fonçage du substratum au cœur de ces deux cuvettes et notamment au niveau de la cuvette de la plaine d'El Hammamet et en particulier au niveau des deux dépressions du sud (Draa Ech Chih et Youkous – les bains) où le substratum n'a pas été détecté à une côte d'altitude de 270 m. Le fonçage du substratum dans cette localité est vraiment très spectaculaire où les courbes sont très serrées marquant une pente très forte, ce qui caractérise bien l'ampleur de l'effondrement qu'a supporté la région à l'époque de l'effondrement global du bassin versant de Tébessa.

Au nord de cette cuvette et précisément au niveau de la zone Halloufa - Ain Hamadja et El Hdab, on mentionne l'apparition en surface du substratum imperméable avec un faciès marneux marquant la limite nord-ouest de l'aquifère.

Dans la cuvette de Tébessa, le substratum de l'aquifère est de nature argileuse et faisant partie du remplissage alluvionnaire, il atteint la côte d'altitude 500 m au niveau de la dépression d'El Meraghdia – Medoude. Cependant vers la plaine d'El Mardja, l'Aéroport, Bir Kouchada, H<sup>r</sup> Ben Aoua et H<sup>r</sup> Roudjel, il devient subsurface pour être à une côte d'altitude 800 m correspondant à l'altitude du niveau de sol (Bir Kouchada).



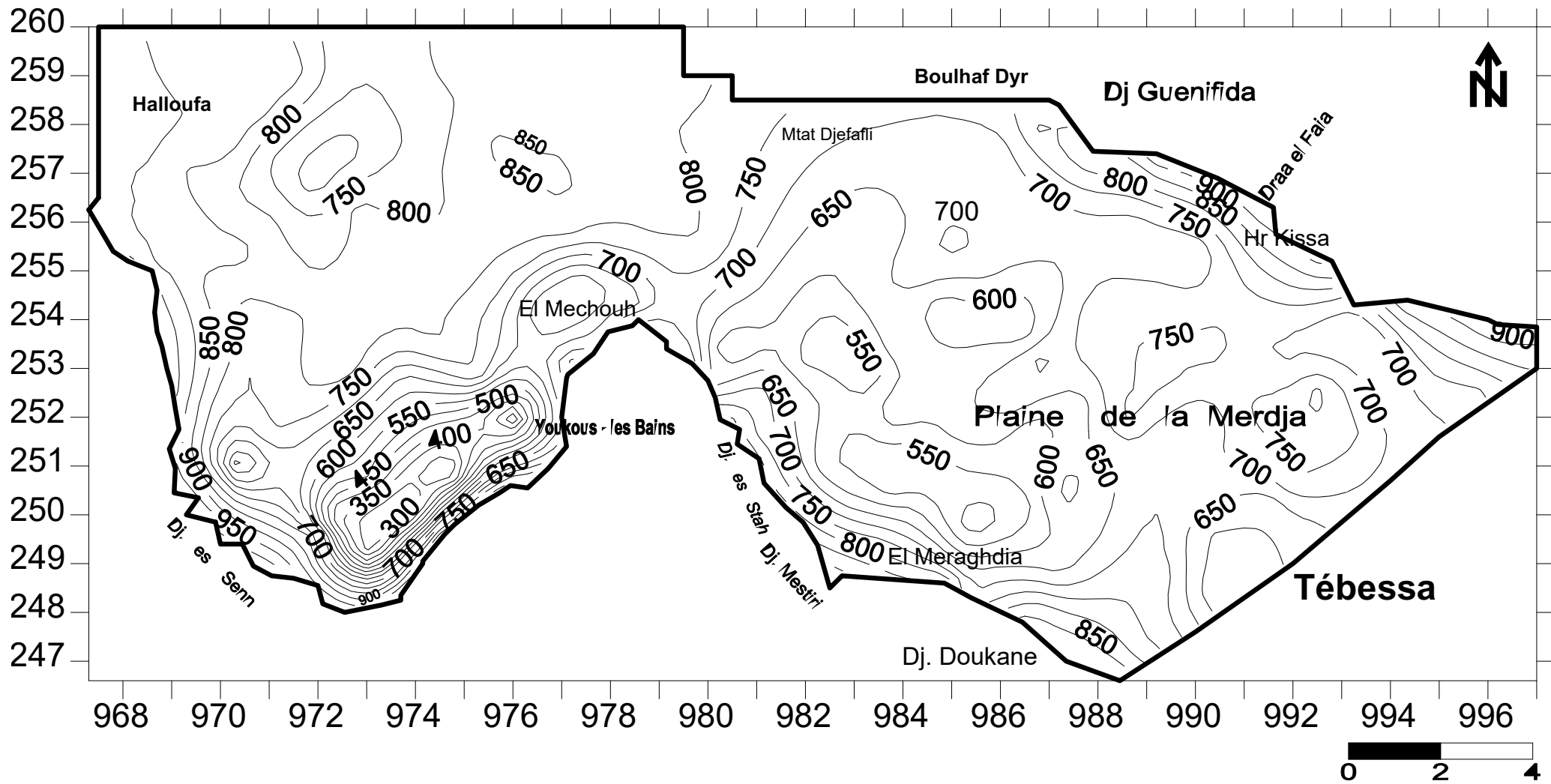


Figure n° 34 Carte des isobathes du substratum de l'aquifère alluvionnaire dans la zone d'El Hammamet -Tébessa - Boulhaf Dyr

## **V- Conclusion :**

Les tentatives de réinterprétation des données des sondages électrique verticaux de l'ensemble des profils réalisés en 1971 et 1978 par les deux compagnies respectivement C.G.G. et STRAJEXPORT PRAGUE, nous ont révélé dans la plaine d'El Hammamet-Tébessa-Boulhaf Dyr, l'existence d'un remplissage alluvionnaire résistant et très épais surtout en se rapprochant à la ligne de crête sud formée par Djebel es Senn, Djbel Bouziane, Djebel es Satah, Djebel Mestiri et Djebel Doukane. En dessous de ce remplissage, a été observé dans la cuvette d'El Hammamet une superposition des couches anciennes épaisses d'âges allant du Cénomaniens jusqu'au Maestrichtien inférieur avec des faciès carbonatés (marnes et calcaires). La variation très considérable des niveaux de profondeur de détection de ces couches traduit l'existence des contacts anormaux entre les différentes couches anciennes et explique bien que toute cette région a subi des mouvements tectoniques très cassants auparavant.

La structure globale est donc une structure complexe caractérisée par la mise en place, à la limite du bassin, d'un effondrement très fort en forme de gradins, en donnant des horsts et des grabens. Les rejets de failles dépassent largement 700 m notamment en cette zone.

Selon cette structure, la possibilité aquifère n'est que dans le remplissage alluvionnaire qui constitue une nappe alluvionnaire libre dans la totalité de son extension excepté dans des endroits où cette nappe est sous pression des lentilles argileuses.

L'établissement des cartes des isopaques et des isobathes de l'horizon du remplissage alluvionnaire ont permis de distinguer deux zones en formes de deux grandes cuvettes séparées par un dôme qui s'allonge selon une ligne reliant Ain Chabroo au sud où le substratum imperméable ne dépasse pas cinquante mètre (50 m) de profondeur, et Djebel Belkif au nord où le substratum imperméable affleure en surface.

La première cuvette de la plaine d'El Hammamet, elle se présente sous forme de deux dépressions :

- La première dépression se trouve au nord-ouest, elle se présente avec un fond qui atteint une profondeur de 200 m et s'allonge selon un axe de direction nord est - sud ouest et prend l'allure d'un rectangle équivalent ramassé de superficie d'environ 20 kilomètres carrés,
- La deuxième dépression : la plus importante se trouve au sud de la plaine d'El Hammamet, et s'allonge longitudinalement selon un axe de même orientation, direction nord est – sud ouest. Cette dépression se présente en forme de quatre fossés de différentes profondeurs en donnant une structure globale analogue d'un fossé en escaliers.

La deuxième cuvette de la plaine de Tébessa – Boulhaf Dyr se caractérise par la mise en place de trois zones :

- La zone Ain Chabroo-Meraghdia-Tébessa : Dans cette zone limitrophe de la ligne de crêtes, nous observons deux dépressions séparées par un seuil. L'épaisseur de l'horizon aquifère atteint 255 m au niveau de la dépression d'El Mraghdia - Ain Chabroo – Meddoud et 300 m au niveau de la dépression qui se situe à l'ouest de la ville de Tébessa
- La zone de Boulhaf Dyr – Ain Kissa – Ain Djabia où l'aquifère alluvionnaire se caractérise par la mise en place de deux dépressions caractérisées par le fonçage du substratum jusqu'à 190 m de profondeur. Entre ces deux dépressions le substratum s'élève pour être détecté à une profondeur ne dépasse pas 100 m.
- La zone centrale qui constitue la plaine de la Merdja et l'espace de l'extension du Marécage. En cet endroit nous remarquons un soulèvement important du substratum sous forme d'un dôme bien étalé selon un espace limité par l'Aéroport, Bir Kouchada, H<sup>r</sup> Ben Aoua et H<sup>r</sup> Roudjel. Dans cet endroit, l'épaisseur de l'aquifère en question varie de 20 à 100 m mais nous signalons à la localité de Bir Kouchada le substratum affleure en surface.

**CHAPITRE III :**  
**ESTIMATION DES RESERVES EN EAUX**  
**SOUTERRAINES DE L'AQUIFERE DU**  
**REPLISSAGE ALLUVIONNAIRE**

## **I. Introduction :**

Ce chapitre est consacré à l'estimation des réserves en eaux souterraines dans l'aquifère du remplissage alluvionnaire et leurs variabilités spatio-temporelles. Comme procédé technique, le travail a été effectué en se basant sur les anciennes données piézométriques de deux levés piézométriques, à savoir :

- La carte piézométrique établie, par l'A.N.R.H en période des hautes eaux du cycle hydrologique 1973/1974,
- La carte piézométrique dressée, par Pr HEMILA Mohammed Laid en période des basses eaux du cycle hydrologique 1985/1986, sur la base d'un inventaire réalisé en octobre 1985 de tous les puits domestiques implantés dans la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Morsott.

A cet effet, après établissement des cartes des isopaques et des isobathes de l'aquifère en question, nous avons essayé d'estimer les réserves en eaux souterraines de cet aquifère alluvionnaire à la limite de notre zone d'étude. Dans nos calculs, nous avons adopté l'application d'un scénario le plus pessimiste dans le choix des valeurs du coefficient d'emménagement qui normalement varie selon la nature du matériau aquifère et le type de nappe soit libre ou captive.

Pour cela, nous avons découpé la zone d'étude en mailles carrées d'un kilomètre carré (01 km<sup>2</sup>) pour chaque maille, correspondant à un volume élémentaire représentative (V.E.R.), en raison de présence sur terrain d'un réseau non dense de points d'eau.

Par cette approche de calcul, nous avons donné une synthèse avec laquelle nous avons mis en relief la fluctuation spatio-temporelle de ces réserves sur une période de douze ans d'exploitation intensive de cette nappe aquifère.

Dans une perspective de recherche, nous avons proposé un programme complémentaire d'acquisition des nouvelles données qui permettra la précision des calculs de la réserve en eaux souterraines dans cette localité selon une situation actuelle de la piézométrie et des prélèvements, c'est-à-dire du bilan hydrogéologique du couple recharge – drainage.

## **II. Estimation de la réserve relative à la période des hautes eaux du cycle hydrologique 1973/1974 :**

Le calcul des réserves en eaux souterraines d'un aquifère dépend de la détermination de deux paramètres hydrodynamiques :

- L'épaisseur de la zone saturée de l'aquifère qui représente la charge hydraulique. Selon le maillage choisi, ce paramètre sera calculé au niveau de chaque nœud par la simple opération de soustraction des côtes piézométriques et celles du substratum imperméable,
- Le coefficient d'emmagasinement qui représente la capacité de l'aquifère à stocker de l'eau en fonction des paramètres hydrodynamiques (Perméabilité et Transmissivité) qui normalement devront être déterminés par réalisation des essais de débits par pompage dans une station équipée d'un puits principal et de piézomètres.

## **II.1 Présentation et interprétation de la carte piézométrique du cycle hydrologique 1973/1974 :**

La carte piézométrique établie par L'A.N.R.H. en 1973/1974 sur la base d'un inventaire réalisé auparavant (Figure n° 35), révèle que la nappe du remplissage alluvionnaire se présente comme une nappe alluviale libre à filets convergents avec un dénivelé piézométrique de 197.34 m.

- Au niveau de la cuvette d'El Hammamet, le sens d'écoulement souterrain est de direction préférentielle ouest est. La morphologie piézométrique globale se caractérise par la présence d'une importante dépression au niveau de la zone El Mechouch où les lignes de courants se convergent. Cette dépression piézométrique est due certainement au fonçage en profondeur du substratum et ainsi à la nature lithologique très perméable du matériau aquifère en cette zone (Figure n° 35). Le pompage intensif et continu par le champ de captage par forages implantés dans cette localité peut ainsi jouer un rôle dans cette morphologie piézométrique. Le gradient hydraulique varie de l'amont vers l'aval, il est très fort à la bordure ouest ( $i = 0.029$  à  $0.034$ ) et devient faible au centre de la dépression ( $i = 0.011 - 0.012$ ) et au niveau de la zone nommée Meddoud ( $i < 0.0054$ ) où la nappe en ce dernier endroit est à filets convergeant. La dénivelé piézométrique globale entre l'entrée et la sortie de cette cuvette est de 181.9 m.
- Au niveau de la cuvette Tébessa-Boulhaf Dyr, le sens d'écoulement souterrain de direction préférentielle sud-est nord-ouest. La morphologie piézométrique se caractérise par la mise en place en aval d'une importante dépression piézométrique avec une côte piézométrique inférieure à 760 m. Au niveau de cette dernière, dénommée Meddoud – Boulhaf Dyr et considérée comme zone de drainage, le gradient hydraulique est très faible ( $i < 0.0028$ ). Cependant ce gradient hydraulique devient plus grand en allant vers le sud est ( $i > 0.0069$ ). Cette variation du gradient hydraulique est due soit au changement latéral de faciès ou et à la géométrie de l'aquifère. Cette morphologie piézométrique peut

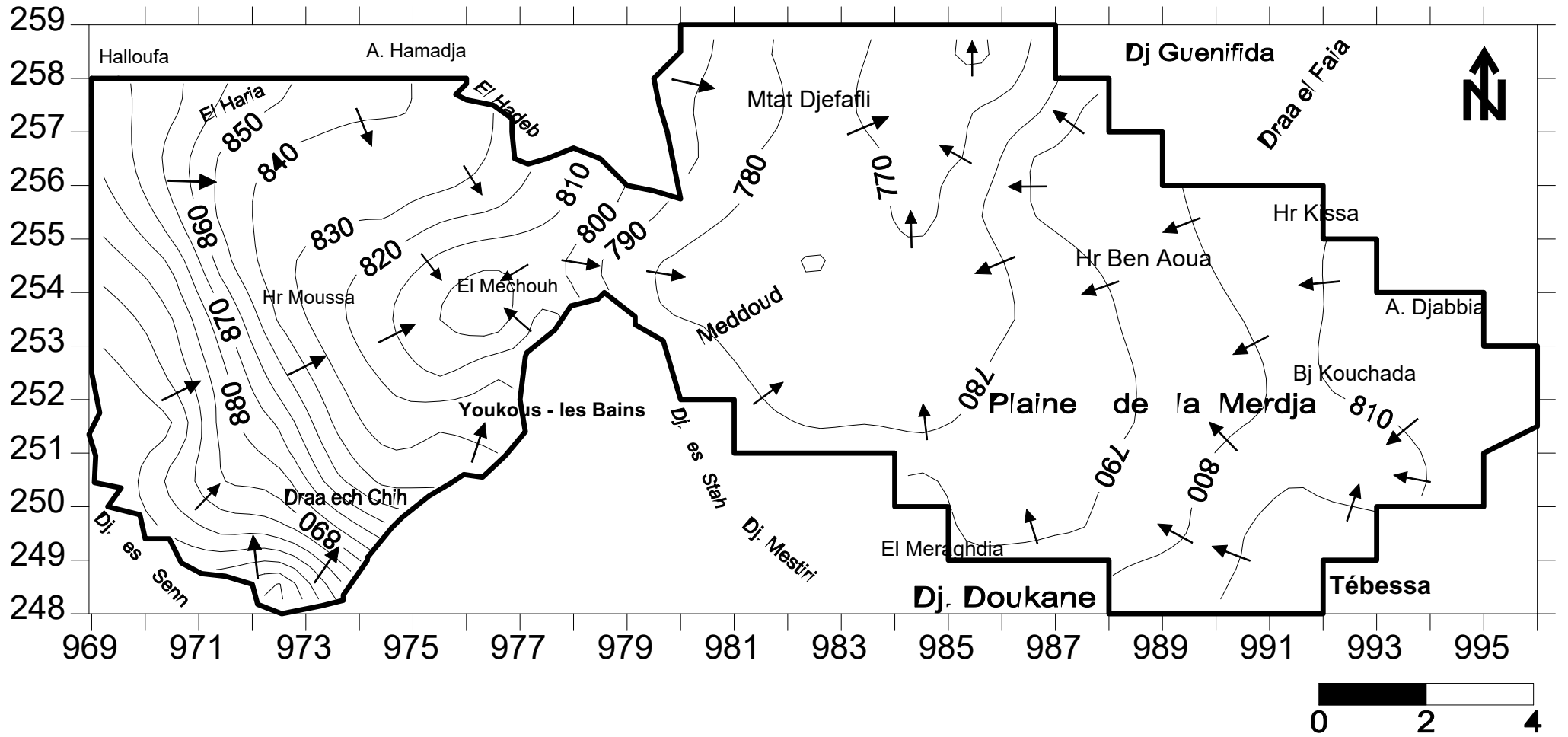


Figure n° 35 Carte piézométrique de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet -Tébessa - Boulhaf Dyr

(Cycle hydrologique 1973/1974)

être ainsi influencée par l'intensification des pompages au niveau des forages et puits implantés dans la localité Bhiret Tébessa et la plaine de la Merdja (Figure n° 10).

Le cheminement du cours d'eau principal Kebir – Chabroo - Ksob, qui draine la totalité des eaux de surface de la partie amont du bassin versant de Tébessa - Morsott, et les tracés des iso pièzes nous permet de déduire, qu'à la sortie de la ville en allant vers la plaine de la Merdja, la nappe est drainée par la rive nord du cours d'eau et réalimentée par la rive sud autrement dit la relation entre la nappe et le cours d'eau principal est mixte. Par contre plus au nord juste à la sortie, la nappe est complètement drainée par ce cours d'eau.

Comme condition aux limites, nous indiquons que :

- La limite nord – est de la zone d'étude est une limite à débit sortant,
- La limite nord – ouest, constituée par Halloufa – Hamadja – El Haddab, est une limite étanche où le substratum à faciès marneux d'âge Emschérien est apparu en surface et les lignes équipotentiels sont perpendiculaires à cette limite,
- La limite de la bordure ouest et sud - ouest, constituée par les crêtes de Djebel Troubia et Djebel Es Senn, est une limite à débit entrant où les lignes équipotentiels sont parallèles à cette bordure à faciès calcaireux de Turonien moyen et Maestrichtien.
- La limite sud-ouest, constituée par la ligne de crêtes de Djebel Bouziane, est une limite étanche où les lignes équipotentiels sont perpendiculaires à cette limite à faciès marneux d'âge Emschérien,
- La limite sud, constituée par la ligne de crêtes de Djebel Estah, Djebel Mestiri et Djebel Doukane, est une limite à débit entrant où les lignes équipotentiels sont parallèles à la bordure à faciès calcaireux du Maestrichtien.
- La limite sud - est, constituée par l'axe de limite arbitraire de la zone d'étude joignant Tébessa - Ain Djabia, est une limite à débit entrant où les lignes équipotentiels sont parallèles à cet axe.
- La limite nord – est, formée par Djebel Guenifia, Draa el Faia, Hr Kissa et Ain Djabia est une limite étanche où les lignes équipotentiels sont perpendiculaires à cette limite.

A partir de cette carte, nous avons déterminé au niveau de chaque nœud de maille la cote piézométrique correspondante (Tableau n°5).

## **II.2 Etablissement et interprétation de la carte des isopaques d'alluvions mouillées relative à la période des hautes eaux du cycle hydrologique 1973/1974 :**

L'épaisseur de la zone saturée, qui représente la charge hydraulique de la nappe, est simplement la différence des côtes piézométriques et celles du substratum imperméable. Le calcul de ce paramètre au niveau du nœud de chaque maille (Tableau n°6), nous a permis



Tableau n° 5 Matrice de la piézométrie relative à la période des hautes eaux du cycle hydrologique 1973/1974  
de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																										
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5	
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	791	781	775	770	766	756	770	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	257,5	873	858	850	843	841,2	/	/	/	/	/	787	786	773,5	769	766	770	775	790	/	/	/	/	/	/	/	/	
	256,5	866	847	838	836,1	834,9	840	/	/	/	/	789	779	773	771,5	768,2	771,1	790,5	793	798	/	/	/	/	/	/	/	
	255,5	872,5	845	837,4	832,5	832	823,3	820	812,5	803,0	791,1	783	777,5	772,9	772,3	767,3	779	790	793	795,5	800	805	/	/	/	/	/	
	254,5	890	853	832,9	824,1	817	806	800	802,4	789,2	780	775,6	771,4	769	772,5	771,9	774,3	783,5	789	793	798	803	808	812	/	/	/	
	253,5	901	871	838,6	823,1	811,3	800	792,1	815	/	781,5	779,3	774,1	775	773,9	772,4	777,9	780,7	785,8	792	795,7	800	807	812	815	816,5	/	
	252,5	907	881,0	853	830,9	818	808,1	819,4	/	/	/	/	785	778	774	774,9	771,7	779,3	783,5	786,7	790	794,1	796,5	805	817,5	814	815	815
	251,5	922,9	883,9	870	840	825,6	829,9	/	/	/	/	/	783	779,5	780,4	778,1	782,2	786,1	787,7	790	795,3	800	801,5	804,2	810,5	815	818	
	250,5	906,1	888,5	885,7	853,6	836	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	792,1	787,1	788	788,6	793,5	798,5	806,9	810	806,5	805,5	815	/
	249,5	/	908	906,5	885,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	788,1	789,1	790	795	800	810	812	814	/	/	/
248,5	/	/	953,3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	805	805	812	814	/	/	/	/	/	

Tableau n° 6 Matrice de la charge hydraulique relative à la période des hautes eaux du cycle hydrologique 1973/1974  
de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																									
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	9	21	41,3	50	46	32,5	5	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	257,5	48	135,2	175	103	45,7	/	/	/	/	/	18,5	52	73,5	82	82,7	87,5	40	6,7	/	/	/	/	/	/	/	/
	256,5	66	117	98	47,7	34,9	6,6	/	/	/	/	24,7	77	115,3	125,4	105,3	95,7	96,2	62,3	48	/	/	/	/	/	/	/
	255,5	22,5	49,5	39,41	9,1	8	13,25	45	62,5	36,03	11,11	45,45	116,3	151,4	139,0	84,8	97	98,8	128,3	110,1	109	55	/	/	/	/	/
	254,5	62	22,8	22,56	3,51	5,6	47,7	200	267,4	139,2	51,6	108,9	156,4	192	147,5	151,9	165,9	183,5	115,7	79,2	83,8	81,2	54	47	/	/	/
	253,5	101	82,9	13,57	50,32	23,84	89	167,1	140	/	31,5	189,3	212,1	245,6	185	152,9	177,9	155,7	85,8	56,1	45,7	29	107	127	145	41,5	/
	252,5	157	98,34	103	197,5	218	258,1	294,4	/	/	/	85	111,3	201,8	199,9	151,5	129,3	112,7	136,7	44,3	60,7	74	55	0	102	117	68
	251,5	272,9	174,8	245	340	475,6	404,9	/	/	/	/	/	83	204,5	230,4	228,1	182,2	202,7	157,7	90	116,6	103,3	64	32,2	81,5	127	120
	250,5	206,1	219,5	435,7	528,6	471	/	/	/	/	/	/	/	/	/	242,1	265,2	238	133,6	139,8	127,1	156,9	115	94,9	115,5	140	/
	249,5	/	58	506,5	485,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	263,1	214,1	165	139,1	116,6	220	214	176	/	/	/
248,5	/	/	153,3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	71	105	262	227	/	/	/	/	

d'établir la carte des isopaques d'alluvions mouillées représentative de la période des hautes eaux du cycle hydrologique 1973/1974 (Figure n° 36).

Cette carte nous révèle une distribution des iso valeurs de la charge hydraulique comparable à celle des iso valeurs des épaisseurs du remplissage alluvionnaire. Nous constatons donc la mise en place des deux grandes cuvettes séparées par un dôme qui s'allonge selon une ligne reliant Ain Chabroo au sud et Djebel Belkfif au nord.

La cuvette d'El Hammamet se présente avec une morphologie piézométrique identique à celle du substratum, les deux dépressions sont ainsi visualisées :

- La dépression d'El Haria, localisée au nord ouest de la plaine, où la charge hydraulique atteint 175 m;
- La dépression du sud de la cuvette qui se caractérise par :
  - Le fossé de la zone El Mechouch avec une charge hydraulique atteignant 267,3 m;
  - Le fossé de la zone Youkous les bains - Draa Ech Chih où la charge hydraulique dépasse 535 m,
  - Le fossé limitrophe du pied de versant Djebel Es Senn où la charge hydraulique atteint 273 m.

La cuvette de la plaine de Tébessa – Boulhaf Dyr : de mêmes constatations, la morphologie piézométrique se présente ainsi sous formes de trois zones bien distinctes :

- La zone sud Ain Chabroo – Meraghdia - Tébessa : En cette zone limitrophe de la ligne des crêtes de djebel Mestiri-Doukane, nous enregistrons la mise en place d'une succession de trois dépressions de charge hydraulique qui atteint :
  - 245 m au niveau de la dépression de Ain Chabroo - Meddoud, qui constitue la zone de convergence d'écoulement souterrain de la nappe ;
  - 265 m au niveau de la dépression El Mraghdia,
  - 262 m au niveau de l'espace, appelé Bhiret Tébessa, juste situé à l'ouest de la ville de Tébessa,
- La zone de Boulhaf Dyr – Ain Kissa – Ain Djabia où l'aquifère alluvionnaire se caractérise par une charge hydraulique qui ne dépasse pas 80 m.
- La zone centrale qui forme la plaine de la Merdja. En cette zone le soulèvement important du substratum sous forme d'un dôme bien étalé selon un espace limité par l'Aéroport, Bir Kouchada, H<sup>r</sup> Ben Aoua et H<sup>r</sup> Rouidjel, a joué un rôle important dans la diminution de la charge hydraulique qui varie en cette localité entre 30 m et 155 m. On note dans cette localité de Bir Kouchada la nappe émerge en surface en raison de l'affleurement du substratum imperméable à faciès argileux en donnant en cette endroit des petites sources.

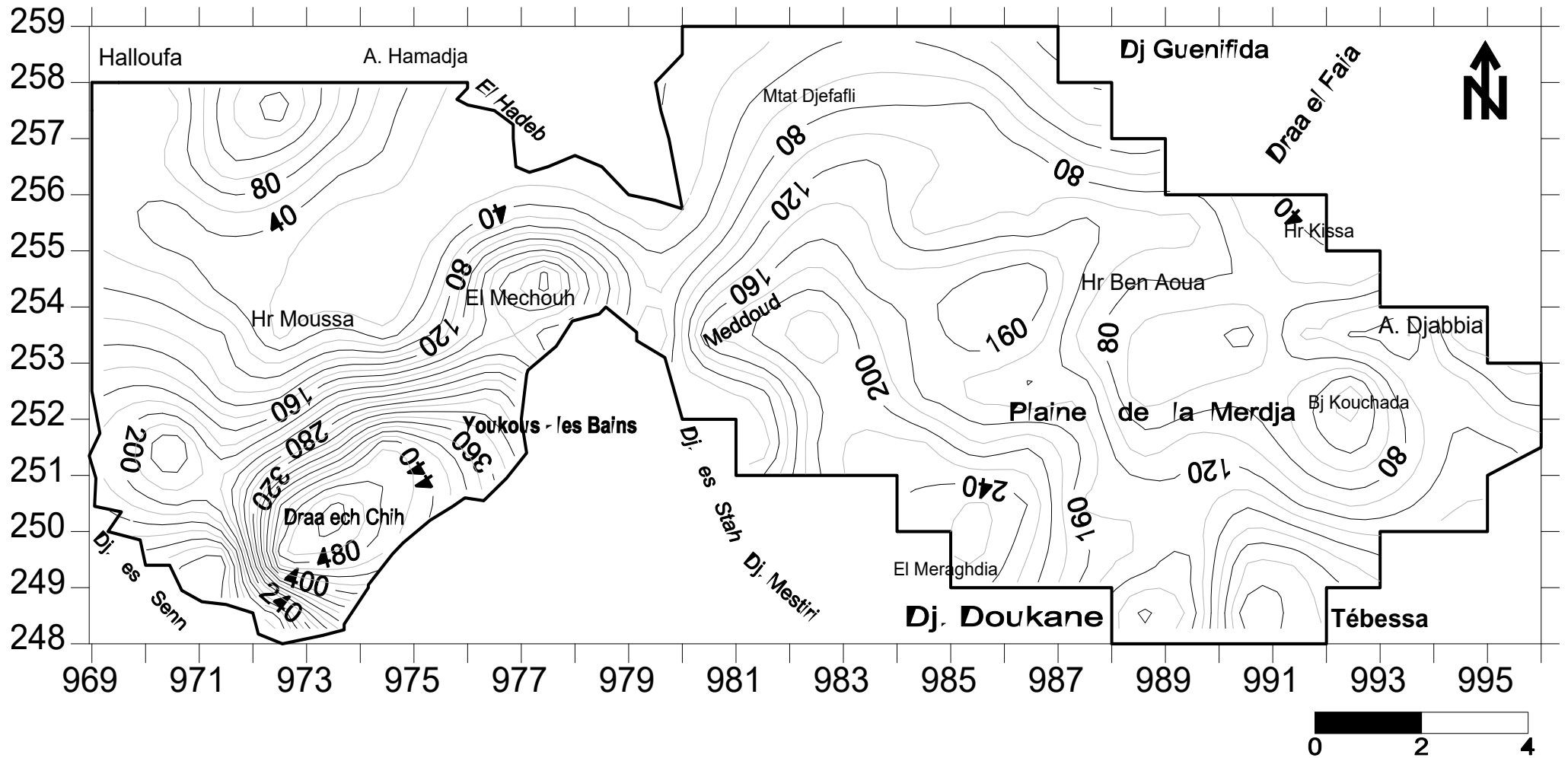


Figure n° 36 Carte d'isopaques des alluvions mouillées (charge hydraulique) de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Cycle hydrologique 1973/1974)

### II. 3 Estimation du coefficient d'emmagasinement :

a) **Définition** : Le coefficient d'emmagasinement indique le volume d'eau qui peut être effectivement libéré par un prisme vertical de matériau aquifère de section égale à l'unité pour une baisse unité du niveau piézométrique ou de charge. Ce coefficient est défini par Jacob en 1940 comme la storativité « storativity » ou « storage coefficient ». Le coefficient d'emmagasinement est un nombre sans dimensions exprimé en pourcentage, il est désigné par le symbole S. Ce paramètre qui détermine le volume d'eau libéré par le pompage est comparable à la porosité efficace.

Généralement pour une nappe libre, il est considéré égal à la porosité efficace et sa signification est indépendante du temps. Les valeurs employées vont de 1% (0.01) pour certains limons et jusqu'à 30 - 40% (0.3 – 0,4) pour des alluvions à éléments les plus grossiers (sables, graviers).

Dans le cas d'une nappe captive, ce coefficient exprime le coefficient de compression de l'eau. L'expulsion de l'eau est le résultat de la compression de l'aquifère et de la baisse du niveau statique lors du pompage provoquant une baisse de pression, une détente élastique et une déformation du solide libérant l'eau (actions d'élasticité de l'eau et du solide). Le coefficient d'emmagasinement est ici de 100 à 1 000 fois (voire 10 000 fois) plus petit. Les valeurs usuelles se situent entre 0,1 et 0,001 %. D'une façon générale, pour une même baisse de niveau piézométrique (différence de charge), la quantité d'eau libérée est beaucoup plus grande dans une nappe libre.

b) **Estimation** : Ce paramètre hydrodynamique est souvent déterminé lors de pompages d'essai, au niveau d'une station de pompage équipée d'un puits principal et de piézomètres, notamment dans le cadre de puits destinés à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation.

En raison de l'absence d'une station de pompage équipée de piézomètres dans notre zone d'étude, nous avons utilisé l'approche d'estimation de ce coefficient d'emmagasinement par analogie des valeurs des résistivités spécifiques des couches qui normalement, par le procédé de corrélation et d'étalonnage, caractérisent la nature lithologique du matériau aquifère.

Pour cela, selon les valeurs de résistivités spécifiques des couches au niveau des sondages électriques verticaux, de l'horizon aquifère en question et leurs réinterprétations, nous avons opté, avec un scénario plus pessimiste, quatre fourchettes de coefficient d'emmagasinement analogue à quatre classes de résistivité spécifiques comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau n° 7 Tableau récapitulatif de détermination du coefficient d'emménagement par analogie des valeurs de résistivités spécifiques des couches.

N°	Classe de résistivité en $\Omega\text{m}$ .	Nature du matériau aquifère	Valeur du coefficient d'emménagement
1	$\rho \geq 50$	Cailloutis de calcaires et graviers dépourvus d'argiles.	25% à 35%
2	$20 \leq \rho < 50$	Mélange de graviers et sables avec peu d'argiles	20 à 25%
3	$10 \leq \rho < 20$	Sables argileux et argiles sableuses	15% à 20 %
4	La nappe sous pression d'un toit argileux (nature captive ou semi captive)	/	1 %

La matrice d'estimation des valeurs du coefficient d'emménagement au niveau de chaque nœud est représentée par le tableau n° 8.

#### II.4 Calcul des réserves en eaux souterraines :

Le volume d'eau stocké au niveau de chaque volume élémentaire représentatif (V.E.R.) sera calculé par l'expression suivante :

$$W = dx * dy * H * S$$

Avec:

- W est le volume d'eau stocké exprimé en mètre cube,
- dx et dy sont les dimensions du plan d'extension de la maille exprimées en mètre,
- H est l'épaisseur mouillée correspondant à la charge hydraulique exprimée en m,
- S est le coefficient d'emménagement sans unité.

Les calculs par application simple de la formule ont donné, sur cet espace d'étude et pour ce cycle hydrologique (1973/1974), un volume de réserves en eaux souterraines estimé à 4,894 milliards de mètres cube (Tableau n° 9).

Tableau n°8 Matrice d'estimation du coefficient d'emmagasinement de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien)

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																									
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,25	0,25	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	257,5	0,15	0,2	0,25	0,2	0,2	/	/	/	/	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,25	0,25	0,25	/	/	/	/	/	/	/	/	
	256,5	0,25	0,25	0,2	0,2	0,15	0,15	/	/	/	0,25	0,25	0,25	0,15	0,15	0,15	0,25	0,25	0,25	0,25	/	/	/	/	/	/	
	255,5	0,35	0,2	0,2	0,35	0,01	0,15	0,15	0,15	0,15	0,1	0,25	0,25	0,25	0,15	0,15	0,15	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35	/	/	/	/	/
	254,5	0,35	0,2	0,15	0,15	0,01	0,15	0,35	0,35	0,35	0,25	0,25	0,25	0,15	0,15	0,15	0,01	0,01	0,01	0,25	0,35	0,35	0,25	0,15	/	/	/
	253,5	0,35	0,35	0,15	0,15	0,15	0,2	0,35	0,35	/	0,15	0,35	0,25	0,25	0,15	0,15	0,01	0,01	0,01	0,01	0,15	0,15	0,25	0,25	0,25	0,25	/
	252,5	0,35	0,25	0,15	0,15	0,15	0,35	0,3	/	/	/	0,25	0,25	0,15	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,15	0,01	0,15	/	0,15	0,15	0,25
	251,5	0,3	0,25	0,25	0,25	0,2	0,25	/	/	/	/	/	0,35	0,15	0,15	0,35	0,01	0,01	0,15	0,15	0,01	0,01	0,15	0,15	0,01	0,15	0,15
	250,5	0,35	0,25	0,25	0,25	0,25	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,35	0,25	0,25	0,15	0,25	0,25	0,15	0,25	0,15	0,15	0,15	/
	249,5	/	0,25	0,25	0,25	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,25	0,25	0,25	0,15	0,35	0,35	0,25	0,15	/	/	/
248,5	/	/	0,35	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,35	0,35	0,25	0,25	/	/	/	/	

Tableau n°9 Matrice d'estimation de la réserve en eau, exprimée en million de mètre cube, relative à la période des hautes eaux du cycle hydrologique 1973/1974 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien)

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																									
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1,35	3,15	6,195	7,5	6,9	8,13	1,25	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	257,5	7,2	27,04	43,75	20,6	9,14	/	/	/	/	/	2,78	7,8	11,03	12,3	12,41	21,88	10	1,68	/	/	/	/	/	/	/	/
	256,5	16,5	29,25	19,6	9,54	5,235	0,99	/	/	/	/	6,18	19,25	28,83	18,81	15,79	14,36	24,05	15,58	12	/	/	/	/	/	/	/
	255,5	7,875	9,9	7,882	3,185	0,08	1,988	6,75	9,375	5,41	1,11	11,36	29,08	37,86	20,86	12,72	14,55	24,7	32,08	38,54	38,15	19,25	/	/	/	/	/
	254,5	21,7	4,56	3,384	0,53	0,056	7,155	70	93,59	48,73	12,9	27,21	39,11	48	22,13	22,79	24,89	1,84	1,16	19,8	29,33	28,42	13,5	7,05	/	/	/
	253,5	35,35	29,01	2,035	7,55	3,576	17,8	58,5	49	/	4,73	66,25	53,03	61,4	27,75	22,94	1,78	1,56	0,86	0,56	6,855	4,35	26,75	31,75	36,25	10,38	/
	252,5	54,95	24,58	15,45	29,62	32,7	90,34	88,33	/	/	/	21,25	27,82	30,27	1,99	1,52	1,29	1,13	1,37	0,44	9,105	0,74	8,25	0	15,3	17,55	17
	251,5	81,86	43,69	61,25	85	95,12	101,2	/	/	/	/	/	29,05	30,68	34,56	79,84	1,82	2,03	23,66	13,5	1,166	1,03	9,6	4,83	0,82	19,05	18
	250,5	72,13	54,87	108,9	132,2	117,8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	84,74	66,3	59,5	20,04	34,95	31,78	23,54	28,75	14,24	17,33	21	/
	249,5	/	14,5	126,6	121,4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	65,78	53,53	41,25	20,87	40,81	77	53,5	26,4	/	/	/
248,5	/	/	53,67	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	24,85	36,75	65,5	56,75	/	/	/	/

Volume total estimé à  $4894,376 * 10^6 \text{ m}^3 = 4,894376 * 10^9 \text{ m}^3$



### **III- Estimation des réserves en eaux souterraines relatives à la période des basses eaux du cycle hydrologique 1985/1986:**

#### **III.1 Présentation de la piézométrie du cycle hydrologique 1985/1986 :**

Monsieur le Professeur HEMILA Mohammed Laid, dans le cadre de l'obtention de son diplôme des études approfondies à l'université de Bordeaux (France), a établi durant le cycle hydrologique 1985/1986, une carte piézométrique de la zone d'étude sur la base d'un inventaire des points d'eau réalisé par lui-même en octobre 1985 (Figure n°37). Cette figure a prouvé une morphologie piézométrique conforme à celle tracé par l'A.N.R.H. en 1973/1974 mais avec une certaine fluctuation du niveau piézométrique. Nous constatons :

*Au niveau de la cuvette d'El Hammamet,* la morphologie piézométrique globale se caractérise ainsi par la présence d'une importante dépression au niveau de la zone El Mechouch où les lignes de courants se convergent. Le fonçage en profondeur du substratum, la nature lithologique très perméable du matériau aquifère en cette zone et le pompage intensif et continu par le champ de captage par forages implantés ont ainsi joué un rôle primordial dans la mise en forme des iso pièzes. Le gradient hydraulique varie de l'amont vers l'aval, il est très fort à la bordure ouest et devient faible au centre de la dépression et au niveau de la zone nommée Meddoud).

*Au niveau de la cuvette Tébessa-Boulhaf Dyr,* la morphologie piézométrique se caractérise par la mise en place en aval d'une importante dépression piézométrique. La zone Meddoud – Boulhaf Dyr est considérée comme zone de convergence d'écoulement souterrain et de drainage. Le cours d'eau principal Kebir – Chabroo - Ksob, draine la nappe au nord juste à la sortie de Boulhaf Dyr, cependant la relation est mixte au niveau de la plaine de la Merdja où la nappe est drainée par la rive nord du cours d'eau et elle est réalimentée par sa rive sud. Au niveau de chaque nœud des mailles, nous avons ainsi déterminé les côtes piézométriques que nous les présentons dans la matrice du tableau n° 10.

#### **III.2 Etablissement de la carte des isopaques d'alluvions mouillées relative à la période des basses eaux du cycle hydrologique 1985/1986:**

De même procédé, sur la base des différences des côtes piézométriques correspondantes au cycle hydrologique 1985/1986 et celles du substratum, nous avons calculé au niveau de chaque nœud des mailles, les valeurs de la charge hydraulique de cette nappe pour ce cycle hydrologique 1985/1986 (Tableau n°11). Avec ces valeurs de charge hydraulique nous avons tracé la carte des isopaques d'alluvions mouillées (Figure n°38). Cette carte a donné une répartition d'iso valeurs presque semblable à celle aperçue au cycle hydrologique 1973/1974.

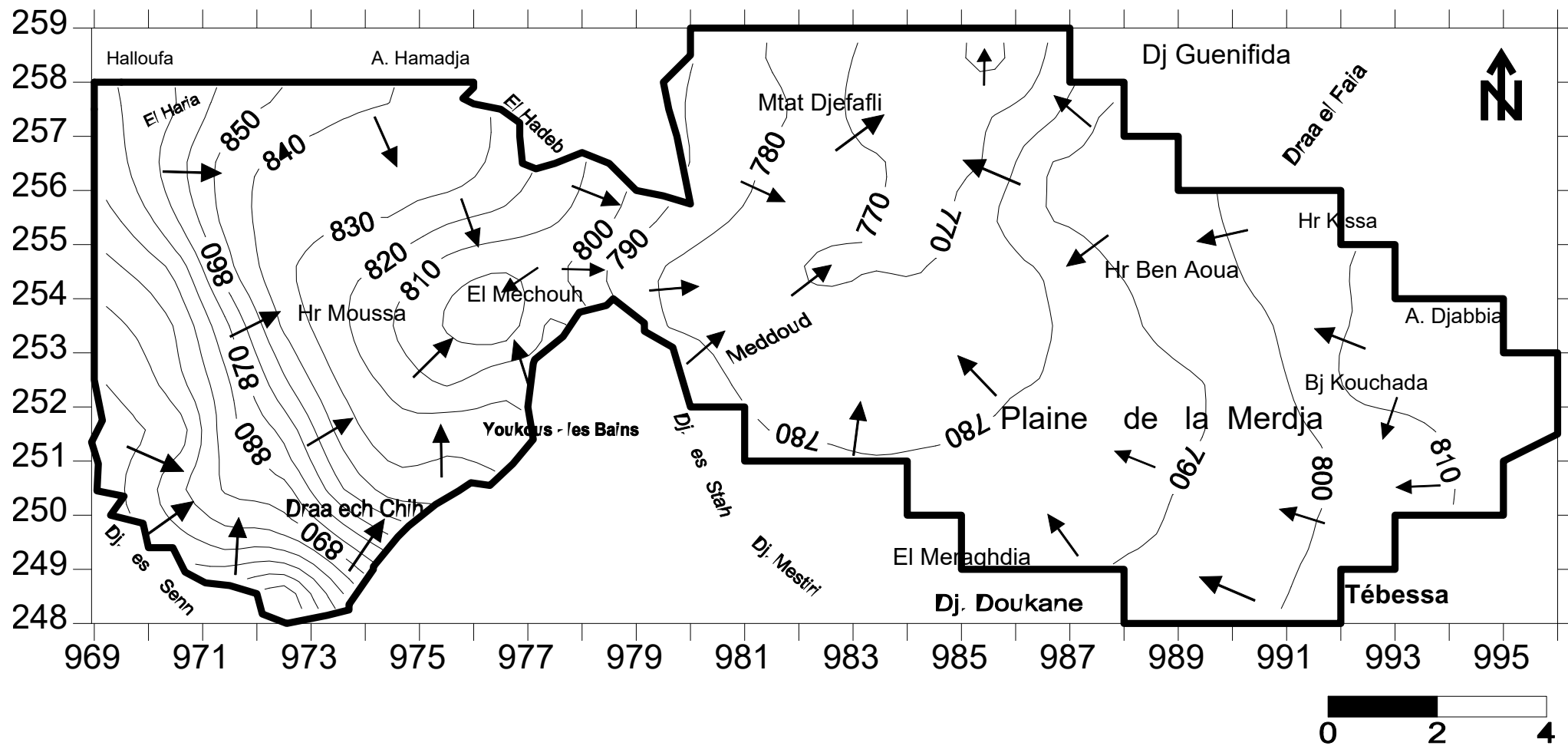


Figure n° 37 Carte piézométrique de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet -Tébessa - Boulhaf Dyr

(Cycle hydrologique 1985/1986)

Tableau n° 10 Matrice de la piézométrie relative à la période des basses eaux du cycle hydrologique 1985/1986 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																									
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	786,5	779	773	767,6	765,8	755,4	769,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	257,5	870,7	854,4	848,4	841,4	839,8	/	/	/	/	/	783	784	772	766,5	764,7	769,3	774,4	789,3	/	/	/	/	/	/	/	/
	256,5	863,7	844,8	836,6	834,6	833,6	838,5	/	/	/	/	787	778	772,2	770,8	767,2	770,5	790	792	797,5	/	/	/	/	/	/	/
	255,5	870,4	844,4	836,8	831,5	830,5	822,1	818,3	811,9	802	789,5	781,9	776,6	772	770,5	767,2	778,8	790	792	794	798,8	803	/	/	/	/	/
	254,5	889	852	831,6	823,8	816	804,9	799,4	801,1	788,2	779,2	774,9	771,1	768,5	770	770,4	773,9	780	788,5	792,5	796,6	802	807	811,5	/	/	/
	253,5	900	870	838	822,8	810	799,2	791,3	813,9	/	780	778,8	773,5	774,5	772,6	770,8	777,6	779,2	783,6	791,2	795,6	798	806	811	813,5	814	/
	252,5	903	880	851,1	828,9	817,3	807,4	818,1	/	/	/	781,5	774,5	773,5	771,4	769,9	778,9	780	784	787	790	796,2	804	817,5	813	813	814,5
	251,5	919	882	869	838	824,6	827,8	/	/	/	/	/	780	779	776	777,5	781	782,3	784,3	787	790	795,7	800	802,6	808,9	813	816,8
	250,5	902	887	884	851,4	834	/	/	/	/	/	/	/	/	/	789	785,7	783,7	786,2	788,5	792,5	796,5	798	805	803,6	813,7	/
	249,5	/	905	904	883	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	782	784,3	787,1	790	793	796,4	800	809	/	/	/
248,5	/	/	950	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	796	793	797	803	/	/	/	/	

Tableau n° 11 Matrice de la charge hydraulique relative à la période des basses eaux du cycle hydrologique 1984/1985 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																									
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4,5	19	39,3	47,6	45,8	31,9	4,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	257,5	45,65	131,6	173,4	101,4	44,3	/	/	/	/	/	14,5	50	72	79,5	81,4	86,8	39,4	6	/	/	/	/	/	/	/	/
	256,5	63,69	114,8	96,64	46,17	33,6	5,1	/	/	/	/	22,7	76	114,5	124,7	104,3	95,1	95,7	61,3	47,5	/	/	/	/	/	/	/
	255,5	20,4	48,91	38,8	8,1	6,5	12,13	43,25	61,85	35	9,5	44,4	115,4	150,5	137,2	84,66	96,8	98,8	127,3	108,6	107,8	53	/	/	/	/	/
	254,5	61	21,8	21,37	3,2	4,6	46,59	199,4	266,1	138,2	50,76	108,2	156,1	191,5	145	150,4	165,5	180	115,2	78,7	82,4	80,2	53	46,5	/	/	/
	253,5	100	81,9	13	49,96	22,5	88,15	166,3	138,9	/	30	188,8	211,5	245,1	183,7	151,3	177,6	154,2	83,6	55,3	45,6	27	106	126	143,5	39	/
	252,5	153	97,3	101,1	195,5	217,3	257,4	293,1	/	/	/	81,5	107,8	201,3	196,4	149,7	128,9	109,2	134	41,3	56,6	73,7	54	0	101	115	67,5
	251,5	269	172,9	244	338	474,6	402,8	/	/	/	/	/	80	204	226	227,5	181	198,9	154,3	87	111,3	99	62,5	30,6	79,9	125	118,8
	250,5	202	218	434	526,4	469	/	/	/	/	/	/	/	/	/	239	263,8	233,7	131,2	134,8	121,1	146,5	103	93,4	113,6	138,7	/
	249,5	/	55	504	483	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	257	209,3	162,1	134,1	109,6	206,4	202	171	/	/	/
248,5	/	/	150	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	62	93	247	216	/	/	/	/	

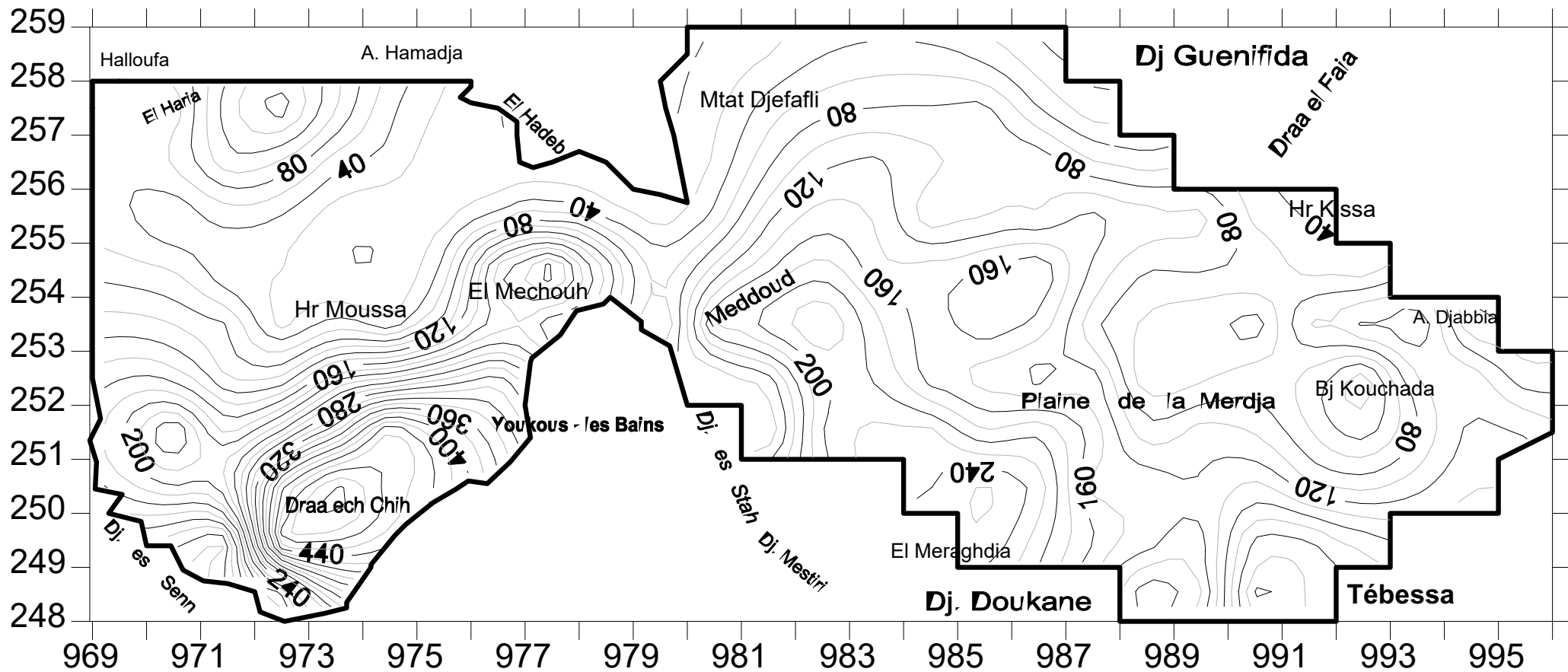


Figure n° 38 Carte des isopaques des alluvions mouillées (charge hydraulique) de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet -Tébessa - Boulhaf Dyr relatives au cycle hydrologique 1985/1986

Nous observons alors la persistance des deux grandes cuvettes avec les mêmes morphologies mais avec une diminution notable de la charge hydraulique dans des endroits.

### III.3 Calcul des réserves en eaux souterraines relatives à la période des basses eaux du cycle hydrologique 1985/1986 :

Les calculs par application de la formule de base, ont fourni, un total de volume de la nappe du remplissage estimé à 4,81 milliards de mètre cube (Tableau n° 12).

### IV. Fluctuation spatio-temporelle des réserves en eaux souterraines :

Pour mesurer à titre indicatif la fluctuation spatio-temporelle de ces réserves sur une période de douze cycles d'exploitation intensive de cette nappe aquifère, nous avons dressé une carte de fluctuation entre la piézométrie du cycle hydrologique 1973/1974 et celle du cycle hydrologique 1985/1986 (Figure n° 39), sur la base des valeurs des différences des côtes du plan d'eau souterrain (Tableau n°13 ). Cette présentation graphique montre généralement un rabattement fort à très fort de la nappe dans les zones limites et faible aux cœurs de ces deux cuvettes.

Le plus grand rabattement a été enregistré au niveau de la zone Tébessa – Merdja où il a pu atteindre 15 m, Il est de 3 à 6 m à Mechtat Djefali, Haloufa et aux limites de Djebel Senn, Djebel es Stah-Mestiri et Djebel Doukane. Cependant aux centres de ces deux cuvettes, il n'a pas dépassé 2 m. A la zone sortie de l'espace d'étude, précisément à l'aval de la région de Meddoud, le rabattement est dans une fourchette de 0,5 à 1 m et de même à Henchir Moussa, El Mechouch, Bordj Kouchada, Henchir Aoua.

Cet abaissement général du plan d'eau souterrain, causé par l'exploitation intensive de la nappe et le changement climatique sur cette durée de douze (12) cycles hydrologiques, a provoqué un déstockage d'eau de la nappe atteignant 84,487 millions de mètres cubes ( $84,487 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  - Tableau n°14) correspondant à une moyenne interannuelle de 7,04 millions de mètres cubes ( $7,04 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ). Ce déstockage représente à l'échelle d'une maille d'un kilomètre carré de 39114,35 mètres cubes par an ( $39114,35 \text{ m}^3/\text{an}/\text{km}^2$ ). Le tableau ci-dessous résume les résultats du bilan des réserves d'eaux souterraines de l'aquifère alluvionnaire dans la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Algérie).

Tableau n° 15 Résultats récapitulatifs du bilan des réserves d'eaux souterraines de l'aquifère alluvionnaire dans la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Algérie).

Réserves en eau en $10^9 \text{ m}^3$		Fluctuation en $10^6 \text{ m}^3$	
Cycle hydrologique 1973/1974	Cycle hydrologique 1985/1986	$\Delta W$	$\Delta W$ moyenne interannuelle
4,894	4,81	84,487	7,04

Tableau n° 12 Matrice d'estimation de la réserve en eau, exprimée en million de mètre cube, relative à la période des basses eaux du cycle hydrologique 1984/1985 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																									
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,675	2,85	5,9	7,14	6,87	7,98	1,13	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	257,5	6,85	26,32	43,34	20,27	8,86	/	/	/	/	/	2,175	7,5	10,8	11,93	12,21	21,7	9,85	1,5	/	/	/	/	/	/	/	/
	256,5	15,92	28,7	19,33	9,234	5,04	0,765	/	/	/	/	5,675	19	28,63	18,71	15,64	14,27	23,93	15,33	11,88	/	/	/	/	/	/	/
	255,5	7,14	9,78	7,76	2,835	0,065	1,82	6,49	9,28	5,25	0,95	11,1	28,85	37,63	20,58	12,7	14,52	24,7	31,83	38,01	37,73	18,55	/	/	/	/	/
	254,5	21,35	4,36	3,206	0,48	0,046	6,99	69,79	93,14	48,37	12,69	27,05	39,01	47,88	21,75	22,56	24,83	1,8	1,15	19,68	28,84	28,07	13,25	6,978	/	/	/
	253,5	35	28,67	1,95	7,494	3,375	17,63	58,21	48,62	/	4,5	66,08	52,88	61,28	27,56	22,7	1,78	1,54	0,84	0,553	6,84	4,05	26,5	31,5	35,88	9,75	/
	252,5	53,55	24,33	15,17	29,33	32,6	90,1	87,94	/	/	/	20,38	26,95	30,2	1,97	1,5	1,29	1,09	1,34	0,413	8,49	0,74	8,1	/	15,15	17,25	16,88
	251,5	80,7	43,23	61	84,5	94,91	100,7	/	/	/	/	/	28	30,6	33,9	79,63	1,81	1,99	23,15	13,05	1,11	0,99	9,375	4,59	0,799	18,75	17,82
	250,5	70,7	54,5	108,5	131,6	117,3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	83,65	65,95	58,43	19,68	33,7	30,28	21,98	25,75	14,01	17,04	20,81	/
	249,5	/	13,75	126	120,8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	64,25	52,33	40,53	20,12	38,36	72,24	50,5	25,65	/	/	/
248,5	/	/	52,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21,7	32,55	61,75	54	/	/	/	/	

**Volume total estimé à  $4809,89 * 10^6 \text{ m}^3 = 4,80989 * 10^9 \text{ m}^3$ .**

Tableau n° 13 Matrice de fluctuation de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien) du cycle hydrologique 1973/1974 à celui du 1985/1986.

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																									
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4,5	2	2	2,4	0,2	0,6	0,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	257,5	2,35	3,6	1,63	1,63	1,4	/	/	/	/	/	4	2	1,5	2,5	1,3	0,7	0,6	0,7	/	/	/	/	/	/	/	/
	256,5	2,31	2,2	1,36	1,53	1,3	1,5	/	/	/	/	2	1	0,8	0,7	1	0,6	0,5	1	0,5	/	/	/	/	/	/	/
	255,5	2,1	0,59	0,61	1	1,5	1,12	1,75	0,65	1,03	1,61	1,05	0,94	0,93	1,85	0,14	0,2	0	1	1,5	1,2	2	/	/	/	/	/
	254,5	1	1	1,19	0,31	1	1,11	0,6	1,28	1,02	0,84	0,66	0,39	0,5	2,5	1,5	0,4	3,5	0,5	0,5	1,4	1	1	0,5	/	/	/
	253,5	1	1	0,57	0,36	1,34	0,85	0,83	1,09	/	1,5	0,5	0,64	0,5	1,3	1,6	0,3	1,5	2,2	0,8	0,1	2	1	1	1,5	2,5	/
	252,5	4	1,04	1,9	1,95	0,67	0,7	1,31	/	/	/	3,5	3,5	0,5	3,5	1,8	0,4	3,5	2,7	3	4,1	0,3	1	0	1	2	0,5
	251,5	3,87	1,86	1	2	1,02	2,06	/	/	/	/	/	3	0,5	4,4	0,6	1,2	3,8	3,4	3	5,3	4,3	1,5	1,6	1,6	2	1,2
	250,5	4,1	1,5	1,71	2,17	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3,1	1,4	4,3	2,4	5	6	10,4	12	1,5	1,9	1,3	/
	249,5	/	3	2,5	2,48	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6,1	4,8	2,9	5	7	13,6	12	5	/	/	/
248,5	/	/	3,34	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	9	12	15	11	/	/	/	/	



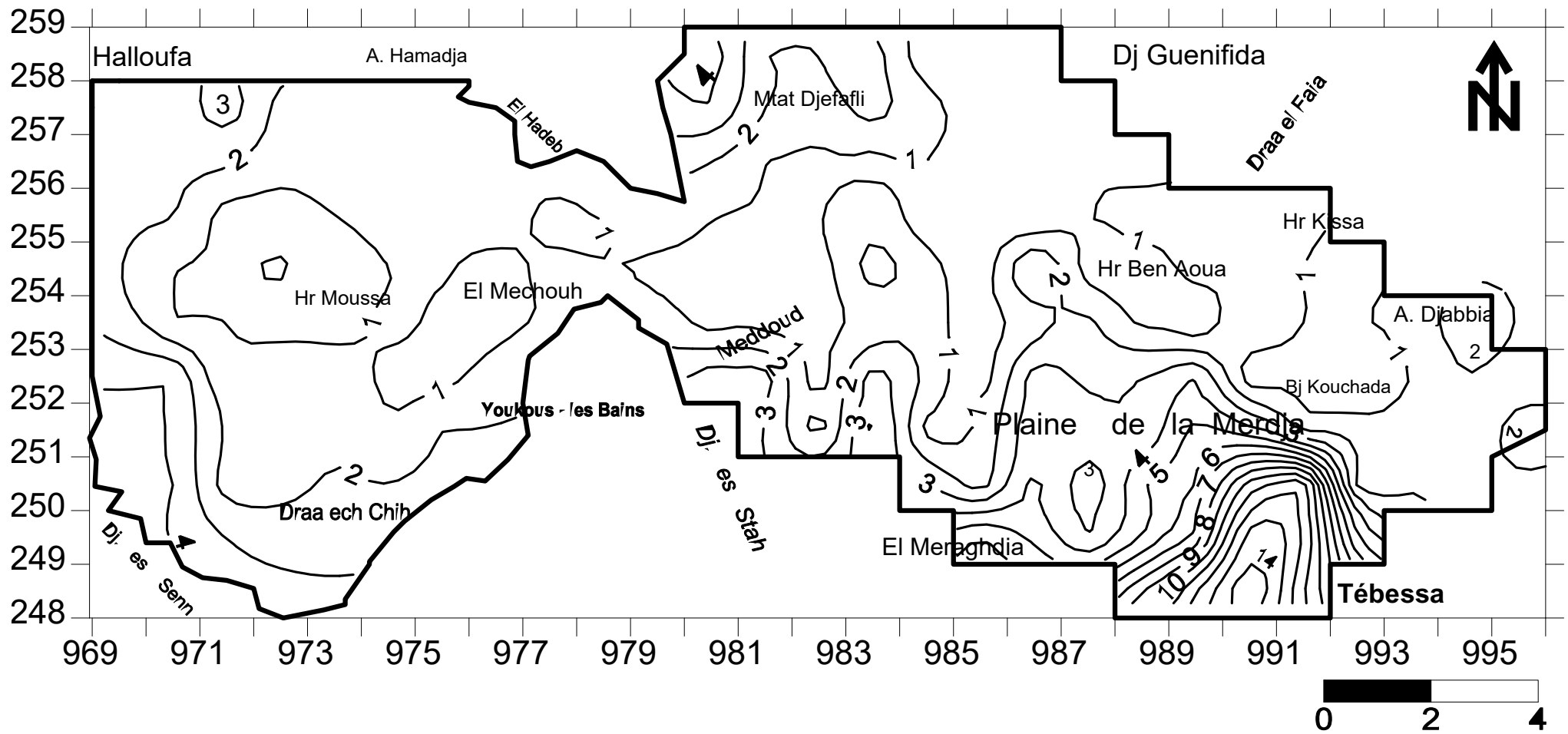


Figure n° 39 Carte de fluctuation de la nappe alluvionnaire dans la zone d'El Hammamet -Tébessa - Boulhaf Dyr entre les cycles hydrologiques 1973/1974 et 1985/1986

Tableau n° 14 Matrice d'estimation de déstockage en eau souterraine entre le cycle hydrologique 1973/1974 et celui du 1985/1986, exprimé en million de mètre cube, de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																									
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,675	0,3	0,3	0,36	0,03	0,15	0,125	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	257,5	0,35	0,72	0,41	0,326	0,28	/	/	/	/	/	0,6	0,3	0,225	0,375	0,195	0,175	0,15	0,175	/	/	/	/	/	/	/	/
	256,5	0,58	0,55	0,272	0,306	0,195	0,225	/	/	/	/	0,5	0,25	0,2	0,105	0,15	0,09	0,125	0,25	0,125	/	/	/	/	/	/	/
	255,5	0,74	0,118	0,122	0,35	0,015	0,168	0,263	0,098	0,155	0,161	0,263	0,235	0,233	0,278	0,021	0,03	0	0,25	0,525	0,42	0,7	/	/	/	/	/
	254,5	0,35	0,2	0,178	0,047	0,01	0,167	0,21	0,448	0,357	0,21	0,165	0,098	0,125	0,375	0,225	0,06	0,035	0,005	0,125	0,49	0,35	0,25	0,075	/	/	/
	253,5	0,35	0,35	0,086	0,054	0,201	0,17	0,291	0,382	/	0,225	0,175	0,16	0,125	0,195	0,24	0,003	0,015	0,022	0,008	0,015	0,3	0,25	0,25	0,375	0,625	/
	252,5	1,4	0,26	0,285	0,293	0,101	0,245	0,393	/	/	/	0,875	0,875	0,075	0,035	0,018	0,004	0,035	0,027	0,03	0,615	0,003	0,15	0	0,15	0,3	0,125
	251,5	1,161	0,465	0,25	0,5	0,204	0,515	/	/	/	/	/	1,05	0,075	0,66	0,21	0,012	0,038	0,51	0,45	0,053	0,043	0,225	0,24	0,016	0,3	0,18
	250,5	1,435	0,375	0,428	0,543	0,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1,085	0,35	1,075	0,36	1,25	1,5	1,56	3	0,225	0,285	0,195	/
	249,5	/	0,75	0,625	0,62	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1,525	1,2	0,725	0,75	2,45	4,76	3	0,75	/	/	/
248,5	/	/	1,169	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3,15	4,2	3,75	2,75	/	/	/	/	

**Volume total de déstockage est estimé à 84,487 \* 10<sup>6</sup> m3.**

## V. Calcul et estimation des réserves en eau et des paramètres caractéristiques de la nappe relatifs au cycle hydrologique 2023/2024 :

Sur la base du volume de déstockage moyen interannuel des réserves en eau  $7,041 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ , calculé sur douze cycles hydrologiques (1973/1974 - 1985/1986), la projection de ces réserves pour ce cycle hydrologique 2023/2024, pourrait provoquée une réduction importante des réserves d'environ 352,03 millions de mètre cube ( $352,03 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ), calculée sur une période de 50 ans (1973/1974 à 2023/2024). Le stock des réserves peut être donc estimé à 4,542 milliards de mètres cube ( $4,542 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ ). Cette réduction du stock des réserves ne représente que 7,19 % par rapport aux réserves de l'année 1973/1974. L'application du ratio de réduction de volume au niveau de chaque nœud de maille, nous a permis donc de projeter les calculs pour cette année 2023/2024 et d'estimer les valeurs :

- du volume des réserves (Tableau n°16 ),
- de la charge hydraulique (Tableau n°17 ),
- de la côte piézométrique correspondante (Tableau n° 18 ),
- de la fluctuation durant une période de 50 ans, 1973/1974 à 2023/2024 (Tableau n° 19 ),
- de la profondeur du niveau statique (Tableau n° 20).

Les calculs de ces paramètres et à titre de connaissance de variabilité spatiotemporelle, nous ont incité d'établir la carte piézométrique estimée (Figure n°40) pour cette année 2023/2024 et sa fluctuation après une période de 50 ans (Figure n°41). Ces deux figures montrent vraiment que notre nappe alluvionnaire connaît actuellement une situation très critique caractérisée par la continuité de l'abaissement de son plan d'eau sur l'ensemble de l'étendu de l'espace de la plaine. Sur la carte de fluctuation (Figure n° 41) nous constatons :

- à la limite de la zone appelée Bahiret Tébéssa, situé presque à l'ouest et au nord ouest de la ville de Tébéssa, le rabattement de la nappe est vraiment très fort où le plan d'eau souterrain a descendu plus que 62.5 m par rapport à la piézométrie 1973/1974 et 47.5 m par rapport à la piézométrie 1985/1986. Le niveau statique pourrait être plus profond au niveau de cet espace où les trois forages P5, FTA2 et SCT sont implantés (Figure n°10 ).

Il pourrait être en cet endroit à une profondeur entre 40 m et 100.5 m (Tableau n° 20) correspondant à une charge hydraulique variant entre 33,5 m et 119.5 m (Tableau n°17 ).

- aux zones bordures de limites de l'aquifère du remplissage, le rabattement marquerait plus que 15 m,
- aux centres des deux cuvettes et à la zone de drainage souterrain, ce rabattement est moins important et il pourrait atteindre au maximum 3 m.

Tableau n°16 Matrice d'estimation de la réserve en eau, exprimée en million de mètre cube, relative au cycle hydrologique 2023/2024 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																										
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5	
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	1,9	4,95	6	6,78	7,5	0,73	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	257,5	5,73	24	42,1	19,24	7,97	/	/	/	/	/	0,28	6,55	10,1	10,7	11,6	21,1	9,38	0,95	/	/	/	/	/	/	/	/	
	256,5	14,1	27	18,5	8,3	4,4	0,05	/	/	/	/	4,09	18,2	28	18,4	15,2	14	23,5	14,5	11,5	/	/	/	/	/	/	/	
	255,5	4,8	9,41	7,37	1,73	0,02	1,29	5,66	8,97	4,76	0,44	10,3	28,1	36,9	19,7	12,6	14,4	24,7	31,0	36,3	36,4	16,3	/	/	/	/	/	
	254,5	20,2	3,73	2,64	0,33	0,01	6,4	69,1	91,7	47,2	12,0	26,5	38,7	47,5	20,6	21,8	24,6	1,69	1,14	19,3	27,3	27	12,5	6,74	/	/	/	
	253,5	33,9	27,6	1,68	7,32	2,74	17,1	57,3	47,4	/	3,79	65,5	52,4	60,9	26,9	21,9	1,77	1,49	0,77	0,53	6,79	3,1	25,7	30,7	34,7	7,77	/	
	252,5	49,1	23,5	14,3	28,4	32,3	89,3	86,7	/	/	/	17,6	24,2	30	1,85	1,44	1,28	0,98	1,25	0,32	6,54	0,73	7,63	0	14,7	16,3	16,8	
	251,5	77	41,8	60,2	82,9	94,3	99,1	/	/	/	/	/	24,7	30,4	31,8	79	1,8	1,87	21,5	11,6	0,95	0,85	8,66	3,83	0,75	17,8	17,3	
	250,5	66,1	53,3	107	129,9	116	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	80,2	64,8	55,0	18,5	29,7	25,5	17,0	16,2	13,3	16,1	20,2	/
	249,5	/	11,4	124	118	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	59,4	48,5	38,2	17,7	30,6	57,2	41	23,3	/	/	/
	248,5	/	/	48,8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11,7	19,3	49,9	45,3	/	/	/	/

**Volume total estimé à  $4542,35 * 10^6 \text{ m}^3 = 4,542 * 10^9 \text{ m}^3$**

Tableau n° 17 Matrice d'estimation de la charge hydraulique en eau relative au cycle hydrologique 2023/2024 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																									
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	12,5	32,8	39,8	45,15	29,95	2,875	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	257,5	38,2	120,	168,	96,2	39,9	/	/	/	/	/	1,5	43,5	67,13	71,38	77,18	84,53	37,45	3,725	/	/	/	/	/	/	/	/
	256,5	56,4	108	92,3	41,3	29,5	0,35	/	/	/	/	16,2	72,75	111,9	122,4	101	93,15	94,08	58,05	45,88	/	/	/	/	/	/	/
	255,5	13,8	47,0	36,8	4,93	1,75	8,58	37,8	59,74	31,65	4,27	40,99	112,3	147,5	131,9	84,21	96,15	98,8	124,1	103,7	103,9	46,5	/	/	/	/	/
	254,5	57,8	18,6	17,6	2,22	1,43	43,1	197	261,9	135	48,03	106,0	154,8	189,9	136,9	145,5	164,2	168,6	113,6	77,08	77,85	76,95	49,75	44,88	/	/	/
	253,5	96,8	78,7	11,2	48,8	18,3	85,5	164	135,4	/	25,13	187,2	209,4	243,5	1795	146,1	176,6	149,3	76,45	52,7	45,28	20,5	102,8	122,8	138,6	30,88	/
	252,5	140	94,0	95,1	189	215	255	289	/	/	/	70,13	96,43	199,7	185,0	143,9	127,6	97,83	125,2	31,55	43,28	72,73	50,75	0	97,75	108,5	65,88
	251,5	256	167	241	332	471	396	/	/	/	/	/	70,25	202,4	211,7	225,6	177,1	186,6	143,3	77,25	94,08	85,03	57,63	25,4	74,7	118,5	114,9
	250,5	189	213	428	520	462	/	/	/	/	/	/	/	/	/	228,9	259,3	219,7	123,4	118,6	101,6	112,7	64	88,53	107,4	134,5	/
	249,5	/	45,5	496	475	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	237,2	193,7	152,7	117,9	86,85	162,2	163	154,8	/	/	/
248,5	/	/	139	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	32,75	54	198,3	180,3	/	/	/	/	

Tableau n° 18 Matrice d'estimation des côtes piézométriques relative au cycle hydrologique 2023/2024 de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																									
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	782,0	772,5	766,5	759,8	765,2	753,5	767,9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	257,5	863,0	842,7	843,1	836,1	835,3	/	/	/	/	/	770,0	777,5	767,1	758,4	760,5	767,0	772,5	787,0	/	/	/	/	/	/	/	/
	256,5	856,2	837,7	832,2	829,6	829,4	833,6	/	/	/	/	780,5	774,8	769,6	768,5	763,9	768,6	788,4	788,8	795,9	/	/	/	/	/	/	/
	255,5	863,6	842,5	834,8	828,3	825,6	818,5	812,6	809,7	798,7	784,3	778,5	773,5	769,0	764,5	766,7	778,1	790,0	788,8	789,1	794,9	796,5	/	/	/	/	/
	254,5	885,8	848,8	827,8	822,8	812,8	801,3	797,5	796,9	784,9	776,4	772,7	769,8	766,9	761,9	765,5	772,6	768,6	786,9	790,9	792,1	798,8	803,8	809,9	/	/	/
	253,5	896,8	866,8	836,1	821,6	805,7	796,4	788,6	810,4	/	775,1	777,2	771,4	772,9	768,4	765,6	776,6	774,3	776,5	788,6	795,3	791,5	802,8	807,8	808,6	805,9	/
	252,5	890	876,6	844,9	822,6	815,2	805,1	813,9	/	/	/	770,1	763,1	771,9	760,0	764,1	777,6	768,6	775,2	777,3	776,7	795,2	800,8	817,5*	809,8	806,5	812,9
	251,5	906,4	875,9	865,8	831,5	821,3	821,1	/	/	/	/	/	770,3	777,4	761,7	775,6	777,1	770,0	773,3	777,3	772,8	781,7	795,1	797,4	803,7	806,5	812,9
	250,5	888,7	882,1	878,4	844,3	827,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	778,9	781,2	769,7	778,4	772,3	773,0	762,7	759,0	800,1	797,4	809,5	/
	249,5	/	895,3	895,9	874,9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	762,2	768,7	777,7	773,8	770,3	752,2	761,0	792,8	/	/	/
248,5	/	/	939,1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	766,8	754	748,3	767,3	/	/	/	/	

On note que 817,5\* : est une valeur de la côte du substratum imperméable qui affleure en surface en cette maille où l'épaisseur de l'aquifère est nulle en cette localité (Apparition de cinq sources à Bordj Kouchada).

Tableau n° 19 Matrice d'estimation de la fluctuation de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien)  
du cycle hydrologique 1973 /1974 à celui 2023/2024 (Est Algérien).

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																									
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	9,00	8,50	8,50	10,20	0,85	2,55	2,13	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	257,5	9,99	15,3	6,93	6,93	5,95	/	/	/	/	/	17,00	8,50	6,38	10,63	5,53	2,98	2,55	2,98	/	/	/	/	/	/	/	/
	256,5	9,82	9,35	5,78	6,50	5,53	6,38	/	/	/	/	8,50	4,25	3,40	2,98	4,25	2,55	2,13	4,25	2,13	/	/	/	/	/	/	/
	255,5	8,93	2,51	2,60	4,25	6,38	4,76	7,44	2,77	4,38	6,85	4,47	4,00	3,96	7,87	0,60	0,85	0,00	4,25	6,38	5,10	8,50	/	/	/	/	/
	254,5	4,25	4,25	5,06	1,32	4,25	4,72	2,55	5,44	4,34	3,57	2,81	1,66	2,125	10,63	6,38	1,70	14,88	2,13	2,13	5,95	4,25	4,25	2,13	/	/	/
	253,5	4,25	4,25	2,42	1,53	5,70	3,61	3,53	4,63	/	6,38	2,13	2,72	2,13	5,53	6,80	1,28	6,38	9,35	3,40	0,43	8,5	4,25	4,25	6,38	10,63	/
	252,5	17,00	4,42	8,08	8,29	2,85	2,98	5,57	/	/	/	14,88	14,88	2,13	14,88	7,65	1,70	14,88	11,48	12,75	17,43	1,28	4,25	/	4,25	8,50	2,13
	251,5	16,45	7,91	4,25	8,50	4,34	8,76	/	/	/	/	/	12,75	2,13	18,70	2,55	5,10	16,15	14,45	12,75	22,53	18,28	6,38	6,80	6,80	8,50	5,10
	250,5	17,43	6,38	7,27	9,23	8,50	/	/	/	/	/	/	/	/	/	13,18	5,95	18,28	10,20	21,25	25,50	44,20	51,00	6,38	8,08	5,53	/
	249,5	/	12,75	10,63	10,54	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25,93	20,4	12,33	21,25	29,75	57,80	51,00	21,25	/	/	/
248,5	/	/	14,20	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	38,25	51,00	63,75	46,75	/	/	/	/

Tableau n° 20 Matrice d'estimation de la profondeur de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa – Boulhaf Dyr (Est Algérien)  
relative au cycle hydrologique 2023/2024 (Est Algérien).

Coordonnées des nœuds des mailles		Les colonnes Y																									
		970,5	971,5	972,5	973,5	974,5	975,5	976,5	977,5	978,5	979,5	980,5	981,5	982,5	983,5	984,5	985,5	986,5	987,5	988,5	989,5	990,5	991,5	992,5	993,5	994,5	995,5
Les lignes X	258,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11,00	9,50	10,5	10,90	2,45	13,55	11,13	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	257,5	21,99	29,30	17,93	16,93	6,75	/	/	/	/	/	19,00	15,50	10,88	14,88	7,03	8,88	27,55	57,98	/	/	/	/	/	/	/	/
	256,5	30,82	33,35	29,78	24,40	17,63	16,38	/	/	/	/	21,50	14,25	12,40	6,68	5,40	7,85	14,13	46,25	66,63	/	/	/	/	/	/	/
	255,5	22,43	22,51	22,19	20,75	16,38	16,51	19,48	16,26	11,35	19,73	14,51	13,46	14,02	11,41	1,00	1,85	4,00	23,75	44,88	45,10	60,5	/	/	/	/	/
	254,5	7,25	19,25	22,20	22,21	26,25	28,72	31,55	29,06	32,11	23,57	20,26	16,22	12,13	11,53	10,03	3,30	15,38	8,63	22,63	22,95	30,25	43,25	66,13	/	/	/
	253,5	8,25	5,25	28,86	26,41	34,36	42,61	56,39	29,63	/	29,88	11,84	11,58	5,13	5,75	8,90	1,38	6,98	9,80	11,40	6,73	24,5	23,25	34,25	33,38	64,13	/
	252,5	18,00	5,38	19,08	31,42	31,85	42,36	48,14	/	/	/	17,88	15,88	5,13	17,08	12,45	2,40	15,73	12,78	12,75	17,43	2,78	9,25	/	10,25	31,50	32,13
	251,5	17,58	12,05	4,25	32,50	33,75	36,90	/	/	/	/	/	15,75	2,63	20,80	4,15	5,10	19,05	26,75	25,75	30,23	21,43	6,875	6,80	8,80	10,50	19,10
	250,5	21,33	7,88	11,56	33,65	47,50	/	/	/	/	/	/	/	/	/	22,98	12,95	30,28	30,10	41,75	41,70	50,55	53,57	7,875	10,58	8,525	/
	249,5	/	14,75	12,13	30,06	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	62,83	51,3	49,33	55,25	56,75	73,45	64,00	24,25	/	/	/
248,5	/	/	20,86	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	85,25	100,0	101,7	77,75	/	/	/	/



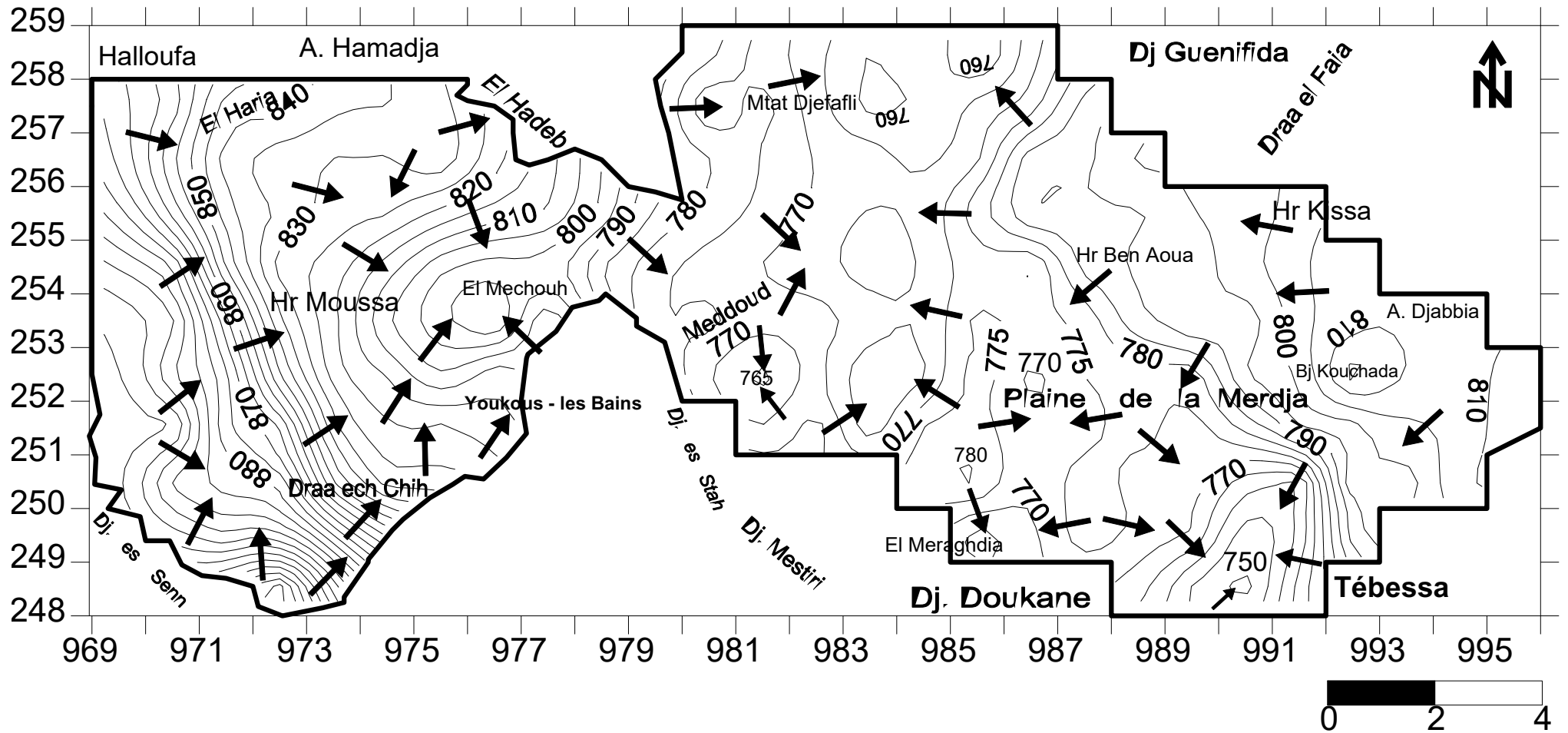


Figure n° 40 Carte piézométrique de la nappe alluvionnaire de la plaine d'El Hammamet - Tébessa - Boulhaf Dyr estimée (calculée) relative au cycle hydrologique 2023/2024

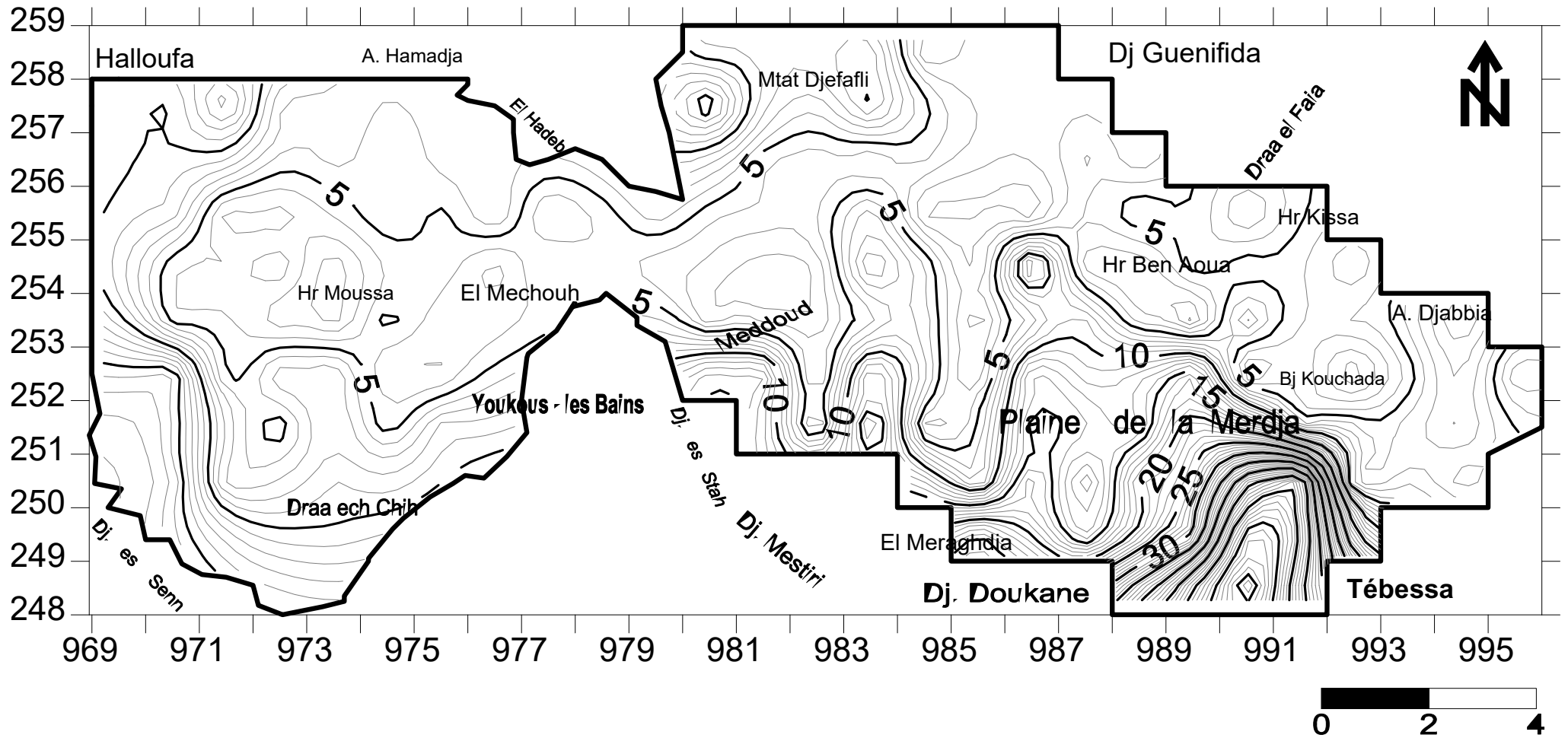


Figure n° 41 Carte de fluctuation de la nappe alluvionnaire entre les cycles hydrologiques 1973/1974 et 2023/2024 dans la plaine d'El Hammamet -Tébessa - Boulhaf Dyr (Est Algérien).

Cette importante descente du niveau d'eau est certainement due à la sévérité de la sécheresse qui frappe actuellement l'Afrique du nord en général et notre pays en particulier. Celle-ci s'est répercutée négativement sur l'usage de cette eau souterraine qui n'a pas cessé à augmenter considérablement et il a obligé l'intensification de pompage par les forages implantés en ces derniers temps pour satisfaire le besoin des différents usages de l'eau. Cette longue période de sécheresse que notre pays a vécu et l'intensification des pompages ont forcément fait descendre le stock global en eaux souterraines.

Il est à noter que la carte piézométrique établie, relative à ce cycle hydrologique 2023/2024 sur la base de ces données anciennes, est très hypothétique et ne peut refléter la réalité de ces réserves en eaux souterraines qu'à partir de sa vérification avec les mesures réelles du niveau piézométrique sur le réseau de tous les points d'eau. Pour cela, il est évident de réaliser une nouvelle campagne piézométrique pour ce cycle hydrologique 2023/2024 et comparer la carte piézométrique calculée à celle mesurée.

Alors que dans le cas du bon calage entre les deux représentations graphiques, nous considérons les résultats de calculs sont crédibles et représentent la réalité du comportement de cette nappe alluvionnaire qui représente une potentialité hydraulique très importante.

## **VI. Conclusion :**

A la fin de ce chapitre de traitement et d'analyse des données disponibles et des essais de calculs selon le protocole suivi, nous pouvons présumer que la réserve de la nappe du remplissage alluvionnaire à la limite de la plaine d'El Hammamet - Tébéssa – Boulhaf Dyr, est très importante. Le stock global selon le scénario le plus pessimiste s'évalue à :

- 4,894 milliards de mètre cube ( $4,894 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ ) pour le cycle hydrologique 1973/1974,
- 4,81 milliards de mètre cube ( $4,81 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ ) pour le cycle hydrologique 1985/1986.

Cette nappe aquifère a connu généralement un fort à très fort rabattement dans les zones limites, et faible aux cœurs des deux cuvettes qui constituent la plaine en question. Le plus grand rabattement a été enregistré au niveau de la zone Tébéssa – Mardja où il a pu atteindre 15 m. Il est de 3 à 6 m à Mechtat Djefali, Haloufa et aux limites de Djebel Senn, Djebel es Stah-Mestiri et Djebel Doukane. Cependant aux centres de ces cuvettes, il n'a pas dépassé 2 m. A la zone sortie de l'espace d'étude, précisément à l'aval de la région de Meddoud, le rabattement est dans une fourchette de 0,5 à 1 m et de même à Henchir Moussa, El Mechouch, Bordj Kouchada, Henchir Aoua. Cet abaissement général du plan d'eau souterrain, causé sans doute par l'exploitation intensive de la nappe et le changement climatique sur cette durée de douze (12) cycles hydrologiques, a provoqué un déstockage d'eau de la nappe atteignant 84,487 millions de mètre cube ( $84,487 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ) correspondant à

une moyenne interannuelle de 7,04 millions de mètre cube ( $7,04 * 10^6 \text{ m}^3$ ). Ce déstockage représente à l'échelle d'une maille d'un kilomètre carré de 39114,35 mètre cube par an ( $39114,35 \text{ m}^3/\text{an}/\text{km}^2$ ).

La projection de ces réserves, pour le cycle hydrologique 2023/2024 sur la base du volume de déstockage moyen interannuel des réserves en eau 7,041 millions de mètre cube ( $7,041 * 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ ) calculé sur douze cycles hydrologiques (1973/1974 - 1985/1986), a donné une diminution importante des réserves d'environ 352,03 millions de mètre cube ( $352,03 * 10^6 \text{ m}^3$ ), calculée sur une période de 50 ans (1973/1974 à 2023/2024). La persistance du phénomène de la sécheresse très sévère, qui frappe actuellement l'Afrique du nord en général et notre pays en particulier, a répercuté sur l'utilisation de cette eau souterraine en obligeant l'intensification d'une façon considérable des pompages au niveau des forages implantés en ces derniers temps. Cette longue période de sécheresse, que notre pays a vécu, a forcément fait descendre le stock global en eaux souterraines.

Il est à mentionner que cette situation estimée de l'état actuel des réserves (Cycle hydrologique 2023/2024) est très hypothétique et ne peut refléter la réalité qu'à partir de sa vérification avec les mesures réelles du niveau du plan d'eau sur tous les points d'eau existants.

Pour cela et pour une éventuelle validation des résultats, il est évident de réaliser une nouvelle campagne piézométrique pour ce cycle hydrologique 2023/2024 et comparer la carte piézométrique mesurée à celle calculée. Nous ne pouvons donc considérer ces résultats de calculs sont crédibles et représentatifs de la réalité du comportement de cette nappe alluvionnaire qu'à partir d'un bon calage caractérisé par un écart très faible entre ces deux représentations graphiques.

En conséquence, cet approche de calculs ne peut être donc qu'une simple tentative et ses résultats sont approximatifs et ne reflètent pas vraiment la situation actuelle de la réserve en eau de la dite nappe qui se caractérise par une hétérogénéité et une anisotropie du milieu.

Pour une éventuelle perspective d'étude très exhaustive et approfondie dans le but de mieux quantifier la réserve en eaux souterraine de la nappe du remplissage alluvionnaire dans cette région en appliquant la méthode du modèle (Modélisation), nous suggérons un programme complémentaire d'acquisition des nouvelles données qui comporte l'exécution des travaux in situ suivants :

1. Réalisation des sondages électriques verticaux de dispositif AB égal à 6000 m, qui permet d'avoir une profondeur d'investigation supérieure à 600 m, dans les endroits où le substratum imperméable de la nappe n'a pas été détecté ;

2. Réalisation au minimum cinq forages de reconnaissance atteignant le substratum imperméable dans les zones marquées par la présence des fortes dépressions et du substratum imperméable très profond reste inconnu,
3. Réalisation d'une campagne d'inventaire de tous les points d'eau implantés et l'établissement d'une nouvelle carte piézométrique qui permet de refléter la situation actuelle de la nappe alluvionnaire et la détermination de la variabilité de la charge hydraulique,
4. Installation des piézomètres auprès des forages implantés afin de déterminer avec précision le coefficient d'emménagement par réalisation des essais de pompage sur station équipée de puits principal et de piézomètres.

## **CONCLUSION GENERALE**

En finissant cette approche d'étude fondée sur l'acquisition et le traitement des données disponibles, nous pouvons considérer que la plaine d'El Hammamet – Tébessa – Boulhaf Dyr, se caractérise par l'existence d'un remplissage alluvionnaire résistant et très épais surtout en se rapprochant à la ligne de crête sud formée par Djebel es Senn, Djebel Bouziane, Djebel es Satah, Djebel Mestiri et Djebel Doukane. Dans la plaine d'El Hammamet et en dessous de ce remplissage, a été observé une superposition des couches anciennes épaisses d'âges allant du Cénomaniens jusqu'au Maestrichtien inférieur avec des facies carbonatés (marnes et calcaires). La variation très considérable des niveaux de profondeur de détection de ces couches traduit l'existence des contacts anormaux entre les différentes couches anciennes et explique bien que toute cette région a subi des mouvements tectoniques très cassants auparavant. La structure globale est donc une structure complexe caractérisée par la mise en place, à la limite du bassin, d'un effondrement très fort en forme de gradins, en donnant des horsts et des grabens. Les rejets de failles dépassent largement 700 m.

Selon cette structure, la possibilité aquifère n'est que dans le remplissage alluvionnaire qui constitue une nappe alluvionnaire libre dans la totalité de son extension excepté dans des endroits où cette nappe est sous pression des lentilles argileuses.

L'établissement des cartes des isopaques et des isobathes du remplissage alluvionnaire a permis de distinguer deux zones en formes de deux grandes cuvettes séparées par un dôme qui s'allonge selon une ligne reliant Ain Chabroo au sud où le substratum imperméable ne dépasse pas cinquante mètre (50 m) de profondeur, et Djebel Belkif au nord où le substratum imperméable affleure en surface.

La première cuvette de la plaine d'El Hammamet, elle se présente sous forme de deux dépressions :

- La première dépression se trouve au nord-ouest, elle se présente avec un fond qui atteint une profondeur de 200 m et s'allonge selon un axe de direction nord est - sud ouest et prend l'allure d'un rectangle équivalent ramassé de superficie d'environ 20 kilomètres carrés,
- La deuxième dépression : la plus importante se trouve au sud de la plaine d'El Hammamet, et s'allonge longitudinalement selon un axe de même orientation, direction nord est – sud ouest. Cette dépression se présente en forme de quatre fosses de différentes profondeurs en donnant une structure globale analogue d'un fossé en escaliers.

La deuxième cuvette de la plaine de Tébessa – Boulhaf Dyr se caractérise par la mise en place de trois zones :

- La zone Ain Chabroo – Meraghdia -Tébessa : Dans cette zone limitrophe de la ligne de crêtes, nous observons deux dépressions séparées par un seuil. L'épaisseur de l'horizon aquifère atteint 255 m au niveau de la dépression d'El Mraghdia - Ain Chabroo – Meddoud et 300 m au niveau de la dépression qui se situe à l'ouest de la ville de Tébessa ;
- La zone de Boulhaf Dyr – Ain Kissa – Ain Djabia où l'aquifère alluvionnaire se caractérise par la mise en place de deux dépressions caractérisées par le fonçage du substratum jusqu'à 190 m de profondeur. Entre ces deux dépressions le substratum s'élève pour être détecté à une profondeur ne dépasse pas 100 m ;
- La zone centrale qui constitue la plaine de la Merdja et l'espace de l'extension du Marécage. En cet endroit nous remarquons un soulèvement important du substratum sous forme d'un dôme bien étalé selon un espace limité par l'Aéroport, Bir Kouchada, H<sup>f</sup> Ben Aoua et H<sup>f</sup> Rouidjel. Dans cette endroit, l'épaisseur de l'aquifère en question varie de 20 à 100 m mais nous signalons à la localité de Bir Kouchada le substratum affleure en surface.

Selon le scénario le plus pessimiste, le stock global des réserves s'évalue à :

- 4,894 milliards de mètre cube ( $4,894 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ ) pour le cycle hydrologique 1973/1974,
- 4,81 milliards de mètre cube ( $4,81 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ ) pour le cycle hydrologique 1985/1986.

Cette nappe aquifère a connu généralement un fort à très fort rabattement dans les zones limites et faible aux cœurs des deux cuvettes qui constituent la plaine en question. Le plus grand rabattement a été enregistré au niveau de la zone Tébessa – Merdja où il a pu atteindre 15 m, Il est de 3 à 6 m à Mechtat Djefali, Haloufa et aux limites de Djebel Senn, Djebel es Stah-Djebel Mestiri et Djebel Doukane. Cependant aux centres de ces cuvettes, il n'a pas dépassé 2 m. A la zone sortie de l'espace d'étude, précisément à l'aval de la région de Meddoud, le rabattement est dans une fourchette de 0,5 à 1 m et de même à Henchir Moussa, El Mechouch, Bordj Kouchada, Henchir Aoua. Cet abaissement général du plan d'eau souterrain, causé sans doute par l'exploitation intensive de la nappe et le changement climatique sur cette durée de douze (12) cycles hydrologiques, a provoqué un déstockage d'eau de la nappe atteignant 84,487millions de mètre cube ( $84,487 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ) correspondant à une moyenne interannuelle de 7,04 millions de mètre cube ( $7,04 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ). Ce déstockage représente à l'échelle d'une maille d'un kilomètre carré de 39114,35 mètre cube par an ( $39114,35 \text{ m}^3/\text{an}/\text{km}^2$ ).

La projection de ces réserves pour le cycle hydrologique 2023/2024, sur la base du volume de déstockage moyen interannuel des réserves en eau 7,041millions de mètre cube



( $7,041 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ ) calculé sur douze cycles hydrologiques (1973/1974 - 1985/1986), a donné une diminution importante des réserves d'environ 352,03 millions de mètre cube ( $352,03 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ), calculée sur une période de 50 ans (1973/1974 à 2023/2024). La persistance du phénomène de la sécheresse très sévère, qui frappe actuellement l'Afrique du nord en général et notre pays en particulier, a répercuté sur l'utilisation de cette eau souterraine en obligeant l'intensification d'une façon considérable des pompages au niveau des forages implantés en ces derniers temps. Cette longue période de sécheresse, que notre pays a vécu, a forcément fait descendre le stock global en eaux souterraines.

Il est évidemment nécessaire à mentionner que cette situation estimée de l'état actuel des réserves (Cycle hydrologique 2023/2024) est très hypothétique et ne peut refléter la réalité qu'à partir de sa vérification avec les mesures réelles du niveau du plan d'eau sur tous les points d'eau existants.

Pour cela et pour une éventuelle validation des résultats, il est évident de réaliser une nouvelle campagne piézométrique pour ce cycle hydrologique 2023/2024 et comparer la carte piézométrique mesurée à celle calculée. Nous ne pouvons donc considérer ces résultats de calculs sont crédibles et représentatifs de la réalité du comportement de cette nappe alluvionnaire qu'à partir d'un bon calage caractérisé par un écart très faible entre ces deux représentations graphiques.

En conséquence, cet approche de calculs ne peut être donc qu'une simple tentative et ses résultats sont approximatifs et ne reflètent pas vraiment la situation actuelle de la réserve en eau de la dite nappe qui se caractérise par une hétérogénéité et une anisotropie du milieu.

Pour une éventuelle perspective d'étude très exhaustive et approfondie dans le but de mieux quantifier la réserve en eaux souterraine de la nappe du remplissage alluvionnaire dans cette région en appliquant la méthode du modèle (Modélisation), nous suggérons un programme complémentaire d'acquisition des nouvelles données qui comporte l'exécution des travaux in situ suivants :

1. Réalisation des sondages électriques verticaux de dispositif AB égal à 6000 m, qui permet d'avoir une profondeur d'investigation supérieure à 600 m, dans les endroits où le substratum imperméable de la nappe n'a pas été détecté ;
2. Réalisation au minimum cinq forages de reconnaissance atteignant le substratum imperméable dans les zones marquées par la présence des fortes dépressions et du substratum imperméable très profond reste inconnu,
3. Réalisation d'une campagne d'inventaire de tous les points d'eau implantés et l'établissement d'une nouvelle carte piézométrique qui permet de refléter la situation

actuelle de la nappe alluvionnaire et la détermination de la variabilité de la charge hydraulique,

4. Installation des piézomètres auprès des forages implantés afin de déterminer avec précision le coefficient d'emmagasinement par réalisation des essais de pompage sur station équipée de puits principal et de piézomètres.

# **BIBLIOGRAPHIE**

**AYACHI S. et LAADJEL A. :** Etat de la réserve en eaux souterraines dans la plaine d'El Hammamet (**Tébessa - ALGERIE**) - Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master – Université de Chahid Cheikh Laarbi Tébessi - Tébessa, Algérie (2022).

**BENAKOUM Mehdi :** Etat de la réserve en eaux souterraines dans la zone de Tébessa Boulhaf – dyr durant la période des hautes eaux du cycle hydrologique 2016/2017. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master – Université de Chahid Cheikh Laarbi Tébessi - Tébessa, Algérie (Mai 2017).

**CHEHILI. D :** Impact des eaux usées de la ville de Tébessa sur la nappe du remplissage alluvionnaire par évaluation du DBO<sub>5</sub>, DCO et les principaux métaux lourds dans la zone de Boulhaf-Dyr (Tébessa-Algérie). Mémoire de Magistère - Université de Chahid Cheikh Laarbi Tébessi - Tébessa, Algérie (2016)

**CARTE TOPOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DE TEBESSA, Feuille N° 206**

**CARTE TOPOGRAPHIQUE DE YOUKOUS LES BAINS, Feuille N° 205**

**CARTE TOPOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DE LA MESKIANA, Feuille N° 178**

**COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE (C .G .G) ;** L'étude par prospection géophysique dans la plaine de Tébessa – Morsott ; Ministère de l'hydraulique (Algérie). (1971).

**DUROSOY :** Carte géologique de TEBESSA N° 206 et notice de la carte. (1956).

**DJELLAB M. :** Contribution des systèmes aquifères karstiques Maestrichtiens et Eocènes du Dyr à l'alimentation du système aquifère Mio-Plio-Quaternaire de Tébessa dans la zone de Boulhaf-Dyr – Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master – Université de Tébessa (2011).

**HAOUAM S. :** Variabilité spatiale du chimisme et de la qualité des eaux souterraines dans la zone de Boulhaf-Dyr (Tébessa) - Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master – Université de Tébessa (2013).

**HEMILA M.L. :** Hydrogéologie Modélisation et gestion des ressources en eau de la plaine alluviale du bassin de l'oued de la Meskiana – Haut Mellegue - (Est algérien), Thèse de Doctorat de l'université, Univ. de Franche comté – Besançon, France (1988) .

**KOWALSKI, W.M., BOUDOUKHA A., HEMILA M.L., PHARISAT A :** Les stades d'effondrement du graben de Tébessa (confines Algéro-Tunisiens) et la tectonique plicative Plio-Quaternaire. Pub. Soc. Hist. Nat. Montbéliard. (1997).



PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH  
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي  
ECHAÏD CHEIKH LARBI TEBESSI UNIVERSITY, TEBESSA  
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة  
FACULTY OF EXACT SCIENCES, NATURAL AND LIFE SCIENCES



Département : des Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Geologie

Spécialité : Hydrogéologie

Année universitaire 2023/2024

## Autorisation de Soutenance D'un Mémoire de Master

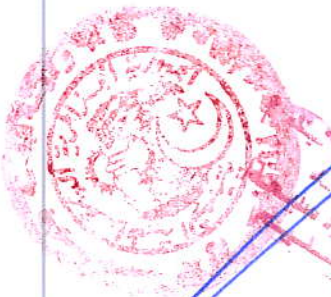
Je, soussigné, Pr. HENIA Mohammed Louïd, encadreur de  
l'étudiant(e) : NACER Hounaida ayant  
traité un sujet de Master qui a pour titre :

IDENTIFICATION DE LA RESERVE EN EAUX SOUTERRAINES  
DANS LA PLAINE D'EL HANNANET - BOULHAF DJR  
(TEBESSA - ALGERIE)

Atteste que la concernée a mené à son terme le travail qui lui a été exigé. Le mémoire qu'il a rédigé a été lu et corrigé par mon soin.

Par conséquent, Je lui autorise à déposer son mémoire en vue de soutenir son Master devant un jury que désignera le département.

13 جوان 2024



Tébessa le: 05/06/2024

Signature de l'encadreur



Département : sciences de la terre et l'univers  
Filière : Géologie Appliquée  
Spécialité : Hydrogéologie  
Année universitaire 2023/2024

## Formulaire de levée de réserves après soutenance d'un Mémoire de Master

### Données d'identification du candidats (es) :

Nom et prénom du candidat : Nacer Houmaïda  
Intitulé du Sujet : Identification de la réserve en eaux  
souterraines dans la plaine D'EL HAMAMET - BOULHAF DYR

### Données d'identification du membre de jury :

Nom et prénom : GUEFFA OMAR  
Grade : MCA  
Lieu d'exercice : Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa-

(TEBESSA-ALGERIE)

Vu le procès-verbal de soutenance de la thèse sus citée comportant les réserves  
suivantes :

R.A.S

Et après constatation des modifications et corrections suivantes :

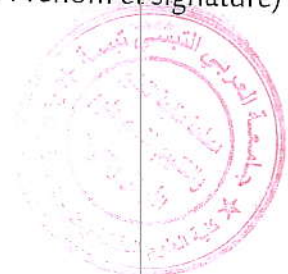
R.A.S

Je déclare en ma qualité de président de jury de soutenance que le mémoire cité remplit  
toutes les conditions exigées et permet au candidat de déposer son mémoire en vue de  
l'obtention de l'attestation de succès.

Tébessa le : 30/06/2024

Président de jury de soutenance : (Nom/Prénom et signature)

GUEFFA OMAR





Département des sciences de la terre et de l'univers  
Filière: Géologie Appliquée  
Spécialité: Hydrogéologie  
Année universitaire 2023/2024

## Déclaration sur l'honneur de non-plagiat (A joindre obligatoirement avec le mémoire)

Je, soussigné(e)

Nom et prénom: Nacer Houmaïda

Régulièrement inscrit (e): en 2eme année Master

N° de carte d'étudiant: 181934030646

Année universitaire: 2023/2024

Domaine: Géologie

Filière: Géologie Appliquée

Spécialité: Hydrogéologie

Intitulé: Identification de la réserve en eaux souterraines dans la plaine

Atteste que mon mémoire est un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité, je certifie également que je n'ai ni copié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Sanctions en cas de plagiat prouvé :

L'étudiant sera convoqué devant le conseil de discipline, les sanctions prévues selon la gravité de plagiat sont :

- L'annulation du mémoire avec possibilité de refaire sur un sujet différent.
- L'exclusion d'une année de Master.
- L'exclusion définitive.

2024  
08  
مجلس  
الدراسات  
والتحقيق  
بجامعة  
الشهيد  
العربي  
التبسي

Fait à Tébessa, le :  
Signature de l'étudiant (e)