

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE
LA TERRE ET DE L'UNIVERS

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie

Option : hydro géologie

THEME

**ETUDE HYDROGEOLOGIQUE ET
HYDROCHIMIQUE D'UNE NAPPE COTIERE
CAS DE LA NAPPE ALLUVIALE DE COLLO
(N-E ALGERIE)**

Soutenu publiquement par :

MECIBAH Imane

Le 22/06/2013

Devant le jury :

Président :	M. Maazouzi. A	M. A. B Univ. Ouargla
Promoteur :	M. Bouselsal.B	M. A. A Univ. Ouargla
Examineur :	M. belksier med salah	M. A. A Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2012/2013



DEDICACE

Je dédie le fruit de mon travail

Aux deux plus chers êtres dans ma vie, mes parents

(abd Kader et horiya) aux quels je dois tout.

A mes sœurs et mes frères.

A toute la famille mecibah

A tout mes amis et a tout mes collègues de la promotion du master



Remerciements

« Je remercie d'abord le bon Dieu, le tout puissant pour l'éclairage du cheminement des ténèbres par des étoiles dans les nuits les plus obscures, où surgissent les vérités profondes, suscitant toute spéculation... »

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes remerciements à toutes personnes ayant participé de loin ou de près à la réalisation de cette étude

En particulier mon promoteur Mr. Bouselsal.B , pour avoir accepté de m'encadrer et qui n'a jamais cessé de m'aider et de m'orienter avec ses précieux conseils, qu'il soit rassurer de mes profondes reconnaissances.

Mes vifs remerciements vont à Mr Maazouzi. A. Qui m'a fait l'honneur de présider le jury de soutenance et à Mr. belksier med salah. Qui ont accepté de m'accorder une partie de leur temps pour lire et juger ce travail

Mes vifs remerciements vont également à tous les enseignants du département de Géologie qui m'ont assuré une bonne formation.

Enfin pour tous ceux qui contribué à l'élaboration de ce travail.

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
 Partie I : présentation de la zone d'étude	
1. Généralité sur la zone d'étude	2
1.1 .La situation géographique.....	2
1.3 .relief.....	3
1.4. Le réseau hydrographique.....	3
1.5 .caractéristique géométrique de bassin versant de oued Guebli	5
1.6. La végétation.....	5
2. Caractéristiques climatiques	5
2.1 .Le vent, l'humidité relative de l'air, l'ensoleillement et l'évaporation.....	5
2.2. Les précipitations.....	6
2.2.1.Les précipitations annuelles et leurs variabilités.....	6
2.2.2..Les précipitations saisonnières moyennes.....	7
2.2.3.Les précipitations moyennes mensuelles.....	8
2.3. Les températures.....	9
2.3.1. les températures moyennes mensuelles.....	9
2.4. Rythme climatique.....	10
2.5 .L'indice d'aridité.....	10
2.6. Estimation de l'ETP.....	11
2.7 .Estimation de RFU.....	11
2.8 .Estimation de l'ETR.....	11
2.8.1. L'ETR Selon la formule de Turc.....	11
2.8.2 .L'ETR Selon la formule de Coutagne.....	11
2.8.3 .L'ETR Selon C.W.Thornthwaite.....	12
2.9. Bilan d'eau de Thornthwaite	12

3. Cadre géologique.....	14
3 .1. Géologie régionale	14
3.1.1. Le socle Kabyle.....	14
3.1.2 .La chaîne calcaire.....	16
3.1.3. La série des flyschs kabyles.....	16
3.1.4.Lessériestelliennes.....	17
3.1.5. La nappe néritique constantinoise.....	17
3.1.6. Les unités stratigraphiques postérieures au lutétien.....	18
3.1.7 .Les formation post-nappe.....	18
3.2. Tectonique.....	19
3.3 .Paléogéographie.....	20
3.4. La géologie de la plaine.....	21
3.4.1. Miocène	21
3.4.2 Pliocène	21
3.4.3 Quaternaire.....	21
4. Conclusion.....	24

Partie II. : Étude hydrogéologique.

1. Introduction.....	25
2. étude géophysique.....	25
2. 1. Méthode électrique.....	25
2. 2. Corrélation entre lithologie et résistivité	27
2. 3..Interprétation des coupes géo électriques.....	28
2. 3.1.La coupe 1.....	28
2.3.2. La coupe 2.....	28
2.3.3. La coupe 3.....	28

2.3.4. La coupe 4.....	28
3. Identification des formations hydrogéologiques.....	30
3.1. Coupe hydrogéologique 2-2.....	30
3.2. Coupe hydrogéologique 1-1.....	30
4. carte de substratum de la plaine	32
5. piézométrie.....	33
5.1. inventaire des puits et des forages.....	33
5. 2. .Interprétations de la carte piézométrique.....	34
5. 2.1. Carte piézométrique Septembre 2004.....	34
5. 2.2. Carte piézométrique de Novembre 2009.....	36
5. 2.3. Carte piézométrique d'Avril 2010.....	36
5. 2.4. Carte piézométrique Mai 2012.....	36
6. Caractéristiques hydrodynamique de la nappe de Collo.....	40
6.1. Répartition spatiale des transmissivités (type de nappe).....	40
6. 2. .Répartition spatiale des perméabilités.....	40
6. 3. relation entre la nappe alluviale et oued guebli.....	40
7. Conclusion.....	43

Partie III : étude hydro chimique

1. Introduction	44
2. Détermination des faciès hydro chimiques.....	45
3. Les paramètres physico chimiques des eaux	47
3.1.pH	47
3.2. Le potentiel d'oxydo réduction	47
3.3. Conductivité électrique	48
3.3.1. Les eaux souterraines	48
3. 3.2. Les eaux superficielles	49
3.3.3. Discussion des resulta.....	49
3. 3.4. La dureté total	50

4. Origines des éléments majeurs existants dans les eaux de la nappe	50
4.1. Le couple $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$	50
4.2. Le couple $\text{Ca}^{++} - \text{SO}_4^{2-}$	51
4.3. La relation $\text{Na}^+\text{-SO}_4^{2-}$	51
4.4. La relation $\text{Ca}^{++}\text{-Mg}^{++}$	52
5. Campagne de mesure mai 2012	52
5.1. Carte de la conductivité mai2012.....	52
5.2. Carte de la Salinité mai2012	53
6. Pollution anthropique	55
6.1. Cas des nitrates	55
6.2. Cas des nitrites	55
6.3. Cycle de l'azote	57
6.4. Cas des phosphates.....	57
7. Eléments métalliques en traces	58
7.1. Fer	58
7.2. Plomb	58
7.3. Cadmium	59
8. Vulnérabilité de la nappe a la pollution.....	59
8.1. Introduction	59
8.2. Application de la méthode GOD (Foster 1987)	60
8.2.1. Présentation de la méthode	60
8.2.2. Préparation des données	62
8.2.3. Digitalisation	62
8.3. Présentation de la carte de vulnérabilité de la plaine de COLLO.....	63
9. Conclusion.....	64
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	65

LA LISTE DES FIGURES

Figure. N°1 : Carte de situation géographique de la zone d'étude (La plaine de Collo).....	2
Figure .N°2 : Carte topographique de la plaine alluviale de Collo.....	4
Figure. N° 3 : variation des précipitations annuelles à la station de Guénitra (1993 /1994-2005/2006).....	7
Figure. N°4: variations des précipitations saisonnières à la station de Guénitra (1993/94-2005/06).....	8
Figure. N°5 : distribution des précipitations moyennées mensuelles à la station de Guénitra (1993/1994-2005/2006).....	8
Figure. N° 6 : variation des températures mensuelles à la station de Guénitra (1993/1994-2005/2006).....	9
Figure. N°7: Diagramme pluviaux-thermique.....	10
Figure. N°8: bilan hydrique à la station de Guénitra (1993/94-2005/06).....	13
Figure. N°9 : carte structurale d'après J.M Villa.....	15
Figure. N° 10: Carte géologique de la plaine de Collo.....	22
Figure. N° 11: coupes géologiques à travers la plaine de Collo.....	23
Figure. N°12 : Carte de positionnements des sondages électriques verticaux Effectués dans la plaine de Collo.....	26
Figure. N° 13: Coupes géo électriques dans la plaine de Collo.....	29
Figure.. N° 14: Coupe hydrogéologique dans la plaine de Collo.....	31
Figure. N° 15: carte de substratum	32
Figure. N°16 : carte d'inventaires des puits et forage.....	33
Figure. N° 17 : carte piézométrique de la plaine de Collo (septembre 2004).....	35
Figure. N° 18: Carte piézométrique de la nappe alluviale De COLLO (Novembre 2009).....	37
Figure. N° 19: Carte piézométrique de la nappe alluviale De COLLO (Avril 2010).....	38
Figure N°20 : Carte piézométrique de Mai 2012.....	39
Figure .N° 21 : carte des transmissivités (m ² /s).....	41
Figure N°.22 : carte des perméabilités (m/s)	42
Figure. N°23: Courbe de descente de forage GR1	43

Figure. N°24: position des points de prélèvements (Superficielles et souterraines).....	44
Figure. N°25.a: carte de faciès hydro chimique (Avril 2005).....	46
Figure. N°25 .b :carte de faciès hydro chimique (Sep 2005)	46
Figure. N°26 diagramme de Piper (Sep 2004).....	47
Figure. N°27 : les valeurs de la conductivité électrique dans les eaux souterraines de la Plaine de Collo pendant les périodes (Sep 2004/Avr 2005).....	48
Figure. N°28:la relation chlorures sodium dans les eaux souterraines (septembre 2004).....	50
Figure. N°29 : la relation sulfates calcium dans les eaux souterraines (sep2004).....	51
Figure .N° 30 : la relation sulfates sodium dans les eaux souterraine (sep2004).....	51
Figure. N°31 : la relation calcium magnésium dans les eaux souterraines (sep2004).....	52
Figure 32 : Carte de la conductivité mai2012.....	53
Figure 33 : Carte de la Salinité mai2012.....	54
Figure. N°34 : concentration des nitrates dans les eaux souterraines dans La plaine de Collo (Avr2005)	55
Figure. N°35 : concentration des nitrites dans les eaux souterraines De la plaine de Coll(Avr2005)	56
Figure. N°36 : carte des nitrates. Plaine de Collo (Avr 2005).....	56
Figure. N°37 : carte des nitrites. Plaine de Collo (Avr 2005).....	56
Figure. N°38 : Cycle de l'azote	57
Figure .N°39 : concentrations des phosphates dans les eaux souterraines de la plaine (Avr2005).....	58
Figure. N°40: Système empirique GOD pour une estimation rapide de la vulnérabilité D'un aquifère (d'après Foster, 1987).....	61
Figure. N°41 : méthode utilisé pour la réalisation de la carte de vulnérabilité.....	62
Figure. N°42:carte de vulnérabilité de la nappe de Collo selon la méthode GOD.....	63

LA LISTE DES TABLEAUX

Tableau N° 1 : les coordonnées géographiques de station Guénitra.....	5
Tableau N° 2 : Variations mensuelles des paramètres météorologiques à la station de Skikda (Source : Atlas climatique de Skikda ; série : 1974-1985).....	6
Tableau N° 3 : répartition saisonnière des précipitations (mm) à la station de Guénitra (1993-2006).....	7
Tableau N° 4 : précipitations moyennes mensuelles à la station de Guénitra (1993/1994-2005/2006).....	8
Tableau N° 5 : température moyenne mensuelle à la station de Guénitra (1993/1994-2005/2006)	9
Tableau N°6 : L’ETR selon Turc à la station de Guénitra.....	11
Tableau N°7 :L’ETR selon Coutagne à la station de Guénitra.....	12
Tableau N° 8 : résultat des calculs de l’ETR par les différentes méthodes.....	12
Tableau N° 9 : bilan hydrique selon C.W Thornthwaite à la station de Guénitra (1993-2006).....	13
Tableau N°10: corrélation entre lithologie et résistivité électrique des niveaux Imprégnés d’eau.....	27
Tableau N°11 : Ordre de grandeur pour les sondages électriques étalons	28
Tableau N° 12 : Inventaire des forages.....	34
Tableau N°13 : Les faciès chimiques des eaux de la plaine de Collo	45
Tableau N°14:les valeurs de la conductivité électrique des eaux superficielles (Oued Guebli et Oued Cherka) pendant les périodes (Sep 2004/Avr 2005).....	49

INTRODUCTION GENERALE :

La plaine de Collo a fait l'objet d'études nombreuses et dispersées entre les années 1961 et 2000 .beaucoup de renseignements épars ont été recueillis concernant la nappe phréatique. Cette présente étude entre dans le cadre de la mise en valeur de la plaine de Collo et qui coïncide avec une étape très importante dans le développement de la région.

En effet, les exigences accrues en eau de cette région à vocation agricole, nécessite de plus en plus de grandes quantités d'eau pour l'irrigation. A ces besoins agricoles s'ajoutent les demandes en eau croissantes pour l'alimentation de la ville de Collo et des villages avoisinants. cette alimentation en eau pose des problèmes vu l'accroissement de la population et l'élévation du niveau de vie, ces derniers entraînent le développement industriel et agricole, il en résulte un accroissement des volumes consommées et une détermination de sa qualité ce qui laisse à penser que les ressources en eau souterraines seront limitées d'avantage par la population et par l'insuffisance des volumes exploitables du moins dans les prochaines années.

Après un aperçu sur la géographie de la région nous tenterons en première partie de préciser nos connaissance du secteur étudié en nous fondant aussi bien sur l'analyse des données hydro climatologiques et une étude géologique.

La deuxième partie de notre travail concerne en grande partie les eaux souterraines portera en premier lieu sur l'étude géophysique et hydrogéologique afin de mettre en évidence les différent aquifère, cette y compris aussi un aperçu hydrodynamique indispensable pour l'évaluation de la capacité du réservoir aquifère

On termine par la hydro chimique, basée sur une analyse assez complète effectuer sur le terrain de mieux caractériser la qualité des eaux souterraines de la plaine de Collo, et la vulnérabilité aux pollutions constituent une base d'information essentielle pour la gestion des ressources en eau.

*

Partie I :
Présentation de la zone
D'étude

Partie II :
Étude hydrogéologique

Partie III :
Etude hydro chimique

Conclusion général

Introduction général

Bibliographie

1. GENERALITE SUR LA ZONE D'ETUDE :

1. 1. La situation géographique :

La plaine de Collo fait partie du bassin versant de l'Oued Guebli qui vient se jeter dans la mer, lui-même appartient au sous bassin constantinois. La forme de la plaine est quadrilatérale allongée, elle est située entre 6° et 7° à l'Est du méridien et entre 36° et 37° latitude Nord.

Du point de vue administratif, la plaine est limitée :

- ❖ A l'Est par la commune de Tamalous;
- ❖ A l'Ouest par la commune de Collo et Cheraia;
- ❖ Au Sud par la commune d'Ain Kachra;
- ❖ Au Nord, la mer méditerranée constitue leur limite Septentrionale.



Figure. N°1 : Carte de situation géographique de la zone d'étude (La plaine de Collo)

1.2. Relief :

La plaine de Collo apparaît comme un fossé d'effondrement limité au Sud-est par un escarpement de failles tectoniques. Au Nord-ouest par un alignement de dômes éruptifs dégagés dans les marnes miocènes, redresses de 50 à 60° face à la faille qui les borde. Au Sud-ouest, la plaine de Collo se termine contre une série de koudiets plus ou moins importante. Trois types de buttes peuvent être distingués, une première série dépasse les 200 m (Koudiet Badis 285 m) et délimite verticalement l'espace dans le quel est installée la plaine, une deuxième série de buttes atteint les 150-180 m (koudiet Zrikaiya 183 m), enfin

un troisième ensemble plus en avant avec des altitudes modestes (Koudiet dar Said) Le modelé de ces buttes est directement guidé par la lithologie, ainsi trois types peuvent être distingués, Le premier type à sommet plat et bords escarpés est représenté uniquement par la Koudiet zrikaiya, un deuxième type est représenté par des buttes au versant au profil raide et rigide, comme Koumis Dar Said, enfin le troisième type caractérise des collines généralement de faible altitude et aux formes molles comme Koudiet El Koubba.

Au centre de la plaine, (Koudiet Telezza 191m) apparaît comme un horst de gneiss du socle kabyle en avant de l'escarpement de la faille de (Koudiet Draa Boudis 219m).

La topographie de la plaine alluviale de Collo (plaine de Tellezza) est oscillée entre 0m et 10m, l'altitude est diminuée progressivement de sud vers le nord (Figure 2), les points les plus bas se trouvent dans la cote ouest de la plaine au niveau de la zone de marécage et à l'embouchure d'oued Cherka

1. 3. Le réseau hydrographique :

Dans la région de Collo, le réseau hydrographique est représenté par l'Oued Guebli qui traverse la plaine du Sud au Nord avec ses affluents et l'Oued Cherka qui se localise dans le secteur Nord-ouest. Les vallées des Oueds ont la forme d'une auge avec des versants assez raides et le fond légèrement incliné. Les lits des oueds sont en général de forme trapézoïdale large de 10 à 40 mètres, font de multiples méandres en s'écartant dans les fonds des vallées jusqu'à la profondeur de 2 à 4 mètres.

Toutes les vallées sont d'origine tectonique et datent du Pliocène, l'écoulement de ces Oueds est permanent à cause du climat très humide en hiver de la région de Collo. Ce dernier joue un rôle capital dans la recharge de la nappe alluviale d'une part et reconstitue les réserves du barrage Guenitra d'autre part. Par ailleurs, nous relevons l'absence de stations hydrométriques dans la région de Collo.

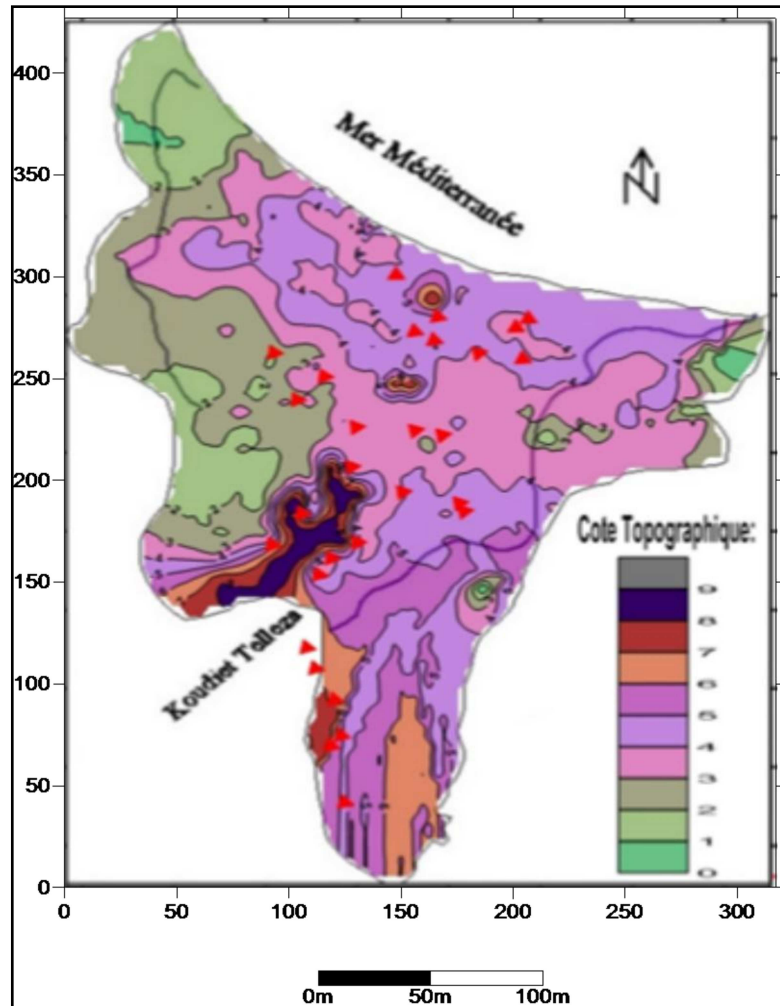


Figure .N° 2 : Carte topographique de la plaine alluviale de Collo

1.4. Caractéristiques géométriques du bassin versant de l'Oued El Guebli :

La superficie de bassin versant d'Oued El Guebli est $A = 944,6 \text{ Km}^2$, son périmètre est d'ordre de $P = 154 \text{ Km}$, sa Forme est tirée à laide de l'indice de compacité de Graveleuse ($C = 1.40$), est allongée (forme rectangulaire), puisque l'indice de compacité C est supérieur à 1.128. Ce qui permet de déterminer la largeur moyenne du bassin versant par le rapport de la superficie à la longueur du rectangle équivalent

Pour apprécier la forme et les dimensions du bassin versant, on assimile ce dernier à un rectangle ayant la même superficie, le même périmètre et la compacité de ce rectangle appelée rectangle équivalent caractérisé par sa largeur ($B = 15.58 \text{ Km}$) et sa longueur $L_e = 61,42 \text{ Km}$.

1.5. La végétation:

La région est caractérisée par une couverture végétale dense en rapport avec l'importante lame d'eau reçue annuellement. Les forêts occupent la totalité des montagnes qui s'étendent de part et d'autre de la plaine avec le chêne-liège, fougère...etc. Elles comptent environ 90.000 ha, ce qui correspond au taux de couverture le plus fort du Maghreb. Ces forêts constituent la source de matière première pour l'industrie du liège installée dans ce secteur. En générale, la région est à vocation agricole et forestière marquée par différentes cultures qui peuvent s'étaler des maraîchers aux différents arbres fruitiers (oliviers, pommiers, agrumes...).

2. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES :

Notre étude est basée sur les données disponibles de la station Guénitra dont les coordonnées sont représentées dans le tableau N° 1 :

Tableau N° 1 : les coordonnées géographiques de station Guénitra

station	Altitude	Latitude	Longitude	Coordonnée Lambert
Guénitra	169m	36°04 E	06°54 E	X= 852 000 Y= 386 500

2.1. Le vent, l'humidité relative de l'air, l'ensoleillement et l'évaporation :

Le vent assure le remplacement de l'air plus ou moins saturé au contact de la surface évaporant par des nouvelles couches ayant une température et une humidité généralement plus faibles. Il favorise donc l'évaporation, d'autant plus que sa vitesse et sa turbulence sont grandes. Dans la zone d'étude, seule la station de Skikda Port dispose d'observations sur le vent. Les vitesses moyennes d'une série de 10 années d'observations sont consignées au tableau ci-dessous :

Tableau N° 2 : Variations mensuelles des paramètres météorologiques à la station de Skikda (Source : Atlas climatique de Skikda ; série : 1974-1985)

S	O	N	D	J	F	M	A	M	JN	JL	Août	Année
Vitesse moyenne du vent (m/s)												
3.2	2.7	2.9	2.7	2.7	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	3.1	3.4	2.9
Vitesse maximale moyenne du vent (m/s)												
9.8	8.2	8.7	8.4	8.1	8.2	8.3	8.2	8.1	7.9	8.2	9.0	8.4

Humidité relative de l'air (%)												
77.4	77.7	76.5	77.7	77.5	76.5	72.7	78.2	77.5	77.6	78.0	76.7	77.0
Durée d'ensoleillement (heures)												
245.4	202.5	162.4	139.5	144.8	164.1	198.3	216.9	273.8	294.9	345.5	312.2	2700
Evaporation - Piche (mm)												
108.1	108.4	88.3	91.5	88.8	81.9	88.8	92.4	90.2	102.5	146.9	133.9	1222

2.2. Les précipitations :

Généralement, nous englobons sous le terme de précipitations, toutes les eaux qui tombent à la terre sous forme liquide ou solide (pluie, neige, gelée, ...). Les précipitations sont évidemment le facteur essentiel des régimes hydrologiques puisque elles constituent la matière première des débits.

2.2.1. Les précipitations annuelles et leurs variabilités :

En se basant sur les données des précipitations recueillies à la station de Guénitra durant 13 ans allant de 1993 à 2006, on calcule les paramètres du bilan hydrologique. D'après la figure N°3 nous remarquerons que les moyennes annuelles des précipitations durant la période d'étude varient d'une année à une autre, entre (478,8 et 961,9 mm). Ce qui influence directement sur le régime hydrologique.

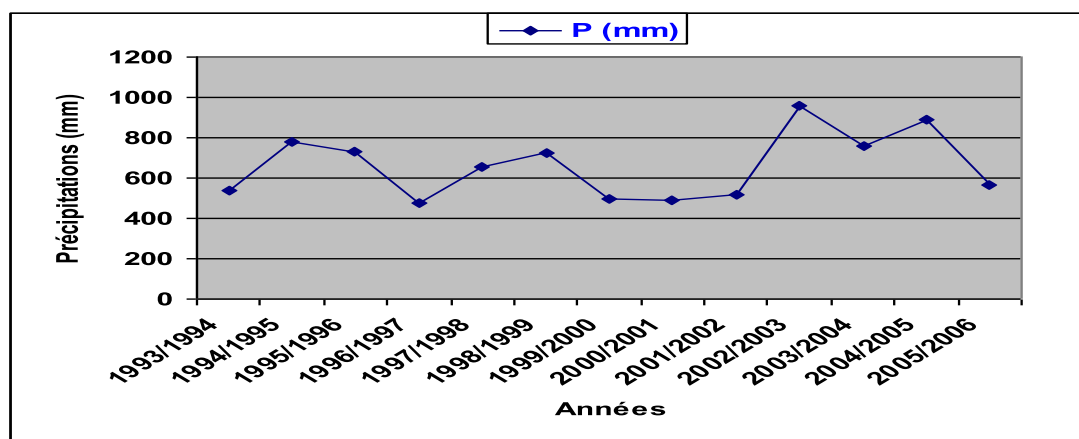


Figure. N° 3 : variation des précipitations annuelles à la station de Guénitra
(1993 /1994-2005/2006)

2.2.2 .Les précipitations saisonnières moyennes :

La répartition des précipitations selon les saisons se fait comme dans le tableau N° 3.

Tableau N° 3 : répartition saisonnière des précipitations (mm) à la station de Guénitra (1993-2006).

	automne	Hiver	Printemps	Eté	somme
	S O N	D J F	M A M	J J A	
P (mm)	171,42	320,97	146,35	21,55	660,29
(%)	25,96	48,61	22,16	3,26	100

Le tableau n°(03) montra deux périodes :

- une période humide s'étendant du mois de septembre au mois de mai, c'est à dire pendant les trois saisons automne, hiver et printemps avec une moyenne maximale de 320,97 mm en hiver.
- Une période sèche qui correspond aux mois de juin ,juillet et aout avec une précipitation moyenne de 21,55 mm .
- Il en découle que près de $\frac{3}{4}$ des précipitations tombent en une période humide avec un maximum de pluviométrie de 48,61 % en hiver et un minimum en été soit 3,26% des précipitations annuelles.

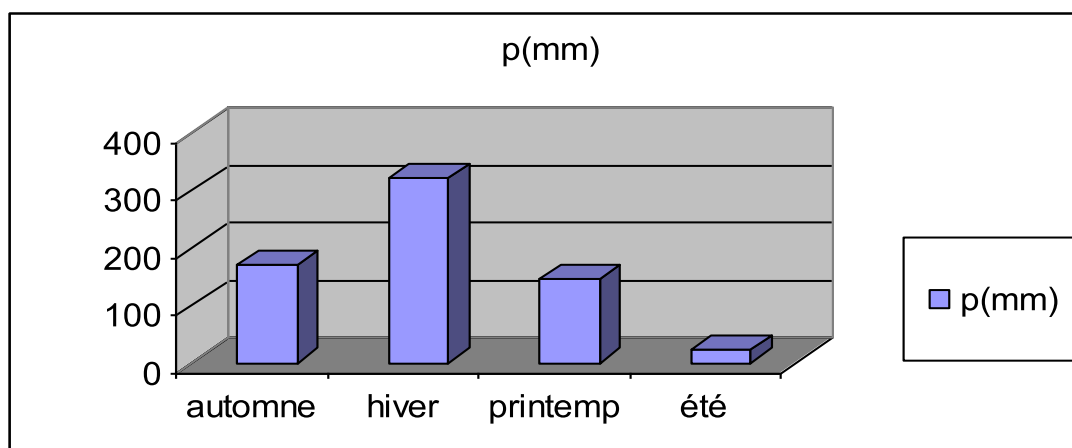


Figure. N°4 : variations des précipitations saisonnières à la station de Guénitra (1993/94-2005/06).

2.2.3. Précipitations moyennes mensuelles.

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations sont représentées sur le tableau N°4 :

Mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	Mai	juin	juil	août
P(mm)	48.58	39.15	83.69	124.15	110.58	86.24	48.99	64.96	32.40	9.13	3.54	8.88

Tableau N° 4 : précipitations moyennes mensuelles à la station de Guénitra
(1993/1994-2005/2006)

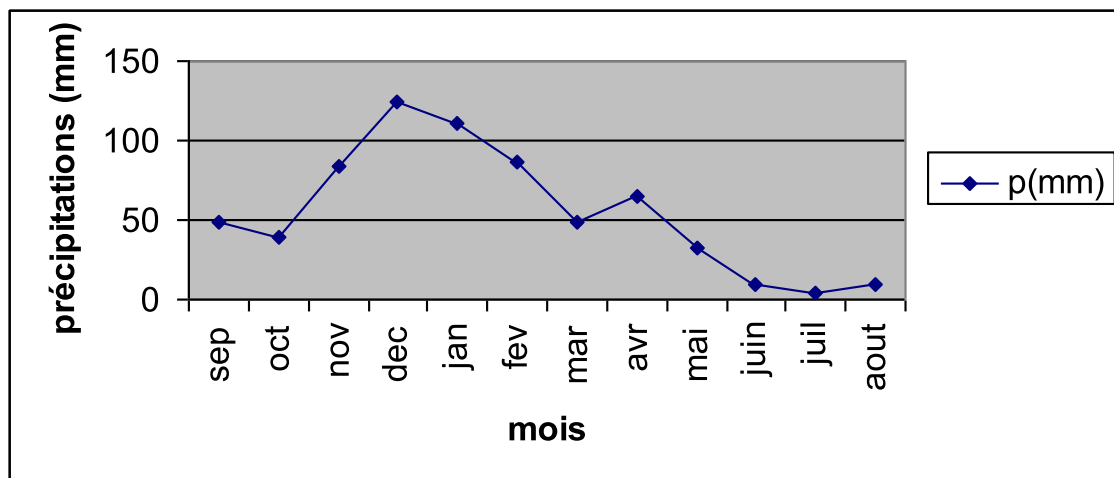


Figure. N°5 : distribution des précipitations moyennées mensuelles à la station de Guénitra (1993/1994-2005/2006).

L'observation du tableau N° (04) et figure n° (05), Indique que le mois le plus arrosé est le mois de décembre avec une précipitation moyenne mensuelle de 124,15 mm par contre le mois le plus .sec correspondre au mois de juillet avec une précipitation moyennée mensuelle de l'ordre de 3,54 mm.

2.3. Les températures :

La température est un facteur tes important car elle condition l'évaporation. L'analyse des données de la température est basée sur les données relevées au niveau de la station de Guénitra de 1993 jusqu' a 2006

2.3.1. Les températures moyennes mensuelles :

Les températures moyennes mensuelles sont présentées dans le tableau N° 5 ci-dessous :

Tableau N° 5 : température moyenne mensuelle à la station de Guénitra
(1993/1994-2005/2006).

Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	août
23,74	20,19	14,70	11,37	10,20	11,13	13,26	14,76	20,16	24,86	27,19	28,29

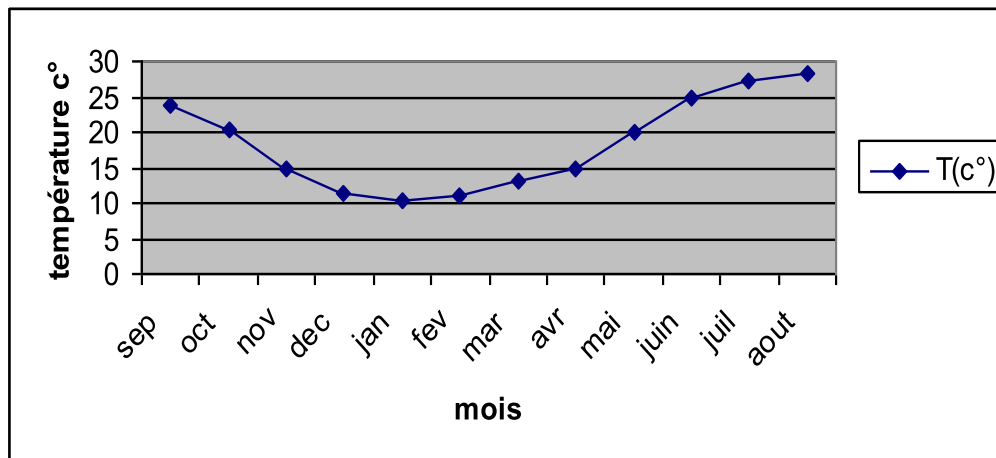


Figure. N° 6 : variation des températures mensuelles à la station de Guénitra
(1993/1994-2005/2006).

Les températures, on note, que le nous le plus froid est de janvier avec une température moyenne mensuelle de 10,20 C° par contre le mois le plus chaud est le mois d'août avec une température moyenne mensuelle de 28,29 C°

2.4. Rythme climatique :

Les données des précipitations et des températures nous permettent de tracer la courbe pluvio-thermique (Figure 7). À la station de Guénitra pour la période (1993-2006).

Selon la courbe, la région d'étude est caractérisée par deux saisons ; une saison humide entre novembre et mars, et une saison sèche entre avril et octobre.

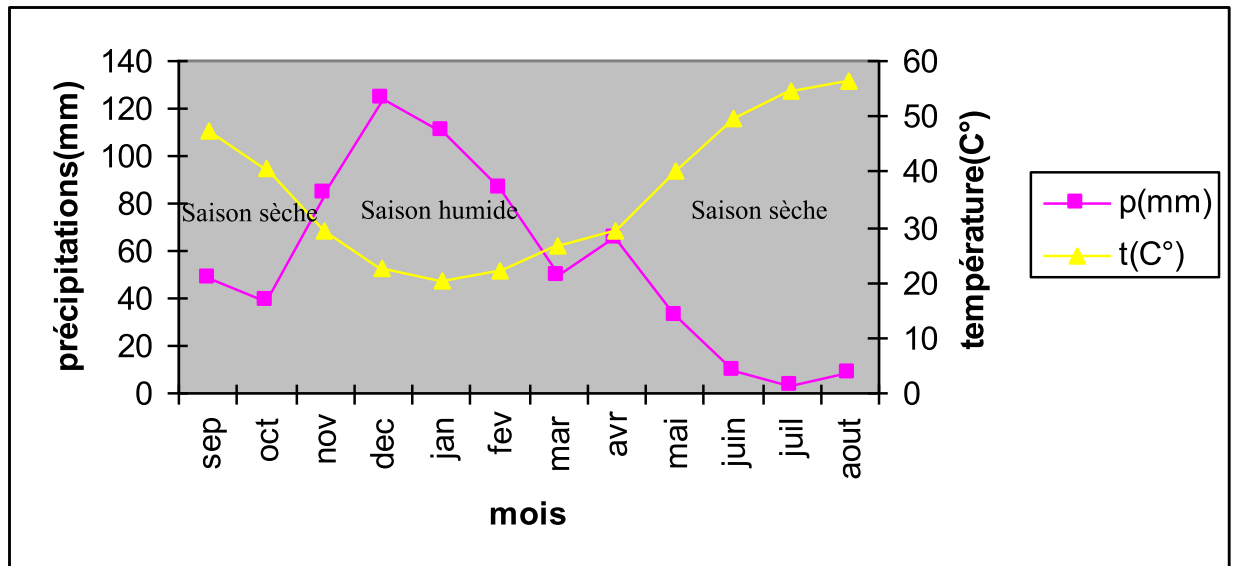


Figure. N°7 : Diagramme pluvio -thermique.

2.5. L'indice d'aridité de Martonne :

Il est défini par la relation.

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

P : précipitation annuelle moyennes (mm)

T : températures annuelles moyennes (mm)

Pour : $20 < I < 30$: climat tempéré.

$10 < I < 20$: climat semi-aride.

$7,5 < I < 10$: climat steppique.

$05 < I < 7,5$: climat désertique.

$I < 05$: climat hyperaride.

Pour la station de Guénitra durant la période (1993/94-2005/06), on trouve une valeur de $I=23,31$ ce qui correspond à un climat tempéré.

2.6. Estimation de l'ETP (l'évapotranspiration potentielle) :

D'après la formule de C.W thornthwaite a partir de la température de l'air, on peut

calculer l'ETP par la formule suivante : $ETP = 16 \left[\frac{10T}{I} \right]^2 .k$

Avec : $i = (t/5)^{1,514}$ / $a = 1,6 I/100 + 0,5 = 1,93$

ETP : évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle (mm)

I : indice thermique mensuel.

A : paramètre arbitraire lié à la température

I : somme des indices thermiques mensuels.

T : température moyenne mensuel (C°).

K : coefficient d'ajustement mensuel.

2.7. Estimation de la RFU (réserve facilement utilisable) :

Selon Gastany lorsque les quantités d'eau provenant des pluies dépassent celles perdues par l'évapotranspiration, le surplus est stocké et constitue ce qu'on appelle réserve facilement utilisable (RFU)

$$RFU = (P-ETP) + RFU \text{ (mois précédent)}$$

2.8. Estimation de l'ETR (l'évapotranspiration réelle) :

2.8.1. ETR selon la formule de Turc :

$$ETR = P / \sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}} \quad \text{avec } L = 300 + 25T + 0,05T^3$$

ETR : évapotranspiration réelle en (mm).

P : précipitation moyenne annuelle en (mm).

L : paramètre arbitraire lié à la température.

T : température moyenne annuelle. (C°).

Application numérique : Tableau N°6 : L'ETR selon Turc à la station de Guénitra.

Station	P (mm)	L	T(C°)	ETR (mm/an)
Guénitra	660,29	1065,43	18,32	582,69

2.8.2. L'ETR selon la formule de Coutagne :

La formule de Coutagne n'est valable que si : $1/8\lambda < P < 1/2\lambda$

$$ETR = P(1 - \lambda P). \quad \text{Avec : } \lambda = 1 / (0,8 + 0,14T).$$

Avec : ETR : évapotranspirations réelles (m).

P : précipitation moyenne annuelle (m).

λ : est un paramètre inversement proportionnel à la température.

T : température moyenne annuelle. (C°)

Application numérique : Tableau N°7 : L'ETR selon Coutagne à la station de Guénitra.

Station	P (mm)	T (C°)	λ	ETR (mm/an)	ETR (mm/an)
Guénitra	$660,29 \cdot 10^{-3}$	18,32	0,297	$530,80 \cdot 10^{-3}$	530,80

2.8.3. L'ETR selon C.W Thornthwaite :

On obtient l'ETR pour l'un des cas suivants :

Si $P \geq ETR$: dans ce cas, $ETR = ETP$

Si $P < ETR$: ETP : on évapore toute l'eau précipitée

(1) suffisant = $ETR = ETP$

(2) insuffisant égale à (0)

$ETR = P + RFU$ (mois précédent).

Tableau N° 8 : résultat des calculs de l'ETR par les différentes méthodes.

station	ETR (mm/an) Turc	ETR (mm/an) Coutagne	ETR (mm/an) C.W. thornwaite
Guénitra	582,69	530.8	407.72

2.9. Bilan d'eau de Thornthwaite :

Les valeurs de tableau ci-dessus présentent le bilan hydrique de la station de Guétira dans la période allé de 1993 à 2006, a partir du ce tableau on peut tirer les informations suivants :

- Les précipitations dominent dans la région d'étude avec un total de 660,29 mm/an. Nous constatons qu'à partir du mois de novembre les précipitations sont supérieurs à l'ETP jusqu'au mois d'Avril.
- Le déficit agricole (DA) débute au mois de juin et se pour suite jusqu'au mois de novembre avec une RFU =52,46 mm, la RFU atteint son maximum (100mm) au d'Avril, à partir duquel on assiste à ES.
- l'évapotranspiration réelle est majeure avec un taux 61,62 % de la précipitation.
- le ruissellement avec un taux de 15,63 % et l'infiltration efficace avec un taux de 22,62 % des précipitations.
- l'inégalité de l'ETP et l'ETR s'explique par l'existence d'un épuisement de stock dans le déficit agricole que s'étale du mois de juin d'octobre est de l'ordre de 556,49 mm.
- le mois de novembre correspondre au début de la période de reconstitution de la réserve facilement utilisable (RFU) qui s'étale 7mois, atteint son maximum au mois de décembre jusqu'au mois d'avril.

Tableau N° 9 : bilan hydrique selon

C.W Thornthwaite à la station de Guénitra (1993-2006)

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	total
P(mm)	48,58	39,15	83,69	124,15	110,58	86,24	48,99	64,96	32,40	9,13	3,54	8,88	660,29
T(mm)	23,74	20,19	14,70	11,37	10,20	11,13	13,26	14,76	20,16	24,86	27,19	28,29	-
K	1,05	0,91	0,75	0,70	0,73	0,78	1,02	1,15	1,32	1,33	1,33	1,24	-
I	10,57	8,27	5,11	3,46	2,44	3,35	4,37	5,14	8,25	11,33	12,98	13,78	89,55
ETP (mm)	110,28	69,91	31,23	17,75	15,01	18,98	34,81	48,26	101,12	152,68	181,50	182,68	964,21
RFU (mm)	00	00	52,46	100	100	100	100	100	31,28	00	00	00	-
ETR (mm)	48,58	39,15	31,23	17,75	15,01	18,98	34,81	48,26	101,12	40,41	03,54	8,88	407,72
EXC (mm)	00	00	00	58,86	95,57	67,26	14,18	16,7	00	00	00	00	252,57
DA(mm)	61,70	30,76	00	00	00	00	00	00	00	112,27	177,96	173,8	556,49

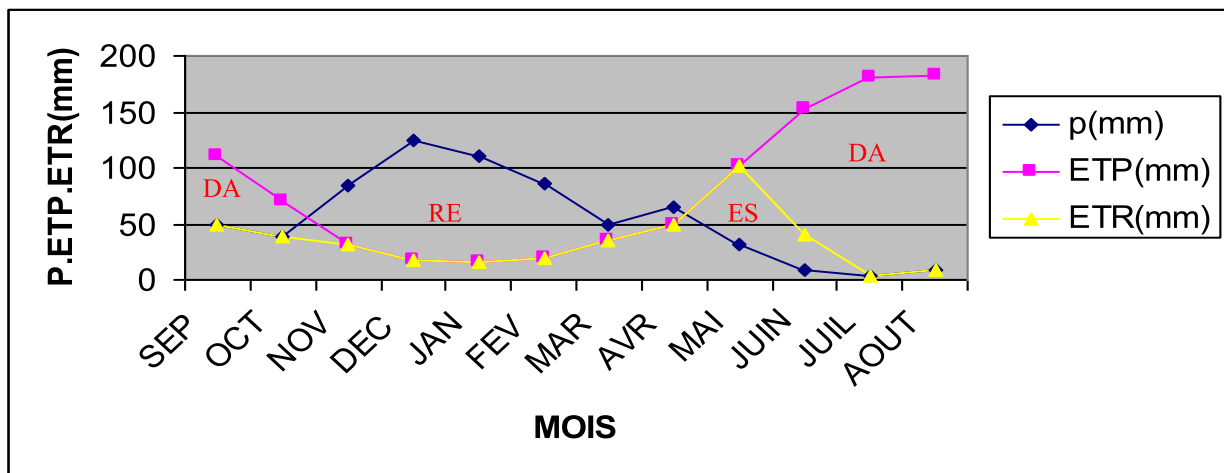


Figure. N°8: bilan hydrique à la station de Guénitra (1993/94-2005/06).

3. CADRE GEOLOGIQUE

La géologie est un moyen d'investigation, parce qu'elle permet la prévision des formations susceptibles d'être aquifère et de suivre leurs évolutions dans l'espace du terrain d'étude.

3.1. Géologie régionale :

La région de Kabylie de Collo a fait l'objet de plusieurs études, parmi les quelles nous citons les plus récents : J.F Raoult (1977), J.P Bouillin (1977) ,J.M Vila (1980), et A.MARRE (1983).

Ces études ont permis de mettre en évidence plusieurs unités tectoniques soient schématiques du Nord vers le Sud Fig. (9).

3.1.1 Le socle Kabyle : série métamorphique :

Par « le socle Kabyle » on désigne, d'après J.F Raoult(1977), toutes les formations paléozoïques qui servent ou qui ont servi de substratum à la chaîne calcaire. Le socle Kabyle occupe les parties centrales et le long de bordure Est de la plaine.

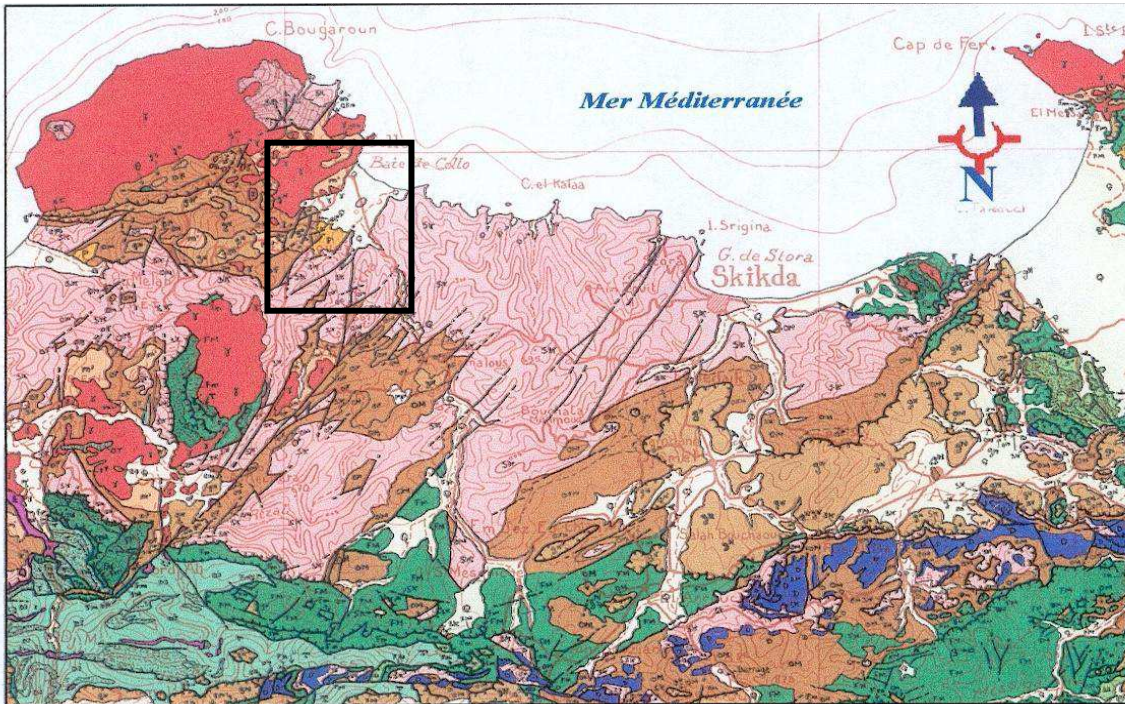
Il paraît être constitué de trois ensembles superposés, deux ensembles métamorphiques inférieurs et le dernier principalement sédimentaire.

a)Ensemble inférieur métamorphique :

Il est Formé de gneiss à biotites et muscovites avec intercalation de marbres et d'amphibolites.

b) Ensemble supérieur métamorphique :

Il est Constitué de phyllades ou de schistes satinés (200 à 300 m d'épaisseur) gris, grés bleuté, parfois bleu vif, rosé ou verdâtre, avec de nombreux quartz d'exsudation à la base, ainsi que des porphyroïdes œillets blancs ou verdâtres à litage grossier et à filons de quartz.



Echelle : 1/500000

Légende :

ROCHES ERUPTIVES RECENTES

- Granites, grano-diorites, microgranites, dolérites et rhyolites.

SOCLE KABYLE, CHAÎNE CALCAIRE

- Oligo-Miocène Kabyle, olistostromes à flyschs résédimentés (y compris le Numédien) et flyschs en position nord-kabyle (F').

- CHAÎNE CALCAIRE : Paléozoïque à Lutétien supérieur des zones internes, médiane et externe.

- SK-Socle métamorphique de petite kabylie et du Bou Hatem (phyllades micaschistes, porphyroïdes, gneiss et marbres.

NAPPES TELLIENNES**NAPPES TELLIENNES S.S.**

- T. UNITES TELLIENNES NON DIFFERENCIÉES PARFOIS REDUITES A LEUR EOCENE DE COLLE.

TRIAS EXOTIQUE OU EXTRUSIF

- Argiles, gypses broyés et glaçons calcaro-dolomitiques.

NAPPE NUMIDIENNE

- Grès numédiens et séries mixtes.

ROCHES RECENTES ET CYCLES POSTERIEURS AU BURDIGALIEN INFÉRIEUR.

- Quaternaire indifférencié (Villafranchien à actuel).
- Pliocène marin des zones côtières.

NAPPES DE FLYSCHS KABYLIES. FLYSCHS MAURETANIENS

- Séries internes d'Aïn Naceur, de Sidi Rhiat, de Sidi Ahmed, de Settiter, de Bou Taleb, de la Robertseau (Souk es Sebt) et de la Marsa. Séries médianes de Guerrouch, d'El Kam, de Khorchef, de Ghezala et du Sud d'Aïn Berda (Penthièvre) Séries externes (ex-"Medjan") et séries atypiques de Tamalous, du Kef Mezzouch et de Ziane.

Figure. N°9: carte structurale d'après J.M Villa

Il sert de base aux séries mésozoïques et Cénozoïques. A la base de cet ensemble, se retrouve des formations épaisses de (50 à 100 m). Que J.F Raoult a attribué à l'Ordovicien-Silurien, elles sont constituées de bas en haut, de grauwalks, de spilites, d'amphibolites.

A nouveaux, de grauwalks, des schistes et de pélites gris verdâtre ou gris bleutés au-dessus, des calcaires de faciès variables (calcaire cristallins, gris rose ou rouge violacés, calcaires noduleux,...) sont daté du Dévonien. Enfin cet ensemble se termine par des schistes et pélites gris verdâtres à gris vert, avec débris de quartz, phyllades et lydiennes et alternances de bancs gréseux et conglomérats à la base ; ce matériel est attribué au Carbonifère.

3.1.2. La chaîne calcaire : série sédimentaire :

L'étude de la chaîne calcaire dont les principaux sommets de datation s'étant de Lias inférieur au Lutétien a été menée par J.F Raoult (1977) et J.M Vila (1980) qui ont pu définir trois sous- zones qui sont :

a) la chaîne calcaire interne :

Ces séries sont lacuneuses et très souvent condensées d'épaisseur (30à70m), ces calcaires massifs dont la sédimentation a été interrompue par la phase du Lutétien supérieur, constituent un trait majeur du paysage de la chaîne calcaire interne. Il est visible dans la région de Kef Toumiat.

b) la chaîne calcaire médian :

Ces formations ont comme caractère original la présence de calcaire à micro faunes pélagiques du Crétacé supérieur au Lutétien. A la différence de la chaîne calcaire interne, elle ne présente pas de calcaires massifs.

c) la chaîne calcaire externe :

Elle a comme caractère original une forte épaisseur de calcaire massif du Lias inférieur (100 à 400m). Cette chaîne calcaire n'affleure pas dans la Kabylie de Collo.

3.1.3. La série de flyschs Kabyles :

Deux séries nettement caractéristiques ont été définies : paléo géographiquement, et du Nord au Sud, ce sont :

a) le Flyschs maurétanien :

La série est composée d'alternance de bancs argileux, calcaires et gréseux. Sur le plan lithologique, l'élément principal de ces flyschs maurétanienne est la diminution de

l'importance des grès Albo-Aptien depuis la série maurétanienne (sens strict) vers la série de Ziane. Il affleure sur les versants Nord de Djebel Sidi drisse.

b) Le Flysch masyilien :

Cette série s'étend essentiellement sur le versant Nord du Djebel Sidi Driss et au col du Kantour. Elle présente une part importante de marnes et d'argiles. Ce qui favorise le développement de toutes les formes de glissements et de ravinements.

3.1.4. Les séries telliennes :

Elles ont été étudiées par un grand nombre de géologues. Qu' a pu définir plusieurs séries telliennes. Paléo géographiquement et du Nord au Sud, on distingue :

a) les séries ultra- telliennes :

Définies en 1969 par Durand Delga, elles se caractérisent par un faciès essentiellement marneux et clair avec quelques bancs de calcaire, ce qui donne des reliefs en général mous.

C'est une série normale et monte du terrain de Crétacé au Lutétien. Elle affleure sur les versants Nord du Djebel Sidi Driss.

b) Les séries telliennes (sens strict) :

Ces séries vont du Trias au Lutétien et présentent des variations de faciès dans le temps. A un Lias de plate forme succédé un Jurassique plus marneux. Le Crétacé, d'abord détritique devient marneux à argilo-calcaire.

L'Eocène se caractérise par des marnes épaisses avec le classique faciès des calcaires yprésiens.

c) Les séries péni-telliennes :

Elles sont définies dans le Djebel Zouaoui (A Marre et al, 1977), elles affleurent toujours au sud du Tell oriental algérien. Leur faciès très carbonaté les a fait confondre pendant longtemps avec les séries néritiques constantinoises.

3.1.5. La nappe néritique Constantinoise :

Elle est constituée essentiellement par des formations carbonatées qui représentent le siège d'une grande variété de formes Karstiques. C'est nappe s'est mis en place lors de la phase tangentielle d'âge Alpine.

3.1.6. Les unités stratigraphiques postérieures au Lutétien :

a) Les formations du Nummulitique sens strict :

Etudiée par J.F Raoult (1977), ce sont les formations qui succèdent à la phase Priabonienne. Elles sont en général sableuses, riches en micas détritiques et en débris de socle. On les a souvent appelées séries molassiques gréso-micacées.

b) Les formations Oligo-miocènes kabyle :

Elles constituent la couverture sédimentaire, discordante et transgressive du socle kabyle, elles affleurent dans la région de Collo débutant de l'Oligocène terminal à l'Aquitarien inférieur, d'épaisseur variable d'une pointe à un autre.

c) Les séries argilo gréseuses numidiennes :

Relativement peu étendues dans la Kabylie de Collo à l'Ouest de la plaine de Oued Gueblie, marquées à ses bases par des argiles varicolores et un sommet daté de l'Oligocène supérieur en grande Kabylie, ensuite viennent des gros bancs de grès épais de (0.5 à 3 m) et enfin, des formations Supranumidiennes (marnes et silexites) atteignant le Burdigalien basal.

3.1.7 Les formations Poste- nappes :

Ces formations sont représentées par les dépôts du Miocène moyen et terminal. Parmi ces formations, seront distinguées les séries marines, qui affleurent surtout dans les régions littorales, et les séries continentales du bassin de Constantine. Il se trouve au Nord Ouest de la plaine de Collo.

a) Miocène marin (post nappe) :

Il date du Burdigalien moyen -supérieur développé surtout dans le domaine de la Kabylie de Collo (Nord de la plaine). Il constitué par deux cycles de sédimentation, le premier cycle est essentiellement constitué à la base, par des marnes grises ou bleues au Nord de la plaine de Collo, d'une épaisseur de (200 à 500 m), le second est essentiellement gréseux au sommet.

b) les roches éruptives miocènes :

Dans la Kabylie de Collo se développent de larges affleurements des roches éruptives. Les granites sont visibles dans les massifs du cap Bougaroun et Béni Toufout, ces affleurements ont généralement une morphologie particulière. Ce sont des dômes plus ou moins nets, ayant environ 1 Km de diamètre.

Enfin, on doit signaler la présence de rhyolite qui apparaît soit en filons soit en massifs effusifs. C'est le cas au Kef Chéraia (Nord-ouest de Collo).

3.2. Tectonique:

La région présente une complexité extrême de l'édifice structural caractérisée par la superposition de nombreuses nappes la plus spectaculaire d'entre elles est constituée par le socle kabyle. Cet édifice est découpé par un système de fractures post-nappes. On distingue 3 compartiments superposés comportant chacun des flyschs et des formations telliennes, ce sont :

1) Le compartiment Nord-inférieur, constitué par l'empilement sous le socle kabyle, de plusieurs nappes à matériel schisteux et plus ou moins métamorphisé.

2) Un compartiment Nord-supérieur, constitué du socle kabyle avec la couverture oligo-miocène supportant des lambeaux de nappes de flyschs et du matériel tellien associé à des Olistostromes, cela conduit à dire que le matériel allochtone s'est mis en place du Sud vers le Nord et que l'action de la gravité a joué ici un rôle déterminant.

3) Un compartiment structural Sud, composé de deux parties précédentes et séparés par un accident tardif chevauchant vers le Sud, il comporte :

- D'une part, une bande de flyschs massiliens pratiquement continue d'Est en Ouest qui sépare le socle des terrains télliens.
- D'autre part le chaînon d'El Karm, formé de séries mauritaniennes, superposées au téllien par l'intermédiaire d'une Nappe de flyschs massiliens, un lambeau du numidien coiffe cet édifice.

Selon J.M Vila (1980), la tectonique Priabonienne marque la fin du grand cycle sédimentaire commencé avec le Trias supérieur. elle a eu pour résultats :

- a) La genèse du chevauchement Kabyle au fond duquel se manifeste un métamorphisme épizonal.
- b) La genèse des nappes des flyschs et des nappes telliennes.

Dans la partie radicale des unités telliennes et sous le chevauchement Kabyle, ces formations s'accompagnent d'un métamorphisme dynamique qui sera transporté et dispersé par les phases ultérieures (selon J.M Vila 1980). La tectonique burdigalienne se manifeste par la genèse de :

- a) Des Olistostromes Kabyle et de la nappe numidienne préfigurant la méditerranée.

- b) D'un bombement à la plombe du bord kabyle méridional où s'étaient ultérieurement empilées les unités de flyschs sur les nappes telliennes au Priabonnien.

Au Tortonien, la région de la Kabylie peu ou pas déformée marquée par un bloc kabyle septentrionale à Burdigalien-anghien. enfin un aspect majeur de la tectonique du sillon des flyschs paraît être une compression Nord-Sud que traduisent les plis à axes horizontaux et les schistosités Est-Ouest que l'on observe dans le soubassement triasique et jurassique des flyschs de la petite Kabylie.

3.3. Paléogéographie :

Selon J-P- Bouillin (1977), le sillon des flyschs se serait différencié à l'aurore du Crétacé par l'effondrement entre une marge kabyle (socle et dorsale) et le domaine tellien d'une zone affectée par des distensions, la première tectonique tangentielle débute à la fin du Lutétien (Raoult 1974).a partir de cette époque, on aura la succession des faits suivant :

- Fin Lutétien à l'Oligocène supérieur sous charriage, accompagné de métamorphisme, du soubassement des flyschs sous le socle kabyle.
- Fin Oligocène, début Burdigalien , la partie de l'édifice des nappes situées au Sud du socle kabyle aurait été déformée en un bourlet, des lambeaux s'en seraient déposés en position plus externe.
- Au Burdigalien inférieur un vaste cisaillement aurait transporté vers le Sud l'ensemble des zones internes déjà structurées. Le Numidien aurait glissé à son tour vers le Nord sur les zones internes.
- Du Burdigalien supérieur au Quaternaire après la mise en place de la nappe numidienne, il y a émergence de la petite Kabylie puis, rapidement, la mer revient en transgression au Burdigalien supérieur-Langhien en déposant des marnes, suivi par un second cycle Langhien gréseux et transgressif sur le premier. Il y a ensuite émergence et développement d'un important magmatisme granitique calco-alkalin dans la région de Collo, le granite du Cap Bougaroun vient au contact des formations sédimentaires supra-Kabyle qui sont alors déformées et schistosées.
- Ultérieurement, on assiste à la transgression du Pliocène marin qui envahit les grès et les sables dans le Sahel de Jijel et de la vallée de l'Oued Kebir, et les marnes bleues au sud de Collo.
- Enfin les dépôts quaternaires situés au Sud de Collo et les terrasses de Cap Bougaroun paraissent indiquer les mouvements verticaux positifs de la petite Kabylie de Collo au cours de tout le Quaternaire.

3.4. Géologie de la plaine : (Figure 10)

La structure géologique du secteur d'étude est relativement simple, la vallée (d'origine tectonique datant du Pliocène) est taillée dans un massif de roches métamorphiques (micaschistes et gneiss du socle kabyle) au pied duquel est bâtie la ville de Collo. Sur ce socle, des sédiments marins presque entièrement argileux se sont déposés, il s'agit du :

3.4.1 Miocène : constitué d'une alternance de marnes et des grès. A cette époque se mettent en place des granites intrusifs tels que à la bordure Est de la plaine de Collo.

3.4.2 Pliocène : Constitué de marnes bleues, affecté par des failles le mettant en contact directe avec les séries métamorphiques, ainsi que les calcaires à algues visibles au niveau de Koudiat Zrikaiya. Ces marnes du Miocène et Pliocène formant le substratum imperméable de la plaine alluviale, percées de quelques poitements de roches métamorphiques.

3.4.3 Quaternaire : du Sud au Nord, le remplissage alluvial présente 2 faciès distincts :

- Au Sud de Koudiat Télézza (191m) : Alluvions peu épaisse, essentiellement limoneux, peu perméables à l'exception d'une zone peu étendue en rive gauche de l'oued Guebli.
- Au Nord de Koudiat Télézza : Epaissement du remplissage (15 à 25 m) formé de sables et graviers.

La partie étendue au Sud –Ouest de la plaine à Rhédir Mokhène est constituée par de matériaux fortement argileux, ils sont exempts de calcaires et des roches allochtones mais ne constituent pas un aquifère important du fait de leur perméabilité très faible.

Il est à noter que les roches métamorphiques environnant, présentent une fissuration qui peut être d'origine tectonique ou d'altération surtout au niveau de la partie Sud du secteur, où la profondeur d'altération dans les fissures tectoniques remplies de quartz et de calcite est de l'ordre de (5 à 20 m) et le coefficient de fissuration est de (2 à 6 %), d'après l'étude Russe 1967.

La figure(10) montre les différentes formations de la plaine alluviale ainsi que leurs épaisseurs respectives, désignées sur les coupes [1.1] ; [2.2] ; [3.3] ; [4.4] dans la Figure 11 Établies d'après la mission russe (1967).

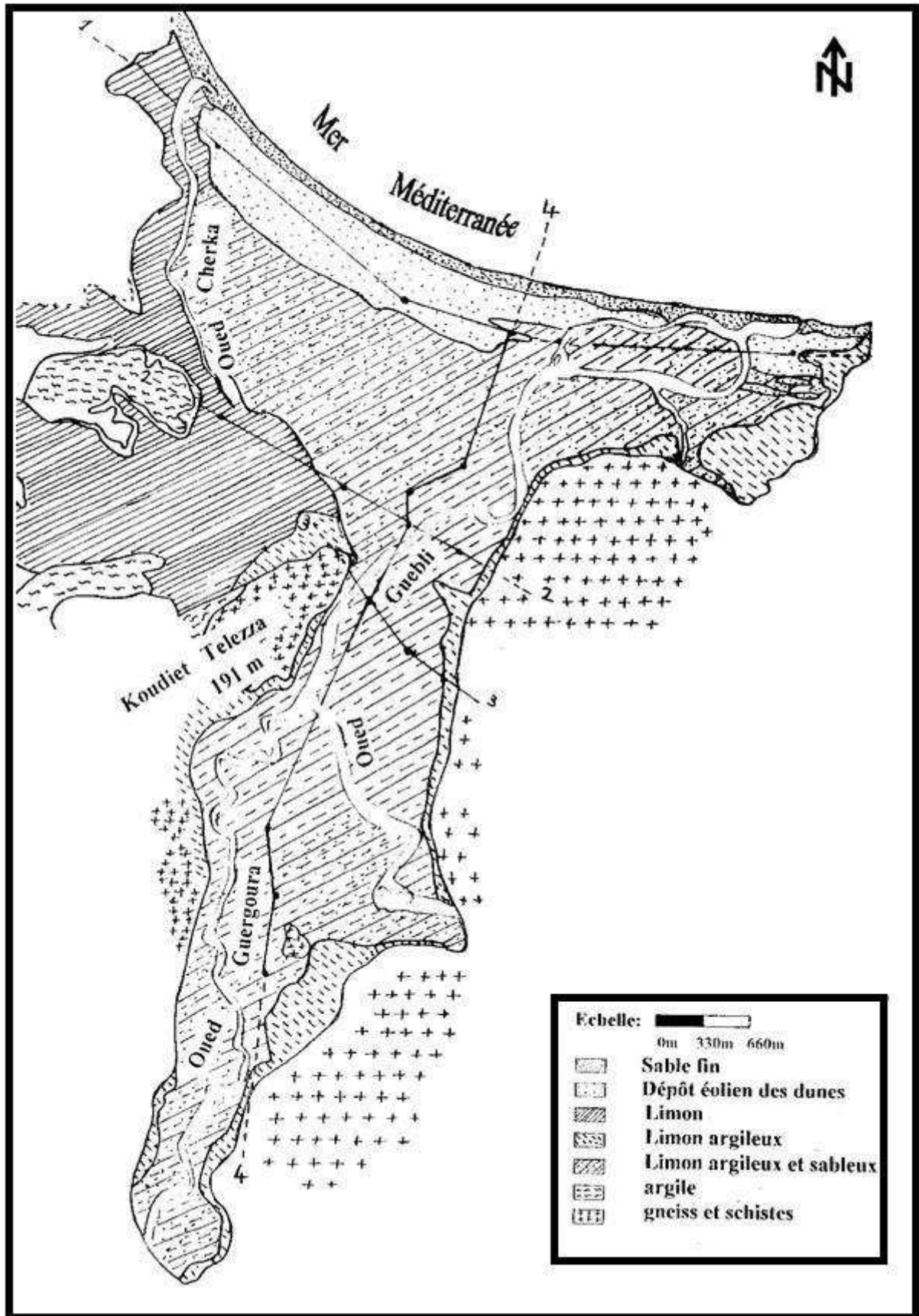
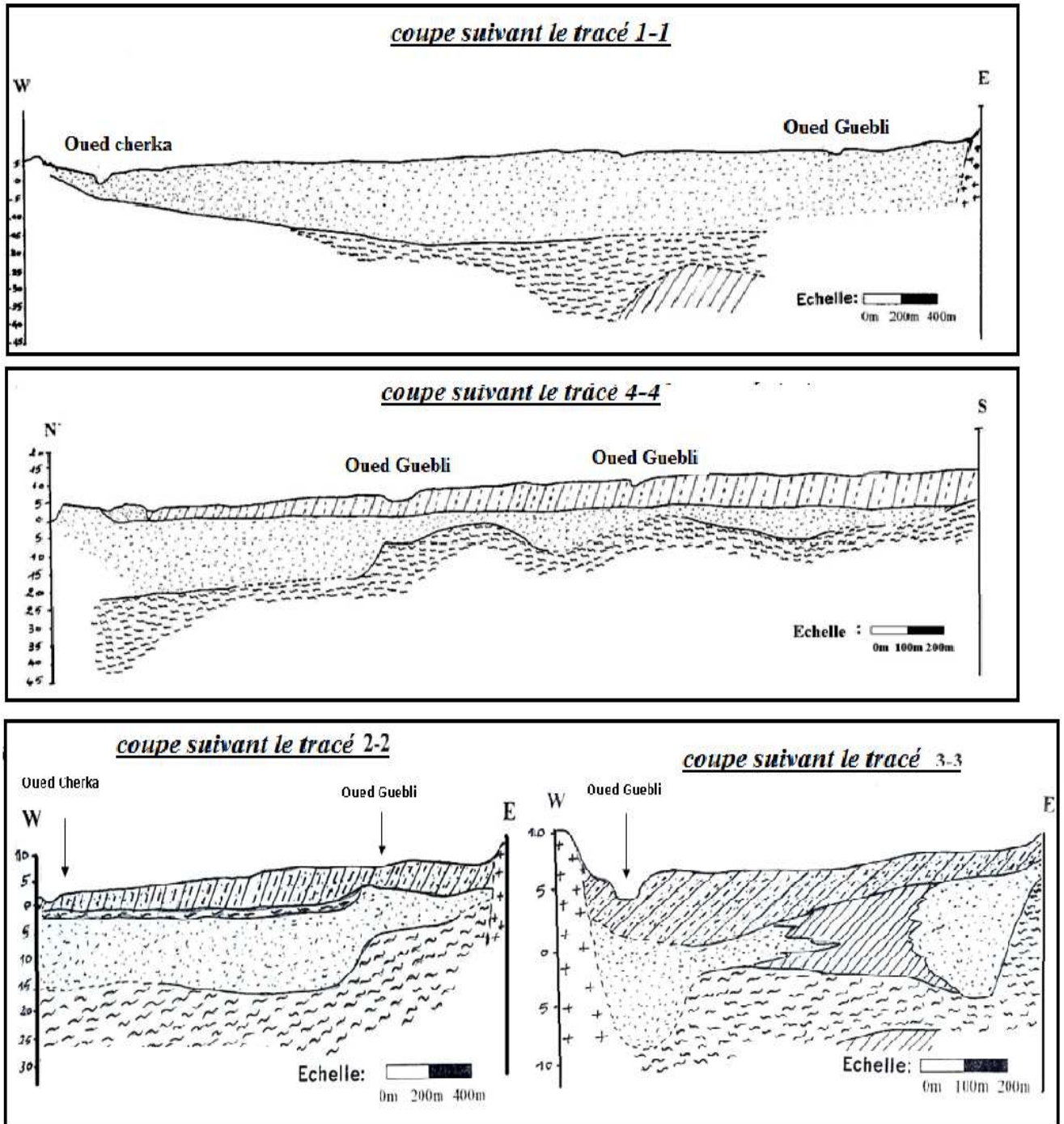


Figure. N° 10: Carte géologique de la plaine de Collo



Légende:

	Sable fin		Limon		Limon argileux et sableux		gneiss et schistes
	Dépôt éolien des dunes		Limon argileux		argile		

Figure. N° 11 : coupes géologiques à travers la plaine de Collo

4. Conclusion :

La plaine de Collo fait partie du bassin versant d'Oued Guebli qui vient se jeter dans la mer, lui-même appartient au sous bassin constantinois. Elle apparaît comme un fossé d'effondrement limité au Sud-est par un escarpement de failles tectoniques, Le climat de la région d'étude est de type méditerranéen (hiver froid et été chaud), elle est considérée comme étant la région la plus arrosé en Algérie (ANRH). La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 665.78 mm /an. La variation de la température durant l'année se fait d'une manière progressive avec une moyenne de 18.45°C.

La géologie de la plaine est simple, la vallée est taillée dans le massif des roches rigide (granite, gneiss et schiste). Sur le socle des sédiments marins sont déposés, se sont les marnes à lentilles gréseuses du Miocène et les marnes bleus du Pliocène inférieur formant ainsi le substratum imperméable, la couche superficielle est formé des dépôts alluviaux transportés par Oued Guebli. Ce dernier constitue l'aquifère de la plaine de Collo.

1. Introduction :

L'étude hydrogéologique est prépondérante à la compréhension des processus d'alimentation des aquifères d'une part, et la reconnaissance des sens d'écoulement d'autre part, ainsi que la variation du gradient hydraulique, les caractéristiques hydrodynamiques, et la détermination des conditions aux limites du système aquifère et enfin la détermination de la géométrie des nappes.

Les buts de l'étude hydrogéologique dans la plaine de Collo est l'identification de l'aquifère alluvial par :

- Déterminer l'épaisseur des alluvions, des sables et graviers argileux à marneux et du toit du substratum marneux.
- Préciser la limite entre les limons à l'amont et les sables et graviers à l'aval.
- Localiser, au sud de Koudiet Telezza, les lentilles de sables et graviers au sein des limons imperméables.
- Comprendre l'évolution du niveau piézométrique dans le temps et dans l'espace.
- Connaître le régime hydrodynamique du réservoir en cernant finalement les zones de fortes transmissivités d'une part, et d'autre part les zones de fortes perméabilités.

2. Etude géophysique :

2.1. Méthode électrique :

La plaine de Collo a été l'objet de plusieurs études géophysiques, parmi les quelles nous nous basons sur l'étude élaborée par la compagnie générale de géophysique (CGG) durant l'année 1965. Au cours de laquelle, 289 sondages électriques ont été réalisés.

La C.G.G à utilisé le dispositif quadripôle ABMN de "Schlumberger" qui consiste à mesurer la résistivité apparente du terrain d'après la loi d'Ohm : $\rho_{app} = K \cdot \Delta V / I$

Où ρ : Résistivité apparente en ($\Omega.m$).

K : Facteur géométrique qui dépend du dispositif M et N

ΔV : Différence de potentiel entre M et N

I : Intensité du courant injecté dans le sol entre A et B.

Les travaux réalisés dans la plaine d'oued Guebli comprennent :

- 01 sondage électrique d'étalonnage sur le forage S10
- 20 profils principaux des sondages électriques recourent la vallée d'Ouest en Est.
- 08 profils de 2 à 3 sondages électriques pour l'étude de l'invasion marine
- 01 profil Nord-Sud de sondage électrique (R) dans la région de Kerkera

➤ Un certain nombre de sondages électriques intermédiaires dans les zones à préciser.
 Soit un total 245 sondages électriques dont 14 furent repris suivant une deuxième direction de dispositif.

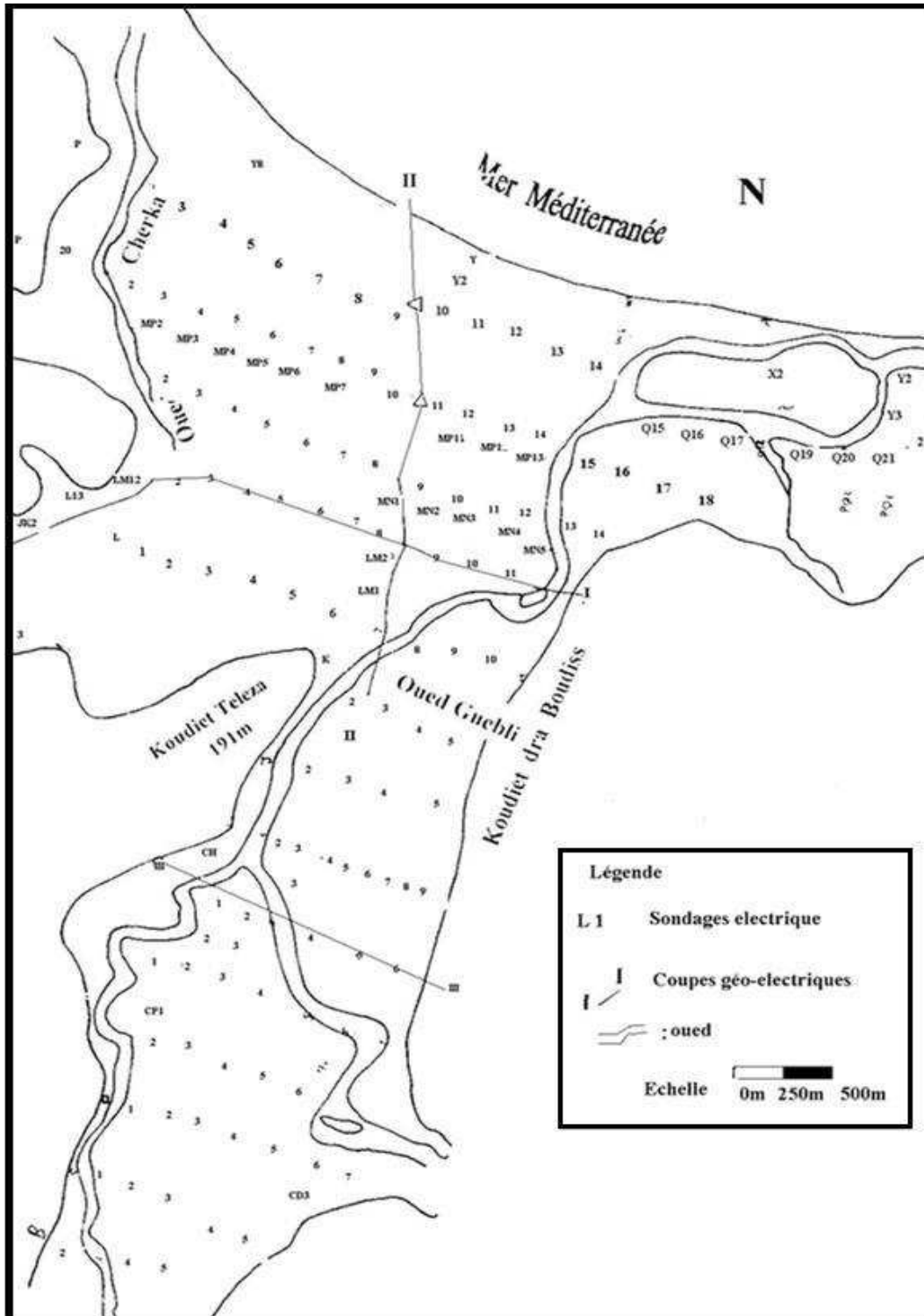


Figure .N° 12 : Carte de positionnements des sondages électriques verticaux effectués dans la plaine de Collo

La méthode de sondage électrique permet de répondre dans la majorité des cas à résoudre les problèmes posés. Les sables et graviers à eau douce résistants, se distinguent des limons argileux et des marnes de substratum, tous deux conducteurs. Par ailleurs leur résistivité est directement proportionnelle à celle de l'eau d'imbibition (Les sables envahi d'eau salée sont des niveaux très conducteurs).

2.2. Corrélation entre lithologie et résistivité électrique

La résistivité de l'eau de la nappe se situe généralement entre 7.2 et 40.4 ohm avec une forte proportion de valeurs voisines de 20 ohm (l'équivalent Cl Na 0.3g/l). Par contre la zone envahie de l'Oued Cherka a fourni, pour sa part les valeurs suivantes :

- 1.1 ohm.m au pont du CD 6 (équivalent Cl Na 7g/l)
- 1.9 ohm.m au SE jK1 (équivalent Na Cl 3.5g/l)
- 4.1 ohm.m au SE jK2 (équivalent Na Cl 1.5g/l)

L'examen des sondages électriques étalons P10, M11, et Q9 montrent l'existence d'un ensemble résistant, parfois recouvert d'un placage de limons conducteurs au dessus d'un substratum conducteur.

Tableau N°10: corrélation entre lithologie et résistivité électrique des niveaux imprégnés d'eau.

		Aquifère				substratum	
forage	SE	nature	Epaisseur (m)	R t ($\Omega.m^2$)	Résistivité ($\Omega.m$)	Nature	résistivité ($\Omega.m$)
S10	P10	Sable grossier Graviers sables Fins limons	15m	1650	300 80	Argile pliocène	7
M11	M11	Sable grossier graviers	18.5m	2350	130	Argile pliocène	12
Q9	Q9	Sable avec Rares graviers	11.5m	1150	100	Sable à eau saumâtre	4

Ces étalonnages fournissent un ordre de grandeur de la porosité des formations aquifères par les relations suivantes: $\rho_t = F\rho_w$ et $F = 0.62/P^{2.15}$ (loi de Humble)

Avec:

ρ_t : résistivité du terrain saturé ($\Omega.m$).

ρ_w : résistivité de l'eau d'imprégnation ($\Omega.m$).

F : facteur de formation.

P : porosité efficace en (%).

Pour les trois forages étalons on obtient par l'application de la loi d'Humble les résultats suivants :

Tableau N°11 : Ordre de grandeur pour les sondages électriques étalons

SE	ρ_t	ρ_w	F	P en %
P10	300	18.8	16	21.5
	80	18.8	4.25	41
M11	130	19.6	6.63	33
Q9	100	20	5	38

2.3. Interprétation des coupes géo-électriques

2.3.1. La coupe 1: Fig. 13.I

Orientée Est-ouest illustre l'invasion des sables et graviers par l'eau salée aux bordures de Oued Cherka, l'afflux d'eau douce provenant du massif de Sud-est Repousse le front salé en rive gauche de l'oued.

Au sondage électrique M1, la résistivité des sables de l'ordre de $20 \Omega.m^2$ marque la zone mélange des nappes vers l'Est, l'accroissement de la résistivité des formations à eau douce traduit la disparition progressive des intercalations limoneuses.

2.3.2. La coupe 2 : Fig. 13.II

Perpendiculaire à la précédente, intéresse l'ensemble de la zone des sables et graviers littoraux vers le Sud, elle fait apparaître sa limite avec les limons de la haute vallée.

2.3.3. La coupe 3 : Fig. 13.III

D'orientation E-W en amont du Koudiet Telezza, donne les limites de la lentille résistantes, du confluent des Oueds Guebli et Boutoute.

2.3.4. La coupe 4 : Fig. 13.IV

Met en évidence les niveaux à 130-150 ohm représentent les dépôt grossiers du cône de déjection de l'Oued Guebli dans la plaine au voisinage de Kerker.

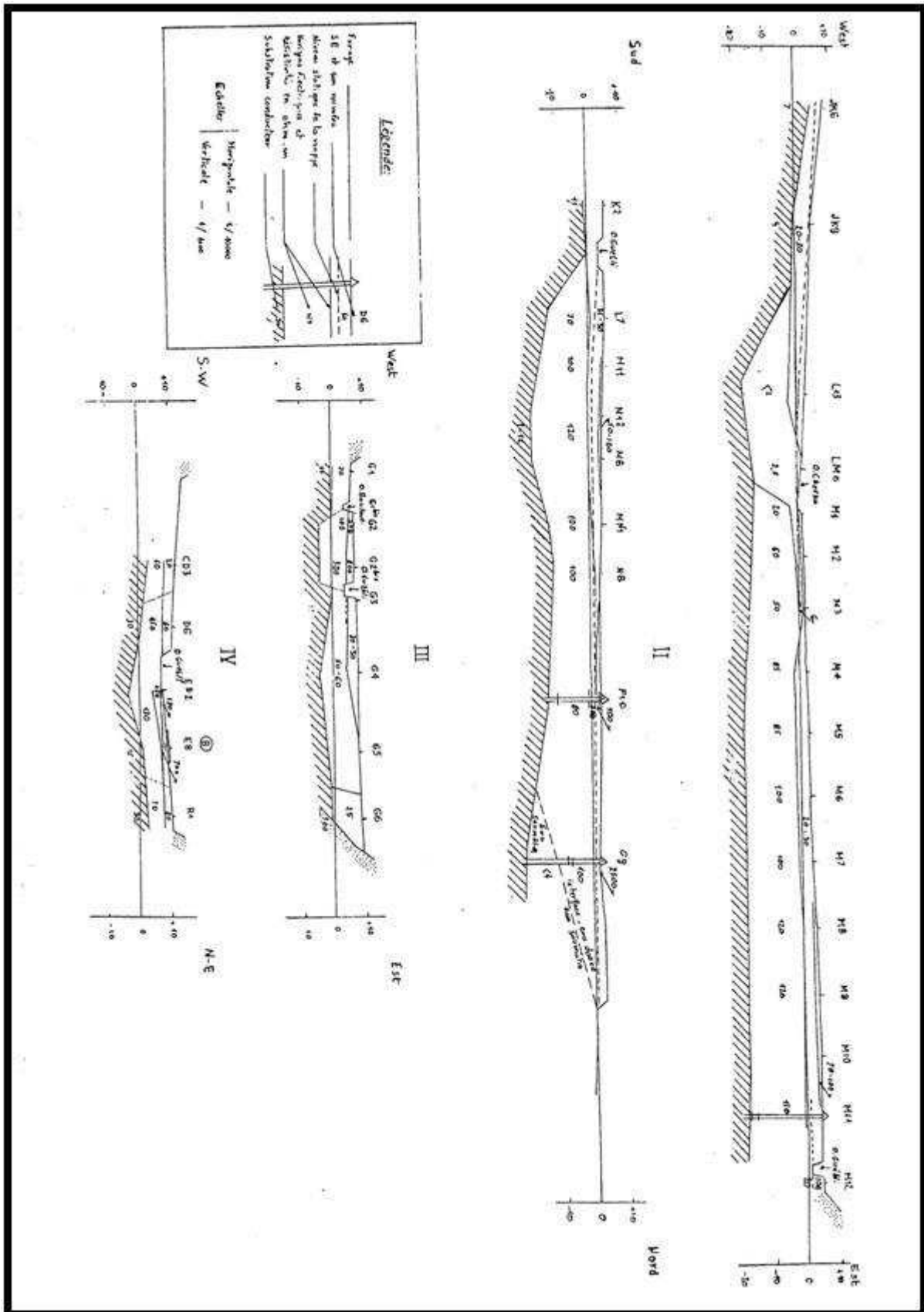


Figure .N° 13 : Coupes géo électriques dans la plaine de Collo

3. Identification des formations hydrogéologiques :

Les forages exécutés dans la plaine ont traversé une alternance de sable, de graviers et galets avec passage argileux avant de pénétrer dans les marnes pliocènes qui constituent le substratum imperméable de la plaine. L'aquifère utile de la plaine de Collo est d'âge Quaternaire de composition hétérogène et d'épaisseur variant entre 5 à 25 mètres au Nord de Koudiet Telleza.

L'interprétation des données de forages nous a permis de connaître l'épaisseur (fig. N°14) et la nature du remplissage alluviale. De part et d'autre du Koudiet Telezza, les alluvions présentent deux faciès distincts :

- Au Sud de Koudiet Telezza : Les alluvions sont essentiellement limoneuses (limons, argile sableuse, lacustre, argile marneuse) d'une épaisseur environ 18 mètres, elles s'approfondissent légèrement au pied de Koudiet Telezza.
- Au Nord de Koudiet Telezza le remplissage est beaucoup plus sableux (sable à grains fins, graviers et galets) et atteint 25 mètres d'épaisseurs.

Interprétation des coupes hydrogéologiques a permis de connaître la géométrie de l'aquifère :

3.1. Coupe hydrogéologique 2-2 :

Cette coupe est orientée SSW-NNE traversant les deux forages Benotto et Kerker. Le substratum est surmonté par une couche de graviers et sable ayant une épaisseur variable de 9 mètres à 18 mètres, cette dernière est recouverte d'une couche limoneuse mince, qui s'épaissit en allant vers le Sud pour atteindre les 13.5 mètres. Le niveau piézométrique est proche du sol, il se trouve à une moyenne de 4 mètres. A ce niveau la nappe est composée essentiellement d'argile sableuse, de sable et gravier, des limons, et argiles grises. Le sens d'écoulement est de direction SSW-NNE.

3.2. Coupe hydrogéologique 1-1 :

Cette coupe traverse la nappe dans la direction NW-SE recoupant l'Oued Guebli et l'oued Cherka et un certain nombre de forage (Ain Aghbel"AG", collo Safor "CS", Collo GR1). On constate que l'épaisseur des alluvions, (sable, graviers, et une couche mince de limon) atteint les 23 mètres au Sud-Est et diminue en allant vers l'Oued Cherka au Nord-Ouest. Le substratum est toujours constitué par les marnes et argile moi -Pliocène, on remarque bien que le niveau piézométrique dans la nappe du moins dans cette partie est toujours proche du niveau zéro de la mer. A ce niveau la nappe est formée par des limons, sable et graviers, des marnes et des argiles sableuses. Le sens d'écoulement est de direction NW-SE.

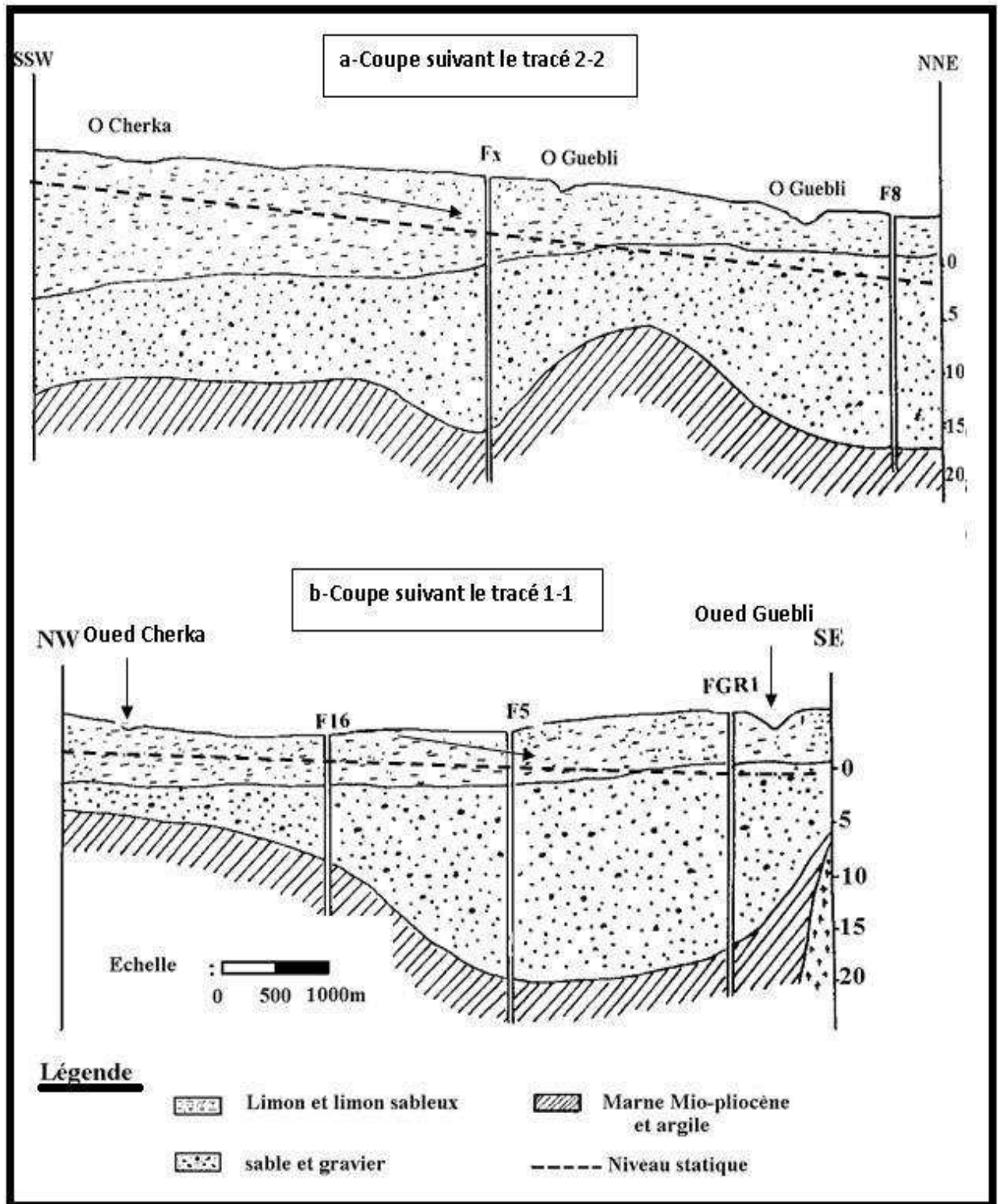


Figure .N°14: Coupe hydrogéologique dans la plaine de Collo

4. Carte de substratum :

La carte du substratum, montre qu'il y a une variation régulière de la profondeur on allant vers la mer, passant de 6 mètres à l'Est de Koudiet Telezza à 28 mètres près de la côte, on note aussi que la profondeur du substratum est important a l'est de la plaine et diminue on allant vers l'ouest.

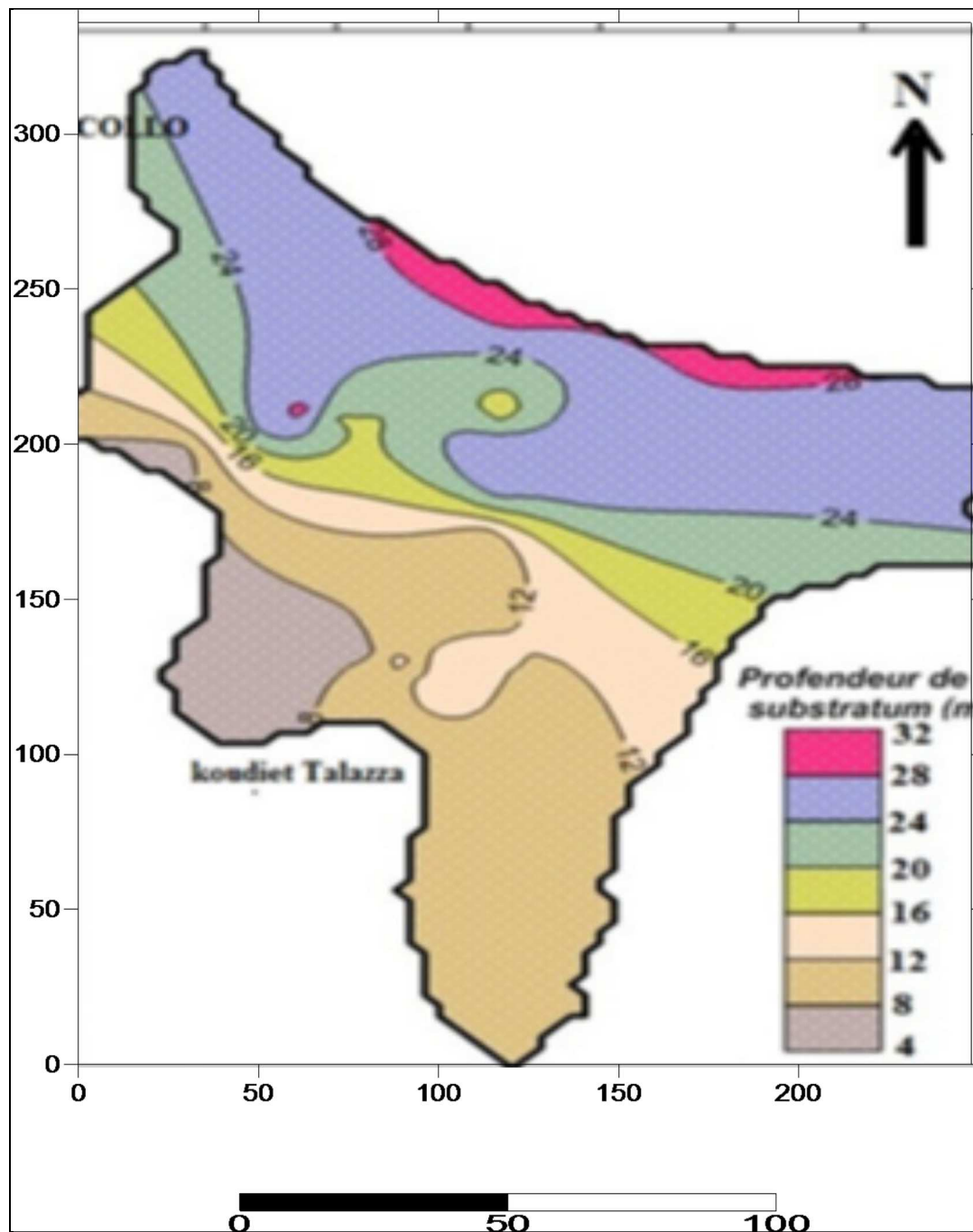


Figure .N° 15: carte de substratum

5. Piézométrie :

5.1. Inventaire des puits et forages :

Les forages existant dans la plaine de Collo totalisent 9 dont six forages ont été arrêté surtout le long d'Oued Guebli, parmi les quels trois sont abandonnés, le reste est destiné soit à l'exploitation de l' AEP soit à l'exploitation industrielle, (Tableau N°.12) Plus d'une soixantaine de puits se trouvent dans la plaine de Collo exploitant la nappe pour l'alimentation en eau potable d'une part et d'autre part pour l'irrigation des terres cultivées. (Fig. N°16).

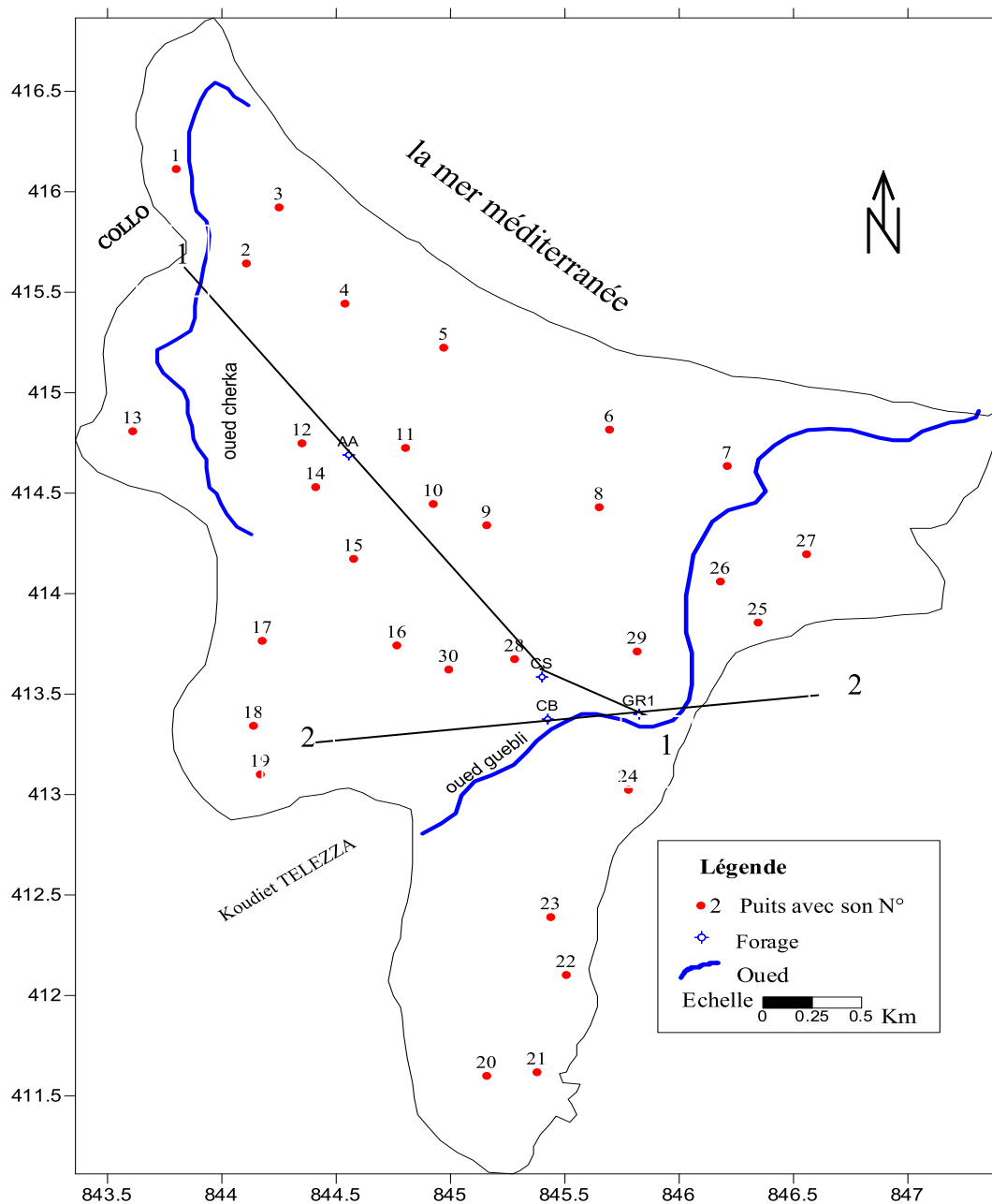


Figure .N° 16 : carte d'inventaires des puits et forages

Tableau N° 12 : Inventaire des forages

Nom de forage	Coordonnées		Profondeur (m)	Débit D'exploitation	Destination
	X	Y			
Collo secours CS	845.400	413.585	30	03 l/s	AEP collo
Benotto CB	845.425	413.375	24	08 l/s	AEP collo
Ain aghbel AA	844.555	414.690	25	06 l/s	AEP Ain Aghbel
GR1	845.825	413.400	26	abandonnée	Taux de sel élevé

5.2. Interprétation des cartes piézométriques

5.2.1 Interprétation de la carte piézométrique (sep 2004) :Fig. (17)

La carte piézométrique dressée pendant la période des basses eaux (septembre 2004) a permis de déterminer le sens d'écoulement, les principales zones de circulation des eaux souterraines, l'alimentation de la nappe et les fuites de la nappe vers la mer.

La figure N° (17) décrit trois secteurs principaux :

- **Secteur Ouest** : le sens de l'écoulement est Sud Ouest - Nord Est, les courbes hydro isohypses sont relativement rapprochées avec une concavité orienté vers le Nord. Le gradient hydraulique est de l'ordre de 6.10^{-3} .
- **Secteur Est** : le sens de l'écoulement est Nord Est - Sud Ouest, les courbes hydro isohypses sont parfois espacé avec une concavité orienté vers l'Ouest. Le gradient hydraulique est de l'ordre de $1.8.10^{-3}$.
- **Secteur Sud** : Le sens de l'écoulement est Nord - Sud, les courbes hydro isohypses sont espacé avec une concavité orienté vers le Nord.

L'examen de la carte piézométrique montre que le sens de l'écoulement est généralement Sud-Nord dans la partie Nord de la plaine et Nord-Sud au Sud de la plaine.

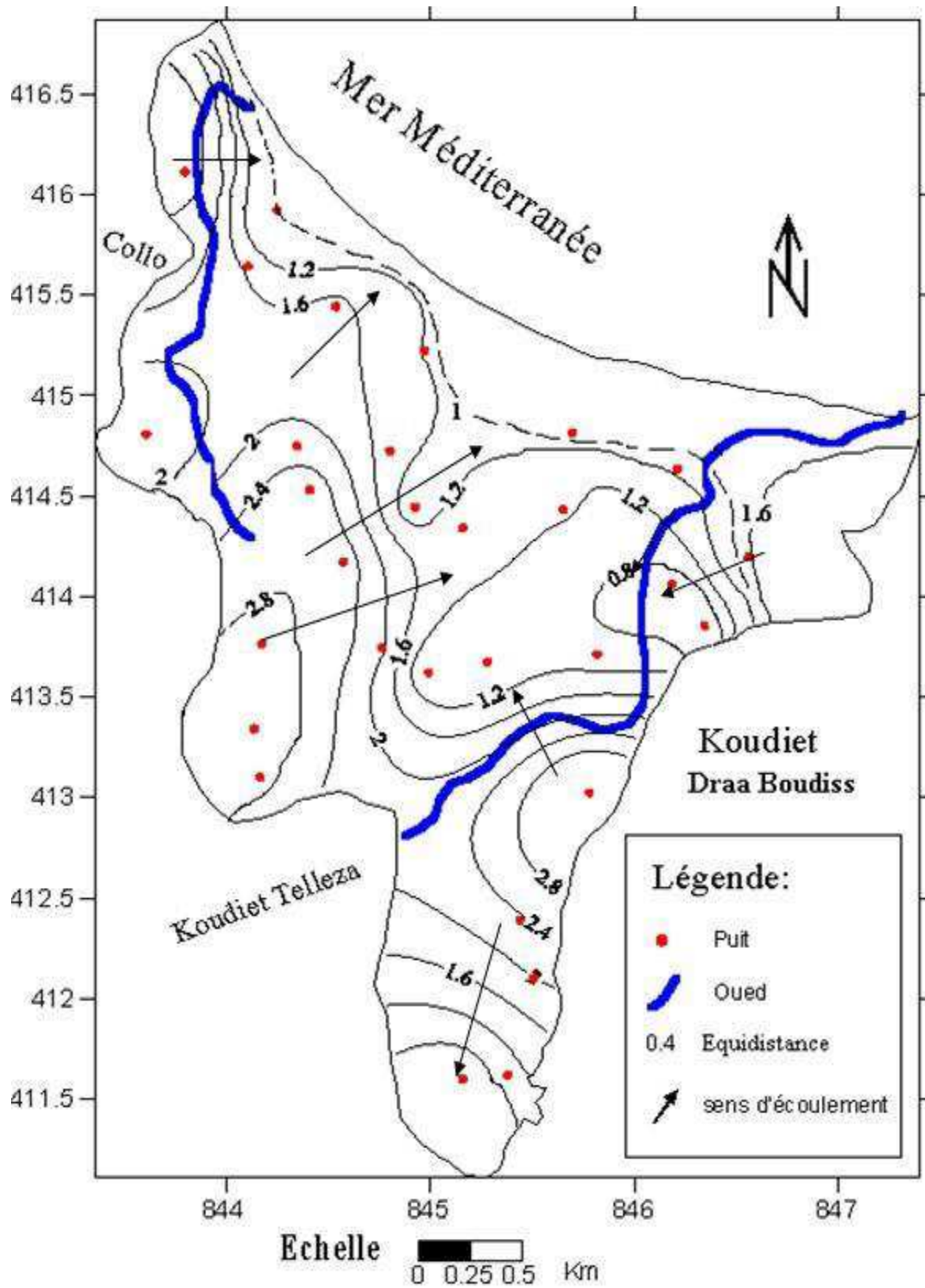


Figure. N° 17 : carte piézométrique de la plaine de Collo (Septembre 2004)

5.2.2. Carte piézométrique de Novembre 2009:

L'écoulement général de la nappe est orienté NW-SE, sauf dans la partie centrale où une ligne de partage des eaux sépare les eaux allant vers les forages proches de l'Oued Guebli (CS, CB et GR1) de celles allant vers le forage AA qui alimente le secteur Ouest de la plaine. (Fig. 18). Sur la côte NE, on remarque un dôme piézométrique due au pompage intensif des champs captant situés en l'aval de Koudiat Télézza où l'on constate l'existence de deux zones de dépression, la première est située autour des forages "CS", "CB" et "GR1" où la nappe est alimentée par l'Oued Guebli plus au SE et la deuxième est située autour du forage "AA" dont l'alimentation de la nappe s'effectue par l'Oued Cherka au NW et par les eaux proviennent de la ligne de partage au centre de la plaine.

Les courbes iso pièzes sont éloignées dans les deux parties Est et Ouest indiquant un gradient hydraulique faible et par conséquent une perméabilité assez forte, ce qui favorise le déplacement facile des eaux salées de la mer et des Oueds vers la nappe. Par contre dans la partie centrale, les courbes sont plus serrées d'où un gradient hydraulique fort et une perméabilité faible.

5.2.3 Carte piézométrique d'Avril 2010:

L'allure générale de la carte de hautes eaux est presque la même que celle de basses eaux. Elle montre un écoulement général orienté NW-SE avec un dôme piézométrique qui partage ses eaux entre les deux dépressions autour des forages. (fig.19)

5.2.4 Carte piézométrique de Mai 2012

La partie haute de la nappe (Figure 20) se trouve au sud en aval de Koudiet Tellezza avec une cote de 3.83m et la partie basse se trouve au centre de la plaine avec une cote de 0.20 m.

L'écoulement général de la nappe est orienté SW-NE, sauf dans la partie centrale où une remarque une zone de convergence où les forages et les puits présentent généralement l'axe de ces dernières due à la surexploitation de la nappe pour irriguer les plantations.

Nous remarquons que l'écoulement dans les zones côtières est orienté vers la mer. Le gradient hydraulique est faible et oscille entre 0.05% et 0.2%. La carte piézométrique de mai 2012, montre qu'oued Guebli alimente la nappe alluviale de Collo, elle est bien visible dans la cote sud de la nappe.

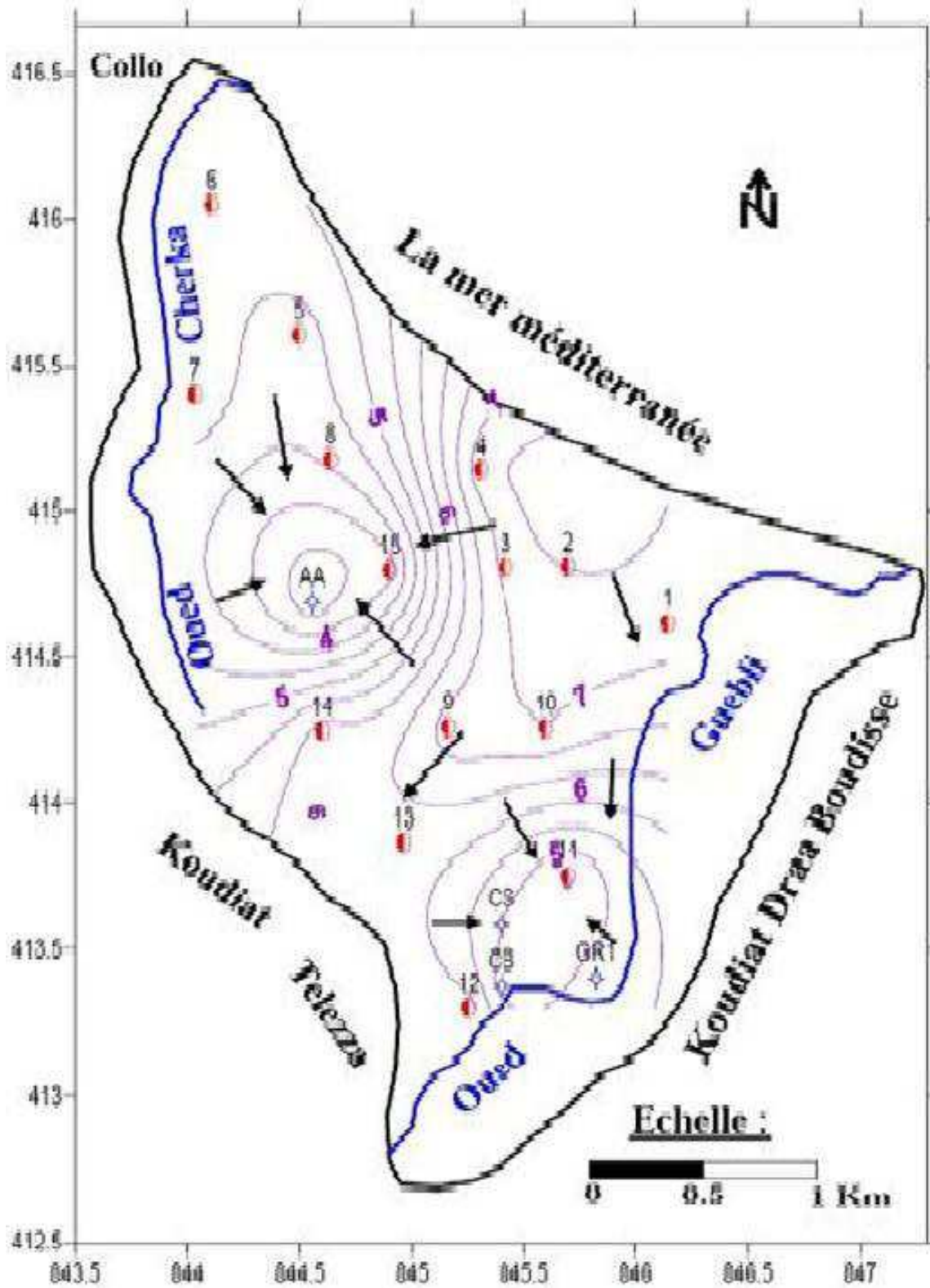


Figure. N° 18: Carte piézométrique de la nappe alluviale de COLLO (Novembre 2009).

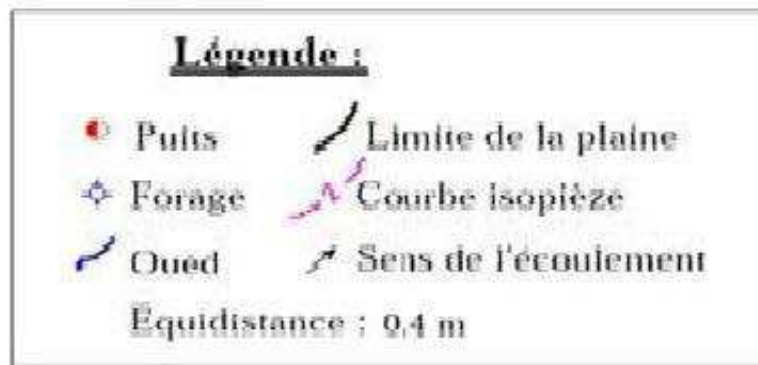
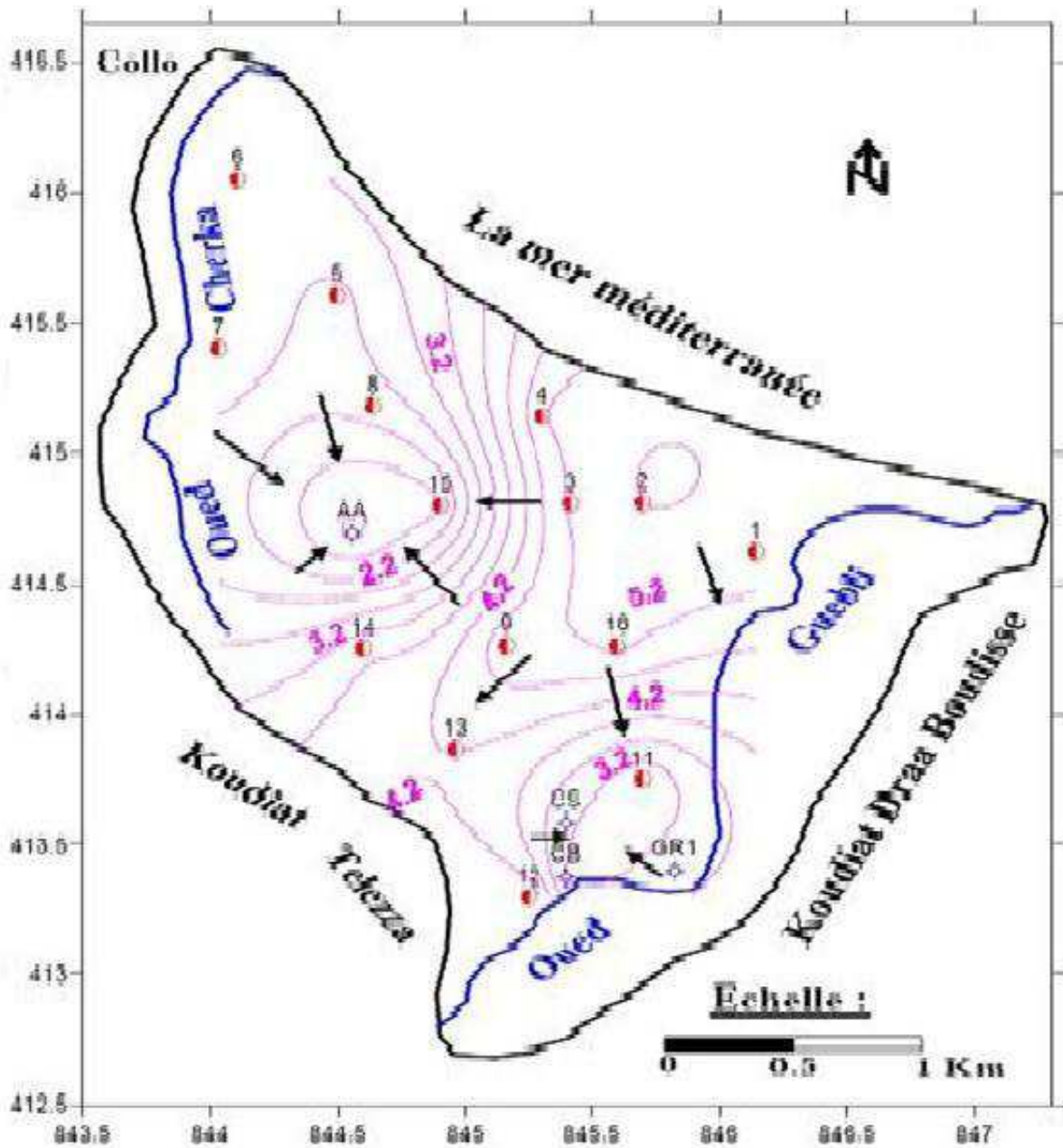


Figure. N°19: Carte piézométrique de la nappe alluviale de COLLO (Avril 2010).

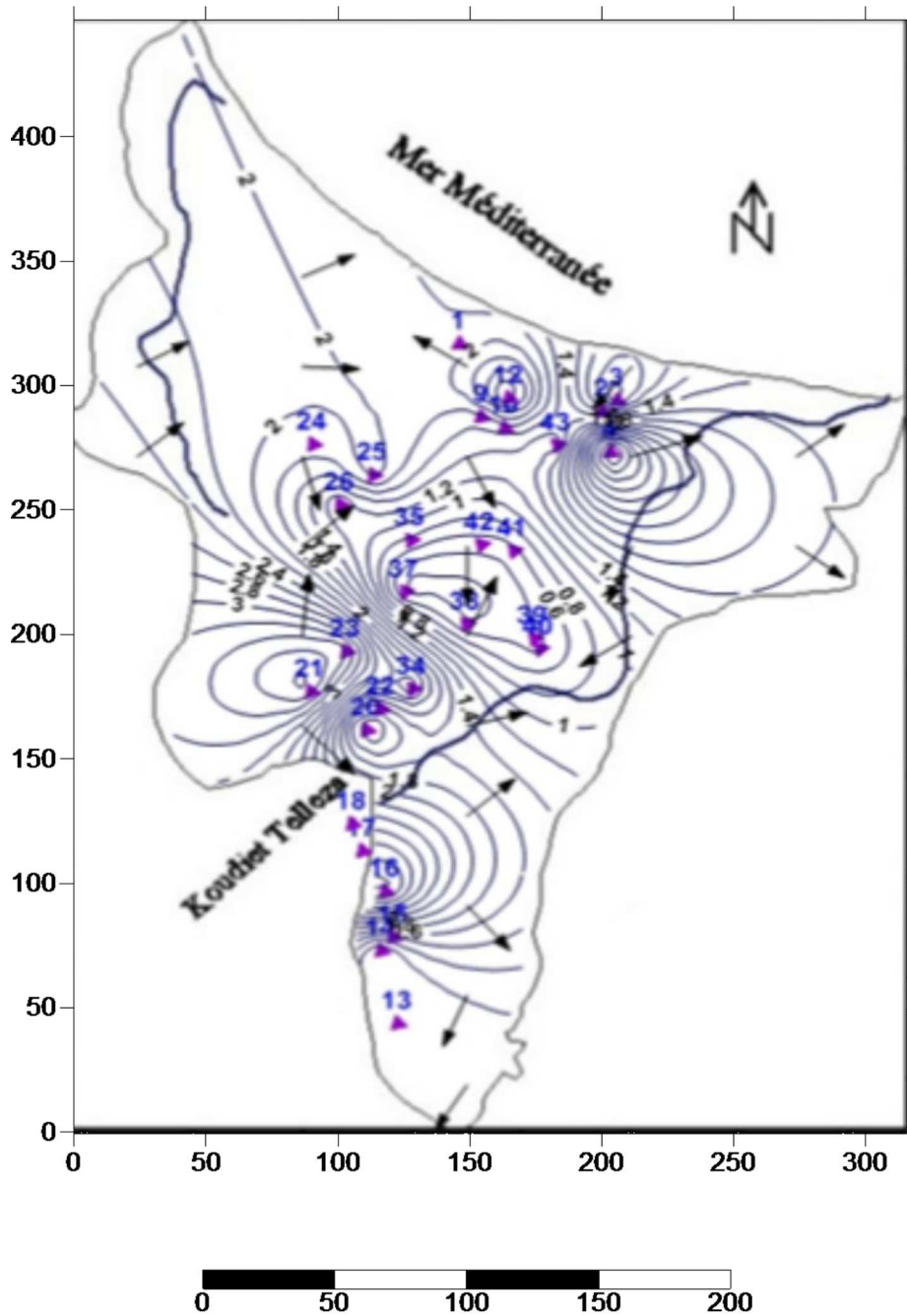


Figure. N° 20 : Carte piézométrique de Mai 2012

6. caractéristique hydrodynamiques de la nappe de Collo :

La détermination des différents paramètres hydrodynamiques est indispensable pour l'évaluation de la capacité du réservoir aquifère et l'étude du comportement général de la nappe vis-à-vis de l'exploitation. Dans la présente étude, nous allons interpréter les résultats des deux pompages d'essais exécutés aux niveaux des forages Ain Aghbel "FB" et GR1 de coordonnées relatives $X = 844.550$, $Y = 414.690$ et $X = 845.800$, $Y = 413.380$.

6.1. Répartition spatiale des transmissivités Fig. (21)

L'examen de la carte de transmissivité montre l'existence d'une zone de forte transmissivité de valeurs comprises entre $5,3 \cdot 10^{-2}$ et 10^{-2} m²/s se localisent en rive gauche de l'oued Guebli à l'aval de Koudiet Telezza, et comportant la majorité des forages reconnus productifs, ceci coïncide avec la présence de forte épaisseur des formations graveleuses et sableuses. Fig. (23).

En s'éloignant de cette zone la transmissivité diminue progressivement pour obtenir des valeurs très faibles $\approx 10^{-5}$ m²/s à l'Ouest de Koudiet Telezza et au Sud, correspondant à des formations marécageuses et limoneuses.

6.2. Répartition spatial des perméabilités (K) :Fig. (22)

L'étude de la carte de perméabilité représentée en Fig.(22) fait ressortir une zone plus étendue que celle de la carte de transmissivité se manifestant par de forte valeurs de perméabilité elle est remarqué au Sud et l'Ouest de la plaine ($K < 10^{-5}$ m/s).

En tenant compte des résultats obtenus, la variation latérale de perméabilité est due au changement de la granulométrie formant la nappe.

6.3. Relation entre nappe alluviale et oued Guebli

La relation entre la nappe alluviale et oued Guebli est bien visible dans la courbe de décente de forage GR1, où on remarque une quasi stabilisation a partir de $t=1500$ s. le essai de pompage montre que le lit d'oued Guebli est perméable et permet l'échange d'eau entre la nappe et l'oued Guebli.

Le forage GR1se situe en aval de Koudiet Telezza en rive gauche de l'oued Guebli, il est implanté dans le but de l'alimentation en eau potable de la ville de Collo. Ce forage capte une épaisseur de 20 m dans une nappe semi-perméable limité par un toit de limons sableux d'épaisseur de 4m semi-perméable et un substratum imperméable de marne. La couche aquifère est constituée de sables.

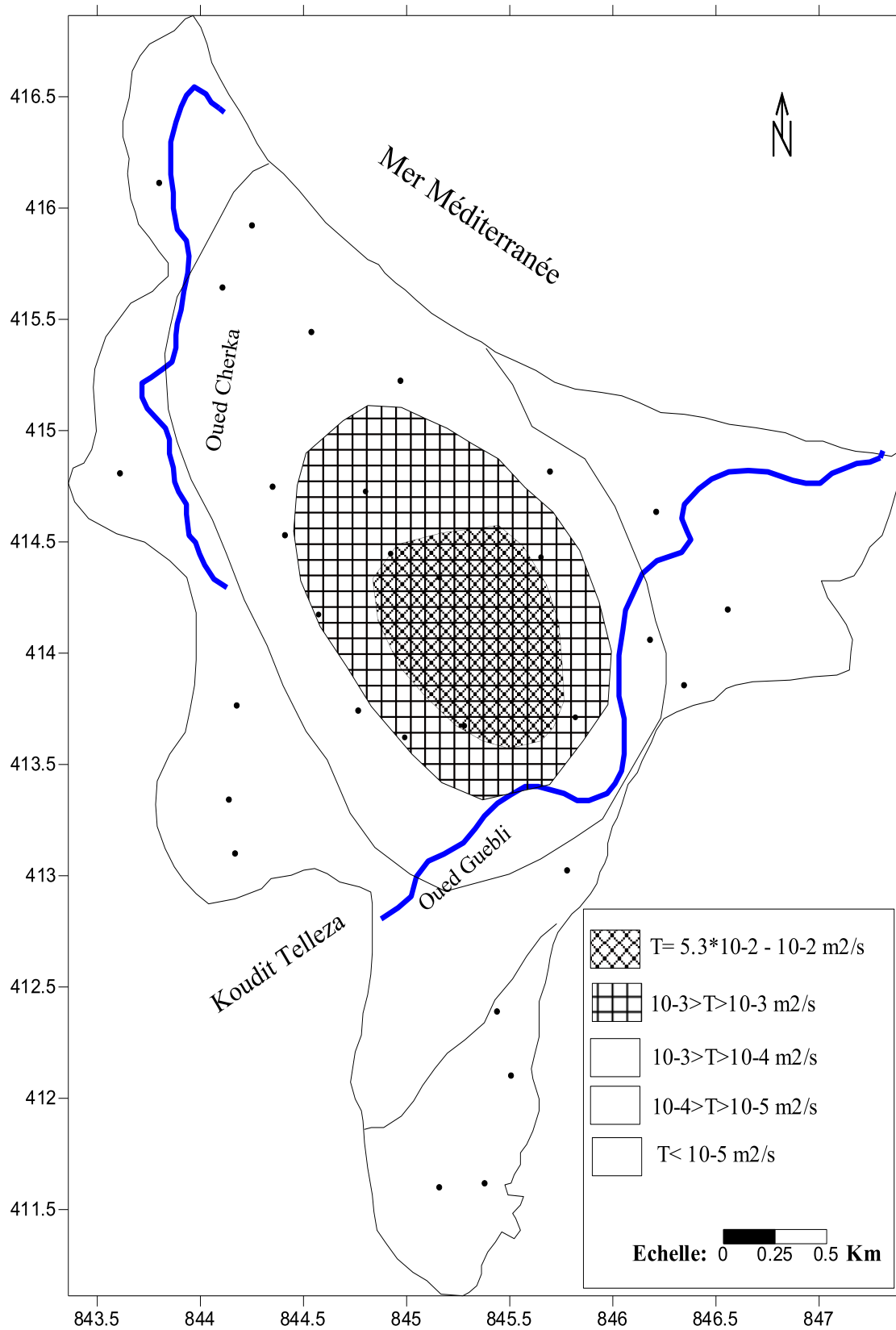


Figure. N°21 : carte des transmissivités (m^2/s)

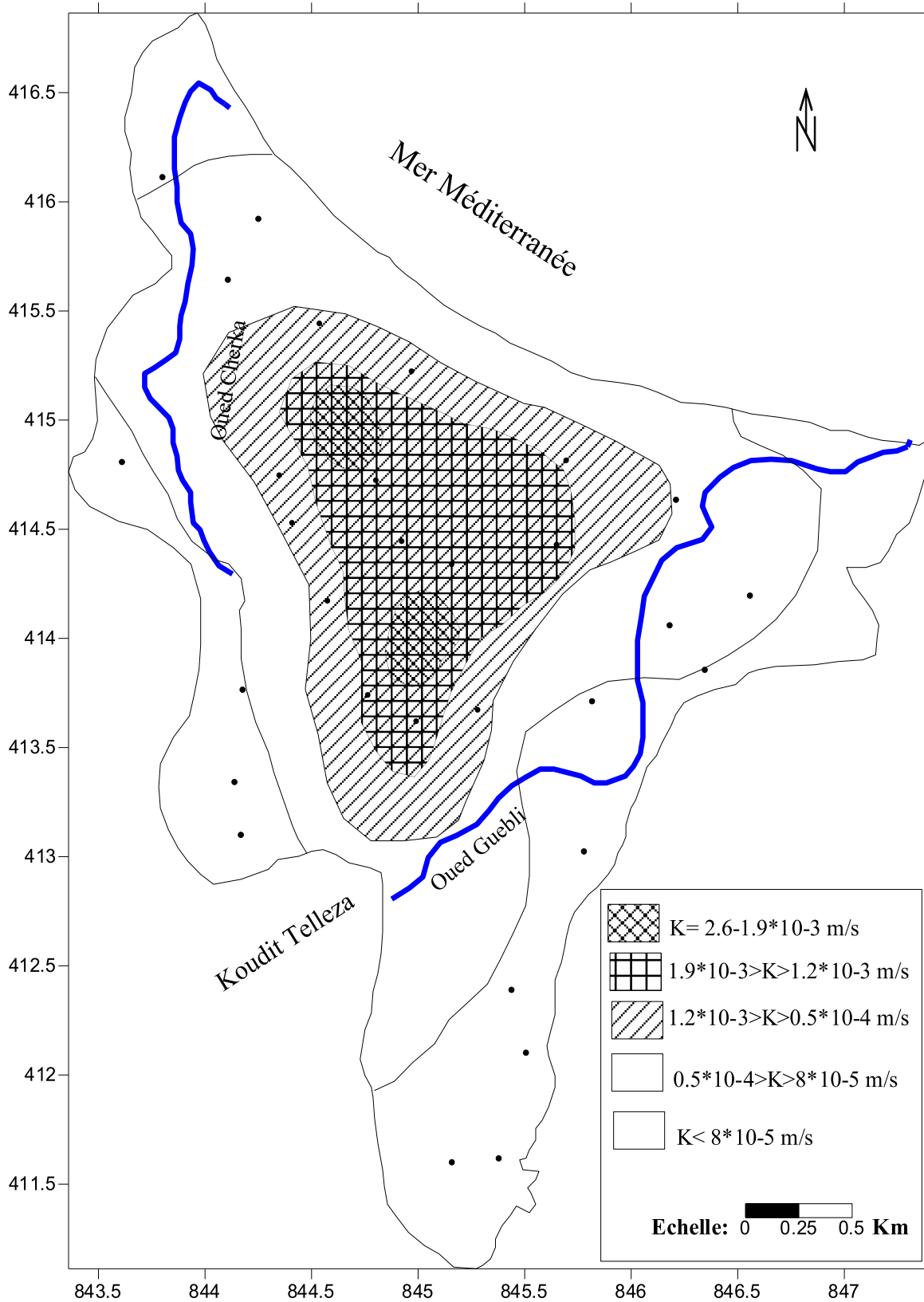


Figure. N°22 : carte des perméabilités (m/s)

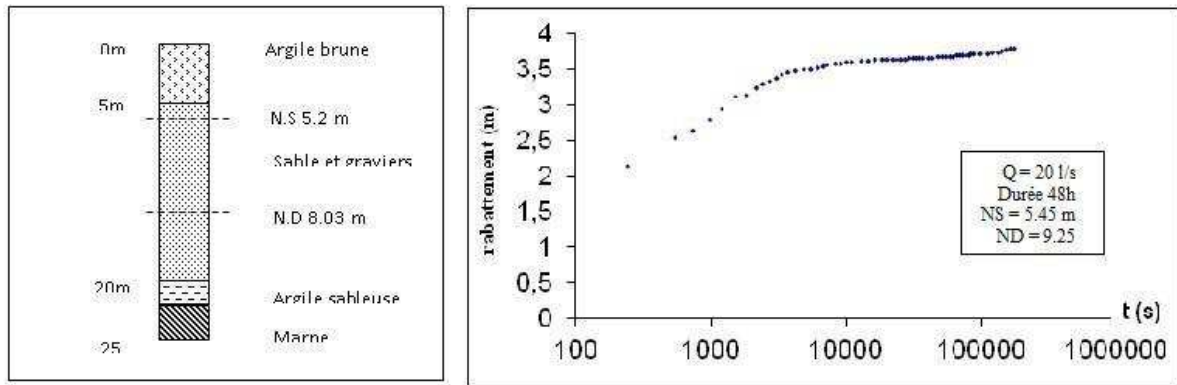


Figure. N°23 : Courbe de descente de forage GR1

7. Conclusion :

L'étude hydrogéologique complétée par la géophysique ainsi que la géologie et les données de forages ont permis de schématiser la géométrie de l'aquifère alluvionnaire. Il s'agit d'un aquifère libre au Nord devient captif à semi captif au Sud par changement de faciès lithologique.

L'analyse piézométrique a montré que la surface piézométrique a une morphologie non uniforme avec un écoulement de direction générale Sud-Nord, et un gradient hydraulique assez fort en bordure de la plaine diminuant en allant au centre de cette dernière. L'examen des coupes hydrogéologiques et l'interprétation des essais de pompage montrent bien la zone favorable à l'implantation des forages qui se situe à l'aval de Koudiet Telezza. L'interprétation des essais de pompages montre qu'il y a un échange d'eau entre la nappe et oued Guebli.

1. Introduction :

L'intérêt principal de cette étude, est de mieux caractériser la qualité des eaux souterraines de la plaine de Collo, ces variations dans l'espace et dans le temps, afin de contribuer à la connaissance du système de point de vue pollution Anthropique et naturelle.

Les eaux de la plaine de Collo se répartissent en deux groupes :

- les eaux de surfaces (les oueds Guebli et Cherka).
- Les eaux souterraines.

Trente échantillons ont été prélevés durant les deux campagnes de mesures terrain (Septembre 2004 et Avril 2005).

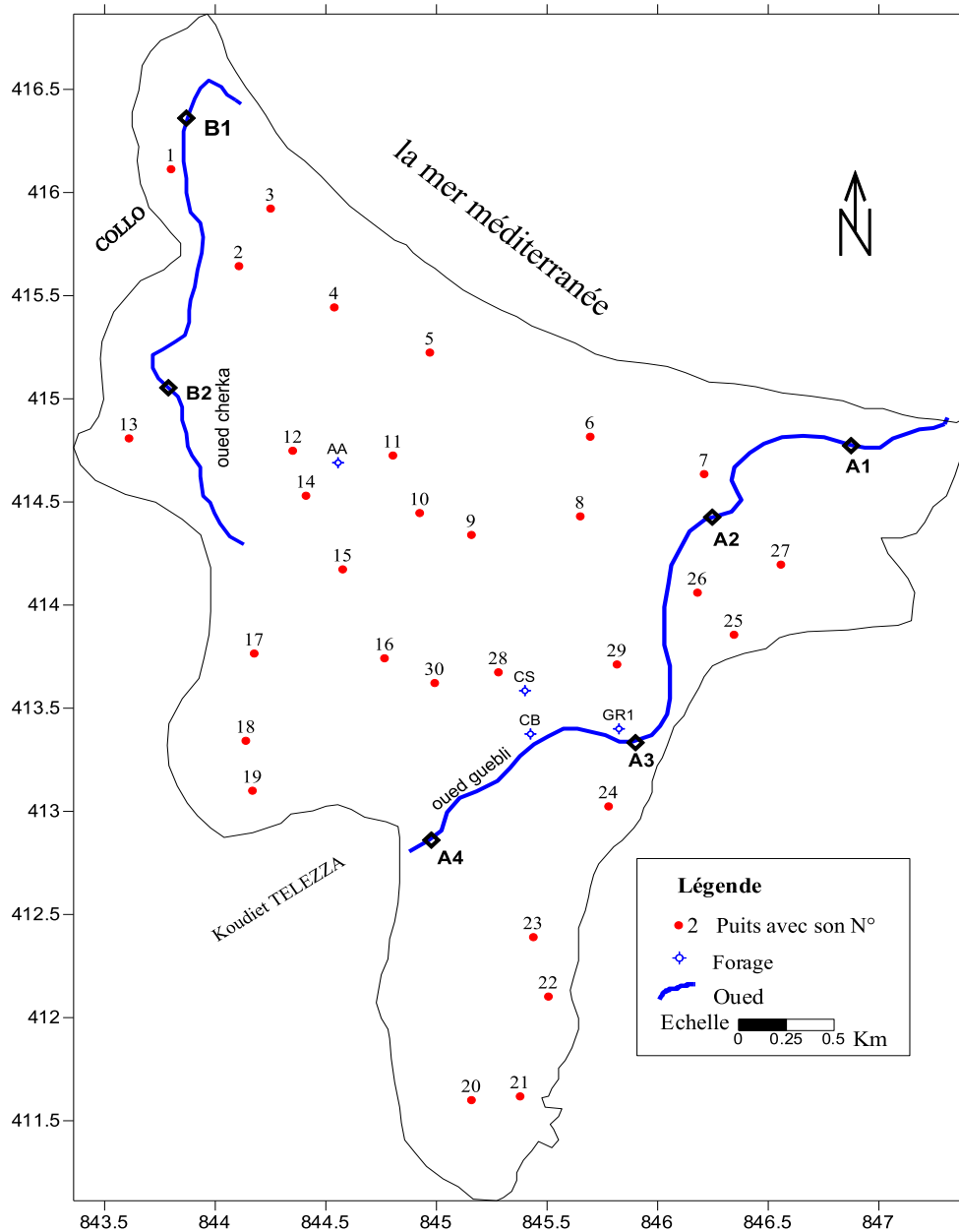


Figure. N° 24 : position des points de prélèvements (Superficielles et souterraines)

2. Détermination des faciès hydro chimiques :

Le traitement des analyses chimiques des deux campagnes, septembre 2004 et Avril 2005 a permis de déterminer pour chaque analyse considéré un faciès chimique dominant l'ensemble de ces résultats est résumé dans le tableau (13) :

Tableau .N°13: Les faciès chimiques des eaux de la plaine de Collo

Faciès chimique	Septembre 2004		Avril 2005	
	N ^{bre}	%	N ^{bre}	%
Bicarbonaté calcique	17	56.66	18	60
Chloruré calcique	5	16.66	2	6.66
Chloruré sodique	5	16.66	2	6.66
Sulfaté Calcique	1	3.33	6	20
Sulfaté sodique	1	3.33	-	-
Bicarbonaté sodique	1	3.33	2	6.66

Sur toute la période d'observation, on remarque que la moitié des puits (50%) présente un changement de faciès hydro chimique (Tableau 13). Et l'autre moitié à garder le faciès dominant entre les deux campagnes « Bicarbonaté calcique ». On explique le changement de faciès pendant la dite période par la pluviométrie (diminution et/ou augmentation des concentrations par dilution). La répartition du faciès bicarbonaté calcique qui représente 60% des échantillons est remarquable à l'intérieur de la plaine. Fig. (25.a, 25.b).

- Le faciès chloruré sodique représente respectivement 16.66% et 6.66% des échantillons durant les deux campagnes ; il se répand au rive Ouest de l'oued Guebli et au Nord de Koudiet Telleza. Il tire son origine à partir de l'intrusion marine et les formations salifères (les dépôts de Moi -Pliocène marin au Nord de Koudiet Telleza).
- Le faciès chloruré calcique représente 16.66% et 6.66% des échantillons durant les deux campagnes. On pense que ce faciès résulte de la dissolution des formations carbonatées ou aux échange de base entre Na^+ et Ca^{++} .
- Le faciès sulfaté calcique représente 20% des échantillons durant la deuxième campagne contre 3.33% durant la première campagne. On pense que ce faciès résulte de lessivage des formations gypsifères et carbonatées.

- Le faciès sulfaté sodique a disparue pendant la période des hautes eaux par contre le faciès bicarbonaté sodique apparaît, ceci résulte probablement de l'échange de base entre le calcium et le sodium.

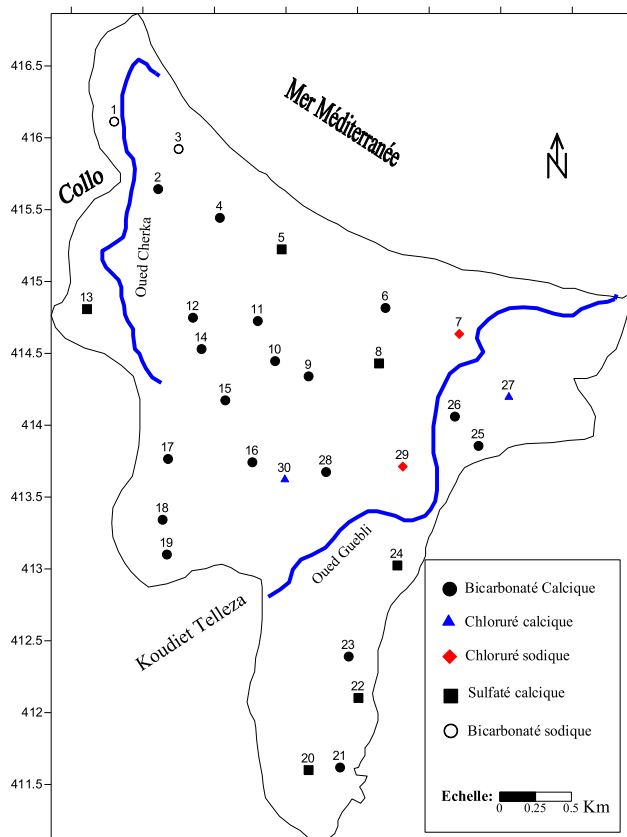


Fig N°25 a : carte de faciès hydrochimique (Avril 2005)

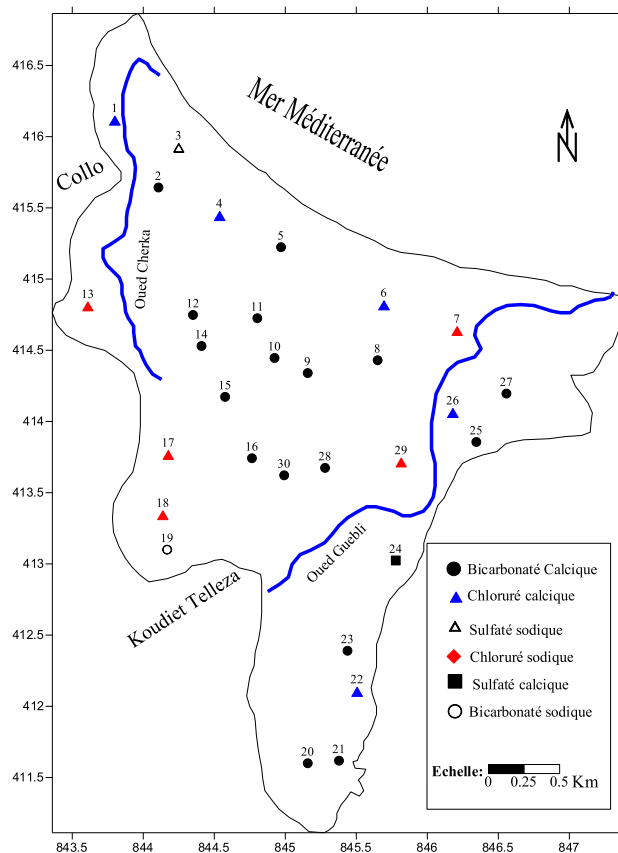


Fig. N°25 b: carte de faciès hydrochimique (Sep 2005)

La représentation des données physico chimiques sur le diagramme de PIPER Fig. (26) montre une variabilité du faciès chimique des eaux. Ces derniers sont positionnés entre deux pôles :

- Le pôle salifère qui se caractérise par un faciès chloruré sodique surtout sur les puits P7, P29, P17, p18. Ils sont positionnés au Nord Est et au Sud Est de la plaine, cela est sûrement du à l'existence des lentilles évaporitiques et à l'intrusion marine (pour le cas des puits 7 et 29).
- Le pole des carbonates représentés par un faciès bicarbonaté calcique du à la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3), soit la à la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4). La majorité des points caractéristiques de ce pole sont positionnés à l'intérieur de la plaine.

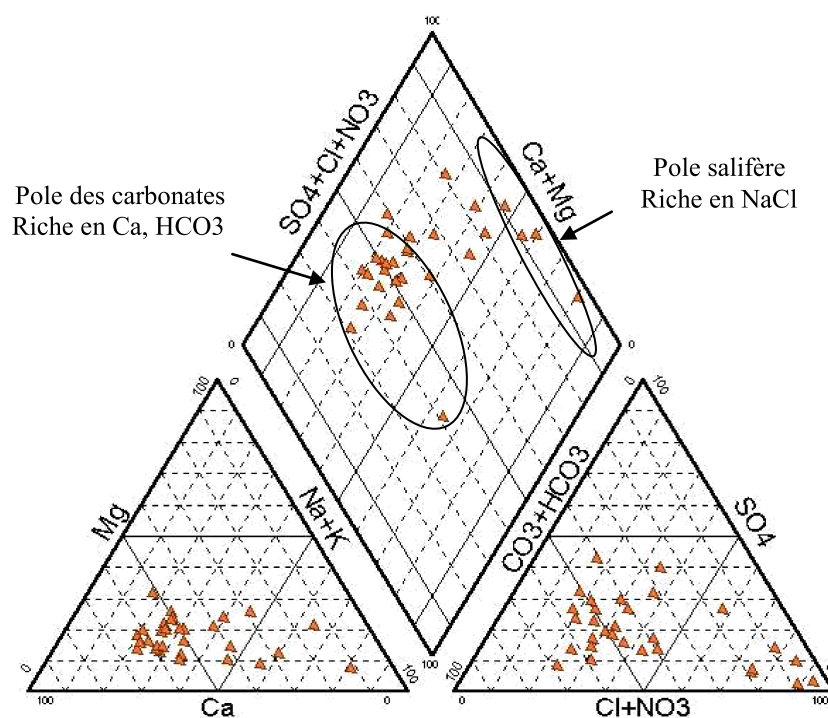


Figure. N°26 diagramme de Piper (Sep 2004)

3. Les paramètres physico chimiques des eaux :

3.1. PH :

Le pH est une mesure de la concentration en proton en solution. Les valeurs de pH ont été mesurées sur terrain.

Les eaux de la région d'étude montrent deux zones principales:

- Une zone où le pH est légèrement basique variant entre 7.40 et 7.97 dans la région Nord et Ouest de la plaine (P5, P6, P7 et P17, P18) liée probablement au faciès lithologique (Alluvions et des marnes du Pliocène marin).
- Et une zone où le pH est relativement faible (varie entre 6.4 et 7.20) au centre et à l'Est de la plaine.

3.2. Le potentiel d'oxydo- réduction (Eh) :

Le potentiel d'oxydo -réduction (Eh) est une mesure de la concentration des électrons en solution (en mV). L'Eh régnant dans le milieu de dépôt agit sur l'intensité de l'activité biologique, sur l'état d'oxydation de certains éléments (Fer, Mn...), et sur l'évolution de la matière organique :

- $Eh > 0$: milieux oxydants en contacts avec l'air (milieux aériens, aquatiques superficielles ou agités).

- $Eh < 0$: milieux réducteurs, à l'abri de l'air (milieux aquatiques calmes, eaux stratifiées, sols hydro morphes).

Les valeurs du potentiel redox des eaux de la zone d'étude ont été mesuré sur terrain, et sont exprimées en (mV) ou on note :

- Eh négatif presque dans toute la plaine, ce qui indique un milieu réducteur due probablement à la présence des bactéries réductrices.
- Eh positif au niveau des puits P12 et P13 ce qui indique un milieu oxydant (ici la nappe est captive ce qui mis en évidence l'existence des bactéries oxydants).

3.3. Conductivité électrique (CD) :

3.3.1. Les eaux souterraines : Fig. (27)

Les valeurs de la conductivité électrique des eaux souterraines de la zone d'étude ont été mesurées sur terrain et sont exprimés en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les mesures sont effectuées pendant deux périodes Septembre 2004 et Avril 2005.

CD $\mu\text{S}/\text{cm}$ (25°)

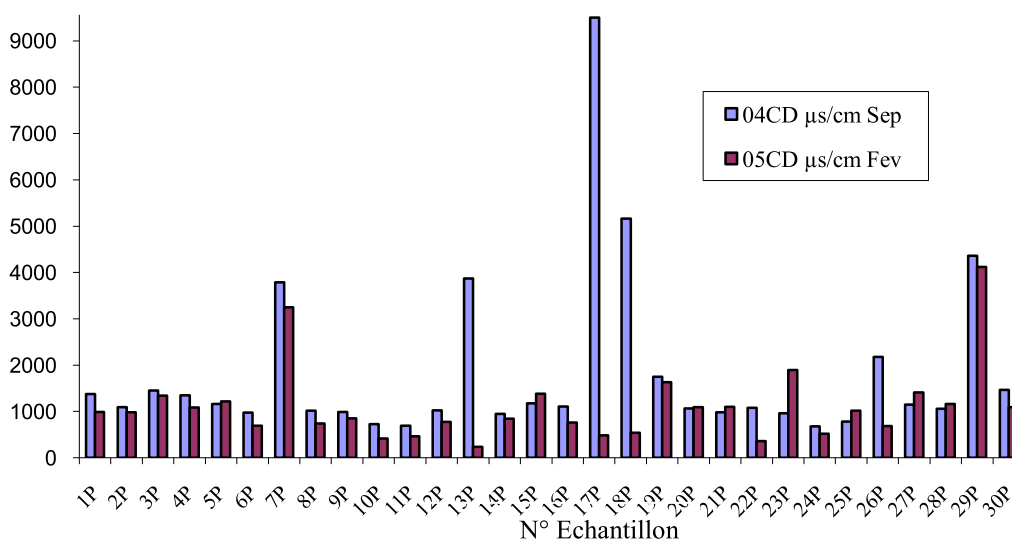


Figure. N°27: les valeurs de la conductivité électrique dans les eaux souterraines de la plaine de Collo pendant les deux périodes (Sep 2004/Avr 2005)

3.3.2. Les eaux superficielles :

En ce qui concerne la conductivité électrique des eaux superficielles les mesures sont effectuées sur terrain : Tableau N°(14).

- Pour l'oued Guebli quatre points de mesures ont été choisis de l'aval vers l'amont (A1, A2, A3, A4).
- Pour l'oued cherka on a choisi deux points de mesure (B1, B2).

Tableau N°14 : les valeurs de la conductivité électrique des eaux superficielles (Oued Guebli et Oued Cherka) pendant les périodes de mesure (Sep 2004/Avr 2005)

OUED GUEBLI			OUED CHERKA		
	Avr2005	Sep 2004		Sep 2004	Avr 2005
A1	1815 $\mu\text{s/cm}$	4000 $\mu\text{s/cm}$	B1	16670 $\mu\text{s/cm}$	7850 $\mu\text{s/cm}$
A2	842 $\mu\text{s/cm}$	3670 $\mu\text{s/cm}$			
A3	802 $\mu\text{s/cm}$	3270 $\mu\text{s/cm}$	B2	12730 $\mu\text{s/cm}$	5840 $\mu\text{s/cm}$
A4	772 $\mu\text{s/cm}$	1860 $\mu\text{s/cm}$			

3.3.3. Discussion des résultats :

Septembre 2004 : la conductivité varié de 686 à 9500 $\mu\text{s/cm}$, la plupart des échantillons présentent des valeurs relativement fortes. Les valeurs sont localisées en général aux rives de l'oued Guebli (P7 et P29), les valeurs sont respectivement 3790 et 4360 $\mu\text{s/cm}$. Au Nord de Koudiet Telleza (P17 et P18), les valeurs très forte enregistrent respectivement (9500 et 5160 $\mu\text{s/cm}$).

D'une façon générale la conductivité électrique au niveau des oueds Cherka et Guebli diminue dans l'espace de l'amont vers l'aval (voir tableau N°14) en raison de l'intrusion marine surtout au période des marées.

Avril 2005 : les valeurs de la conductivité électriques diminuer d'une façon remarquables durant cette période en raison de la dilution des eaux de surface et souterraines par les eaux de pluie (effet de dilution).

On note qu'il y a une diminution de la conductivité dans le temps, où on a des valeurs faibles à la période des hautes eaux (Avril 2005) dues à la dilution, et les valeurs fortes en basses eaux (Sep 2004) due à la concentration des eaux par l'évaporation.

La variation de la conductivité dans les eaux de la plaine de Collo semble être liée au phénomène conjugué concentration- dilution dans le temps.

3.3.4. La dureté total : TH (°F)

Elle exprime la teneur de l'eau en sels de calcium et de magnésium. Dans le secteur d'étude, la dureté totale est très variable allant de 13.2 à 108°F.

37 % des puits analysés représentent une dureté $< 30^\circ\text{F}$, ils sont localisés au Nord de la plaine due à la pauvreté des sols en formations carbonatées. Tandis que les eaux qui ont une dureté comprise entre 30 et 50°F sont dures elles sont représentées par 6 échantillons soit 20% des puits analysés. Cependant certaines eaux ont une dureté très élevées $> 50^\circ\text{F}$, elles sont au nombre de 11 échantillons soit 36% des puits analysés localisées au Sud et à l'ouest de la plaine, cette région est connue par l'abondance des formations Gypseuses.

Carte de conductivité mai 2012

4. Origines des éléments majeurs existants dans les eaux de la nappe :

4.1. Le couple $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$.

Les points présentent une tendance à l'alignement, ce qui peut indiquer une origine commune des deux éléments, vraisemblablement une dissolution de l'halite. On remarque cependant un écartement de quelques points qui représentent des fortes teneurs en chlorures ce qui laisse supposer d'autre origine ou une zonalité spatiale de la minéralisation. Cela est remarqué à l'ouest de la plaine (P26, P7, P29) et au Nord de Koudiet Telleza.

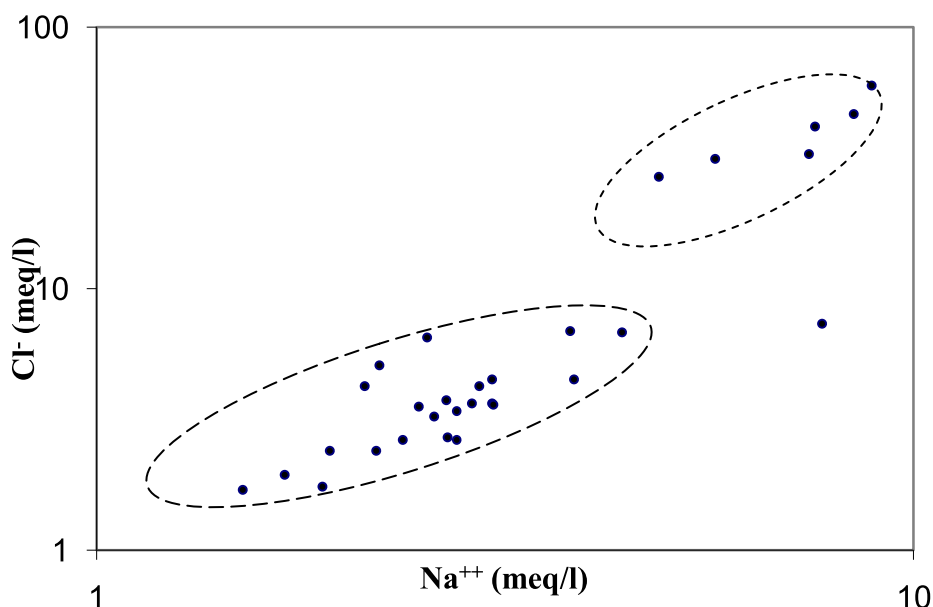


Figure.N°28: la relation chlorures sodium dans les eaux souterraines (Septembre 2004)

4.2. Le couple Ca^{++} - SO_4^{2-} :

On remarque deux familles distinctes, l'une caractérise une eau forte teneur en calcium (à l'ouest de la plaine) due au lessivage des formations carbonatée, et l'autre en sulfate (vers le sud de la plaine) qui résulte probablement par le lessivage des niveaux gypseux

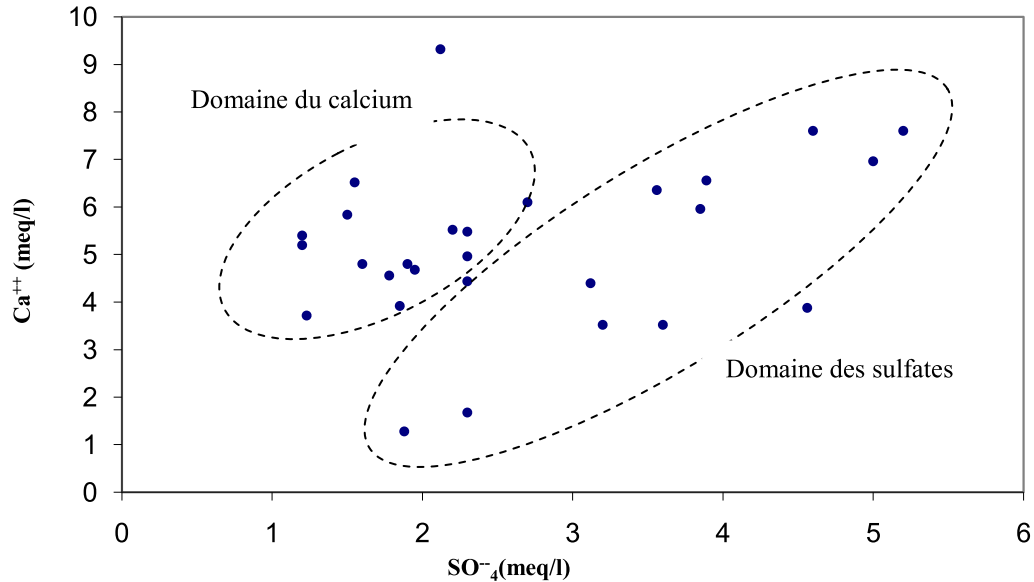


Figure.N°29 :la relation sulfate-calcium dans les eaux souterraines (Sep 2004)

4.3. La relation Na^+ - SO_4^- :

On remarque que la majorité des points présentent un excès de sulfates vis-à-vis le sodium (toujours vers le sud de la plaine), seulement cinq échantillons présentent un excès de sodium au Nord Est de la plaine au voisinage de l'Oued Guebli due à une alimentation latérale de la nappe par l'oued.

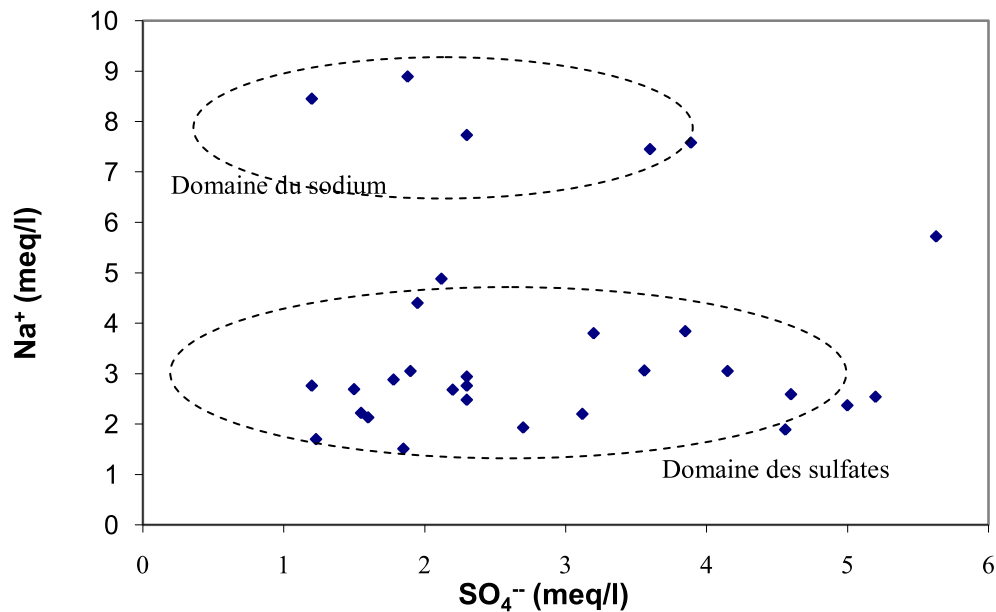


Figure. N°30: La relation sulfates sodium dans les eaux souterraines (Septembre 2004)

4.4. La relation Ca^{++} - Mg^{++} :

Suivant la figure (31) nous constatons qu'il y a une bonne corrélation entre les deux éléments ce qui nous permet de dire qu'ils sont la même origine (origine carbonaté) à l'exception de quelques points qui présentent des teneurs forte en magnésium (sud Est de la plaine) due au fort lessivage, mettant en solution rapidement les ions Mg^{++} par rapport à ceux de Ca^{++} c'est une dissolution sélective.

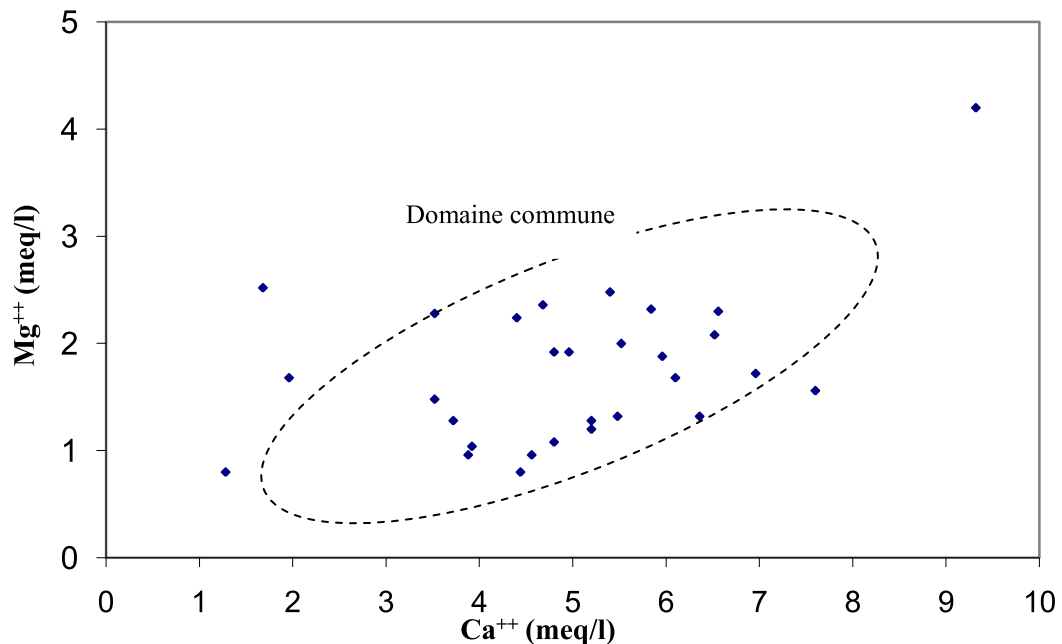


Figure. N°31 : La relation calcium magnesium dans les eaux souterraines (Septembre2004)

5. Campagne de mesure mai 2012 :

5.1. Carte de la conductivité mai2012 :

La carte de conductivité de mai 2012, montre que la conductivité de la nappe alluviale de Collo varie entre 3160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 353 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductivité augmente en allant de sud vers le nord et de l'est vers l'ouest, au Sud Est la nappe est captive à cause de l'existence d'une couche protectrice formée par des argiles et d'évaporites, la dissolution de ces derniers augmentant la conductivité des eaux des puits. Dans la partie sud la conductivité est faible due aux formations sableuses qui constituent la nappe et le mauvais drainage des eaux d'irrigation, où on constate que une quantité des sels des eaux de la nappe est consommé par les plantes ou fixé par la couche de sol argileuse.

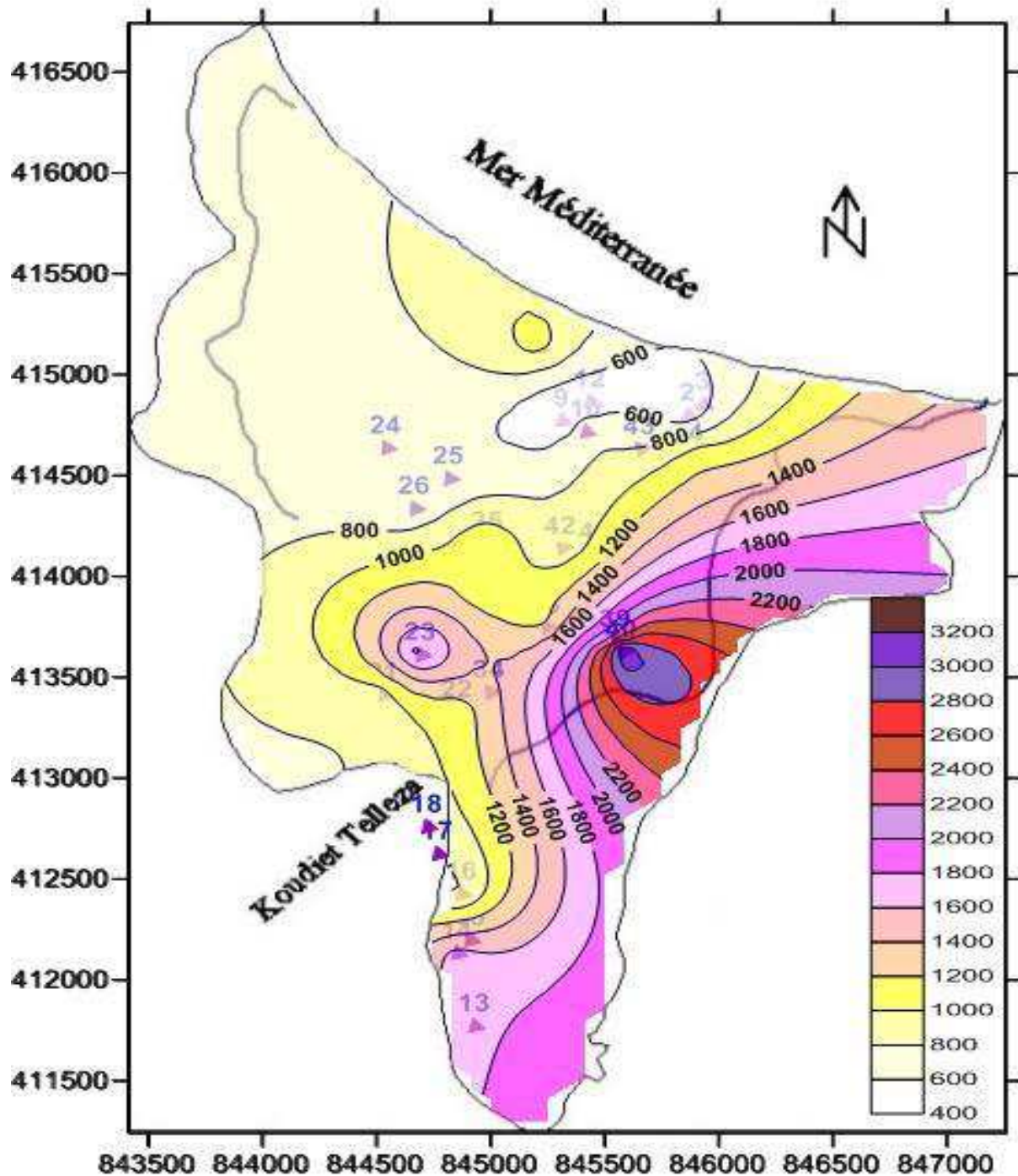


Figure .N° 32 : Carte de la conductivité mai2012

5.2 .Carte de la Salinité mai2012 :

La carte de salinité montre que la salinité de la nappe alluviale de collo est variée entre 1.1 g/l et 0.1 g/l, nous remarquons une grande ressemblance avec la carte de conductivité ; La salinité augmente en allant de sud vers le nord et de l'est vers l'ouest, à l'inverse, dans la partie sud la

salinité

est

faible.

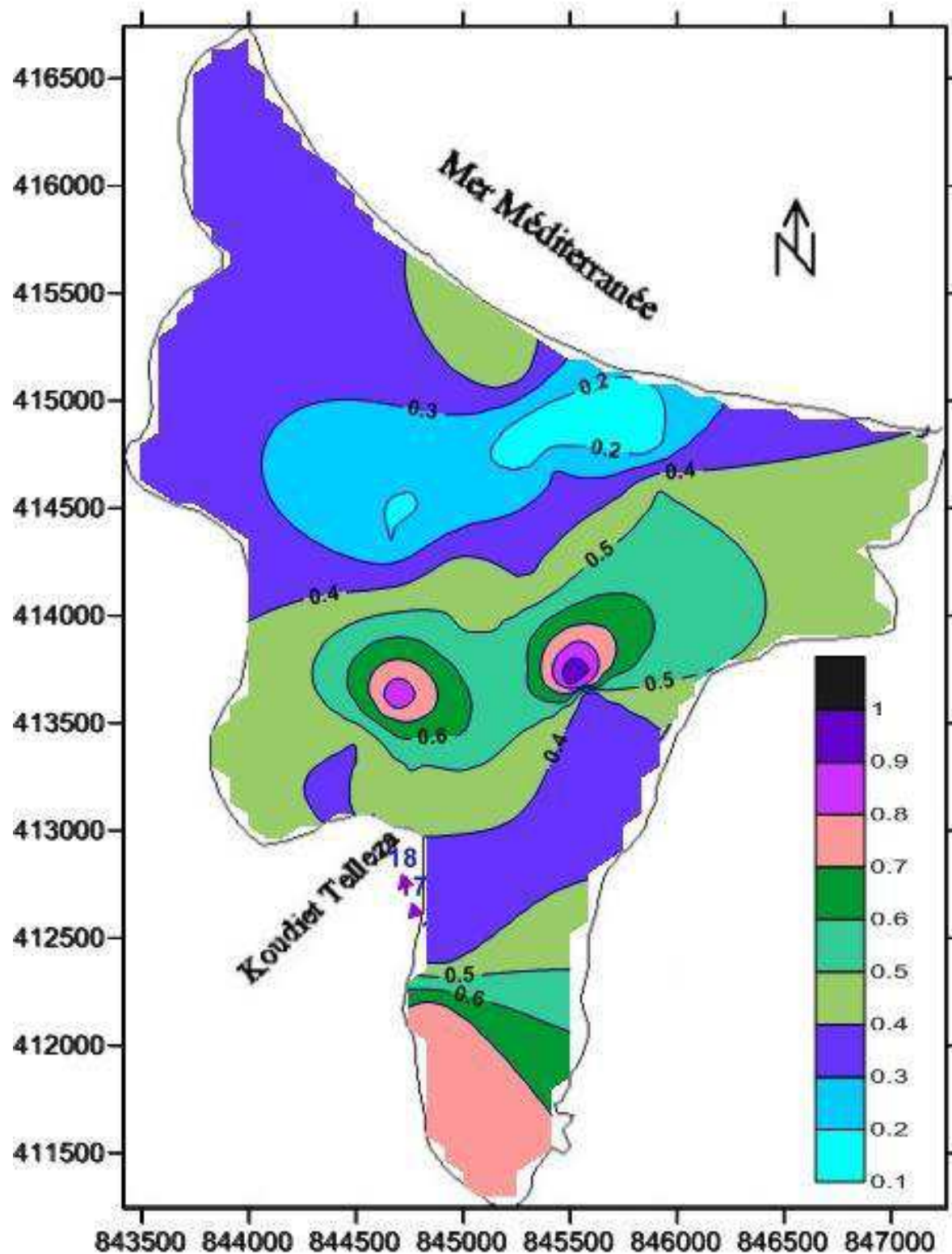


Figure .N° 33 : Carte de la Salinité mai2012

6. Pollution anthropique :

Le développement urbain, agricole, et industriel entraîne souvent une pollution rapide des eaux souterraines par les formes chimiques de l'azote, surtout celle de nitrate, en raison de leur grande solubilité et leur faible affinité aux échanges ioniques (Macko et Ostrom, 1994 Stumm et Morgan, 1996). Les autres formes de l'azote apparaissent seulement dans des conditions réductrices.

6.1. Cas des nitrates :

Les nitrates NO_3^- représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble. Sa présence dans les eaux souterraines est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques. Dans le cas de la nappe de Collo les teneurs maximales en nitrates sont observées au Nord de la plaine (150 mg/l au puits P4).

La valeur guide étant 40mg/l, 40% des échantillons (Fig. N°34) ayant une concentration qui dépassent cette valeur indiquant une pollution de l'eau (le cordon Nord et le rive Ouest de l'Oued Guebli).

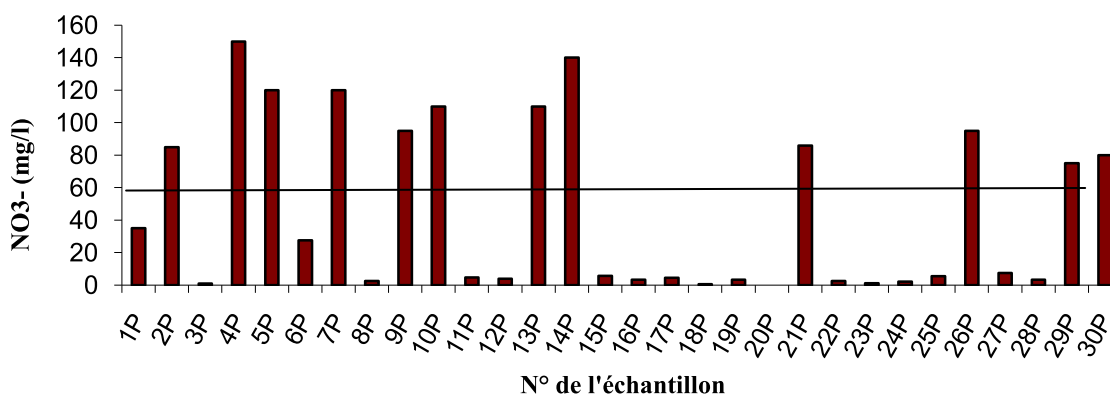


Figure.N°34 :Concentration des nitrates dans les eaux souterraines de la plaine de collo (Avr 2005)

6.2. Cas des nitrites :

Les nitrites ou l'azote nitreux , représentent une forme moins oxygénée et moins stable, elle représente la forme du passage entre les nitrates et l'ammonium, c'est une forme toxique Plus de 33% des échantillons ayant des concentrations supérieures à la norme (0.1 mg/l selon OSEC Suisse) les valeurs les plus élevées sont observées au Nord de Koudiet

Telleza 0.4mg/l au puit P13 et 0.2mg/l au puit P19) elles sont due à l'effet de réduction de la forme de nitrate Fig. N°(35).

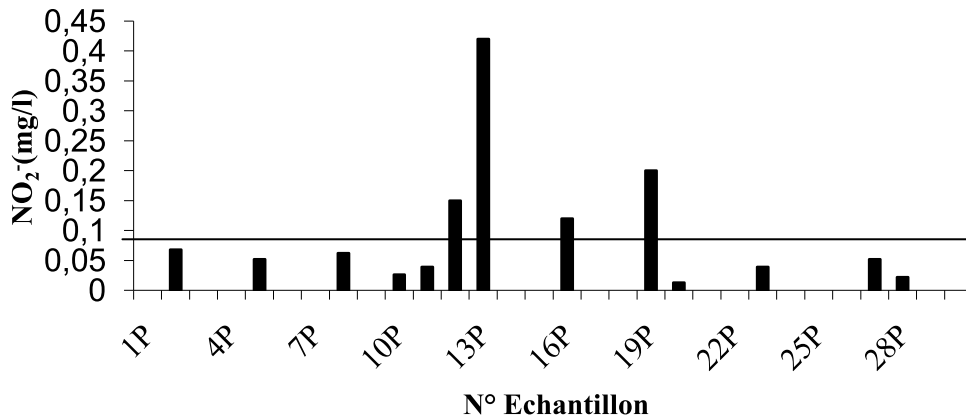
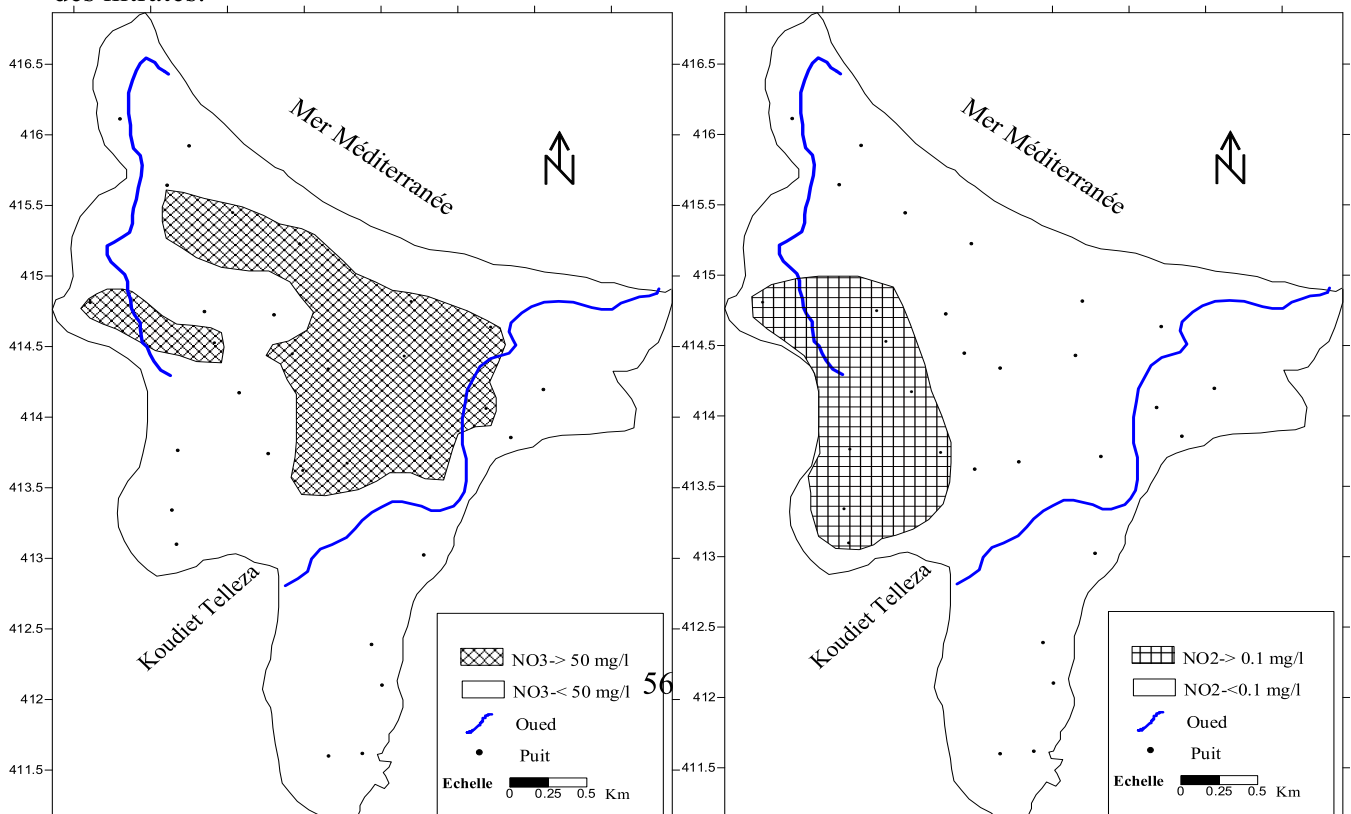


Figure.N°35 :concentration des nitrites dans les eaux souterraines de la plaine de Collo (Avr 2005)

L'observation de la variation spatiale des teneurs en nitrate et nitrite reflète un phénomène assez connu (Khérici 1993) en hydrogéologie. Les deux figures (36, 37) montrent une variation liée à la couverture de la nappe autrement dit, on constate des valeurs fortes en nitrate aux endroits où la nappe est libre (absence du toit imperméable), et des valeurs faibles en NO₃⁻ et forte en NO₂⁻ aux endroits ou la nappe est protégée par un toit imperméable. Donc nous assistons à un passage nappe libre- nappe captive par la réduction des nitrates.



6.3. Cycle de l'azote : Fig. (38)

Le transfert de l'azote dans le sol se fait selon les conditions d'oxydoréduction et les réactions biologiques suivant (Fig.38).

Le transfert de la forme ammonium vers les nitrites et les nitrates se fait par oxydation, cette réaction est rapide en présence de l'oxygène. La forte teneur en CO_2 et la faible teneur en oxygène accroissent la concentration en ammonium dans l'eau

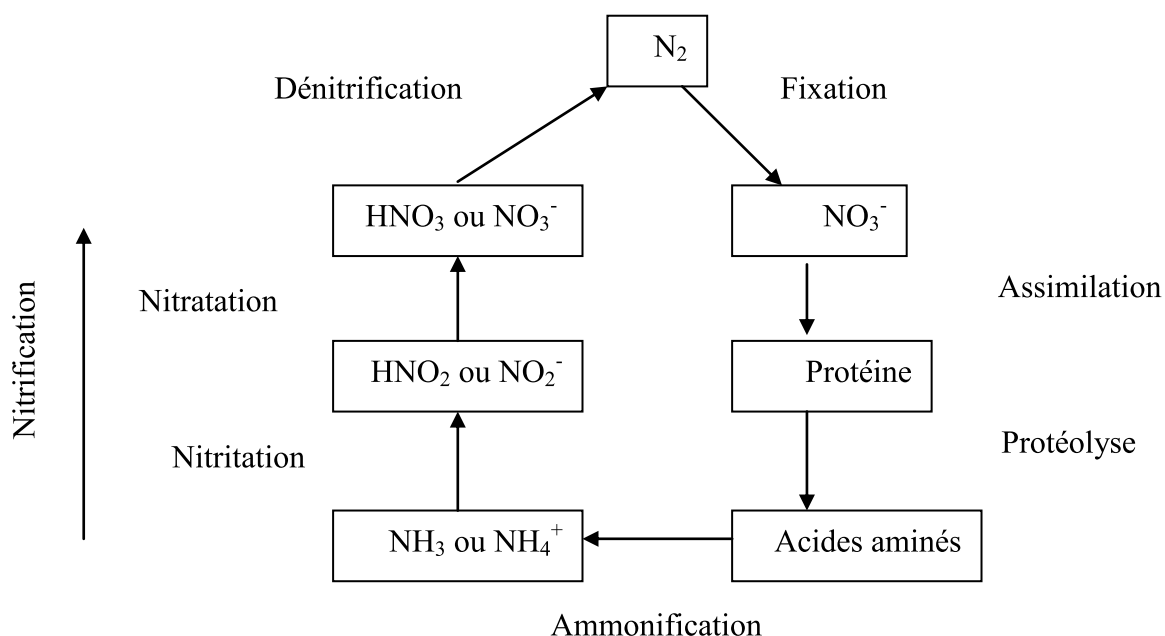


Figure. N° 38 : Cycle de l'azote

6.4. Cas des phosphates (PO_4^{3-}) : Fig. (39)

Le phosphate peut se trouver sous différentes formes oxydées, méta HPO_3 , pyro $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ET ortho H_3PO_4 en milieux aqueux les formes méta et pyro tendant vers la forme ortho pour des pH de 5 à 8. les réactions chimiques entre les différentes formes de phosphate sont données par :



Les fortes concentrations sont observées au puit P22 (0.82 mg/l en PO_4^{3-}) situé près de la décharge public de Ben ZOUITE et au niveau des puits P5 (0.70 mg/l PO_4^{3-}) et P11 (0.65mg/l PO_4^{3-}) situé à l'intérieur de l'agglomération de Ouled MAAZOUZ.

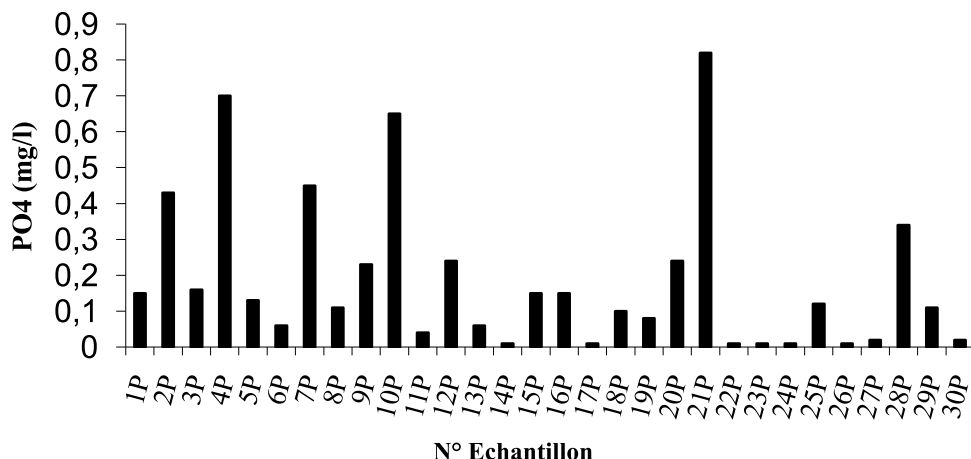


Figure. N° 39: concentration des phosphates dans les eaux souterraines de la plaine (Avr 2005)

Directement sur la plaine, ces rejets contiennent tout genre de produits soit métallique, plastiques ou organiques. Le lessivage des sols pollués contenant ces rejets par les eaux de pluie entraîne une infiltration de ces produits dans les eaux superficielles et souterraines.

7. Eléments métalliques en traces :

7.1 Fer (Fe) :

cet élément chimique est souvent rencontré dans la nature. La présence de fer dans l'eau peut avoir diverses origines : naturelle par le lessivage des terrains argileux, artificielle par les industries (métallurgiques, sidérurgique). Dans le cas de la plaine de Collo les concentrations en fer dans les eaux souterraines sont souvent faibles, elles varient entre 0.01 mg/l à 0.15 mg/l (campagne de Avril 2005).

7.2. Plomb (Pb) :

Le plomb se présente sous la forme de sulfures (galène), de carbonates (cérusite) et phosphates (pyrophosphite). Dans l'industrie, on le trouve dans la fabrication des accumulateurs acides, de la soudure, des pigments.

La majorité des points d'eau présentent des concentrations inférieures aux normes de potabilité (0.05 mg/l) sauf dans certains points où on observe des concentrations relativement élevées au puits P5, P22, P3, P20 qui atteignent 0.13 mg/l. nous expliquons ces teneurs par les différentes origines du plomb :

a) Origine géologique : une étude géologique de la plaine montre qu'elle est dépourvue des formations qui peuvent être l'origine du plomb telle que le galène (PbS), ou le cérusite. Ce qui met en évidence d'autre origine.

b) Origine agricole : une analyse a été effectuée sur les engrais chimiques utilisés dans l'agriculture. Un échantillon a été prélevé sur le produit NPK utilisé fréquemment à l'agriculture. Il a été dissous dans l'eau distillée puis la solution a été filtrée et analysée. Aucune trace de plomb n'a été détectée.

c) Origine industriels : une étude bibliographique a été faite sur l'origine industrielle du Plomb montre que la principale source du plomb sont les combustibles fossiles (emploi de plomb tétraéthyl dans les carburants comme antidétonant, et les tuyaux en plomb ou les brasures de plomb). Et puisque la région d'étude compte deux stations d'hydrocarbures et plusieurs dizaines de pompes immergées qui utilisent souvent de la tuyauterie en plomb elles peuvent être la source principale de cet élément.

7.3. Cadmium (Cd^{2+}) :

Le cadmium est un métal relativement rare dans la nature. Sa stabilité dans l'eau est en fonction du pH et de Eh. Les analyses chimiques rapportées sur dix points d'eaux répartis dans toute la plaine montrent des valeurs inférieures à la concentration minimale de détection de l'appareillage (< 0.025 mg/l).

8. Vulnérabilité de la nappe à la pollution

8.1. Introduction :

Les cartes de vulnérabilité aux pollutions constituent une base d'information essentielle pour la gestion des ressources en eau, pour l'évaluation des risques de pollution des nappes et la mise en place de mesures destinées à la prévention des pollutions accidentelles.

Les caractéristiques à prendre en compte pour l'évaluation de la vulnérabilité sont de deux sortes : données principales et données secondaires.

Une étude bibliographique montre qu'actuellement, il existe plusieurs méthodes pour l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines. Les méthodes qui sont développées peuvent être classées en trois groupes :

- **Méthodes des systèmes paramétriques :** il se compose de trois sous systèmes qui sont :

- **Le système matriciel** : ce système qui est adapté pour une utilisation locale, se base sur un nombre limité de paramètres, judicieusement choisis. On procède à une combinaison de classes pour définir de façon descriptive le degré de vulnérabilité des aquifères.
- **Le système de classe**: pour ce groupe on définit un intervalle pour chaque paramètre jugé nécessaire pour l'évaluation de la vulnérabilité, ensuite on subdivise chacun des intervalles retenus en fonction de la variabilité du paramètre en question. Le score final qui résulte de la sommation (ou multiplication) de chaque note attribuée pour les différents paramètres devrait être divisé par le nombre de classes retenues.
- **Le système de classes pondérées**: ce groupe de méthodes est basé sur l'affectation de notes aux paramètres qui sont retenus jugés nécessaires pour l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines en définissant des intervalles comme c'est le cas pour les autres méthodes citées auparavant. Par la suite une pondération est attribuée pour chaque paramètre selon son importance dans l'évaluation de la vulnérabilité.
- **Méthodes de comparaison** : utilisées essentiellement pour des aires d'étude très étendues et prend en considération 2 à 3 paramètres.
- **Méthodes des relations analogiques et modèles numériques** : basées sur des lois mathématiques simples ou complexes. Conseillées pour l'évaluation de la vulnérabilité des sites radio actifs.

8.2. Application de la méthode GOD (Foster 1987) :

8.2.1. Présentation de la méthode :

Ce système a été développé par Foster, il est illustré par la Fig. N°(40). Il présente la vulnérabilité de l'aquifère face à la percolation verticale de polluants à travers la zone non saturée et ne traite pas de la migration latérale des polluants dans la zone saturée.

Cette méthode est basée sur l'identification de trois critères :

- Type de nappe (Groundwater occurrence) ;
- Type d'aquifère en termes de facteurs lithologiques (Overall aquifer class) ;
- Profondeur de la nappe (Depth to groundwater table).

Le but de cette méthode est de réaliser une estimation rapide de la vulnérabilité d'un aquifère. L'indice de vulnérabilité est obtenu selon l'équation suivante : $I = C_G * C_O * C_D$ où C_G = cote du type d'aquifère, C_O = cote de la lithologie, C_D = cote de la profondeur à la nappe.

La vulnérabilité augmente avec l'indice et la classification, elle se fait en cinq classes allant de 0 à 1

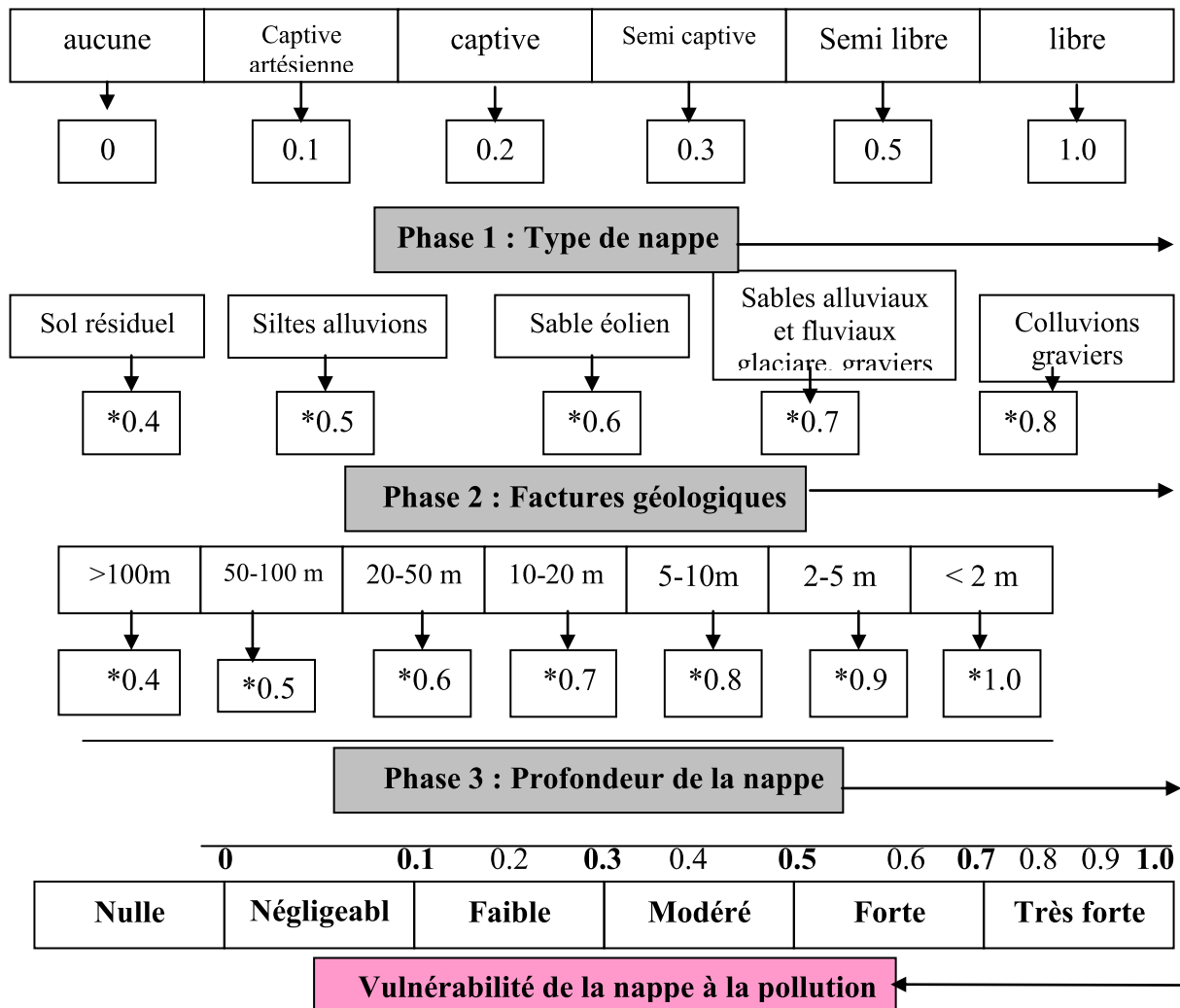


Figure .N°40: Système empirique GOD pour une estimation rapide de la vulnérabilité D 'un aquifère (d'après Foster, 1987)

La plaine de Collo est un bassin de sédimentation d'origine tectonique, dans lequel se sont accumulées au Tertiaire et au Quaternaire d'importantes formations détritiques. Le principal réservoir d'eau souterraine de la plaine est contenu dans les dépôts alluvionnaires du Plio-quaternaire. L'ensemble repose sur un substratum imperméable constitué essentiellement par des marnes du Miocène. La profondeur de la surface de la nappe varie

généralement entre 0 à 2 m au Nord et au Sud de Koudiet Telleza et entre 2 à 5 m au Nord Est de la plaine.

La nappe est libre à semi libre au Nord et captive à semi captive à l'Ouest et au Sud de la plaine. La zone non saturée formé essentiellement par des sables peut limoneux au Nord, vers le Sud il devient de plus en plus limoneuse à limoneux-argileux.

8.2.2. Préparation des données : Les cartes des différents paramètres pris en compte pour l'élaboration de la carte de vulnérabilité verticale à la pollution de la nappe ont été choisi à le même échelle (1/25000).

8.2.3. Digitalisation : chaque paramètre à été digitalisé (SURFER 8.01) et sauvegarder, l'ensemble des données digitalisées constitue la base de données nécessaire pour l'élaboration de la carte de vulnérabilité.

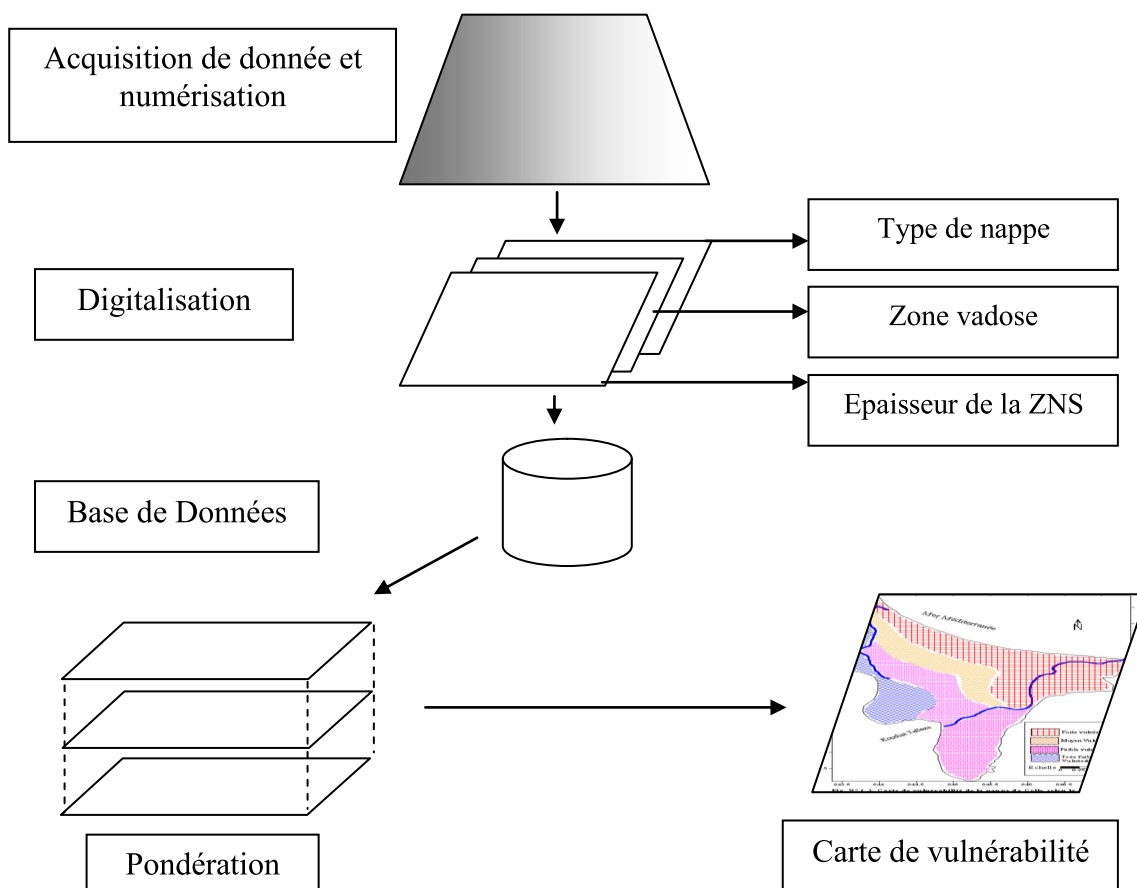


Figure. N°41 : méthode utilisé pour la réalisation de la carte de vulnérabilité

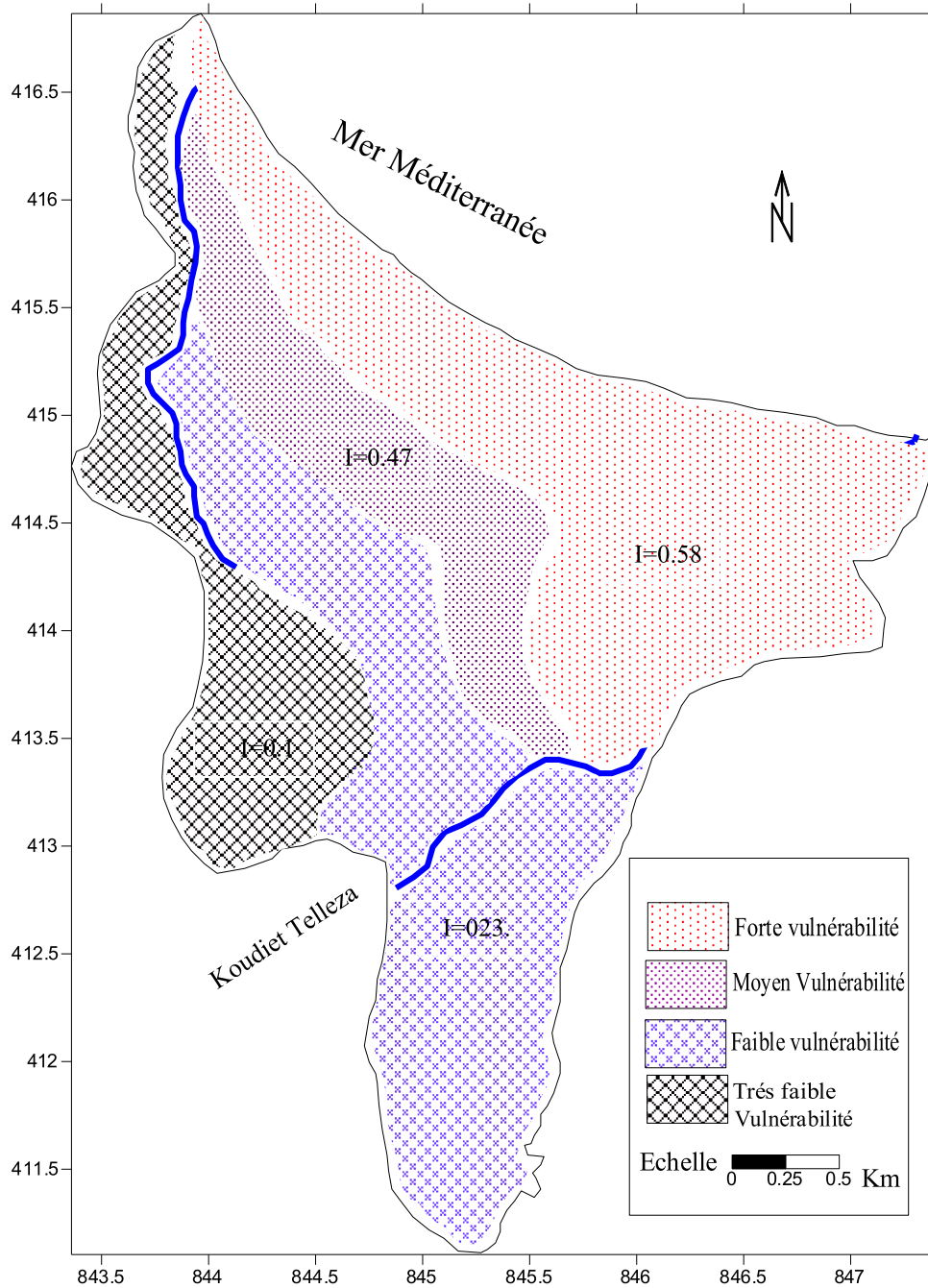


Figure . N°42:carte de vulnérabilité de la nappe de Collo selon la méthode GOD

8.3. Présentation de la carte de vulnérabilité de la plaine de COLLO

La carte obtenue montre que la nappe de Collo est globalement de forte vulnérabilité au Nord à très faible au Sud Est de la plaine.

Dans un premier temps on a attaché à cartographier la vulnérabilité intrinsèque de la nappe de Collo en se basant sur les caractéristiques du milieu physique en relation avec la nappe. Cependant, un critère de vulnérabilité spécifique (biseau salé) majeur dans le contexte insulaire sera également pris en compte (Bézègues. S et des gares. E 2002) ; il s'agit de la présence d'un biseau salé sur le Pourtour de la plaine (voir chapitres précédents).

Le risque de mobilisation du biseau salé est directement lié à la profondeur de l'interface eau douce/eau salée ; il peut être appréhendé de façon directe ou indirecte :

- à partir de données existantes et par calcul sur la base de la piézométrie des nappes ;
- à partir de données recueillies au cours d'une campagne de mesures spécifique.

Dans le souci de construire une carte de vulnérabilité d'utilisation pratique pour les gestionnaires de l'eau et renseignée sur l'aléa pollution, il sera utile de faire une carte de risque basée sur les principaux sites susceptibles d'émettre une pollution.

9. Conclusion

L'étude hydrochimie de la plaine de Collo, on a deux faciès dominants l'une bicarbonatée Calciq ou sodique et l'autre chlorure sodique ou calciq. La dominance de ces faciès liée D'une part a la géologie locale de la région et d'autre part a la situation des points d'eaux par rapport à l'Oued Guebli et Oued Cherka,

Le développement urbain, agricole, et industriel entraîne souvent une pollution rapide des eaux souterraines par les formes chimiques de l'azote, surtout celle de nitrate, en raison de leur grande solubilité et leur faible affinité aux échanges ioniques. Les autres formes de l'azote apparaissent seulement dans des conditions réductrices.

Les cartes de vulnérabilité aux pollutions constituent une base d'information essentielle pour la gestion des ressources en eau, pour l'évaluation des risques de pollution des nappes et la mise en place de mesures destinées à la prévention des pollutions accidentelles. La carte obtenue montre que la nappe de Collo est globalement de forte vulnérabilité au Nord à très faible au Sud Est de la plaine.

CONCLUSION GENERALE :

La plaine de Collo fait partie du sous bassin versant de l'Oued Guebli et a une forme d'un quadrilatère allongé d'une longueur de 8 km et d'une largeur de 5 km le long de la mer.

La plaine est à vocation agricole qui nécessite la mobilisation d'une grande quantité d'eau aussi bien pour l'AEP, que pour l'irrigation

Le climat de la région d'étude est de type méditerranéen, elle est considérée comme étant la région la plus arrosée en Algérie (ANRH). La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 665.78 mm /an. La variation de la température durant l'année se fait d'une manière progressive avec une moyenne de 18.45°C.

L'étude géologique de la région laisse apparaître l'existence de trois formations litho stratigraphiques d'importance inégale. La première formation est celle du Mio-Plio-Quaternaire formé par des alluvions de surface à dominance sablo-lamineuse et limono-argileuse en dessous de cette formation on rencontre une couche soit de sable et gravier formant le réservoir de la nappe proprement dit ayant une épaisseur moyenne de 15 à 25 m. Ces formations reposent sur une couche formée par une alternance de marne et grès de Pliocène qui constituent le substratum.

Le bassin versant de l'Oued Guebli se trouve dans zone à climat méditerranéen tempéré, avec un hiver très humide et un été chaud, où la moyenne annuelle des précipitations est de 660,29 mm/an selon la station de Guénitra mais réellement les précipitations oscillent entre 800 et 1200 mm/an et peuvent atteindre les 2000mm/an sur les massifs de Zitouna. La température moyenne annuelle est de 18,30C°. Ce type de climat chaud en été et froid en hiver, favorise l'évaporation des eaux précipitées et augmente l'ETP (964,2mm/an) et le déficit agricole (556,49mm/an) au profit de l'infiltration (149,36mm/an) et du ruissellement (103,21mm/an).

L'étude géophysique a montré que le massif des sables et graviers littoraux qui occupe la basse vallée présente une résistance de 150 ohmm renferment les forages reconnus productifs. La zone la plus propice à l'exploitation de la nappe définie par la plage des valeurs supérieures à 200 ohm . Les sondages électriques ont enfin parfaitement délimité l'invasion salée en bordure de la mer et au voisinage de Oued Charka.

L'analyse piézométrique a montré que la surface piézométrique a une morphologie non uniforme avec un écoulement de direction générale Sud-Nord, et un gradient hydraulique assez fort en bordure de la plaine diminuant en allant au centre de cette dernière. Les essais de pompages montre qu'il ya une échange d'eau entre la nappe et oued Guebli.

L'étude hydrochimie de la plaine de Collo, on a deux faciès dominants l'une bicarbonatée calcique ou sodique. La dominance de ces faciès liée d'une part à la géologie de la région et d'autre part a la situation des points d'eaux par rapport à l'Oued Guebli et Oued Cherka,

Le développement urbain, agricole, et industriel entraîne souvent une pollution rapide des eaux souterraines par les formes chimiques de l'azote, surtout celle de nitrate, en raison de leur grande solubilité et leur faible affinité aux échanges ioniques. La carte obtenue montre que la nappe de Collo est globalement de forte vulnérabilité au Nord à très faible au Sud Est de la plaine.

BIBLIOGRAPHIE :

- Allain Marre** (1981): Le Tell Oriental Algérien de Collo à la frontière Tunisienne (.Etude géomorphologique)
- ANRH, 1974** : Etude hydrogéologique de la plaine de Collo. Rapport (Agence nationale des ressources hydrique Constantine.
- Boulabaiz.M et Noghra.T** (2002): Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de Collo
- **Boulabaiz.M (2006)** : Evolution des éléments chimiques et évaluation de risque des eaux souterraines à la pollution : cas de nappe de Collo, Nord-est Algérien (Mémoire de Magister Université d'Annaba).
- Belksier. M et chelghoum.m(2007)** : Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe alluviale de collo (mémoire de fin d'étude en vue de l'option du diplôme d'ingénieur d'état
- Castany.G** (1981) Principes et méthodes de l'hydrogéologie. .Paris édition Dunod.
- Castany.G et Margret.j** (1977): Dictionnaire français de l'hydrogéologie.
- Chaabna.M et Halladj.S** (1994): Analyses de ressources en eau de la plaine de Collo (mémoire d'ingénieur).
- Chabour N, 2004** : La surexploitation des eaux souterraines dans les plaines littorales « la nappe Telleza dans la plaine de COLLO » NE Algérienne. Science et TechnologieB-N°22, université de Constantine, Décembre 2004. pp.127-132.
- Grenet.B:**(1972): Etude hydrogéologique de la plaine de Collo (note synthétique sur les données acquises)
- Hamian Hamza** (1998) : Modélisation de la plaine de Collo (Thèse de Magistère - université de Constantine)
- Medeb Hamrouni.M** (1989): Etude des condition de formation des eaux souterraines de (la plaine de Collo –mémoire d'ingénieur d'état –université de Annaba).
- CGG, 1965** : Rapport de l'étude géophysique dans la plaine de Collo (suite à la demande du service du génie rural et de l'hydraulique agricole arrondissement de Constantine), 20p.
- Therry Monier:** Simulation des écoulements souterrains dans aquifère alluvial (Thèse de doctorat -université scientifique et médicale de Grenoble -France).

RESUME :

Le couplage entre les outils géologique, géophysique, hydrogéologique et chimique dans l'étude de la nappe côtière de Collo (NE Algérien), nous a permis de déterminer la géométrie de la nappe alluviale, les relations existants entre les Oued et la nappe et les origines et l'évolution des éléments chimiques et les polluants dans le temps et dans l'espace.

L'étude des eaux souterraines a fait apparaître l'existence de trois types de pollution :

Naturelle, par l'effet de la dissolution des formations évaporitiques et carbonatées, donnant une forte concentration en Cl^- , Na^+ , Ca^{++} , et HCO_3^- , agricole par l'utilisation intensive des engrais chimiques et industriel par d'activité des usines, stations d'hydrocarbures et la décharge de la ville de Collo..

A fin de protéger la nappe contre la pollution, une carte de vulnérabilité aux pollutions ont été dressée, en se basant sur la profondeur d'eau, la lithologie de l'aquifère et le type de nappe. La carte obtenue montre que la nappe de Collo est globalement de forte vulnérabilité au Nord à très faible au Sud Est de la plaine.

Mots-clés : évaporitiques, eaux souterraines, pollution, vulnérabilité,

ملخص :

إن المزج بين مختلف الوسائل الجيولوجية و الجيوفيزيائية و الهيدروجيولوجية و الكيمائية لدواسة الطبقة المائية الحرة لمدينة القل (شمال - شرق الجزائر) مكنتنا من تحديد الأبعاد الهندسية للطبقة المائية و العلاقة بين المياه الجوفية و الوديان و معرفة اصل و طريقة تطور العناصر الكيمائية و الملوثات في الزمان و المكان و دراسة المياه الجوفية لسهل القل بينت وجود ثلاث أنواع من الملوثات ملوث طبيعي ناتج عن ذوبان التكوينات الجيولوجية للمتخيرات و الصخور الكلسية و التي تعطي تركيز عالي من الكلور و الصوديوم و الكالسيوم و اليكربونات و ملوث زراعي ناتج عن الاستعمال المكثف للأسمدة الكيمائية و ملوث صناعي ناتج عن المصانع و محطات الوقود و المفرغة العمومية لمدينة القل و قصد حماية المياه الجوفية من التلوث قمنا بوضع خريطة لحساسية المياه الجوفية للتلوث اعتمادا على المياه و نوعية الصخور المكونة للطبقة المائية و نوع الطبقة المائية في حد ذاتها و الخريطة المتحصل عليها بينت لن الطبقة المائية ذات حساسية عالية في الشمال و حساسية ضعيفة في الجنوب الشرقي بسهل القل **الكلمات الدالة:** متبخيرات ; المياه الجوفية ; التلوث ; حساسية المياه

Theme :study hydrogeologic and hydrochimic of the nap coastal Case to the nap of collo (NE OF ALGERIA)

ABSTRACT

The coupling of the different geological, geophysical, and chemical tools in the study of the coastal aquifer of Collo (NE of Algeria), enable us to determine the origins and the evolution of the chemical elements and pollutants versus time and space.

The survey of the ground water quality indicates the existence of the three types of pollution. Natural by effect of the dissolution of the evaporites, carbonated, , giving a high concentration in Cl^- , Na^+ , Ca^{++} , and HCO_3^- . Agricultural, by the intensive use of chemical fertilizers. Industrial, under the effect of sewage, hydrocarbon station and acquittal to the city of collo.

In order to protect the plain against pollution, a vulnerability map of plain was drawn, one based on the depth of water, the litho logy of the aquifer and the type nap

The obtaining map showed that the nap of collo globally is strong vulnerability in the north and very weak in the south east of the plain.

Key-words: evaporites, ground water, pollution, vulnerability.