

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU
LITTORAL

MEMOIRE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT
EN AMENAGEMENT ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

OPTION: Aménagement du Littoral

INTRUSION MARINE DANS LA ZONE DU BAS ISSER

Devant le jury composé de:

- Mr BELKESSA . R PRESIDENT
- Mr BENTELLIS. H PROMOTEUR
- Mr LARID . M EXAMINATEUR
- Mr BOULAHJID. M EXAMINATEUR

Présenté par

Mr BOUKRINA Mohamed

Décembre 1995

REMERCIEMENTS

Au terme de cette étude , je tiens à remercier sincèrement tous ceux qui m'ont aidé dans sa réalisation et ceux qui ont bien voulu la juger.

- Monsieur R. BELKESSA qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.

- Monsieur H.BENTELLIS qui m'a guidé et conseillé tout au long de cette étude . je lui exprime ici ma profonde reconnaissance.

- Monsieur M.RABIA et M. CHEBAH pour les nombreuses discussions et conseils tout au long de la rédaction de ce mémoire.

- Monsieur M.LARID pour avoir accepté de participer au jury .

- Monsieur M. BOULAHIDID pour avoir accepté de participer au jury.

Je remercie particulièrement le personnel de la Direction de l'Hydraulique de la wilaya de Boumerdes.

- Le personnel de l'ANRH.

- Les membres du personnel technique , scientifique et administratif de l'ISMAL, en particulier, le personnel wdépartement d'aménagement

INTRODUCTION

Le littoral Algérien en tant que milieu naturel, et espace côtier, avec une étendue de 1200Km, présente des contraintes et des exigences d'évolution. Ses ressources importantes surtout en eau souterraines et matériaux de construction se dégradent, ainsi que son équilibre qui est menacé par la mauvaise occupation du sol, et la surexploitation des ces ressources naturelles, si son aménagement ne s'appuie pas sur des connaissances acquises par l'ingénieur et sur des normes adéquates d'intervention.

Cette zone littorale est le lieu d'intenses activités de production (industrie, agriculture). Elle abrite une population nombreuse et connaît une importante croissance urbaine. Ce qui s'explique par la mise en oeuvre des différents programmes de développement, et l'utilisation intensive des ressources naturelles (eau, matériaux). Ce qui s'est traduit aussi par la nécessité de réaliser plusieurs forages et de sablières le long du littoral en particulier au niveau des embouchures.

C'est dans ce contexte que les eaux souterraines constituent presque les seules ressources en eau pour l'irrigation et l'industrie, c'est le cas de notre zone d'étude (l'oued Isser) qui est caractérisée par une région à vocation agricole.

Cette zone a fait l'objet de nombreuses études afin de déterminer les problèmes de l'intrusion marine dans la nappe phréatique de la vallée du bas Isser, qui constitue le réservoir hydrique essentiel de la région.

Depuis quelques années, notre planète a connu un réchauffement climatique qui a provoqué la fusion des glaciers et la conséquence fut une remontée mondiale du niveau de la mer, connu sous le nom de transgression flandrienne. Depuis un siècle le niveau de la mer se relève à une vitesse de l'ordre de 1.5mm/an (Paskoff, 1987) provoquant des intrusions salines pénétrant de plus en plus à l'amont dans les estuaires, les deltas et les embouchures.

Cette intrusion marine provoquée aussi d'une part par l'exploitation intensive des matériaux de construction comme le cas de l'oued Isser, les quantités des matériaux extraites avant l'implantation du barrage de Beni Amrane est de l'ordre de 400.000 mètres cube par an par les entreprises, ce phénomène a été intensifié après la construction du barrage, et d'autre part par la surexploitation de la nappe par l'agriculture et l'industrie que connaît la région.

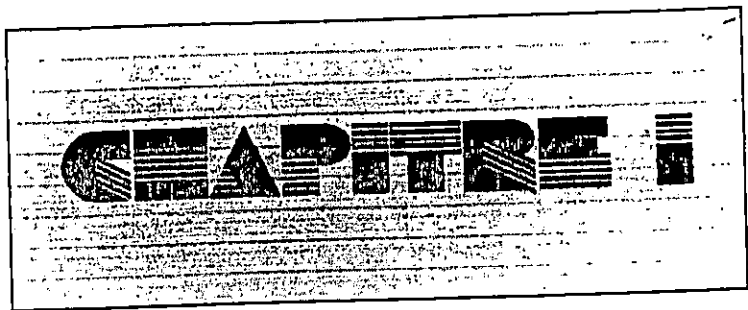
De nombreux problèmes de dégradation de l'environnement se posent à la suite de l'évolution démographique de la région

Les unités industrielles peuvent constituer une source de pollution des eaux superficielles et souterraines, auxquelles s'ajoutent les conséquences du développement des pratiques agricoles.

intensives (utilisation excessive des engrais et pesticides) et le déversement des rejets des eaux usées urbaines

Nous nous proposons donc dans cette étude de délimiter le biseau salé avec la précision du contact eau douce / eau salée, la quantité de ces eaux et leur degré de contamination par les eaux usées et cela évidemment en se basant sur l'analyse des données géophysiques, hydrodynamiques continentale et marine ainsi que hydrochimiques.

Pour atteindre efficacement cet objectif, il était impératif d'abord de réaliser l'étude morphologique et hydrographique du site.



**APERCU
MORPHOGEOGRAPHIQUE**

1/ Etude Morphologique et Hydrographique

La zone d'étude fait partie du grand bassin versant du bas Isser .Elle occupe le secteur le plus en aval.

Ce chapitre est consacré à la description morphologique de la vallée du bas Isser et son influence sur l'écoulement superficiel .

1/1 Situation géographique de la région (fig.n° 1)

la région d'étude est située à 60Km à l'est d'Alger . Elle représente la basse vallée du bas Isser.

Cette zone est limitée :

- Au Nord : par la mer Méditerranée
- Au Nord-Est : par le massif de cape Djinete.
- Al'Est : par le massif de Raicha .
- A l'Ouest : par Djebel Bouarous et Djebel Ahmed .
- Au Sud : par le massif de Khrachna .

La basse vallée du bas Isser occupe une bande de 3Km de large entre Beni Amrane et la mer (fig n° 2)

1-2- Reliefs

Les reliefs jouent un rôle très important sur l'hydrologie d'un bassin versant.

La vallée du bas Isser présente des reliefs peu accidentés , d'une altitudes moyenne de 268m ,et pente faible d'environ 1.23%.

1-3 Caractères morphométriques

Ces caractères jouent un rôle important sur l'écoulement superficiel des eaux .

a - Paramètres géométriques

le bassin versant de l'oued Isser (codé 09 au répertoire de l'INRH)présente une superficie totale de 4162Km² .Il est subdivisé en cinq sous bassins (fig n°..3....),ce lui du bas Isser (codé 09-05)a une superficie de 533km² ,et un périmètre de 118km.

Figure 8 : Carte de situation de la vallée alluviale

du Bas Isser

échelle 0 200 400 m

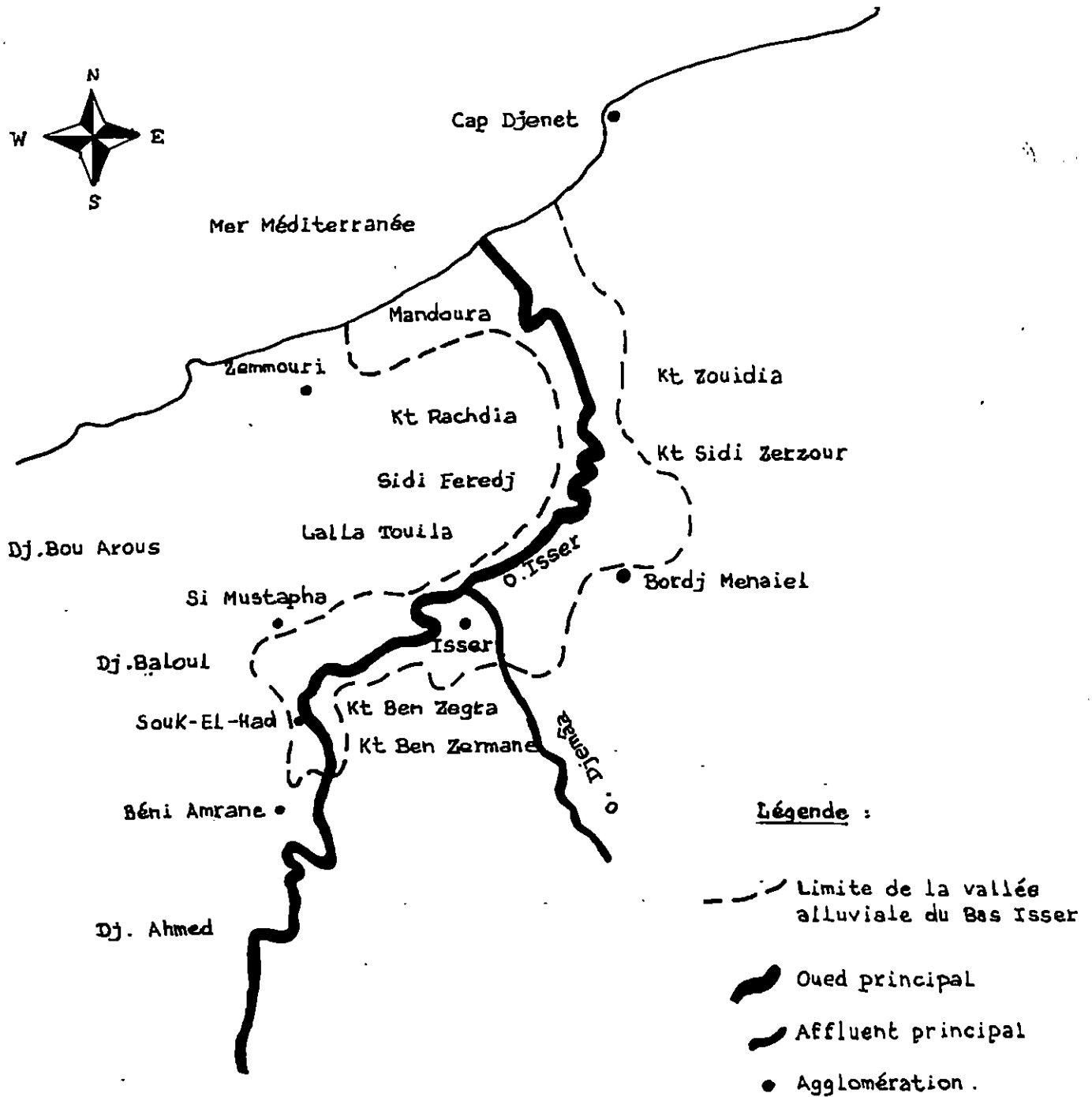
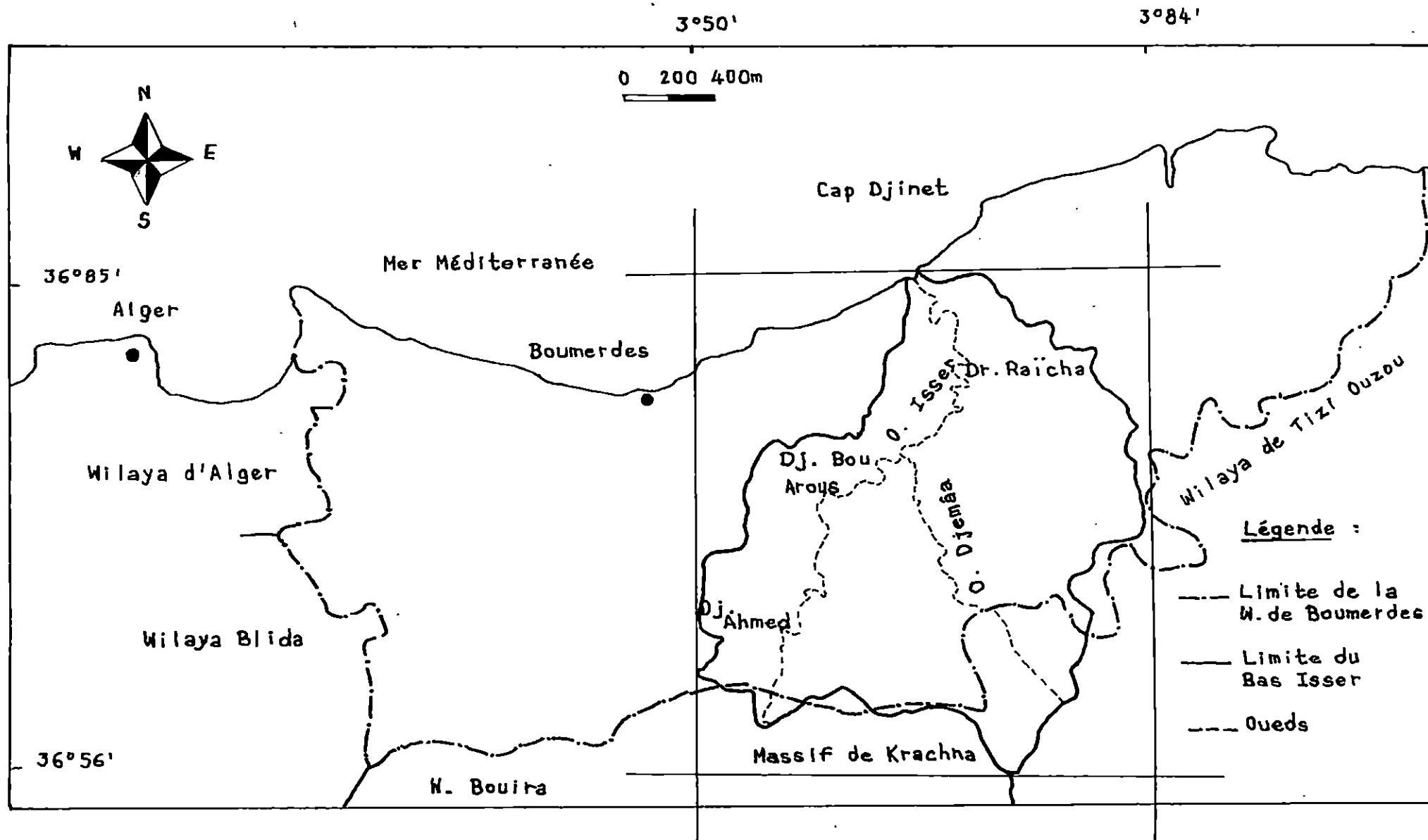


Figure 1 : Carte de situation du bassin versant du Bas Isser



b- Paramètres de forme

Les paramètres de forme englobent l'indice de compacité du bassin versant, les dimensions du rectangle équivalent, qui se calculent à partir des paramètres géométriques (surface et périmètres). La forme du bassin versant joue un rôle prépondérant sur les modalités des écoulements superficiels. Elle permet aussi de déterminer le temps de concentration des eaux à l'exutoire.

L'indice de Gravelius est déterminé par la relation suivant:

$$k = 0.28 \cdot p/A$$

- P = périmètre du bassin versant (Km).

- A = superficie du sous bassin versant. (Km²)

on obtient K = 1.43

Sachant qu'on a :

K=1 pour un cercle ;

K=1.12 pour un carré;

K=1.18 pour un triangle équilatérale et K > 1.5 pour un rectangle dont la longueur est 5 fois supérieure à la largeur. Donc notre bassin versant à une forme d'un triangle allongé avec un écoulement lent, ce qui favorise l'infiltration des eaux de ruissellement.

b-Dimension du rectangle équivalent

la méthode consiste à déterminer la longueur et la largeur du rectangle pour que le bassin versant aurait la même superficie et le même indice de Gravelius.

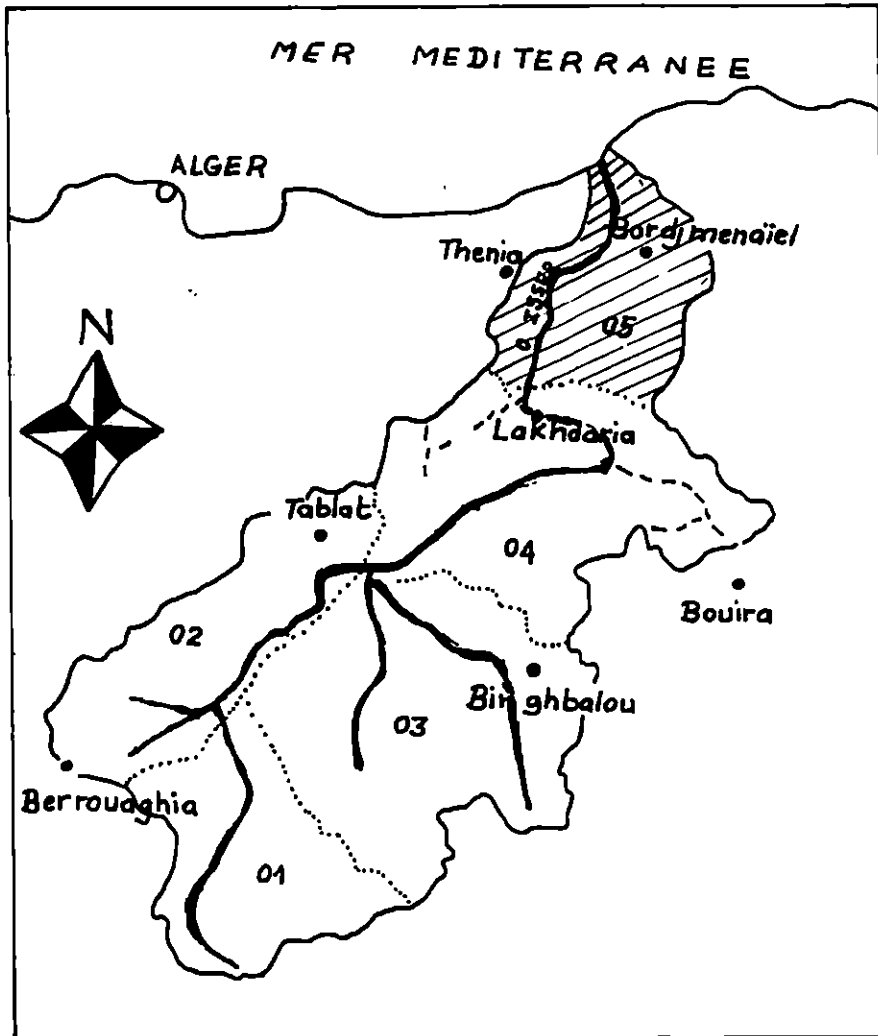
Les formules qui permettent de déterminer les dimensions du rectangle équivalent (longueur et largeur) s'écrivent:

$$L = \frac{K \sqrt{A}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K}\right)^2} \right]$$




A : Superficie du sous bassin versant


Fig. 3 : subdivision du bassin versant de l'oued ISSER

09 ANRH



LEGENDE

-  Oued
-  Limite du bassin versant
-  Limite du sous bassin
- 05 Code du sous bassin

Echelle: 0  10km

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1,12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K}\right)^2} \right]$$

- L = longueur du rectangle équivalent (Km)
- l = largeur du rectangle équivalent (Km)

On obtient :

$$L = 47.28 \text{ km}$$

$$l = 11.54 \text{ km}$$

On remarque que la longueur correspond à quatre fois la largeur, ce qui confirme l'allongement du bassin versant de notre étude.

I.4. Le réseau hydrographique du bassin versant (fig. n°4)

La longueur de l'Oued Isser de la sortie des gorges de Lakhdaria à l'embouchure est de 35 Km (Boumaza, 1992).

Les principaux affluents de l'Oued sont par ordre d'importance Oued Djernââ, Oued Menail, Oued Mizane et Oued Radjel.

Ces Oueds sont généralement secs durant la période de juin à septembre.

Nous remarquons que le réseau hydrographique du bas Isser est dense à l'amont, ceci est dû à l'humidité de son climat, à la présence des terrains à faible perméabilité, et à l'écoulement qui se fait du sud vers le Nord.

I.5. Couvert Végétal.

Le couvert végétal joue un rôle important sur l'écoulement et sur l'évapotranspiration.

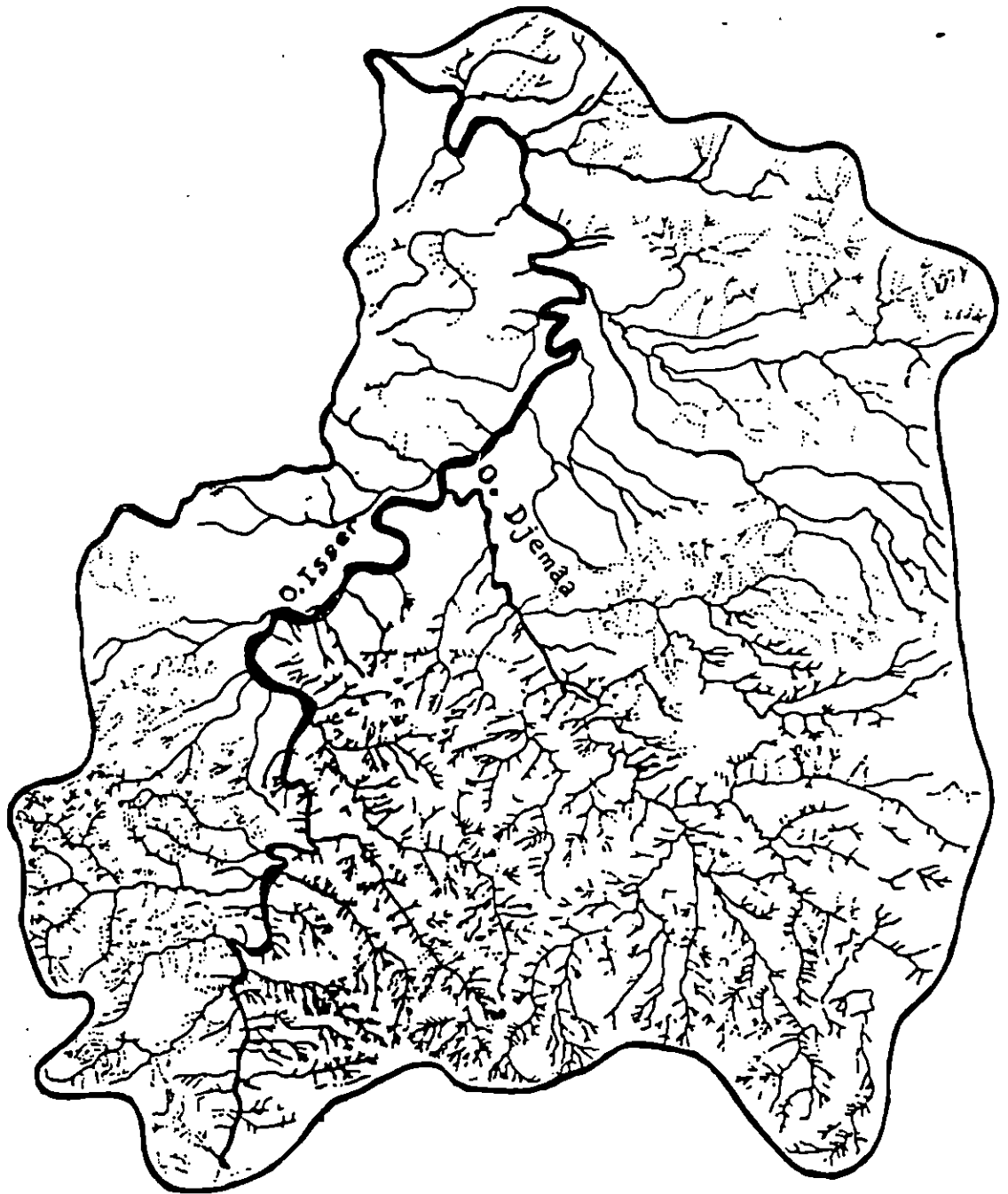
Il amortit les crues, freine le ruissellement superficiel, fixe le sol et diminue l'évaporation.

Dans notre zone d'étude, la végétation est relativement dense, elle limite l'érosion




Cette répartition est dominée par les cultures annuelles.

Figⁿ 4 Réseau hydrographique du bassin versant
du Bas Isser.

0 1 Km.



Légende :

-  Oued permanent.
-  Oued temporaire.
-  Limite du bassin versant.

- Sur les plaines: On trouve des terres agricoles comportant de l'arboriculture, des fourrages, des céréales, des légumes secs, et du maraîchage.
- Sur les collines: On trouve essentiellement de la céréaliculture et des fourrages.
- Sur les montagnes et les piémonts: c'est la zone où prédomine la culture d'olive et d'autres espèces forestières, telle que le cidre et le pin.

I.6. CLIMATOLOGIE.

Introduction

En général, le climat est conditionné par la température de l'air, les précipitations, l'évaporation, et la présence de reliefs.

L'étude des précipitations joue un rôle très important dans l'alimentation directe de la nappe phréatique de la zone étudiée.

La vallée du bas Isser jouit d'un climat méditerranéen, caractérisé par un Hiver pluvieux et doux et un Eté sec et chaud.

Cette étude est basée sur l'exploitation des données recueillies durant la période allant de 1968 à 1988.

I.6.1. Réseau pluviométrique.

Pour l'étude des précipitations mensuelles et annuelles, nous avons sélectionné six stations pluviométriques qui ont fonctionné de 1968 à 1988. Ces stations sont réparties sur le sous bassin versant de la zone d'étude.

La figure n°5 rend compte de la répartition spatiale des stations pluviométriques gérées aussi bien par l'ANRH que l'ONM.

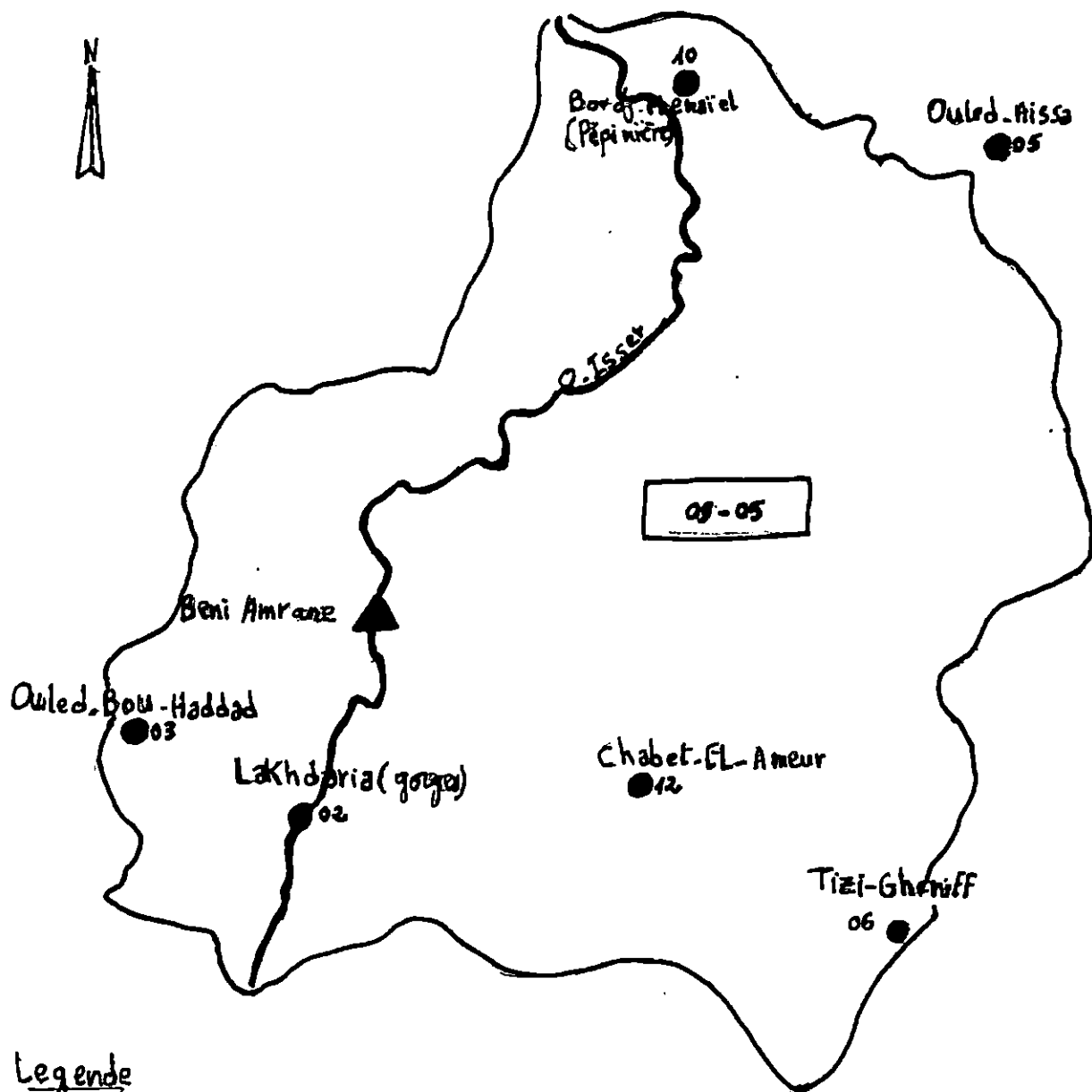
I.6.2. Précipitations moyennes mensuelles (Tableau N°1)

La durée d'observation des précipitations au niveau des stations de chabet El Aneur et de Bordj Menail est de 15 ans (1973 - 1988). Le reste des stations, elles sont de 20 ans (1968 - 1988).

La distribution des précipitations mensuelles est sensiblement la même au niveau de toutes les stations. Les mois les plus pluvieux sont Novembre, Décembre, Février, et Mars; les mois les plus secs sont Juillet et Août.

FIG N° 5 : REPARTITION SPATIALE DES STATIONS PLUVIOMETRIQUE

e= 1/200 000



Legende

- Poste pluviométrique
- Limite du bassin versant
- 09-05 Code du bassin versant
- 02 Code du poste pluviométrique
- ▲ Barrage de Beni Amrane

Tableau N° 1 : Précipitation moyenne mensuelle (mm) de 1968 - 1988

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Période												
1968	38,13	65,84	110,18	112,59	95,12	116,98	90,80	97,36	49,33	14,69	2,99	6,86
1984		-										
1984	35,50	69,23	74,86	127,05	90,16	101,64	141,71	31,53	46,10	19,61	3,34	0,78
1988												

1.6.3 Précipitations moyennes annuelles

Les précipitations moyennes annuelles de chaque station pour les deux périodes (1968 - 1984 et 1984 - 1988) sont reportées dans le tableau n° 2

Tableau n° 2 : Précipitations moyennes annuelles (mm) de 1968 - 1984 et 1984 - 1988

Stations	Bou	Ouled	Tizi	Lakhdaria	Chabet	Bordj
période	Haddada	Aissa	Ghinif	(George)	El Aneur	Mnail
1968-1984	913,60	874,80	843,44	773,01	704,40	644,02
1984-1988	805,62	733,02	756,62	705,87	725,77	686,15

Le tableau montre que les variations interannuelles des précipitations sont assez corcondantes. Le maximum et le minimum des précipitations apparaissent à la même période (1968 - 1984) dans les deux stations Bouadada et Bordj Menaiel respectivement.

Notons aussi la diminution des précipitations entre la première période et la deuxième à une différence d'environ 55 mm.

1.6.4. Les vents

Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat. Les stations anémométriques les plus proches de la zone d'étude sont celles de Thenia et Nacéria.

Le tableau n°3 résume les valeurs estimatives de la vitesse des vents (m/s) de (1913 - 1938) SELTZER (1946).

Tableau n°3 : Valeurs estimatives de la vitesse du vent période (1913 - 1938) SELTEZ (1946)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy/An m/s
Thénia	3,4	0,9	1,1	0,5	0,7	0,8	1,0	1,0	2,4	3,4	4,5	5,0	24,7
Naceria	1,9	1,2	1,1	0,1	0,1	0,2	0,6	1,5	1,7	2,6	5,4	7,3	23,9

Le tableau montre une vitesse maximale de 7.3 m/s dans la station de Naceria au mois d'Aout et une vitesse minimale de 0.1 m/s au mois de Janvier.

Nous remarquons aussi que la vitesse moyenne annuelle des vents dans les deux stations est presque la même .

I.6.5. La température

La température est un facteur important, il conditionne l'hydroclimatologie de la région. Ce paramètre procède à l'évaluation du déficit d'écoulement qui intervient dans l'estimation du bilan hydrologique .

Pour les mesures de la température, nous disposons des données de deux stations dans le bassin du bas Isser (Thenia - Isser ville).

Tableau n° 4 : Les valeurs des températures moyennes mensuelles des deux stations pour la période (1952-1961).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Periode
Tenia	24,4	19	15,1	12,7	11	12	14,7	15,9	19,6	23,4	26,5	27,3	1952-1960
Issers	22,8	18,6	14,3	12,2	10,5	11,1	13,6	15,1	18,5	22,3	24,9	25,3	1952-1961
T° Moy Monsuel	23,6	18,8	14,7	12,45	10,75	11,55	14,15	15,5	19,05	23,35	25,9	26,3	18°

Le tableau montre que les mois les plus chauds sont Juin, Juillet, Août et Septembre, par contre les plus froids sont Décembre, Janvier et Février.

La température moyenne dans la vallée du bas Isser est de l'ordre de 18°C.

I.6.7. Méthode ombrothermique

Pour GAUSSEN et BAGNOULS, un mois est sec quant le total des précipitations exprimées en millimètre est égal à deux fois la moyenne thermique exprimée en degré centigrade : $P=2T$.

Cette définition permet de tracer une courbe ombrothermique sur un graphique en coordonnées arithmétiques, dans lequel les températures sont portées à l'échelle double des précipitations (figure n°6).

La figure n°6 montre que la saison sèche dans le bas Isser s'étale pratiquement du mois de Mai au mois de Septembre. Les mois les plus chauds demeurant Juin, Juillet et Aout, avec une température maximale et des précipitations minimale. Une grande quantité de ces précipitations retournent à l'atmosphère par le phénomène de l'évapotranspiration.

I.6.8. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration est un phénomène important du cycle hydrologique. Elle résulte de deux phénomènes, l'un physique c'est l'évaporation, l'autre biologique c'est la transpiration des plantes.

L'évapotranspiration dépend du climat et de ses variations, elles sont déterminées par l'humidité de l'air, la vitesse du vent et la température de l'air.

a- L'évapotranspiration réelle (E.T.R)

C'est la somme de tous les types d'évaporations et de transpirations des plantes sur le bassin versant.

La formule de TURC a été choisie pour calculer l'E.T.R

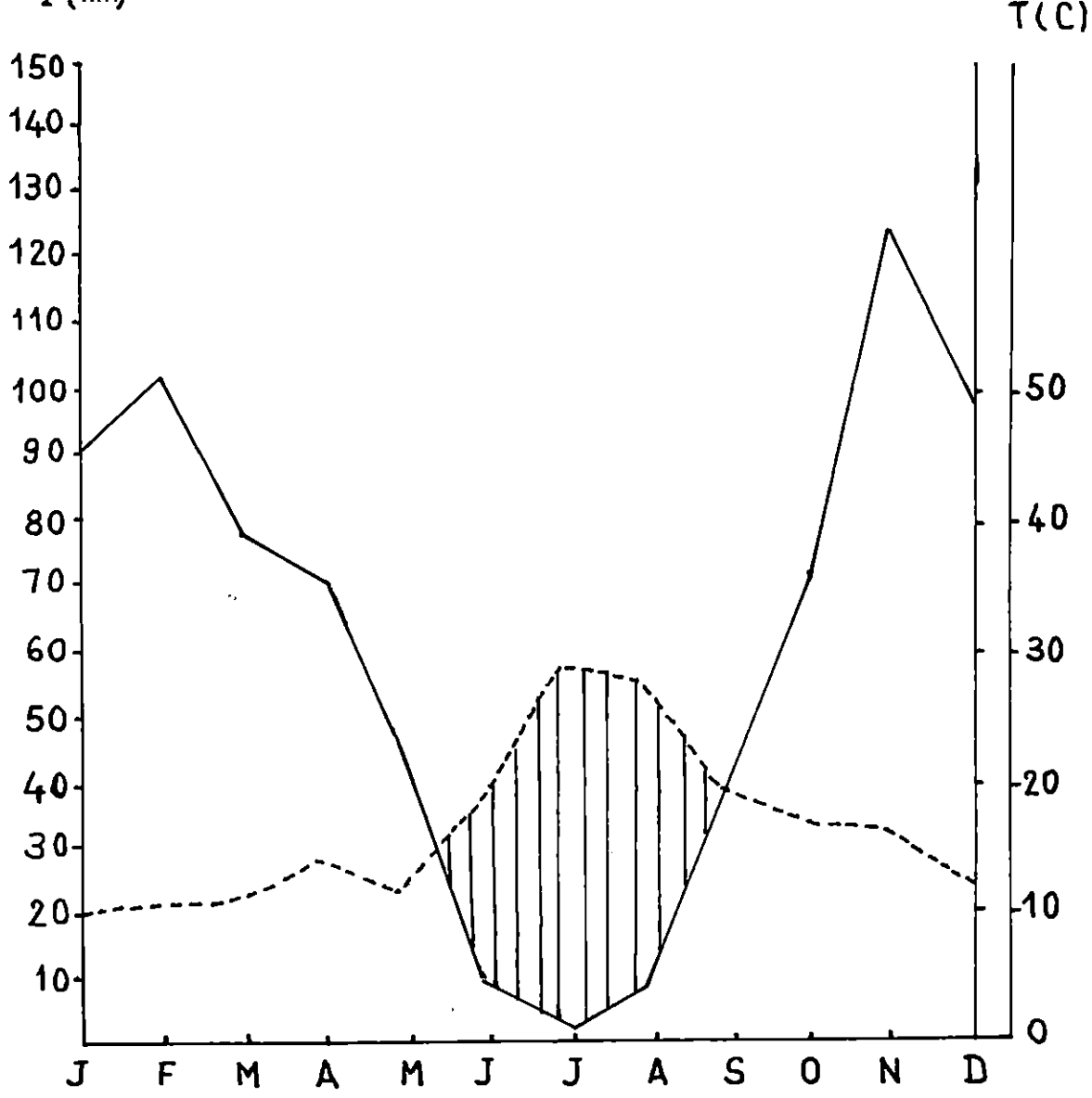
$$E.T.R = \frac{P}{0.9 + P^2/L^2}$$

E.T.R: Evapotranspiration réelle.

P : Précipitations moyennes annuelles.

L : $300 + 25 T + 0.05 T^3$

avec T= Température moyenne annuelle.



$P = 2T$

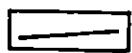
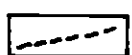

-  PRECIPITATIONS
-  TEMPERATURES
-  PERIODE SECHE

Fig N° 6 : DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE

La valeur de l'évapotranspiration réelle calculée aux stations (Lakhdaria, Isser, Beni Slimane) est de l'ordre de 71 % (BELKESSA, 1991).

Cette valeur est élevée, ce qui explique par les températures élevées pendant la saison chaude ainsi que la valeur de l'humidité.

b- L'évapotranspiration potentielle (E.T.P)

Elle correspond à la quantité d'eau maximale susceptible de s'évaporer sur une surface données.

Les valeurs de l'E.T.P calculées à partir de la formule de SERRA par (Belkessa, 1991).

$$E.T.P = \frac{10 T^a}{I}$$

I : Somme de i ou $i = 0.09 T^{3.2}$

T : Somme des températures moyennes annuelles

$$a = 1.6 \frac{I}{100} + 0.5$$

La valeur de l'E.T.P calculée pour le bas Isser est de l'ordre de 762 mm en période estivale.

Les valeurs de l'E.T.P sont maximales en Eté et relativement faibles en Hiver comme le montre la figure n° 7.

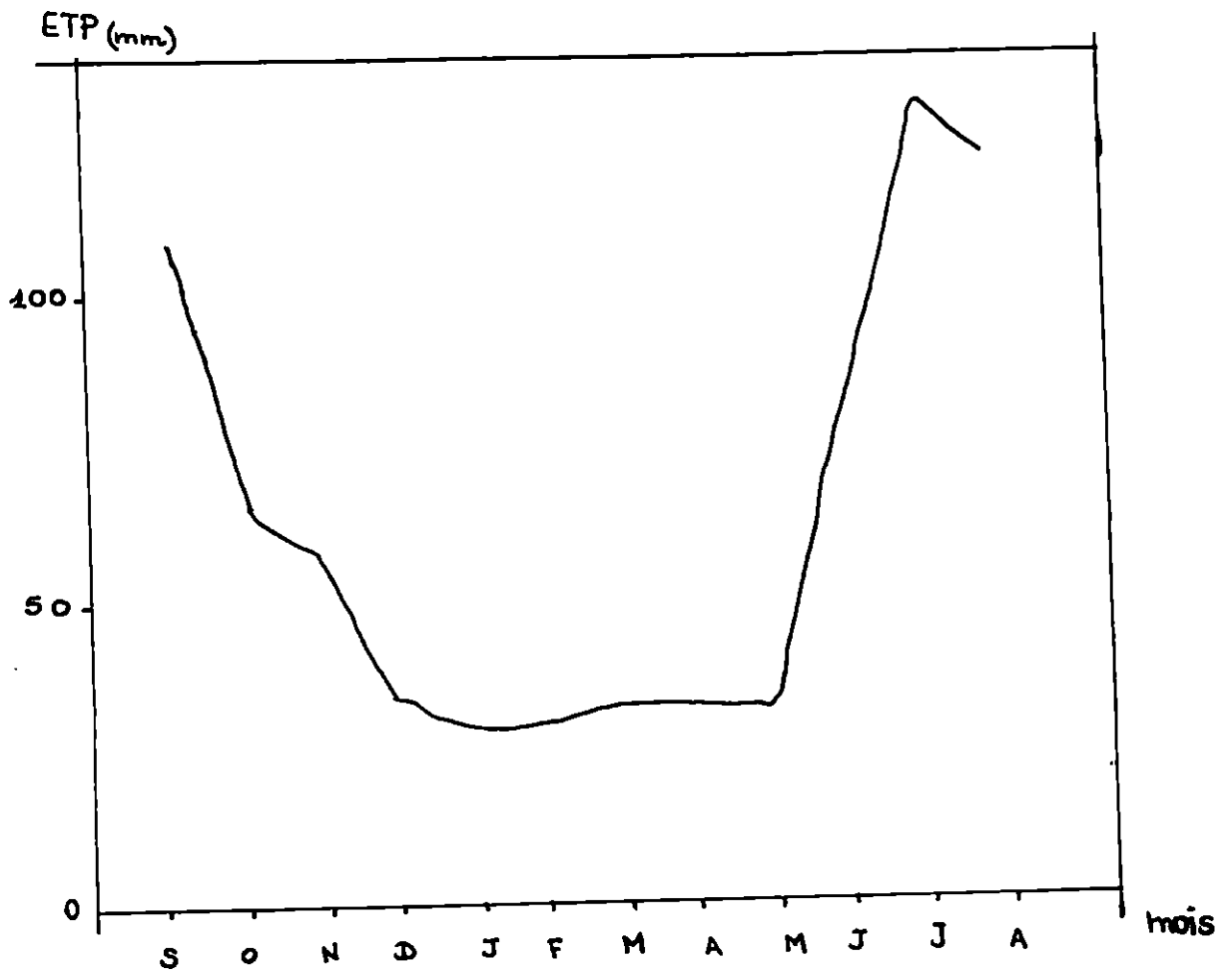


Fig N° 7 : Evapotranspiration potentielle calculée sur le bassin versant de l'Oued Isser (Bas Isser)

Source: BELKESSA (1991)

Conclusion

La vallée du bas Isser est située à 60 Km à l'Est d'Alger . Le bassin versant présente une forme triangulaire allongée, cette forme conditionne les modalités de l'écoulement superficiel du bassin versant.

Il présente en général des reliefs modérés, de faibles pentes, la végétation est peu développée et le réseau hydrographique est dense particulièrement à l'amont.

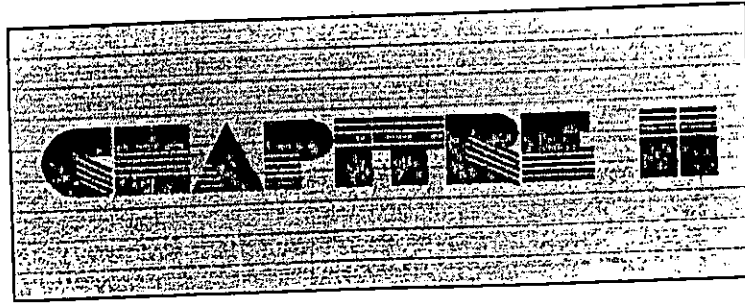
Tout ces paramètres favorisent l'infiltration aux dépens du ruissellement .

Le bassin versant du bas Isser jouit d'un climat méditerranéen avec deux saisons.

Une saison humide allant du Novembre à Avril, une saison sèche qui s'étale du Mai à Septembre.

Les vents dans la région ont des directions variables atteint une vitesse maximale de 24.7 m/s. L'humidité est relativement moyenne avec une température moyenne de 18 °C.

La pluviométrie moyenne annuelle est de 792.21 mm en période (1968 - 1984), et de 735.5 mm en période (1984 - 1988), avec une évapotranspiration calculée en période d'Eté de l'ordre de 762 mm.



ETUDE GEOLOGIQUE

II- CADRE GEOLOGIQUE

L'étude géologique joue un rôle fondamental dans l'étude hydrogéologique, et les eaux souterraines, dans ce chapitre nous présentons la structure géologique de la région avec une description lithologique

II-1 Géologie régionale

On distingue trois grandes ensembles structures.

- Domaine tellien: se compose de deux ensembles.
- Au Nord, le tel septentrional regroupant les noyaux Kabyles, la chaîne calcaire et les flyschs sont localisées dans des dépressions occupées par des sédiments néogènes et quaternaires.
- Au sud, le tel méridional est constitué par des chaînons l'ouarserie, des Bibans, des Babors et des monts de Constantine.

Ces derniers présentent une superposition d'unités complexes de sédiment marneux secondaire et éocène du sillon tellien pousse vers le Sud lors de la compression alpine.

Domaine des hautes plaines: Sont composées de formation autochtones jurassique et crétaées marines réduit par des lacunes, des conglomérats et par l'absence de faciès évaporitique.

Domaine de l'Atlas Saharien: C'est une chaîne composée de plusieurs chaînes, les monts des Ksours, Djebel Amour, Ouled Nail et les Aurès. Il prit naissance entre les hautes plaines et la plate forme saharienne. Il est composé d'épaisses séries détritiques essentiellement mésozoïque (600m).

II-2 Géologie locale

Le sous bassin de l'oued Isser appartient au vaste ensemble géologique qui est le tel septentrional Kabyle composé de trois ensembles principaux. (Fig N° 8).

- Noyau Kabyle.
- Chaîne calcaire.
- Flych Nord et sud Kabyle.

De manière générale nous observons aux abords de la vallée alluviale étudiée

- Des roches métamorphiques très anciennes (noyau Kabyle) recoupées localement par des roches volcaniques.

- Des roches volcaniques calco-alcalines tertiaires.
- Des nappes de charriage du type flysch.

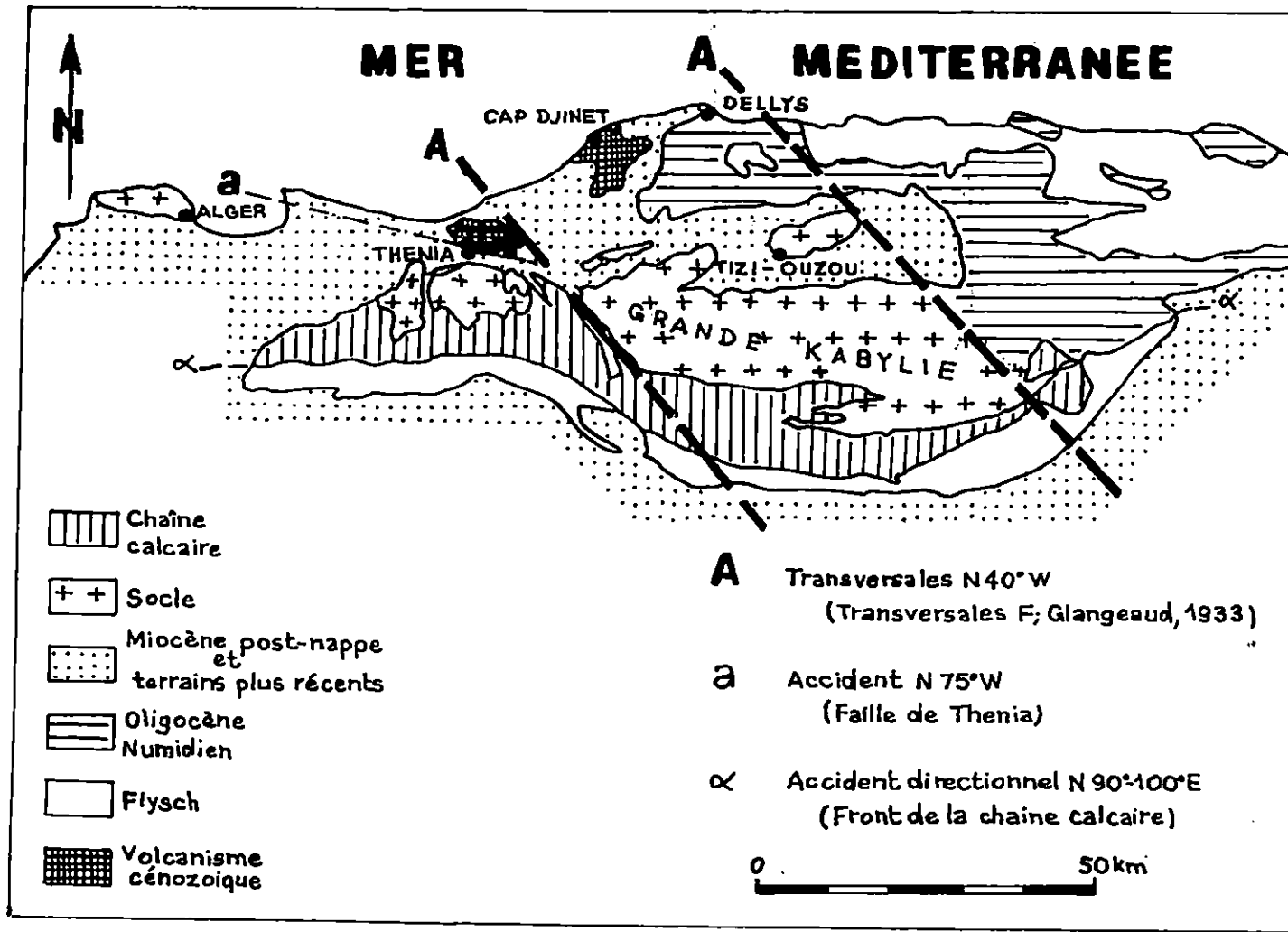


Figure n° 8 : Cadre structural de la région étudiée.

Toutes ces formations sont recouvertes en discordance par des séries sédimentaires d'âge miocène à pliocène.

II-4- Description lithologique : (Voir carte géologique).

II-4-1- Formation cristallophylliennes: (noyau Kabyle)

Développées dans le massif de Thénia, au Nord-Ouest de Si-Mustapha et à l'Est de Souk-El-Had. Ces formations sont divisées en deux assises selon le degré de métamorphisme.

1-a-Assise inférieure: (x)

C'est une assise de schiste cristallophylliens constitués de Micas-Schistes à biotite verte et de schiste à deux micas de teinte plus claire avec de nombreuses lentilles de marbres et de gneiss oeillets à biotite.

1-b- Assise supérieure: (x)

C'est une assise de schistes satinés de teinte gris foncé à quartz et chlorite, et séricite avec des lentilles de marbre encaissées dans les schistes.

II-5- Roches plutoniques:

Ces roches affleurent sous forme de pointement soit au sein des roches sédimentaires, soit à proximité des assises métamorphiques.

Ces roches sont d'âge tertiaire constituées par les pointement de grano-diorité et de granité leucocrates affleurant respectivement dans le massif de Thénia et au sud-Est de Bordj-Menaïel.

a- Roches volcaniques: Présentées par les deux massifs de Thénia et de cap Djinet.

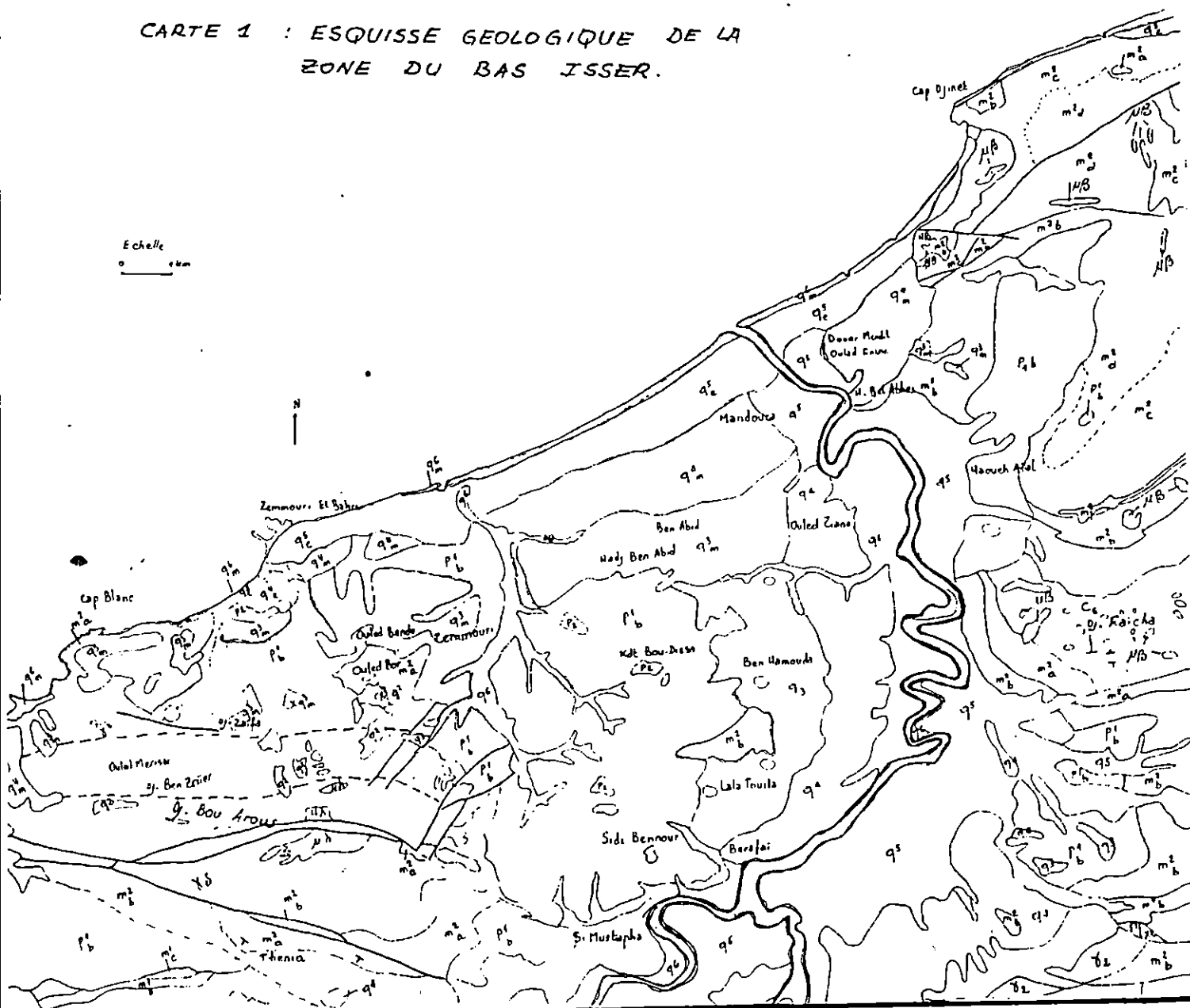
* **Massif de Thénia** : Massif intrusif présenté par des granodiorites et des granités leucocrates affleurant respectivement au Nord de Thénia et au sud-Est de bordj-Menaïel.

* **Massif de Cap de Djinet** : Affleurant sur une superficie de plusieurs Km² avec un relief relativement élevé, ce massif est constitué de roches noirâtres tirant vers le gris foncé et se rattachant aux basaltes audésite, et labradorites ainsi qu'aux délérites en forme de pointement instructif.

II-6- Roches sédimentaires méso-cénozoïque.

CARTE 1 : ESQUISSE GEOLOGIQUE DE LA ZONE DU BAS ISSER.

Echelle
0 1 km



LEGENDE

QUATERNAIRE	q^1, q^2, q^3, q^4, q^5	Rhâben: cailloutis et sables
	$q^6, q^7, q^8, q^9, q^{10}$	Soltanien: cailloutis et sables ouldjiens, cailloutis
	q^{11}, q^{12}, q^{13}	Tensiftien: cailloutis et sables rhabénien-narounien et sables galets.
	q^{14}, q^{15}	Quirien: cailloutis et sables rhabénien-narounien et sables galets.
	q^{16}	Saliliens: cailloutis et poudingues rouges.
TERTIAIRE	$P^1, P^2, P^3, P^4, P^5, P^6, P^7, P^8, P^9, P^{10}$	Sables et cailloutis.
	$P^{11}, P^{12}, P^{13}, P^{14}, P^{15}, P^{16}, P^{17}, P^{18}, P^{19}, P^{20}$	Marnes bleues.
	$m^1, m^2, m^3, m^4, m^5, m^6, m^7, m^8, m^9, m^{10}, m^{11}, m^{12}, m^{13}, m^{14}, m^{15}, m^{16}, m^{17}, m^{18}, m^{19}, m^{20}$	Laves basaltiques.
	$m^{21}, m^{22}, m^{23}, m^{24}, m^{25}, m^{26}, m^{27}, m^{28}, m^{29}, m^{30}$	Grès, poudingues, tuffites.
	$m^{31}, m^{32}, m^{33}, m^{34}, m^{35}, m^{36}, m^{37}, m^{38}, m^{39}, m^{40}$	Marnes, argiles.
	$m^{41}, m^{42}, m^{43}, m^{44}, m^{45}, m^{46}, m^{47}, m^{48}, m^{49}, m^{50}$	Grès.
	A, AB	Intrusions subvolcaniques (dolorites).
	$m^{51}, m^{52}, m^{53}, m^{54}, m^{55}, m^{56}, m^{57}, m^{58}, m^{59}, m^{60}$	Grès calcaires.
	$m^{61}, m^{62}, m^{63}, m^{64}, m^{65}, m^{66}, m^{67}, m^{68}, m^{69}, m^{70}$	Marnes bariolées.
	$m^{71}, m^{72}, m^{73}, m^{74}, m^{75}, m^{76}, m^{77}, m^{78}, m^{79}, m^{80}$	Poudingues, grès.
	$m^{81}, m^{82}, m^{83}, m^{84}, m^{85}, m^{86}, m^{87}, m^{88}, m^{89}, m^{90}$	Grandiorites, diorites et -diorite.
SECONDAIRE	C_6	Maestrichtien
PRIMAIRE	$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19}, X_{20}$	Phyllites
	$X_{21}, X_{22}, X_{23}, X_{24}, X_{25}, X_{26}, X_{27}, X_{28}, X_{29}, X_{30}$	Schistes cristallophyliens
	$X_{31}, X_{32}, X_{33}, X_{34}, X_{35}, X_{36}, X_{37}, X_{38}, X_{39}, X_{40}$	Granites leucocrates.
	$X_{41}, X_{42}, X_{43}, X_{44}, X_{45}, X_{46}, X_{47}, X_{48}, X_{49}, X_{50}$	Oykes de granites pegmatites
	$X_{51}, X_{52}, X_{53}, X_{54}, X_{55}, X_{56}, X_{57}, X_{58}, X_{59}, X_{60}$	Pendage faible
	$X_{61}, X_{62}, X_{63}, X_{64}, X_{65}, X_{66}, X_{67}, X_{68}, X_{69}, X_{70}$	Pendage fort.
	$X_{71}, X_{72}, X_{73}, X_{74}, X_{75}, X_{76}, X_{77}, X_{78}, X_{79}, X_{80}$	Pendage moyen.
	$X_{81}, X_{82}, X_{83}, X_{84}, X_{85}, X_{86}, X_{87}, X_{88}, X_{89}, X_{90}$	Failles visibles.
	$X_{91}, X_{92}, X_{93}, X_{94}, X_{95}, X_{96}, X_{97}, X_{98}, X_{99}, X_{100}$	Failles cachées.

Source SONAREM (1981).
Inédit.

II-6-1: Formations allochtones.

Ces formations correspondant essentiellement aux flyschs massyliennes, on distingue:

a) Eocène supérieure (priabonien).

Ces formations de type flysch sont observées a Chabet El Ameur, a l'Est et à l'Ouest de Souk El Had.

Elles sont représentées par les argiles, marnes bleuâtre à gris-verdâtre contenant des intercalations de grès et de calcaires.

b) Oligocène.

Constitué d'une alternance rythmique de banc de grès quartzeux micacés, blancs dure d'argile grise légèrement calcaire.

II-6-2 Formation autochtone.

a) Maestrichien :

Cette formation affleure au nord de Bordj - Ménaiel sur la rive droite de l'oued Isser, où elle constitue un pointement anticlinal de direction Nord-Ouest et Sud-Est émergeant parmi les formations miocènes, d'une épaisseur apparente de 300 mètres, cette formation est constituée par des argiles grises ou beiges à alternance calcaire.

b) Miocène :

On distingue deux étages: Le Burdigalien et l'Helvétien.

b-1) Burdigalien :

Le Burdigalien inférieur comprend dépôts continentaux, tandis que le Burdigalien moyen et supérieur correspondent aux premiers dépôts marins de la période miocène.

Cette formation affleure à l'Est et à l'Ouest de Souk-El-Had où elle présente un fort prolongement vers le Nord - Est.

Ces formations est subdivisée en quatre assises différentes.

- m1a : Poudingue grossiers à intercalation de grés.

- m1b : Marnes argileuses à interlits de gypse.

- m1c : Grès calcaireux et graviers cimentés.
- m1d : Marnes.

b -2 HELVETIEN

Ces formations affleurent sur des étendues, elles sont subdivisées en trois assises correspondant aux trois périodes de l'elvétien.

b-2-1 HELVETIEN INFÉRIEUR : m² a

C'est une assise volcano-sédimentaire, constituée par des marnes fréseuses avec quelques passages de grès calcaire.

b-2-2 HELVETIEN MOYEN m²b

Cette série est constituée par des marnes gréseuses avec quelques passages de grès calcaire.

b-2-3: HELVETIEN SUPERIEUR:

D'une épaisseur relativement plus importante.

Cette série est subdivisée en deux niveaux:

3-1 Niveau inférieur: m²c

Constitué de banc de grès conglomérats à intercalation de laves d'andésite et basalte.

3-2 Niveau supérieur: m²d

Constitué de lave tufs d'andésite et basalte avec existante de pillow-lava alternant avec des couches d'argiles de marnes, de grès et poudingues, dans ce niveau les laves et les tufs sont prédominants.

c- Pliocène (Plaisancien p1b):

Cette formation affleure sur une grandes étendues en particulier à l'Ouest de la vallée, et forme la partie basse du relief.

Elle est constituée de marne bleues intercalées de banc calcaire et repose en discordance sur la quasi-totalité des formations géologiques; son épaisseur est de 250 à 300 mètres. Ces terrains constituent de substratum des formations alluviales quaternaires.

II-7- QUATERNAIRE

Il est représenté par des faciès marins et alluviaux, développées sur des étendues considérables (100 Km²) et qui masquent la structure géologique de la région.

a- Terrasses marines (Qm).

Elles comprennent les plages actuelles et les dunes anciennes/

a.1. Plages actuelles: formées de sable, graviers peu consolidés, d'argile, de sable argileux jaunes en rive gauche, poudingues, galets et grés coquilliers.

a-2- Dune anciennes: se sont des formations sableuses plus ou moins argileuses.

b- Terrasses alluviales (Q)

La vallée du bas Isser est constitué par une dépression étroite allongée, comblée par des alluvions quaternaires.

Les études antérieures paléomorphologiques de CHELMLAL (1983) ont mit en évidence sept terrasses alluviales. Elles sont formées au cours de déplacement progressif du lit de l'Oued Isser vers l'Est.

b.1. La première Terrasse

Elle représente la terrasse la plus ancienne de l'Oued Isser, formée de gros galets de nature variable, emballés dans un ciment sableux argileux, et a une épaisseur de 30 mètres.

b.2. La deuxième Terrasse

Elle est constituée de lambeaux isolés de poudingues à élément de Schistes, Phyllades, Grés, Calcaires et de quartzites, Emballés dans une gangue sableuse.

b.3. La troisième Terrasse

Cette terrasse est formée d'une bande étroite d'une épaisseur de 30 à 40 m, les différents niveaux observés sont:

- Au sommet: gravier et galets peu ou pas argileux limons ou argiles sableux.
- En bas : Marnes bleus du substratum.

b.4. La quatrième Terrasse.

Elle apparaît en rive gauche de l'Oued Isser et forme une bande large de 1000 à 2000 metres et une épaisseur de 30 à 40 m.

L'ensemble des dépôts (conglomérats, grés et quartzite) qui constitue cette terrasse repose sur les marnes bleues du plaisancien.

b.5. La cinquième Terrasse

Les alluvions de cette terrasse s'observent sous forme de lambeaux étroits plaqués contre le substratum marnoux.

Ces alluvions sont constituées de conglomérats de même nature que ceux des terrasses précédentes.

b.6. La Sixième Terrasse.

Elle forme un lambeau unique de conglomérats qui apparaît au niveau de la gare de si Mustapha.

b.7. La Septième Terrasse

Cette terrasse est la plus récente. Elle s'étend de Beni -Amrane à l'embouchure de l'Oued Isser et occupe tout le fond de la vallée de l'Oued' sur une longueur de 20 à 25Km et une largeur de 1 à 3 Km. le remplissage quaternaire de cette terrasse montre une grande hétérogénéité lithologique typique des dépôts alluviaux Elle est représenté par de gros galets, des graviers peu argileux et de sable.

la région étudiée est caractérisée par une tectonique complexe et cassante.

Cette édifice complexe est constituée d'un empilement de nappes imbriquées mises en place à la suite d'une intense fracturation et de glissement du Sud vers le Nord suivie par des compressions.

- Le socle cristallophylien de Bou Arous montre un anticlinal de direction axiale Est-Ouest

- Les terrains autochtones des flyschs massiliens ont subi une déformation complexe caractérisée essentiellement par des plis synclinaux sub altitudinaux et des failles normales.

- La chaîne calcaire écaillée présente en général des plis étroits renversés souvent au Nord et parfois même couchés.

- Les formations néogènes de la dépression de Thénia sont affectées par des plis larges et droits.

Du point de vue tectonique régionale, nous observons deux réseaux principaux d'accidents:

- Un réseau de Direction Est - Nord - Est , Ouest - Sud - Ouest à l'Est Ouest lié à la phase distensive sera à l'origine des remontées doliriteiques.

- Un réseau de direction générale Nord-Ouest - Sud-Est, plus récent, poste-plaisancien.

Nous remarquons que l'hydrographie de l'Oued Isser est liée à la tectonique.

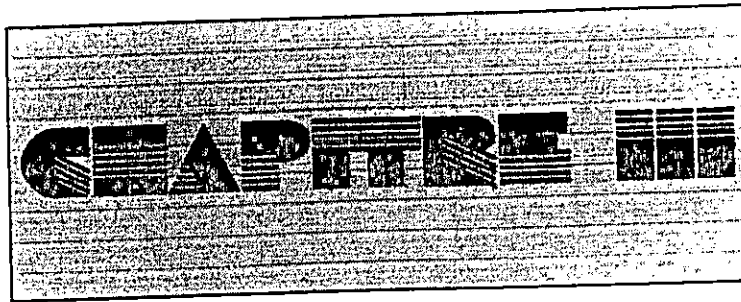
Il est très probable que le plongement de certaines failles masquées par les alluvions quaternaires correspondent à certains déviation de la linéarité du cours de l'Oued.

Conclusion:

La zone d'étude appartient au tell septentrional caractérisée par une lithologie est une structure complexe, et une tectonique cassante.

Elle est caractérisée par des formations volcaniques tertiaires et de remontées doliriteiques du même âge.

Les dépôts quaternaires sont représentés par des terrasses alluviales anciennes correspondant aux différents lits du cours de l'oued Isser, montrent un déplacement du lit de l'oued d'Ouest en Est. Les terrasses reposent sur les formations plaisanciennes (marnes plaisanciennes) sauf au Sud et au Sud Est.



ETUDE GEOPHYSIQUE

INTRODUCTION:

L'étude géophysique est l'un des moyens les plus efficaces pour une étude hydrogéologique.

Elle permet de déterminer la profondeur, l'épaisseur de l'aquifère, et le biseau salé par différentes résistivité de l'eau.

Pour des raisons de sécurité, et manque des moyens, le campagne géophysique n'a pas été réalisée. Pour remédier ce problème, nous somme basé sur les études géophysiques faites par la campagne générale de géophysique (CGG 1964, CGG 1966 et CGG 1972), et les sondages électriques réalisés dans la vallée du bas Isser.

III.1. Aperçu sur la prospection géophysique:

La prospection géophysique est une méthode d'observation directe. Elle donne des mesures physiques faites à la surface du sol. Dans la prospection géophysique, on utilise différents champs physiques naturels ou artificiels, les plus importants sont:

- La méthode magnétique: Elle est basée sur la mesure du champ magnétique terrestre.
- La méthode gravimétrique: Elle est basée sur la mesure du champ des forces de la pesanteur.
- La méthode électrique: Elle est fondée sur les différentes résistivités des roches.

Concernant l'objet de notre étude, nous utilisons la prospection électrique.

III.2. Choix et but de la méthode utilisée:

En hydrogéologie, la méthode la plus utilisée en géophysique est la méthode électrique. Elle joue un rôle important pour l'exploitation des réserves hydrauliques et alluvionnaires.

Cette méthode nous renseigne aussi sur les accidents tectoniques susceptibles d'être en relation avec l'eau.

La campagne de sondage électrique réalisée par la C.G.G avait pour but de:

- Préciser la géométrie et la nature de l'aquifère.
- Dresser une carte des resistivités apparentes.
- Déterminer les zones de changement des faciès.

III.3. Principe des sondages électriques:

La prospection électrique est l'une des méthodes les plus utilisées, vu sa simplicité de mise en oeuvre. Elle nous permet d'obtenir une coupe géoélectrique tirée à partir des différentes propriétés électriques des roches.

Le paramètre étudié est la résistivité apparente, son but est de mettre en évidence les variations de résistivités d'une formation aquifère, qui dépend de plusieurs paramètres sont:

- La minéralisation de la roche;
- La perméabilité des formations;
- L'existence de l'eau dans la roche;
- Le volume des pores remplis d'eau.

D'après la carte des résistivités établie par la CGG en 1966 et 1972 et au niveau de l'axe de l'oued la résistivité est faible (inférieure à 5 Ohm.m) indiquant une zone fortement conductrice. Il s'agit probablement de l'influence de l'invasion marine d'une part, et de substratum plus bas en rive gauche qu'en rive droite d'autre part.

La formule appliquée pour la résistivité apparente est la suivante:

$$P = K \cdot V/I$$

P: Résistivité apparente du terrain en ohm . m..

V: Différence de potentiel entre les électrodes M et N mesure en mètre.

I : Intensité du courant électrique continue émis par les électrodes en mA.

K: Longueur caractéristique égale à $(AB / 4MN) - (MN / 4)$ en m.

III.4. Matériel utilisé en sondage électrique:

Pour réaliser une campagne électrique on utilise:

- Une ligne d'émission AB.
- Une ligne de réception MN.

Sur la ligne d'émission AB on trouve :

- Un générateur de courant
- Un Ampèremètre placé en série sur le câble isolé, reliant le générateur au deux électrodes
- Un potentiomètre où un enregistreur relié à un câble venant des deux électrodes de potentiel

MN.

III.5. Résultat obtenu lors du sondage électrique :

Toutes les études précédentes ont abouti à une approche de la connaissance de l'aquifère.

Elle ont mis en évidence, d'une manière générale la série lithologique suivante plus ou moins uniforme sur toute la zone d'étude .

* Dépôts moins grossiers superficiels récents représentés par des galets sableux, légèrement limoneux. Ils constituent l'aquifère superficiel de résistivité supérieur à 100 Ohm.m, et d'épaisseur de 10 à 20 mètre en moyenne .

* Un horizon médian conducteur constitué d'argile et de limons sableux, avec une épaisseur moyenne de 15 à 20 mètre, et de résistivité comprise entre 5 à 20 Ohm.m .

* Une couche de résistivité varie entre 20 et 75 Ohm.m, formée des alluvions anciennes grossières et profondes (Gros galets, Gravier et Sables grossier). Leur épaisseur varie entre 30 et 50 mètres.

III.6. Interprétation des sondages électriques

Les différents sondages électriques et mécaniques ont permis de réaliser une série des coupes longitudinales et transversales.

Les coupes géoélectriques ont été obtenues à partir de l'interprétation des sondages électriques réalisés au niveau de la vallée du bas Isser en 1966 et 1972 par CGG.

Les coupes transversales et longitudinale sont établies initialement par l' A.N.R.H , nous les avons réactualisés à partir des informations obtenues par les forages réalisés durant les dernières années (1980 - 1994) par la D.H.W de Boumerdes.

Cette analyse se fait tout simplement par le calage des informations géophysiques et les données des derniers forages.

L'épaisseur des alluvions varie de 10 à 50 Mètres suivants les endroits, Cette épaisseur diminue au voisinage des bordures de la vallée et augmente au centre de la vallée.

III.6.1 Coupe longitudinale(fig n° 9)

La coupe longitudinale qui s'entend de Souk El Had jusqu'à l'embouchure en suivant l'axe de la vallée montre que la Septième terrasse est caractérisée par une grande hétérogénéité lithologique (galets , gravier, sable grossier , alluvions fins).

L'aquifère de cette terrasse est constitué par deux niveaux grossiers.

Un niveau supérieur avec prédominance d'éléments sableux qui forme un cordon. Ce cordon est absent au niveau de l'oued Djemaa jusqu'au nord de Bordj Menaiel. Il réapparaît et se continue au nord jusqu'au forage 3537.

L'épaisseur de cet horizon est particulièrement grande, elle s'amincit en fur et à mesure que nous déplaçons vers le Nord.

Un niveau inférieur formé par un ensemble de galets et de graviers avec des passages de sables grossiers .

D'après cette coupe l'épaisseur de ces alluvions est faible en amont, de l'ordre de 15 m, sauf au niveau f5 montre une valeur de 30 m. Au nord Ouest des Isser cette formation est complètement absente.

les argiles qui séparent les deux niveaux aquifères en amonts sont en contact direct avec le substratum imperméable.

Vers le Nord, les épaisseurs observées sont réduite et très peu variables. De façon générale, l'épaisseur de cette formation est conditionnée par l'allure du toit du substratum.

Le substratum montre une topographie très irrégulière en amont, et représenté par une serie de repture de pente accentuée vers l'aval, il est en contact direct avec le niveau inférieur.

Le tous est recouvert par un terrain argileux qui atteint des épaisseurs différentes.

III.6.2. COUPES TRANSVERSALES (fig n° 10)

Ces différentes coupes montrent, comme la coupe longitudinale deux niveaux aquifères:

-Un niveau supérieur moins grossier.

-Un niveau inférieure grossier.

Ces différentes coupes montrent deux niveaux aquifères différents; l'un est moins grossier et moins répandu, par contre l'autre est grossier et très abondant.

En général , les deux niveaux sont séparés par une couche d'argile.

L'épaisseur des alluvions est très variable, elle maximale dans l'axe de la vallée et s'amincit au fur et à mesure vers les pieds des versants.

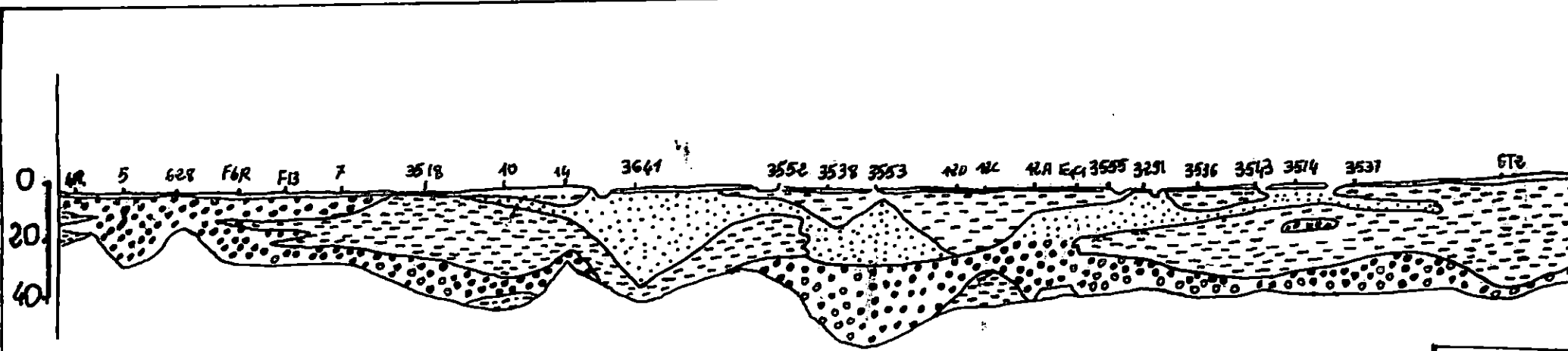


Fig n°9 : Coupe longitudinale dans la vallée alluviale
du bas ISSER

echelle: 20m





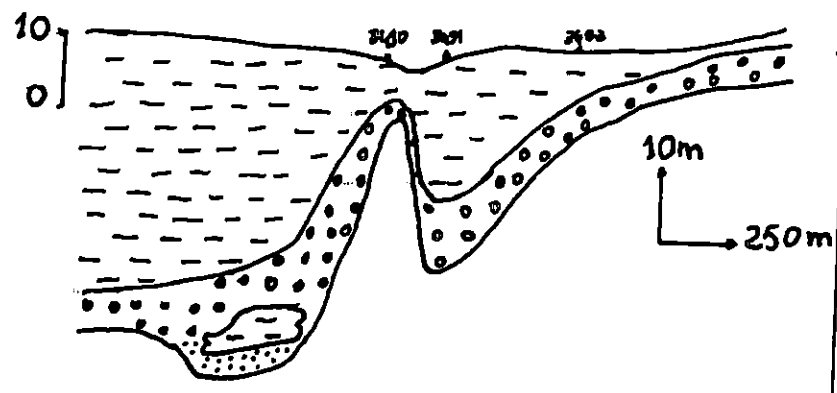
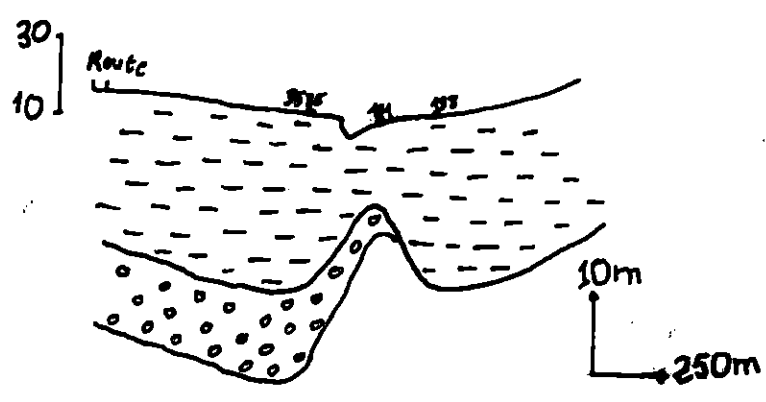
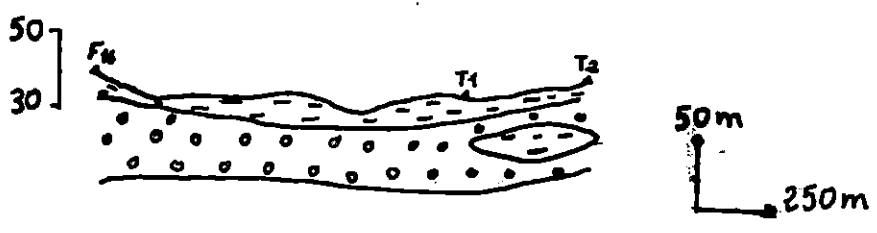
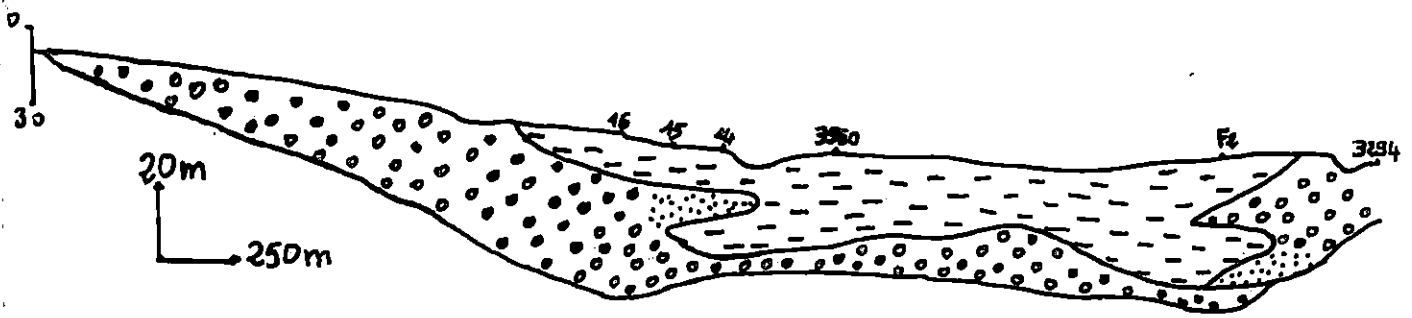




- LEG**
-  sab
 -  Arg
 -  gale
 -  For

Fig 10: Coupes transversales du bas ISSER



LEGENDE

-  SABLES
-  ARGILES
-  GALETS ET GRAVIERES
-  Forage

III.7. MORPHOLOGIE DU TOIT DU SUBSTRATUM:

le substratum de cet aquifère est constitué dans sa quasi totalité par des marnes bleues plaisanciennes. Il présente une allure très irrégulière et affleure dans les bordures, alors qu'il est rencontré par de nombreux forages à des profondeurs allant de 20 à 80m.

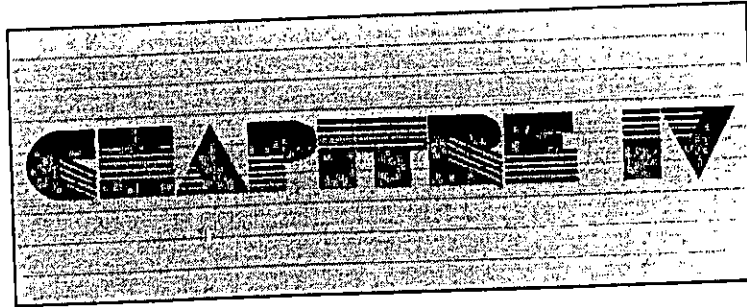
CONCLUSION:

Les sondages électriques effectués dans la vallée du bas Isser par la CGG 1966 et 1972 ont permis de préciser l'épaisseur et la nature des formations.

Trois terrains ont été mis en évidence:

- La couverture argileuse imperméable d'épaisseur variable;
- Les alluvions sableuses perméables;
- Les alluvions grossières (galets et gravier) profondes et perméables.

Les coupes effectuées ont montré une grande variété dans la lithologie et l'épaisseur des alluvions. Le substratum lui aussi montre une irrégularité importante le long de la vallée.



ETUDE
HYDRODYNAMIQUE

IV-1 INTRODUCTION:

Les études antérieures (GUIRKANOV 1974, CHAMLAL, 1983) ont mis en évidence trois zones aquifères dans la vallée du bas Isser correspondant aux terrasses alluviales, aux terrasses marines et aux dunes anciennes.

La septième terrasse qui occupe la partie la plus basse de la vallée constitue l'aquifère principal le plus exploité.

Dans ce chapitre nous tenterons de mettre en évidence les caractéristiques de l'aquifère par l'étude piézométrique et les facteurs hydrodynamique marins.

L'aquifère par définition, est un réservoir suffisamment poreux et perméable qui peut emmagasiner dans ses formations consolidées ou non consolidées une certaine capacité d'eau.

IV-2 PIEZOMETRE :

Une campagne piézométrique nécessite la réalisation des relevés piézométrique; Mais pour des raison de sécurité on a pas effectué ces relevés ceci nous a poussé à utiliser les données pendant la campagne faite par Ammouri et Sengad (1993)

IV-3- CARACTERISTIQUES DES POINTS D'EAU :

Plus de 81 puits repartis essentiellement sur la septième terrasse ont fait l'objet d'un relevé piézométrique.

Ces puits domestiques sont utilisés soit pour l'irrigation soit pour l'alimentation en eau potable, la majorité d'entre eux sont couverts, et équipés de motopompe, leur diamètre varié entre 1,5m et 2,5m et leur profondeur est inférieure à 25m. Ainsi ils n'atteignent pas le substratum et captent uniquement l'horizon superficiel de l'aquifère principal du Bas Isser.

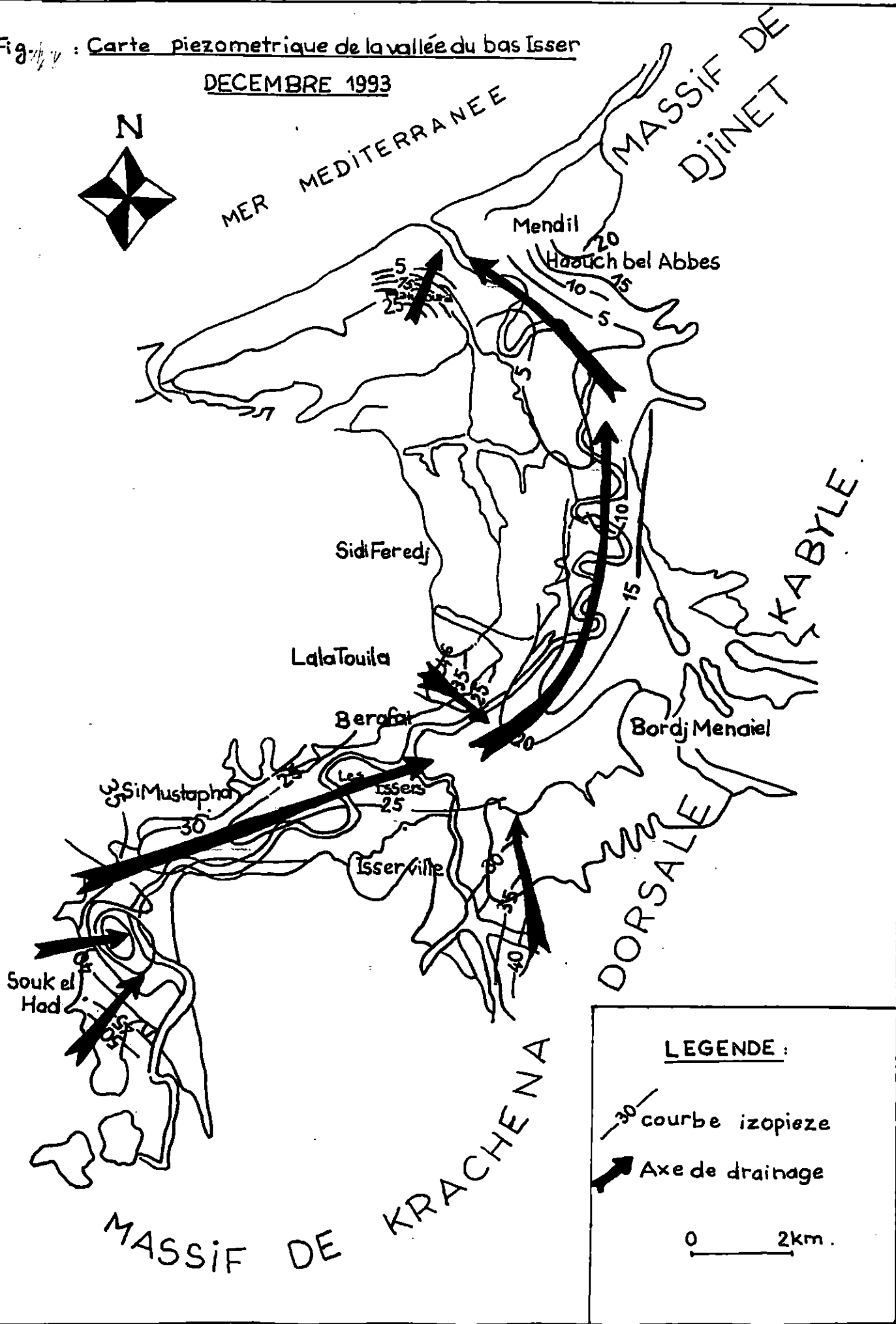
IV-4- CARTE PIEZOMETRIQUE (fig n° 11) :

Les courbes piézométrique nous permettent de définir :

- Les directions d'écoulement souterrain des eaux de la nappe aquifère.
- Calculer le gradient hydraulique qui est un paramètre important dans l'estimation des apports latéraux.
- De voir les relations hydrauliques qui pourraient exister entre les nappes aquifères des différentes terrasses alluviales.

Fig. 1 : Carte piezometrique de la vallée du bas Isser

DECEMBRE 1993



Goumra

Cette étude piézométrique a permis d'individualiser deux types d'écoulement, liés à la configuration morphologique du substratum.

On a d'une part un écoulement vers la mer, c'est à dire du Sud vers le Nord et d'autre par un écoulement des bordures de la vallée vers l'axe de drainage qui coïncidé avec un ancien sillon.

D'une façon générale, les courbes isohypses sont espacées et atteignent un maximum au niveau de l'axe de drainage.

Ces courbes révèlent un gradient hydraulique faible qui est évalué à 0,88 % au niveau des bordures et de 0,44 % dans l'axe de la vallée; ce qui explique une bonne perméabilité.

Ces courbes se resserrent au niveau de Souk-El-Had et à l'embouchure relevant un gradient hydraulique élevé de l'ordre de 2 à 3 %, ce qui explique une mauvaise perméabilité des alluvions sablo-argileuses au niveau des terrasses alluviales supérieures et des terrasses littorales.

Ces résultats traduisant une augmentation de la transmissivité dû à la bonne perméabilité des alluvions grossières surtout au niveau de si Mustapha.

IV-5- EVOLUTION DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE :

Les études qui ont déjà faites depuis 1983 jusqu'à 1992 ont montrées que le niveau piézométrique de la nappe aquifère a subi des baisses relativement importante qui varie entre 2 et 4 mètres.

Cette baisse de niveau piézométrique est le résultat de trois causes :

- L'implantation du barrage de Beni-Amrane depuis 1987 a provoqué l'assèchement de nombreux puits.

- Le déficit pluviométrique que connaît cette dernière période.

- La sur exploitation de la nappe phréatique ainsi que les matériaux alluviales.

IV- 6- ALIMENTATION DE LA NAPPE :

L'alimentation de la nappe aquifère, s'effectue essentiellement par les apports souterrains des terrains de bordure et par l'infiltration directe des eaux de pluie.

IV- 7- CARACTERES HYDRODYNAMIQUE :

La productivité d'un captage dans un aquifère est fonction de son coefficient de perméabilité K , de son épaisseur H , et de la transmissivité T .

a)- LA TRANSMISSIVITE :

C'est le produit de la perméabilité par l'épaisseur du niveau aquifère en m²/S.

Les valeurs des transmissivités calculées par la méthode de THEIS et JACOB et l'interprétation des essais de pompages par L'INRH et DHW de Boumèrdes sont très variable, de 0,90.10⁻³ m²/s à 15,9.10⁻³ m²/s, cette variation reflète l'hétérogénéité des formations alluviales.

b)- COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT :

Il est indispensable à tout essai de bilan hydrodynamique, il est défini comme le rapport du volume d'eau libéré ou emmagasiné par unité de surface d'un aquifère à la variation de la charge hydraulique correspondante.

Ce coefficient a été estimé par les études antérieures de (GUIRKANOV 1974) à 10% à 24% par les travaux de Bouzard et Messaoud (1987).

Ces valeurs montrent que les terrains qui constituent cette nappe sont perméables.

c)- LA PERMEABILITE :

La perméabilité K, d'une formation hydrogéologique est sa caractéristique essentielle, elle est fonction de la granulométrie des grains de la formation et s'obtient par la relation :

$$K = \frac{T}{H} \quad \text{avec } K = \text{Perméabilité de la formation (m/s)}$$

$T = \text{Transmissivité de l'aquifère m}^2/\text{s}$
 $H = \text{Epaisseur totale de l'aquifère.}$

Les valeurs de la perméabilité calculées par BOUMAZA et HAMOUNI (1992) sont reportées dans le tableau suivant

Tableau n° 5 : Valeurs de perméabilité déduite de la transmissivité.

Numéro du Forage	T 10 ⁻³ m ² /s	H m	K 10 ⁻⁵ m/s
3516	0,90	27	3,3
3535	4,90	24	20
3536	2,70	20	6
3538	1,30	55	2,36
3551	8,20	8	102
3553	2,50	70	3,57
16	15,90	13	122,00

Le tableau N° 05 montre que les valeurs des perméabilités sont différents, cela est due a l'hétérogénéité des alluvions et leurs granulométrie.

Les perméabilités les plus élevées s'observent au niveau de Si Moustapha F16 et P3551, elles traduisent une granulométrie grossières de la formation aquifère (galets et grains).

IV-8- HYDRODYNAMISME MARIN :

Les données hydrodynamiques (Vents, courants, et houles) présentent une grande importance pour l'évolution du biseau salé dans la région. Ces facteurs hydrodynamiques exercent une pression sur le continent, notamment sur le courant fluviale provoquant un déplacement remarquable de la ligne d'interface eau douce/eau salée vers l'intérieur. Cette pression marine participe a l'intrusion de l'eau de mer dans la nappe phréatique côtières, surtout en cas des tempêtes.

C'est pour cette raison qu'il est souhaitable de faire un rappel sur les courant et les houles dans la région d'étude.

a- Les vents :

D'après la rose annuelle des vents relevée à Zemmouri El-Ba hri (SOGREAH 1974) montre une dominance des vents faibles et moyens (2 à 8 m/s en période estivale de direction Est et Nord Est.

Les vents de direction Ouest sont forts mais de faibles fréquences (Supérieur à 8 m/s), sont remarqués en période hivernale.

b- Les courants:

La baie de Zemmouri étant largement ouverte à l'ouest , elle est soumise en permanence à l'influence du courant .

En période hivernale le renforcement du courant sous l'effet des vents d'Ouest contrôle la circulation des eaux.

En période estivale ,les vents d'Est dominant et freinent le courant atlantique ,ces courant sont très importants .

c- Les houles :

La houle est une oscillation périodique formée par des crêtes et des creux . Elle se propage sans déformation tant que la profondeur est grande par rapport à sa longueur d'onde (LARRAS.1979).

D'après les études faites par (SOGREH 1982), la baie de Zemmouri est caractérisée par trois directions dominantes des houles , Est, Nord , et Nord Ouest avec des périodes allant de 6 à 11s .

Les fréquences des houles significatives (Hs) sont réparties par direction comme suit:

Tableau n° 6 : Répartition fréquentielle des houles dans la région de Zemmouri (1974/1975).

H.S m	Est (%)	Nord (%)	Nord Ouest %	%
0,75	36,6	5,92	24,75	67,27
2,25	3,4	1,97	3,06	8,43
3,25	0,16	0,020	0,32	3,75
5,25	0,006	0,029	0,12	0,15
6,25	/	0,004	0,013	0,017
	40,16%	40,16 %	7,9 %	100 %

Ce tableau montre une nette dominance fréquentielle de houle inférieure à 2.50m d'amplitude (75%), le reste est réparti entre les houles comprises entre 2.50 et 5.25m d'amplitude.

Les amplitudes supérieures à 5m apparaissent pendant une courte période de direction Nord et Nord Ouest.

Ces houles d'amplitude supérieures à 5m provoquent probablement la pénétration de l'eau de mer dans la nappe phréatique à travers l'embouchure.

Conclusion:

L'examen de la carte piézométrique a permis de déterminer deux types d'écoulements liés à la configuration morphologique du substratum.

- Un écoulement des bordures de la vallée vers l'axe de drainage.
- Un écoulement suivant l'axe de la vallée c'est à dire un écoulement vers la mer.
- Le gradient hydraulique faible au Sud et au centre de la vallée, par contre il est fort au Nord près de l'embouchure.
- L'alimentation de la nappe s'effectue essentiellement par les apports sous terrains des bordures et par l'infiltration directe des eaux de pluie.
- La transmissivité de la nappe aquifère varie entre $0,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ et $15,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ qui reflètent une hétérogénéité des formations alluviales.

La perméabilité varie entre $3,3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ et $122 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ nous remarquons que les terrains les plus perméables se situent au Sud et au centre de la vallée.

- Le coefficient d'emménagement varie entre 10 à 24%
- Les courants et les houles les plus importants sont de direction Nord Est et Nord Ouest.

CHAPITRE V

ETUDE HYDROCHIMIQUE

Introduction

Les eaux souterraines constituent les seules ressources en eaux dans la région du bas Isser, d'où la nécessité de bien protéger ces ressources contre tous risques de contamination.

L'étude hydrochimique permet d'apprécier la qualité et de détecter les sources de pollution. Dans ce cas, nous allons étudier les propriétés chimiques des eaux de la nappe du bas Isser.

A cet effet, nous avons exploité les résultats des analyses de 91 échantillons, prélevés en Décembre 92 par Boumaza et Hamouni (1993).

Ce chapitre est basé aussi sur des anciennes études géophysiques, car nous n'avons pas pu faire des levés géophysiques en ce moment.

V.1 Caractères organoleptiques

Pendants notre sortie sur le site, nous avons observé deux paramètres essentiels : la couleur de l'eau et le goût.

V.1.a -Couleur :

La plus part des puits observés lors de la sortie, ont une eau de couleur plus ou moins claire. Les puits abandonnés, l'eau prend la couleur jaunâtre. Cette couleur est dûe probablement à la matière en suspension (argile, feuilles et branches d'arbres).

V.1.b- Goût :

La plus part des puits approximités de la mer et l'oued Isser, l'eau était salée. D'après les témoignages des paysans, cette salinité devient très remarquable en période de tempête. Dans ce cas l'eau devient médiocre.

V.2 Paramètres physico-chimiques :

Durant la sortie réalisée en mois d'Août 1995, seulement 14 échantillons ont été prélevés à cause de la situation sécuritaire, et l'accès qui est difficile dans certains puits, voir carte n° 12. Les valeurs obtenues sont mesurées à l'aide d'un salinomètre et un conductivimètre au laboratoire de L'ISMAL. le PH et la température ont été mesurés sur terrain, ableau n° 6.

Tableau n°7 : Valeurs des paramètres phisico-chimiques

POINTS DE PRELEVEMENTS	T. c°	PH	SALINITE%	CONDUCTIVI TE μ mohs/cm
PAM	21	7-8	1.5	920
P5	21	7_8	10.2	1775
PAQ	21.5	6-7	11.3	1990
PAP	19	6-7	9.6	1532
P230	20	6-7	9.8	1656
PAN	20.5	6-7	1.2	855
P8	22	6-7	0.8	675
P9	22	6-7	0.4	430
P10	21	6-7	0.1	260
P219	21	6-7	0.7	624
SOURCE	22	6-7	1.21	861
OUED	29	7-8	11.1	1962
MARAIS	26	6-7	9.4	1634
PAI	22	6-7	1.3	843

2-a TEMPERATURES :

Les températures des eaux de la nappe de la région étudiée sont très proches. Ces valeurs varient entre 19 et 22 dans la plu part des points d'eau prélevés. part contre celle de l'oued et la marais, sont élevées entre 29 et 26 respectivement, cela est dû à l'influence de la température de l'air.

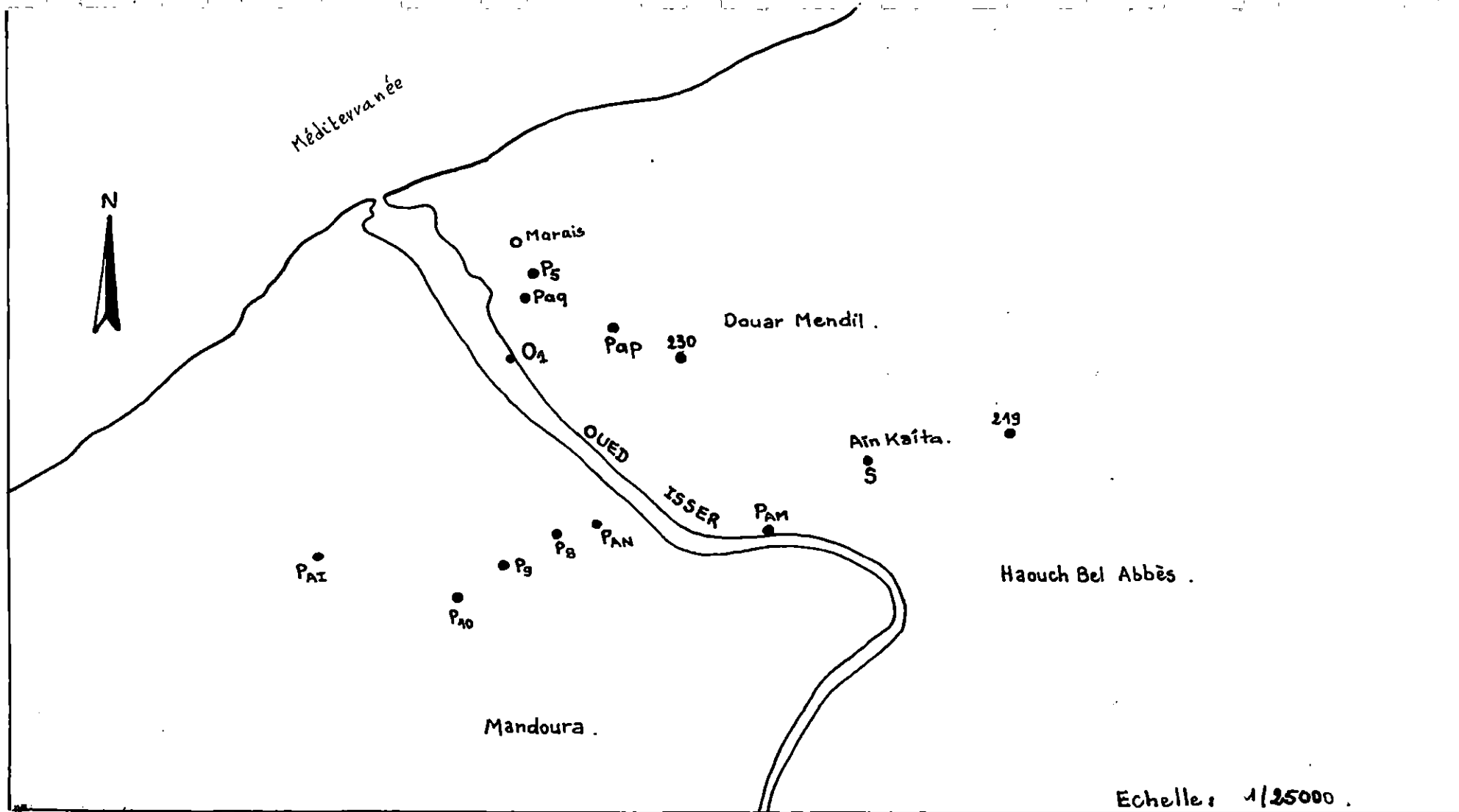


FIG N° 12 : LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENT

2-b LE PH

les eaux de la vallée du bas Isser ont un PH pratiquement normal. Il varie entre 6 et 7 , à l'exception des zones influées par l'eau de mer, ou la valeur da PH varie entre 7 et 8.

2-c LA SALINITE

la salinité de l'eau est en rapport direct avec la conductivité . les valeurs mesurées de la salinité des eaux de la plaine alluviale du bas Isser varient entre 0.1 g/l et 11.1 g/l les teneurs les plus élevées sont remarquées au niveau des puits implantés près de l'embouchure de l'oued Isser .Ce sel est la conséquence de la pénétration de l'eau de mer à l'intérieur à travers l'embouchure.

2-d LA CONDUCTIVITE

la conductivité permet une estimation de la minéralisation des eaux .

les mesures de la conductivité de l'eau des puits sélectionnées varient entre 260 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au niveau du puits n°10 se trouve en rive gauche de l'oued , et 1990 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au niveau du puits Paq, situé dans la rive droite de l'oued à proximité de la côte.

Nous remarquons un accroissement des valeurs des conductivités de l'amont vers la mer de la plaine alluviale du bas Isser.

Il signale que , plus l'eau est salée plus la conductivité est importante.

Le tableau suivant donne une indication proche sur la relation entre la minéralisation et la conductivité

Tableau n° 8: Relation existant entre la conductivité et la minéralisation.

Conductivité $\mu\text{mhos/cm}$	Minéralisation
$C < 100$	Très faible
$100 < C < 200$	Faible
$200 < C < 333$	Moyenne
$333 < C < 666$	accentuée
$666 < C < 1000$	Importante
$C > 1000$	élevé

V-3 FACIES CHIMIQUES

Faute de moyens , et par manque de sécurité , on a été poussé à utiliser la carte des faciès chimiques établie par BOUMAZA et HAMOUNI (1993) .

Cette carte montre que , les eaux du bas Isser présentent trois grandes familles de faciès chimiques ,elles sont représentées dans la figure n° 13.

3-a FACIES BICARBONATES

les faciès bicarbonatés sont les plus dominants . Ils s'étendent de Souk El Had jusqu'à Moudoura .Sa présence dans la majeure partie de la vallée , s'explique par la circulation des eaux souterraines dans les alluvions grossières (gravier et galet) de nature calcaire.

3-b FACIES CHLORURES

Ce faciès est plus répandu en rive gauche qu'en rive droite .Il se rencontre essentiellement au Sud de Mandoura jusqu'à l'embouchure de l'oued Isser , ou l'influence marine est prépondérante .

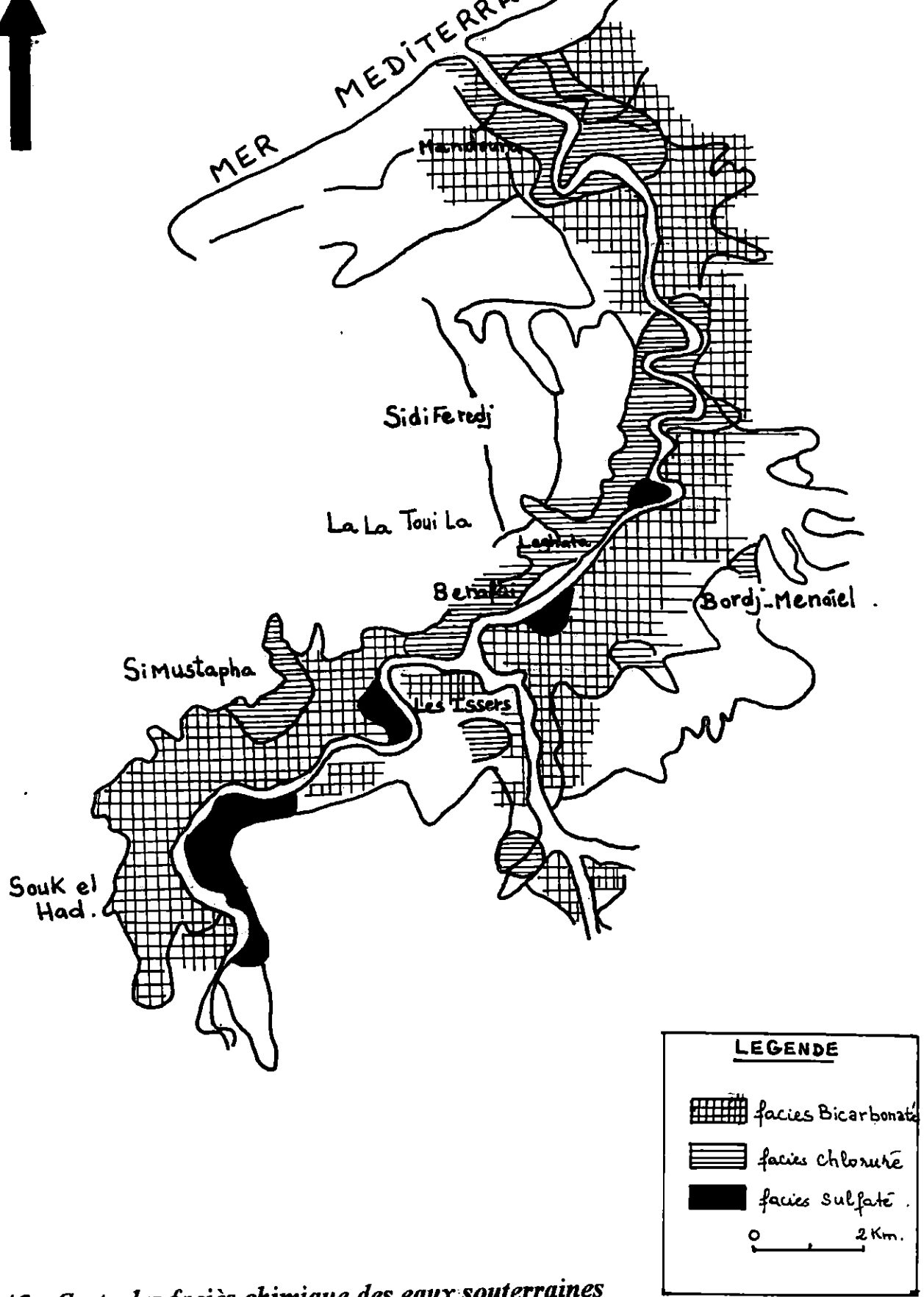


Fig 13 : Carte des faciès chimique des eaux souterraines du bas ISSER

3-c- FACIES SULFATES

Ce faciès est très localisé à l'amont en bordure de l'oued Isser. Il est plus répandu en rive droite qu'en rive gauche.

Sa présence dans la rive droite s'explique par l'utilisation des engrais sulfatés dans l'agriculture.

CONCLUSION

L'étude hydrochimique des eaux de la nappe phréatique de la vallée du bas Isser montre une minéralisation plus au moins élevée.

Ces eaux dans leur majorité ont PH⁺ acide à neutre avec une température normale, et un taux de salinité plus au moins remarquable.

La carte des faciès chimiques a montrée une abondance des eaux bicarbonatées et chlorurées.

V-4- LOCALISATION ET EVOLUTION DU BISEAU SALE

Dans la plus part des nappes souterraines notamment les nappes côtières, l'intrusion des eaux marines (eau salée) est très fréquente. Ce phénomène progresse rapidement de plus en plus vers l'intérieur à des distances importantes.

L'arrêt de ce phénomène est conditionné essentiellement par la détermination de l'interface entre les deux eaux (eau douce, eau salée) et son évolution dans la temps et dans l'espace.

4-1 LOCALISATION DE L'INTRUSION MARINE

Les différentes recherches et études menées par les organismes scientifiques, notamment les études géomorphologiques, géophysiques, hydrodynamiques et hydrochimiques dans la vallée du bas Isser avaient pour objet la localisation du biseau salé dans la région.

La contribution de ces études à la connaissance du phénomène de l'intrusion marine dans la nappe phréatique a été marquée par :

- Pente moyenne avec un faible cours d'eau;
- Formation géologique peu perméable à perméable;
- Résistivités faibles à l'aval;
- Phénomène de subsidence;
- Phénomène d'eustatisme;
- Degré de minéralisation des eaux et ces caractères physico-chimiques.

Tous ces paramètres peuvent confirmer la présence d'une invasion marine dans la nappe phréatique du bas Isser.

Ajoutons a cela les facteurs anthropiques observés durant la sortie sur site et qui sont présentés par:

- La surexploitation de la nappe phréatique;
- L'exploitation anarchique des formations alluvionnaires;

Ces nombreuses données nous permettent de constater l'existence du problème qui devient de plus en plus menaçant.

4-2 PROCEDURE DE LA CONTAMINATION

L'action de l'eau de mer produite en aval sur la nappe souterraine du bas Isser est provoquée probablement par une seule voie .

Une contamination superficielle propagée par la pénétration de l'eau de mer a travers l'embouchure surtout en cas de tempête.

Cette voie de contamination est favorisée essentiellement par les éléments suivant:

- L'exploitation excessive des matériaux surtout au niveau du lit majeur de l'Oued provoquant une accentuation de la pente de l'oued vers l'intérieurs

- Un pompage intensif.

- L'implantation du barrage de Beni -Amrane qui a séché plusieurs puits.

4-3 Mode d'évolution A l'origine l'eau salée est plus minéralisée que l'eau douce.

L'avancée de cette eau saumâtre ou salée vers l'intérieur décrit une ligne de courbure dont la concavité est dirigée vers le continent.

Ce phénomène est basé sur le principe de diffusion. Ce mode d'évolution est confirmé par les différentes approches hydrostatiques contenant deux fluides de densités différentes dans un milieu poreux et perméable.

4-4 ESTIMATION DU BISEAU SALE .

En se basant sur les paramètres physico-chimique mesurés dans différents points d'eau et les différents faciès chimiques observés dans la région, nous avons estimé la distance de l'invasion marine dans la vallée du bas Isser à environ 2000 m de la côte et de 500 à 1000 mètres de part et d'autre de l'oued voir fig n° 14.

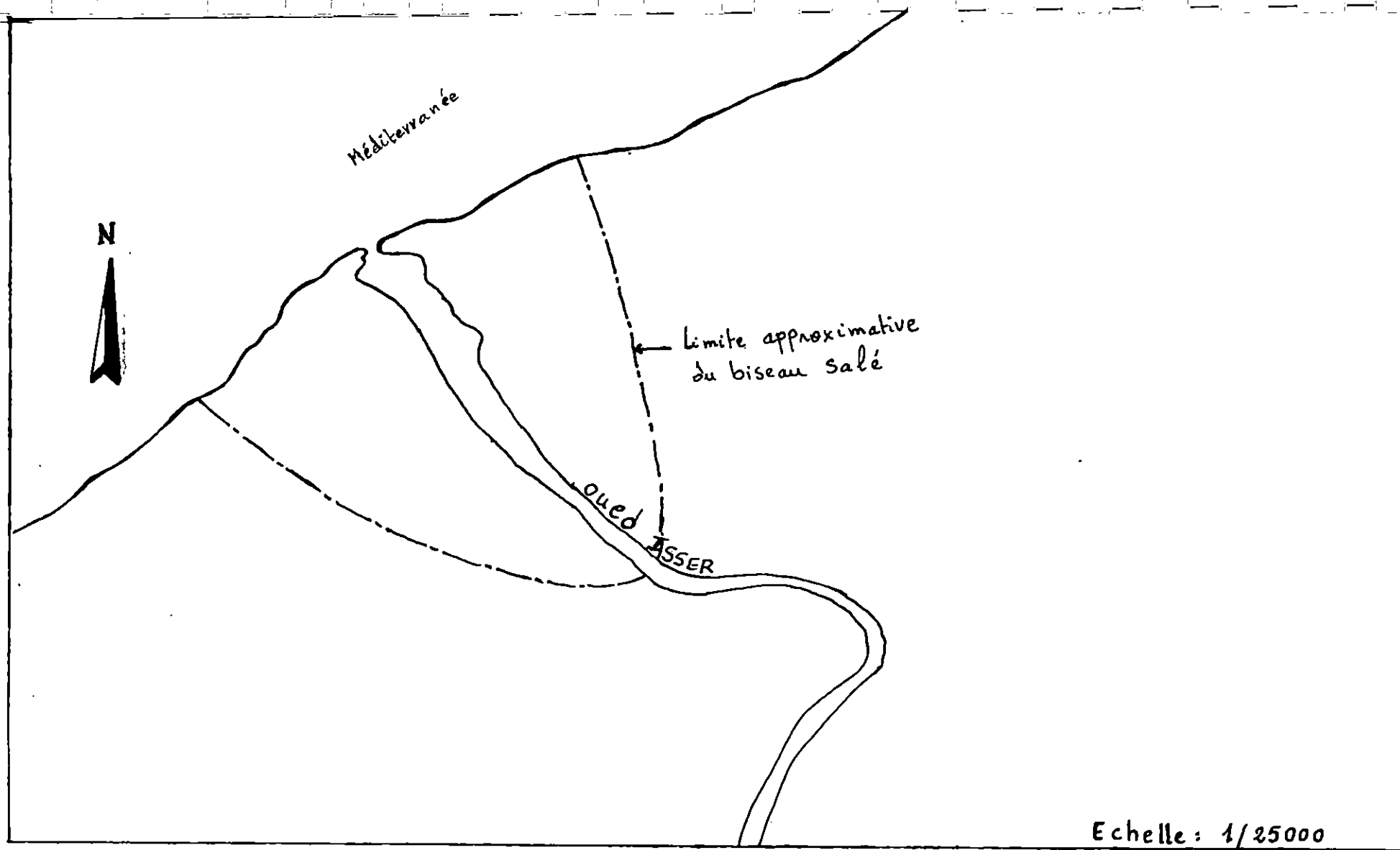


Fig n° 14.: Localisation du biseau salé

CHAPITRE VI

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

VI- CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS.

La zone du bas Isser est située à 60 Km à l'est de la Wilaya d'Alger, Elle s'étend des gorges de Lakhdaria à l'embouchure. Elle présente des reliefs modérés et de faibles pentes et un climat méditerranéen.

La pluviométrie moyenne annuelle est de 735,50 mm pour (1984 - 1988), dont environ 71% retournent à l'atmosphère par l'évaporation.

Depuis l'implantation du barrage de Beni Amrane une grande partie des eaux sont retenues, réduisant le ruissellement, l'infiltration et la dilution de la nappe phréatique de la vallée du bas Isser.

Les études géologiques antérieures ont montré que le bas Isser se caractérise par sa complexité structurale et stratigraphique. Ces études ont mis en évidence sept terrasses alluviales constituent les formations aquifères. Ces formations sont représentées par des alluvions quaternaires des anciennes terrasses alluviales et marines, dont la septième terrasse est la plus importante pour les ressources en eau dans la région.

Les résultats des prospections géophysiques de surface complétés par les coupes hydrologiques, ont permis de dégager la géométrie de l'aquifère principal. Ce dernier est formé par un niveau aquifère constitué des galets et graviers surmontés par des argiles, ces argiles sont complètement absentes entre Souk - El - Had et Si Mustapha.

La carte piézométrique établie en décembre 1993 par Ammouri et Sengad, nous a permis de mettre en évidence deux types d'écoulement.

- Un écoulement latéral des bordures vers le centre de la vallée.
- Un écoulement suivant l'axe de la vallée, du sud vers le Nord.

Le niveau piézométrique des études antérieures, a connu une baisse de 2 à 4 m entre 1983 et 1989.

L'alimentation de la nappe est assuré principalement par l'infiltration des eaux de ruissellement d'une part et d'autre part par les écoulements souterrain des bordures (troisième et quatrième terrasse).

L'étude des facteurs hydrodynamiques marin a montrée une nette dominance des vents d'Ouest en hiver et d'Est en Eté. Les courants et les houles les plus dominants dans la région sont Nord Est et Nord-Ouest.

L'étude hydrochimique entreprise en décembre 1992 a montrée que les eaux de la vallée du bas Isser sont dures et minéralisées. L'analyse chimique de ces eaux a permis de constater trois faciès bicarbonatés, chlorurés, et sulfatés.

Les faciès bicarbonatés sont les plus dominants. Ils occupent toute la vallée du bas Isser.

Les faciès chlorurés sont localisés surtout près de la côte, du Sud de Mandoura jusqu'à l'embouchure.

Les faciès sulfatés se trouvent à l'amont de la vallée. Ils sont plus répondus en rive droit qu'en rive gauche de l'Oued.

En général l'intrusion marine dans la vallée du bas Isser est une invasion superficielle. Elle est due à la pénétration de l'eau de mer a l'intérieur de la vallée à travers l'embouchure.

A fin de freiner la progression de l'intrusion marine dans le bas Isser, et d'amiliorer la qualité de l'eau nous proposons les recommandations suivantes:

- Veiller au respect de la réglementation en vigueur, l'article 12 du décret N° 86-226 du 2 Septembre 1986 relatif à la concession d'extraction des matériaux.

Ces exploitations des materiaux sont strictement interdites:

- A moins de 200 m de part et d'autre des infrastructures et ouvrage d'art;
- A moins de 1000 m de rayon des forages ou puits.
- Faire un étude d'aménagement de l'embouchure dans le but de garder son orientation à l'abri des tempêtes et houles de grande amplitudes, après une étude préalable;
- Creuser un chenal le long l'embouchure pour faciliter l'écoulement de l'Oued vers la mer;
- Eviter l'exploitation du sable au niveau du lit de l'oued;
- Respecter les débits d'exploitation de la nappe calculés lors des essais de pompage;
- Procéder à chaque fois une compagne géophysique dans le but de localiser l'interface eau douce / eau salée et son évolution;
- Eviter la culture qui demande une quantité importante d'eau, surtout en période estivale;
- Utilisation des engrais naturels a la place des artificiels;
- Collecter tout les rejets domestiques et industriels dans un réseau d'assainissement de toutes les agglomérations de la région;
- Etablir une surveillance continue de la nappe par des analyses chimique et bactériennes;
- Procéder à une alimentation artificielle de la nappe, dans le but de créer un dôme hydraulique susceptible d'arrêter la progression d'eau salée vers la zone d'exploitation;
- Eviter l'implantation des forages au niveau de la zone contaminée.

BIBLIOGRAPHIE

Amouri L. et Sengad S. , 1993 - Contribution à étude hydrochimique de la basse vallée de l'oued Isser. Mémoire d'ingénieur en hydrogéologie, I.S.T, U.S.T.H.B, P 93

Belkessa R. , 1991- Evolution géomorphologique et sédimentologique du bas Isser et de son embouchure . Thèse de magister, I.S.M.A.L , 162 P

Bize J, Bourguet L. et Lemoine J. , 1972 - alimentation artificielle des nappes souterraines. Ed. Messon et Cie, Paris, 199 P.

Boumaza N. et Hamouni M. , 1993 - Contribution a l'étude hydrogéologique de la vallée du bas Isser. Mémoire d'ingénieur en hydrogéologie, I.S.T, U.S.T.H.B, P207

- **Bouzard M .et Messaoud N. , 1987**- contribution a l'étude hydrogéologique de la vallée du bas Isser- Mémoire d'ingénieur en hydrogéologie, I.T.T , U.S.T.H.B, P 84

Castany G. , 1982- Principes et méthodes de l'hydrogéologie . Ed. Dunod, Paris, P

Chaoui S. et Cherif L. , 1990 - Hydrogéologie et utilisation actuelle des ressources en eau du bas Isser. Mémoire d'ingénieur en hydrogéologie, I.S.T, U.S.T.H.B. P.....

Chemlal N. , 1982- Etude paléomorphologique et hydrogéologique de la vallée du bas Isser. Thèse de magister U.S.T..M.B, 233 P.

- **Guirkanov A. , 1972**- étude hydrogéologique du bas et moyen Isser.

Larras J. , 1979 - Physique des lames et de la houle Ed. Eyrolles Paris , 282 P

Sai M. , 1994 - Invasion marine : Contamination de la nappe phréatique du bas sébaou . Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral , I.S.M.A.L P 84 .

- **Seltzer P. , 1946** - Le climat de l'Algérie. I.M.P.G.A 221 P

Sogreah F.P . , 1982- Aménagement du port pêche de Zemmouri
Etude statistique des houles. Note technique N°2, Grenoble, France, 80 P

- Saidi N . , 1993 - Application des sondages électriques à la localisation du contact eau / eau
salée . Hôtel Hilton.