

## I. Introduction

La plaine de Kebir Ouest, dont Guerbès y comprise est une région côtière, et humide. Elle est caractérisée par un couvert végétal très dense, et une formation géologique à forte perméabilité (alluvions, sables). Ces conditions font que la zone recèle un important réservoir d'eau souterraine, ainsi que des eaux de surfaces.

Le système aquifère de la plaine est la principale ressource pour la population de la région. Ces dernières années une sécheresse importante et une demande en eau croissante ont été remarquées, ce qui a conduit par conséquence à une sollicitation accrue, et une exploitation non-rationnel des nappes, et dans la major partie du temps les répercussions vont retourner sur les nappes d'eaux.

Alors le plus grand défi est de trouver une solution à la demande croissante tout en préservant les ressources naturelles contre la pollution ou l'extinction.

C'est ainsi que les principales formations géologiques jugées hydrauliquement favorables à l'emmagasinement de l'eau sont :

### i. Les dépôts Quaternaires récents :

Ils constituent les colluvions d'oued El Kebir d'une part et l'Alluvium constitué de galets calcaires, de graviers, de sable et d'argiles qui est parfois mêlé à des fragments remaniés de schistes d'autre part. Il est à noter qu'un granoclassement de ces dépôts est grossier en amont de la plaine, devient fin et mêlé aux particules fines d'argiles et de tourbe dans sa partie aval. Ces dépôts sont remarquables au niveau de l'ensemble du réseau hydrographique.

### ii. Les formations quaternaires anciennes :

Elles sont représentées par les sables rougeâtres de l'Holocène. Ce faciès se localise essentiellement aux piémonts du massif métamorphique de djebel Boumaïza dans la partie Est de la plaine et de Koudiat El Aneb à l'Ouest. Un autre faciès constitué de sable blanc et qui constitue les dunes proprement dites entre dans cette formation. Déposé et orienté Nord-Ouest Sud-Est à la faveur des vents dominants, son épaisseur déterminée par la géophysique peut atteindre cent mètres.

### iii. Les grès dunaires :

Ils se localisent surtout dans la région de Sidi Lakhdar qui supportent le lit de l'oued Dissa et qui bordent le littoral.

## II. Géométrie des aquifères

Les logs litho-stratigraphiques des forages et l'analyse des données géophysiques ont permis d'établir la nature et la géométrie des aquifères existants. Ils montrent que le système hydrogéologique de la plaine de Guerbès occupe un fossé d'effondrement ayant servi à la genèse de la vallée actuelle de l'oued El Kebir, le remplissage de ce fossé d'effondrement s'est fait avec des dépôts Plio-Quaternaires d'origines multiples (lacustre, marine, colluviale et éolienne).

Ces origines expliquent la diversité des faciès. Par ailleurs, la dynamique du fossé d'effondrement et de son contexte (massif de l'Edough et les monts de Constantine) expliquent les passages latéraux de faciès ainsi que la variation de leurs épaisseurs.

### II.1 Caractéristiques hydrogéologiques des formations aquifères

Dans la zone d'étude l'examen des coupes schématiques et les données de forages, montre la présence d'un système d'aquifère constitué de plusieurs nappes.

#### II.1.1 Région Nord du massif dunaire

Quelques forages y sont implantés ont permis d'identifier un aquifère profond constitué de matériaux polygéniques de gravier et de galets plus épais dans la région Nord-Ouest, où il remonte très haut en surface. Il est surmonté dans la région Nord-Est par un dépôt d'argiles qui lui confère une identité captive dans cette zone. À l'Est de l'oued El Kebir, il est en continuité hydraulique directe avec une formation dunaire de sables blanc. Partout ailleurs, il est surmonté par une formation de sables argileux peu perméable mais assurant une continuité hydraulique verticale jusqu'aux dépôts de sables dunaires dans la partie centrale. L'épaisseur des formations aquifères varie entre 50 mètres au Nord-Est et 140 mètres dans la partie centrale.

#### II.1.2 Région centrale de la plaine

Les logs litho-stratigraphiques des forages permettent d'identifier une formation aquifère constituée de graviers et de sables de nature alluvionnaire qui est surmontée par un horizon imperméable d'argiles qui lui confère une captivité sur toute la largeur de la vallée. L'épaisseur de l'aquifère varie entre 12 mètres au Sud et 50 mètres dans la centrale.

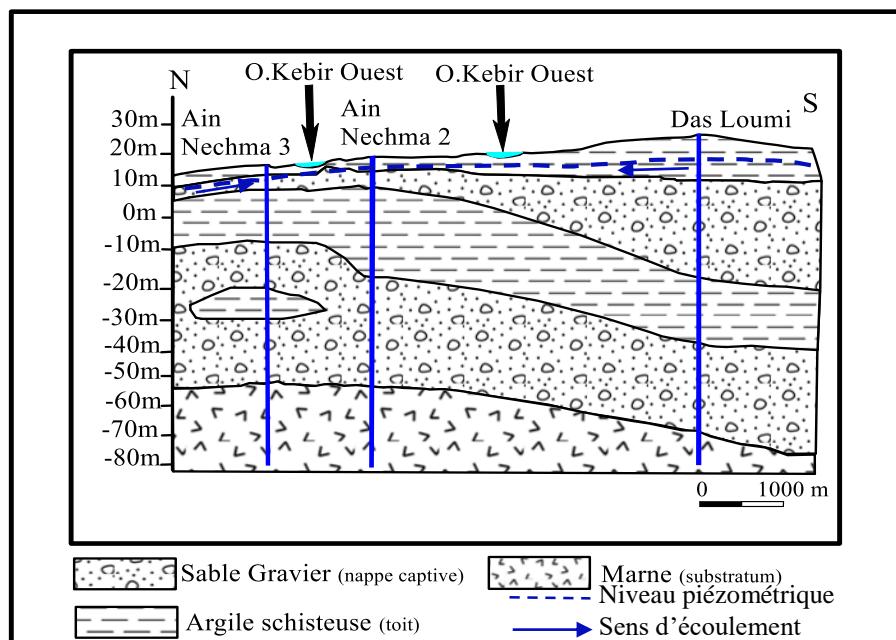
### a. Le bassin versant de Kebir Ouest

La coupe effectuée dans la plaine alluviale du Kebir Ouest, d'orientation Nord-Sud nous révèle l'existence de deux aquifères superposés (Fig : IV.2).

La première nappe alluviale de Kebir Ouest est formée d'un mélange de sable, graviers et de galets, se localise sous un toit imperméable à semi perméable, son épaisseur varie de 5 m au Nord (forage Ain Nechma 3) et peut aller jusqu'à 20 mètres au Sud (forage Das Loumi).

La deuxième nappe étant captive, possède un toit imperméable formé d'argiles limoneuses dont l'épaisseur varie de 10 à 20 mètres légèrement incliné vers le Sud.

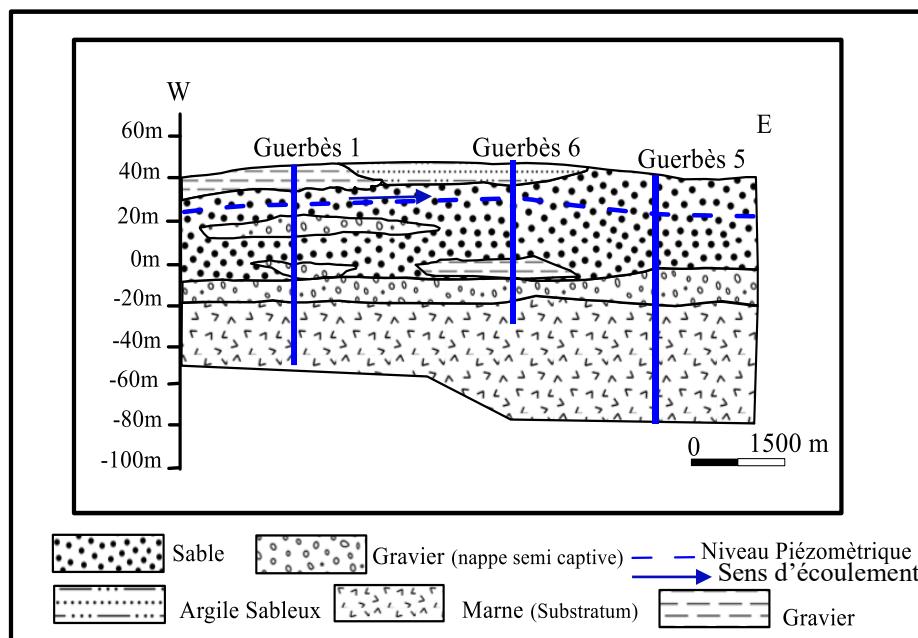
Le substratum est formé en général par des marnes d'âge pliocène d'épaisseur variable, les zones les plus perméables de la nappe alluvionnaire se trouvent au débouché de l'oued Kebir Ouest et ses affluents en raison de la granulométrie du sol, la valeur maximale de la Transmissivité est de l'ordre de  $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  au Sud-Est dans la région de Hadjar Essoud. (*STROJEXPORT PRAGUE. 1974*).



**Figure IV.1: Coupe Hydrogéologique dans l'aquifère de Azzaba**  
(d'après les coupes de forages).

### b. Le massif dunaire de Guerbès

Le massif dunaire de Guerbès se présente comme un bourrelet littoral, il culmine à 107 m au centre du bassin de Guerbès. Les formations sableuses du massif dunaire de Guerbès révèlent l'existence de deux nappes superposées distinctes l'une superficielle et l'autre profonde séparées par une couche semi-perméable à certains endroits :

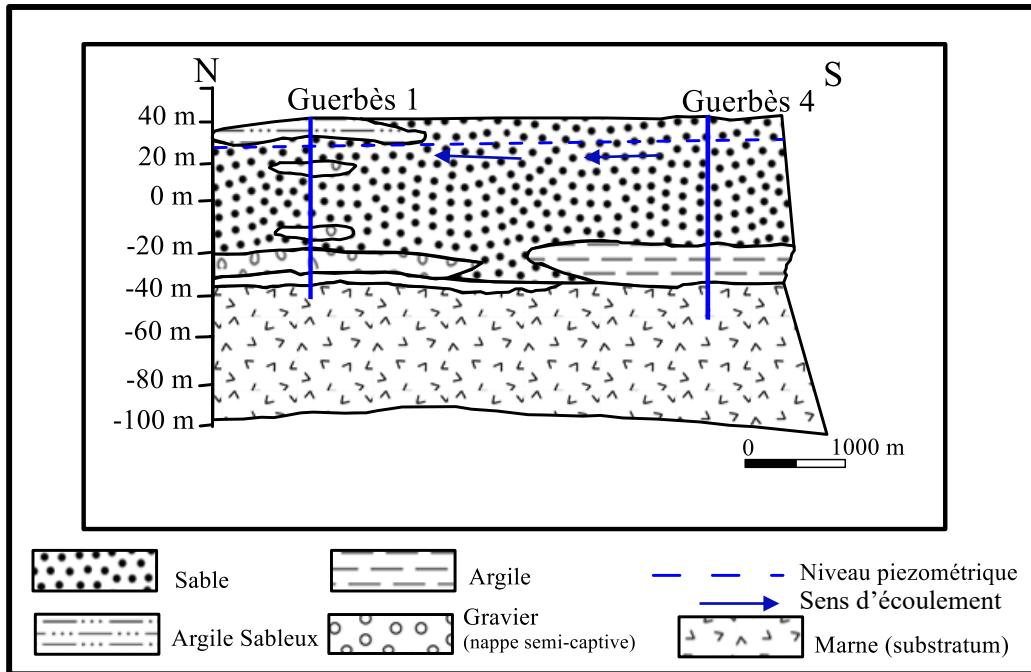


**Figure IV.2: Coupe hydrogéologique (EW) dans le massif dunaire de Guerbès (d'après les coupes de forages).**

La coupe effectuée dans les formations du massif dunaire de Guerbès, d'orientation Est Ouest (Fig.IV.3) nous révèle l'existence de deux nappes, l'une est libre formée par un matériel sableux, son épaisseur est variable de 5 à 10 m. À quelques endroits, on remarque l'absence de la couche semi-perméable (qui forme le substratum) ou la nappe superficielle et la nappe profonde se confondent (Guerbès 1 et Guerbès 5).

La seconde est une nappe semi captive à matériel alluvionnaire grossier constitué de sable, graviers et galets. Son épaisseur moyenne est de 15 mètres (forages Guerbès 1, 5, et 6).

La Transmissivité (T) moyenne de la nappe est de l'ordre de  $2.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  et d'un coefficient d'emmagasinement (S) allant de  $3.10^{-4}$  à  $30.10^{-4}$ . (*Khammar C. 1981*).



**Figure IV.3 : Coupe Hydrogéologique à travers le massif dunaire de Guerbès (NS)**

L’ensemble du système repose sur un substratum imperméable formé d’argiles grises d’âge pliocène. (Coupe IV.3, IV.4). Le débit total d’exploitation dans la vallée de Kebir Ouest est de l’ordre de 362 l/s (*D.R.E Skikda*). alors que le débit moyen fictif et continu est de l’ordre de 377 l/s (*Bacha., Boutefnouchet. 1988*).

## II.2 Extension des nappes

Pour l’étude de la nature des nappes aquifères et leurs extensions, il est nécessaire d’établir des coupes hydrogéologiques à partir des forages, qui permettront par la suite la représentation de toutes les couches traversées par ces forages (en particulier les forages parfaits qui peuvent atteindre le substratum de l’aquifère).

La carte (Fig. IV.4) établie de l’extension latérale des couches aquifères (d’après les coupes de forages et coupes hydrogéologiques), nous montre d’une façon approximative leurs extension générale dans l’espace.

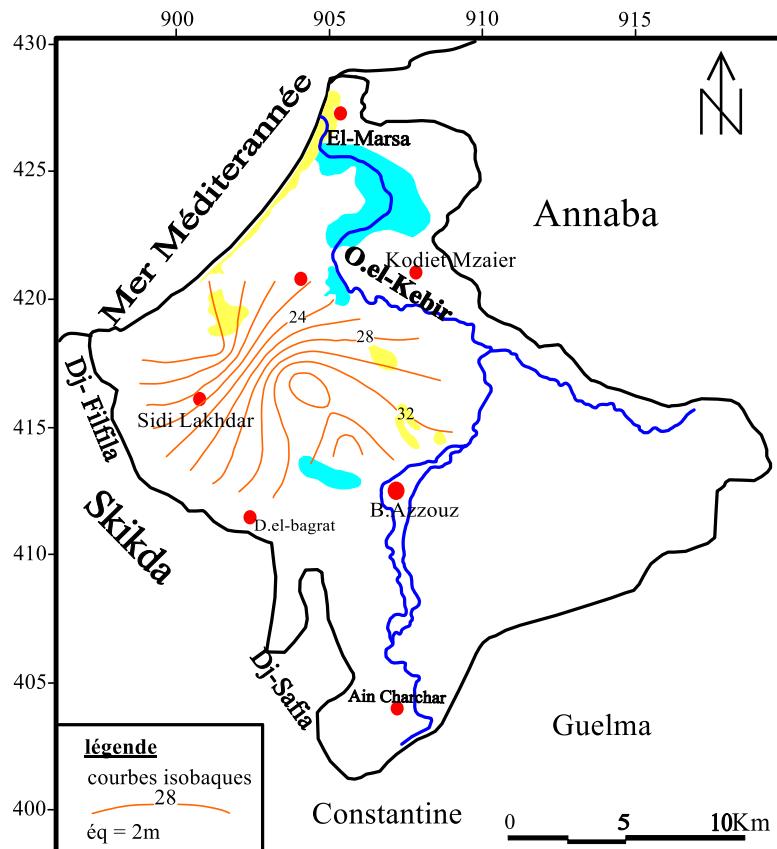
Dans la région de Guerbès les nappes révélées sont celles des sables dunaires, s’étendant à plusieurs kilomètres du nord au Sud, (selon la disponibilité des forages et leurs lieux d’implantation).

Dans la plaine de Kebir Ouest la nappe la plus importante est celle des sables et graviers d’une puissance qui peut dépasser 20 m, son extension latérale se remarque de part et d’autre de l’oued Kebir Ouest dépassant 10 kilomètres de chaque côté.

### II.2.1 Cartes isopaques

À partir des résultats de la géophysique et de la géologie nous avons déterminé les épaisseurs des différentes nappes constituant le système aquifère, ce qui nous a permis de dresser les cartes isopaques des niveaux correspondants. L'observation de ces dernières montrent :

a. **Nappe libre** : La carte (fig. IV.5) montre que l'épaisseur de l'aquifère des sables augmente du Nord au Sud. Elle varie entre 15 m d'épaisseur observée au niveau du piézomètre P7 jusqu'à 37 m au niveau de P14.



**Figure IV.4 : Carte des isopaques de la nappe des sables.** (Hadj Saïd. S 2007)

**b. Nappe profonde**, la carte des isopaques de l'aquifère des alluvions (fig. IV.6) indique une croissance des épaisseurs du Sud vers le Nord. L'épaisseur minimale s'observe au niveau du forage G2, elle est de l'ordre de 7m tandis que la valeur maximale est de 50 m s'observe au forage G1.

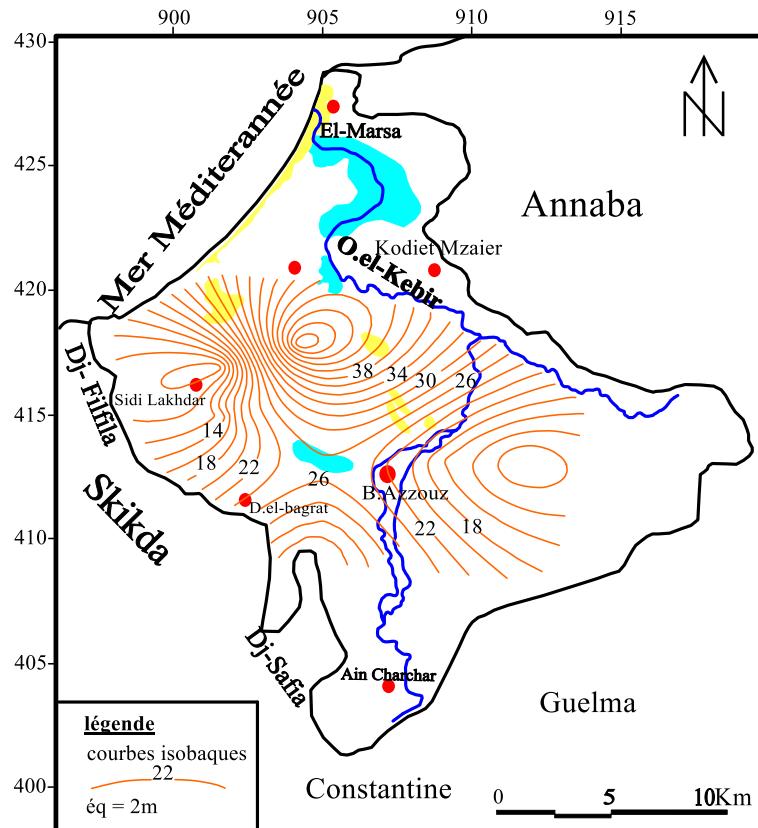


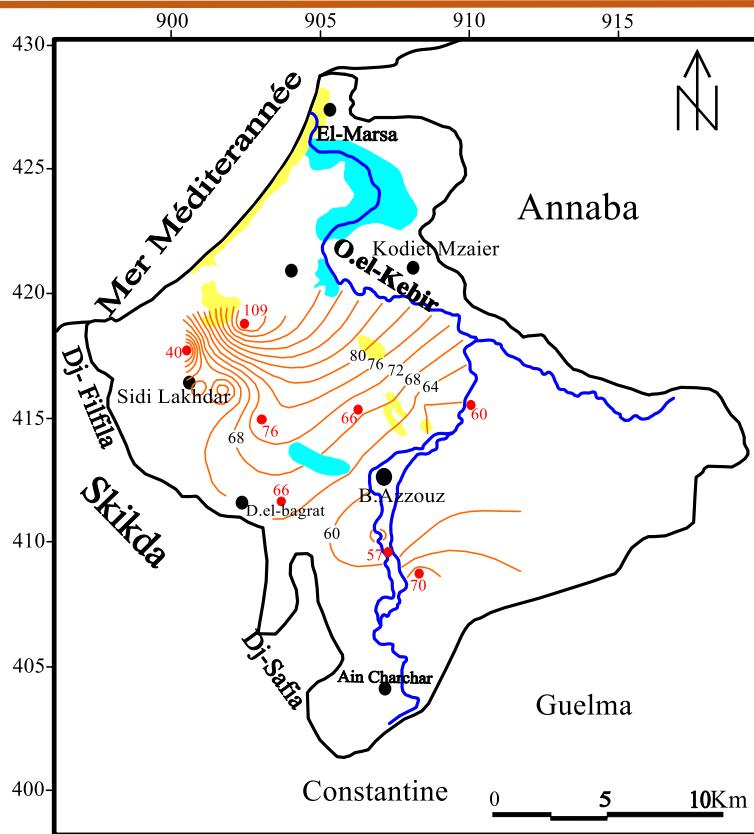
Figure IV.5 : Carte des isopaques de la nappe des alluvions (Hadj Saïd. S 2007)

### II.2.2 Carte de substratum

La carte des courbes des isobathes de substratum établie à partir des coupes de forages et piézomètres, implantés dans la région, met en évidence un affaissement du mur de la nappe, de direction Sud –Nord. Ce qui conforte les résultats obtenus par la géophysique qui ont mentionnés ces affaissements au centre du massif ainsi que des sur élévation du substratum qui est à l'origine du changement topographique près du rivage.

La profondeur maximale est atteinte par le forage G1, elle est de l'ordre de 109m. Par ailleurs, le manque d'ouvrages dans la partie Nord au voisinage du rivage ne permet pas de connaître la nature du mur de la nappe.

Le substratum est constitué par des niveaux marneux à argileux passant à des calcaires à l'Ouest car il juxtapose le massif calcaire situé dans la région (cf. sondage G<sub>7</sub>).



**Figure IV.6 : Carte des isobathes du substratum de la nappe profonde**

### III. APERÇU SUR L'HYDROLOGIE DE SURFACE

L'oued Kebir Ouest débute au versant Nord de djebel Boutellis (Nord de Guelma), de direction Nord-Sud sa longueur approximative est de 43 Km avec principaux affluents oued el-Aneb oued el-hammam et oued Fendek. Le tracé des profils en long des principaux affluents de cet oued, montre qu'à l'amont les pentes sont très fortes, généralement supérieures à 50 m/Km, qui sont dues à la résistance des formations consolidées au creusement. À l'aval, les pentes sont moins faibles à cause des formations meubles, les pentes très faibles s'étendent dans la zone entre Essebt et l'oued Emchekel où la pente diminue jusqu'à 3,5 m/Km. Il traverse les bassins de Azzaba et Essebt pour se déverser dans la mer tout en passant par le massif dunaire de Guerbès, il draine une superficie de 1131 Km<sup>2</sup>, son apport hydraulique est estimé à 282 Mm<sup>3</sup> à la station de Ain Charchar. (ADE Skikda.2010)

Le traçage du profil en long du lit d'oued el-Kebir sur une longueur de 30Km à l'aide de Google Earth a montré que la pente maximale est de 11,0% et la pente minimale de 0,9%.



**Figure IV. 7 : Profil en long du lit d'oued el Kebir**

## IV. HYDROLOGIE SOUTERRAINE

### IV.1 Piézométrie

Afin de connaître l'état et l'évolution du niveau des nappes d'eau souterraine, il est indispensable de surveiller la profondeur de la surface des nappes (niveau piézométrique), par la réalisation de plusieurs campagnes de mesures piézométriques. Cette opération va nous aider à élaborer des cartes piézométriques relatives à chaque campagne de mesures. Chaque carte permet la détermination du sens de l'écoulement des eaux ainsi que le mode d'alimentation de la nappe.

La totalité des cartes établies concernent la nappe libre captée par les puits et les piézomètres. L'insuffisance des ouvrages d'un côté, et l'inaccessibilité des forages profonds de l'autre côté, rend le traçage des cartes correspondant à ce niveau impossible.

Dans la zone d'étude, plusieurs cartes ont été déjà réalisées, compte tenu de l'importance de la région, en plus son endroit et son à proximité des grandes universités tel que : Annaba, Constantine, Skikda, et Guelma.

### IV.2 Utilité de la carte piézométrique

La carte piézométrique nous donne une idée sur l'extension de l'aquifère, la direction et la vitesse de l'écoulement, ainsi que les zones favorables pour l'accumulation des eaux souterraines.

La carte en courbe isopièzes permet de :

- Calculer la profondeur de la surface piézométrique.
- Tracer les lignes de courant, et les axes de drainage.
- Situer les zones d'alimentation.
- Déterminer le gradient hydraulique  $I = (H_1 - H_2) / L$

D'où le niveau piézométrique  $H_1, H_2$  sont déterminés par les courbes hydro-isohypse, et  $L$  la distance entre ces deux points par l'échelle de la carte.

### IV.3 Inventaire des points d'eau

Les puits d'eau recensés dans la plaine d'oued el-Kebir et le massif dunaire sont des puits à usage domestique, c'est-à-dire pour l'irrigation des parcelles agricoles individuelles ou collectives, et l'alimentation humaine et animale, et parfois ils servent à l'alimentation des petites unités industrielles. L'exploitation des horizons profonds est peu développée car la profondeur des puits ne dépasse pas les 20 m dans les bonnes conditions.

Dans le massif dunaire les puits et les sources fournissent les besoins en eaux pour l'alimentation humaine, animale et agricole ; dans la plaine alluviale la nappe phréatique est exploitée par une soixantaine de puits. L'agriculture est plus importante que dans le massif dunaire et aussi la vie économique, elle est plus intense due à la proximité des agglomérations de Hajar Essoud, Boumaïza,

Ben Azzouz et Dem el-Bagrat, traduisent une exploitation plus grande dont le débit fictif est plus grand que celui exploité dans le massif dunaire.

#### IV.4 Interprétation des cartes piézométrique

##### IV.4.1 Carte piézométrique Avril 2013

L'examen de la carte piézométrique du mois d'Avril 2013, période des hautes eaux, nous a permis de distinguer les zones suivantes :

**1) La zone Nord :** au niveau de cette région on remarque que les courbes isopièzes sont serrées, indiquant une faible perméabilité avec un gradient hydraulique fort de l'ordre de 0,016, dans cette zone les eaux se convergent vers le centre de la plaine, alors la nappe est alimentée d'après l'oued et les lacs s'y existent dans la partie Nord-Est et d'après la mer dans sa partie Nord-Ouest.

**2) La zone centrale :** dans cette deuxième zone on remarque que les courbes sont espacées par rapport au Nord, le gradient hydraulique est de l'ordre de 0,0024 montrant une forte perméabilité, dans cette région l'existence d'un dôme piézométrique jouant le rôle d'une ligne de partage des eaux provoque deux sens d'écoulement, le premier se diverge vers l'oued el-Kebir et les marécages, et l'autre vers les bordures Ouest de la plaine.

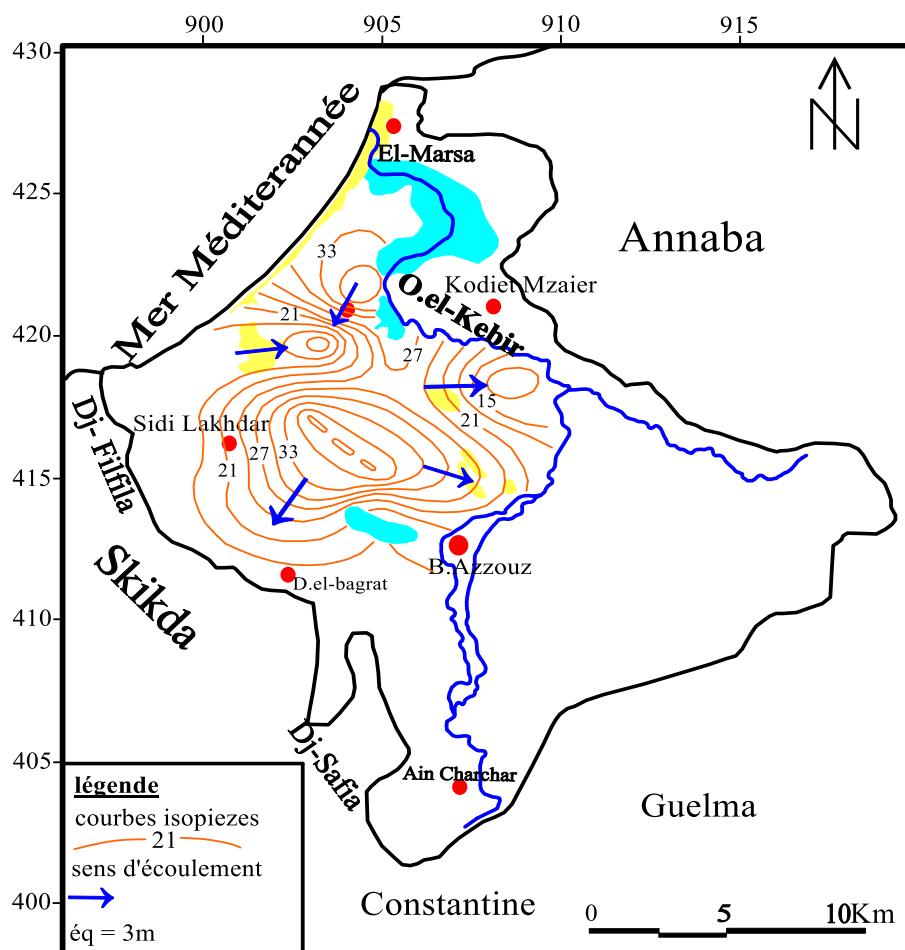


Figure IV.8 : carte piézométrique Avril 2013

#### IV.4.2 Carte piézométrique Octobre 2013

La carte piézométrique d'Octobre 2013 période des basses eaux (fig. IV.9), montre une situation analogue à celui d'Avril 2013, le dôme piézométrique constitue toujours une ligne de partage des eaux mais de faible extension.

Au centre de la nappe le sens d'écoulement est de direction Ouest Est vers l'oued et les marais, au Sud les eaux se dirigent vers l'oued el-Kebir à la localité de Ben Azzouz, la troisième partie se dirige vers la région de Sidi Lakhdar.

Le gradient hydraulique est de 0,072 au Sud-Est ; il est de 0,048 à l'Ouest à Sidi Lakhdar et au sud près de Ben Azzouz. Ainsi, les fortes valeurs du gradient hydraulique enregistrées dans ces secteurs indiquent une faible perméabilité.

Au Nord et à la zone littorale, les écoulements se subdivisent en deux parties, une se dirige vers la mer de direction complètement Ouest, et l'autre de direction Nord vers la zone marécageuse.

Au niveau de secteur, le gradient hydraulique est de 0,017, une faible valeur reflétant une forte perméabilité.

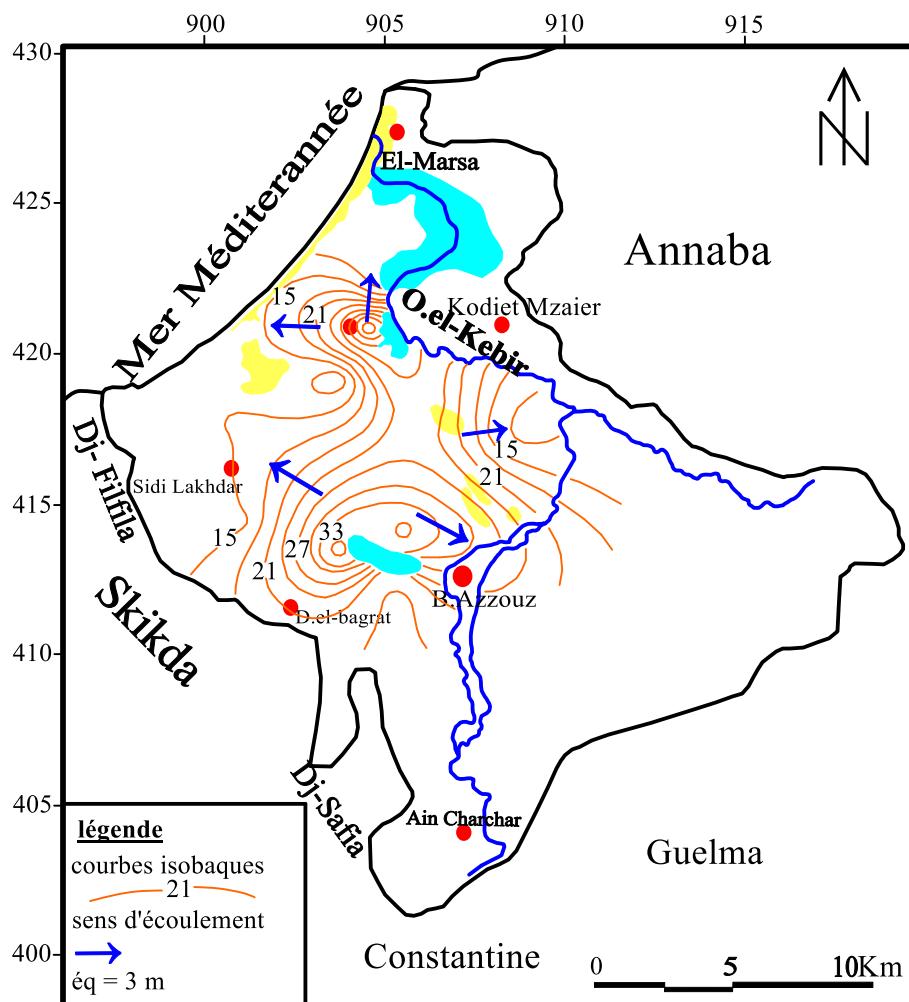


Figure IV.9 : carte piézométrique Octobre 2013

#### IV.4.3 Conclusion sur les cartes piézométriques :

L'examen des cartes piézométriques établies dans la zone d'étude ont montré deux tendances possibles, tout dépend de la période et la région.

- La période des hautes eaux (Avril 2013), en distingue deux régions, la première se situe au Nord-Est, elle représente la zone de convergence des lignes de courant, la nappe est alimentée par l'oued et les lacs d'une part, et par la mer de l'autre part. La deuxième région se localise au centre d'où il existe un dôme piézométrique, les écoulements dans cet endroit se divergent suivant la topographie, et généralement on remarque une alimentation de l'oued par la nappe à l'Est et le Sud-Est, et vers la localité de Dem el-Bagrat à l'Ouest.

Le gradient hydraulique enregistré est de l'ordre de  $24 \cdot 10^{-4}$  au centre et  $16 \cdot 10^{-3}$  au Nord, cela nous permet de conclure que la perméabilité est plus forte au centre qu'au Nord.

- La période des basses eaux (Octobre 2013), les mêmes régions sont remarquées avec une différence au niveau du sens d'écoulement.

Au Nord on remarque une divergence totale des écoulements, en cette période la nappe va alimenter les marais, le cours d'eau et même la mer, au centre la topographie règne toujours et les écoulements divergent de la même façon que pour les hautes eaux, par contre à l'Ouest l'écoulement se dirige vers Sidi Lakhdar au Nord-Ouest au lieu de Dem el-Bagrat à l'Ouest.

Le gradient hydraulique enregistré cette fois oscille entre  $72 \cdot 10^{-3}$  et  $50 \cdot 10^{-3}$  au centre de la zone d'étude, et  $15 \cdot 10^{-3}$  au Nord, ce qui nous permet de dire que la perméabilité au centre est plus faible qu'au Nord.

**NB :** La comparaison entre les nouvelles cartes piézométriques et les autres tracées auparavant, nous permet de remarquer la différence entre les niveaux piézométriques, cela peut être expliquer par la hausse des températures remarquée dans la dernière décennie, en plus la mauvaise exploitation de la nappe souterraine.

#### IV.4.4 Exploitation des eaux souterraines

Dans le massif dunaire l'exploitation des horizons profonds ne concerne qu'un nombre restreint de forages, ces ouvrages sont repartis selon les besoins locaux, ce qui implique des débits d'exploitation différents d'une zone à l'autre. Par contre les puits et les sources fournissent les besoins en eaux pour l'alimentation humaine, animale et agricole.

La plaine alluviale est exploitée par un nombre de puits et de forages plus grand que celui dans le massif dunaire, cela revient à la proximité des grandes agglomérations, en plus la grande superficie irriguée, sans oublier les unités industrielles répartis dans la zone.

Au totalité plus de 280 puits et 60 forages ont été recensé dans la plaine d'oued el-Kebir, et le massif dunaire, malgré le nombre considérable de puits, qui a été abandonné en raison de la sécheresse ou de colmatage par des déchets solides.

Le débit total d'exploitation dans la vallée de Kebir Ouest est de l'ordre de 360 l/s soit un volume de  $11,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$  (*D.H.W Skikda*) alors que le débit moyen fictif continu est de l'ordre de 377 l/s soit un volume de  $11,72 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$  (*Bacha-Boutefnouchet 1988*), soit une différence de  $0,52 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ .  
*(Ben Rabah Samia. 2006).*

## V. CARACTÉRISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DES AQUIFERES

Le moyen le plus utilisé à la détermination des caractéristiques hydrodynamiques des nappes souterraines est bien les essais de pompage, les expérimentations, par pompage à débit constant sur les puits consistent à mesurer l'accroissement des rabattements du niveau piézométrique et leur remontée après l'arrêt de l'opération.

Les caractéristiques susceptibles d'être étudier par cette méthode sont, la Transmissivité, le coefficient d'emmagasinement, et les caractéristiques particulières de l'aquifère tel que les tests de conditions aux limites, l'hétérogénéité, la structure, la drainance...etc.

### V.1 Définition des caractéristiques hydrodynamiques

#### V.1.1 Perméabilité

La perméabilité "K" est définie par la proportion de vide dans la section perpendiculaire à la direction de l'écoulement. Elle est mesurée par l'eau qui coule sous une charge donnée, ce qui permet de connaitre la vitesse de filtration dont la porosité est connue, la perméabilité diminue avec le diamètre des grains constituant le terrain. La filtration devient impossible en deçà d'un certain diamètre : c'est pourquoi les sables très fins et les poudres sont imperméables.

**Tableau IV.1: vitesse de filtration et perméabilité intrinsèque de sols**

Nature du sol	Vitesse de filtration (m/s)	Perméabilité intrinsèque correspondante K (m <sup>2</sup> )
Graviers	$10^{-1}$	$10^{-8}$
Sables grossiers	$10^{-3}$	$10^{-10}$
Sables fins	$10^{-5}$	$10^{-12}$
Sables très fins	$10^{-7}$	$10^{-14}$
Sol limoneux	$10^{-8}$ (1)	$10^{-15}$
Sol argileux	$10^{-9}$	$10^{-16}$

Graviers	$10^{-1}$	$10^{-8}$
Sables grossiers	$10^{-3}$	$10^{-10}$
Sables fins	$10^{-5}$	$10^{-12}$
Sables très fins	$10^{-7}$	$10^{-14}$
Sol limoneux	$10^{-8}$ (1)	$10^{-15}$
Sol argileux	$10^{-9}$	$10^{-16}$

(1)  $10^{-8} \text{ m/s} = 30 \text{ Cm /an.}$

#### V.1.2 Transmissivité

La transmissivité " T " est un paramètre d'un corps aquifère géométriquement défini, à la déférence de la perméabilité, paramètre du milieu. Elle représente le débit d'un niveau aquifère sur toute son épaisseur, par unité de largeur et sous un gradient hydraulique unitaire. Elle est exprimée en m<sup>2</sup>/s par l'expression :  $T = K \cdot e$

Avec : K : perméabilité (m/s).

e : épaisseur de la nappe (m).

### V.1.3 Coefficient d'emmagasinement

Le coefficient d'emmagasinement "S" est défini comme le volume d'eau libéré ou emmagasiné par unité de surface Vs sous une charge hydraulique unitaire, déterminant ainsi la fonction capacitive du réservoir.

Le coefficient "S" est égal à la porosité efficace dont la valeur varie de :

- 0,2 à 0,01 pour les nappes libres (couramment 10%).
- 0,001 à 0,0001 pour les nappes captives.
- Le coefficient "S" est mesuré sur le terrain par des pompages d'essai qui rabattent la nappe.

*Régis Bourrier & Bachir Selmi*

L'évaluation de ces paramètres hydrodynamiques fait appel aux essais de pompage, l'interprétation est souvent délicate en raison de la complexité des conditions aux limites rencontrées dans la nature ; la précision des valeurs de ces caractéristiques a une incidence importante sur celles des estimations des réserves d'eau exploitables et leur gestion.

Les essais ayant été effectués soit sur des forages profonds, soit sur des puits, nous avons tenu compte de plusieurs facteurs intervenant dans le choix de la méthode d'interprétation :

- Caractéristiques de l'ouvrage équipements utilisés pour le pompage.
- Temps de pompage, aquifère testé et régime d'écoulement.

Il s'avère en outre intéressant quand cela est possible de conjuguer plusieurs méthodes de détermination des caractéristiques hydrodynamiques d'un aquifère ; ceci permet de comparer les valeurs entre elles, d'en dégager les plus représentatives de la région étudiée afin d'aboutir à une estimation acceptable des volumes d'eau stockés dans le sous-sol.

## V.2 Détermination des paramètres hydrodynamiques

Le calcul des paramètres hydrodynamiques par la méthode des essais de pompages fait appel à certain nombre de données résultant de cette opération réalisée par (*Khammar. C.1981*) au niveau des forages et piézomètres de la plaine alluviale du Kebir Ouest et du massif dunaire.

### V.2.1 La transmissivité

Ce paramètre peut être calculé par plusieurs méthodes, parmi lesquelles l'expression d'approximation logarithmique de la formule de THEIS donnée par JACOB.

Où :  $s = [(0,183Q) / T] \log [(2,25 T.t) / r^2 \cdot S]$

Avec : s : le rabattement (m)

Q : le débit ( $m^3/s$ )

T : transmissivité ( $m^2/s$ )

t : temps de pompage en seconde.

r : distance du piézomètre d'observation à l'axe du puits de pompage (m)

S : coefficient d'emmagasinement (m/s)

Le tableau suivant présente les valeurs de la transmissivité calculée par cette méthode pour quelques forages.

### V.2.2 La perméabilité

Elle est liée à la transmissivité par la formule  $T = K \cdot e \rightarrow K = T/e$

Dans l'absence des données d'observations de décente ou de remontée du niveau de l'eau au cours de pompage, on applique la formule de DUPUIT pour calculer la transmissivité, avec :

$$T = [0,366 Q \log (R/r)] / s$$

Dont : R : rayon d'action.

r : rayon de forage.

D'après les expériences la valeur du rayon d'action (R) peut être estimé à 1000 m pour la nappe captive composé de gravier.

### V.2.3 Le coefficient d'emmagasinement

Le calcul de ce coefficient peut être estimé par l'expression suivante :

$$S = 2,25 T t_0 / r$$

Avec :  $t_0$  = le temps à l'origine, ( $s = 0$ ) et on a  $t_0 = 5$  seconde.

r = la distance entre le puits et le piézomètre.

Les résultats de calcul des paramètres hydrodynamiques de la plaine de Kebir Ouest et du massif dunaire sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.2: récapitulation des résultats de la T, K et s dans la plaine de Kebir Ouest et le massif de Guerbès.**

N° de puits	Q (m <sup>3</sup> /s)	e (m)	r (m)	R (m)	T (m <sup>2</sup> /s)	s (m)	K (m/s)
F1	20 . 10 <sup>-3</sup>	15	0,17	1000	24 . 10 <sup>-4</sup>	11	1,6 . 10 <sup>-4</sup>
F2	20 . 10 <sup>-4</sup>	12	0,17	1000	6 . 10 <sup>-4</sup>	25	5 . 10 <sup>-5</sup>
F3	14 . 10 <sup>-3</sup>	20	0,17	1000	12 . 10 <sup>-4</sup>	14	6 . 10 <sup>-5</sup>
F4	15 . 10 <sup>-3</sup>	18	0,17	1000	34,2 . 10 <sup>-4</sup>	5,7	1,9 . 10 <sup>-4</sup>
F5	22 . 10 <sup>-3</sup>	10	0,17	1000	74 . 10 <sup>-4</sup>	0,40	7,4 . 10 <sup>-4</sup>
F6	4 . 10 <sup>-3</sup>	22	0,17	1000	3,9 . 10 <sup>-4</sup>	13	1,8 . 10 <sup>-5</sup>

### V.3 Interprétation des résultats :

Les essais réalisés dans la plaine alluviale et dans le massif dunaire, ont montré une hétérogénéité dans les formations aquifères. Cette hétérogénéité est due à la grande variation des différents paramètres hydrodynamiques.

### V.3.1 Épaisseur de la nappe

Dans la plaine, les épaisseurs alluviales mouillées ont tendance à décroître en allant de l'amont vers l'aval de l'oued Kebir Ouest. La valeur maximale a été observée au forage F26 de Hadjar Essoud avec 71 m, tandis que la valeur minimale est de 7 m, observée au forage de Ain Nechma. La valeur moyenne est de 39 m.

Dans le massif dunaire, la valeur maximale est de 81 m, observée au Nord-Ouest de la région, au forage F31, et la valeur minimale est de 38 m au forage F32. La moyenne est de l'ordre de 59 m.

### V.3.2 Estimation de la réserve en eau

La réserve est le volume d'eau gravitaire contenue à une date donnée ou stockée au cours d'une période moyenne annuelle, dans un système hydrologique.

La réserve en eau souterraine « W » est évaluée par la relation suivante :  $W = V \cdot n_e$

Avec :  $W$  : réserve en eau souterraine.

$V$  : volume de tranche d'aquifère considéré.

$n_e$  : porosité efficace de l'aquifère libre.

Le calcul de volume de la tranche aquifère considérée est basée sur l'épaisseur moyenne de cette tranche qui est de l'ordre de 25 m, et la surface de la nappe estimée à 109,4 Km<sup>2</sup>.

La porosité efficace moyenne de l'aquifère libre est de l'ordre de 0,11. Ainsi la réserve en eau souterraine a été estimée à **300,85 hm<sup>3</sup>**. (*Khammar. C. 1981*).

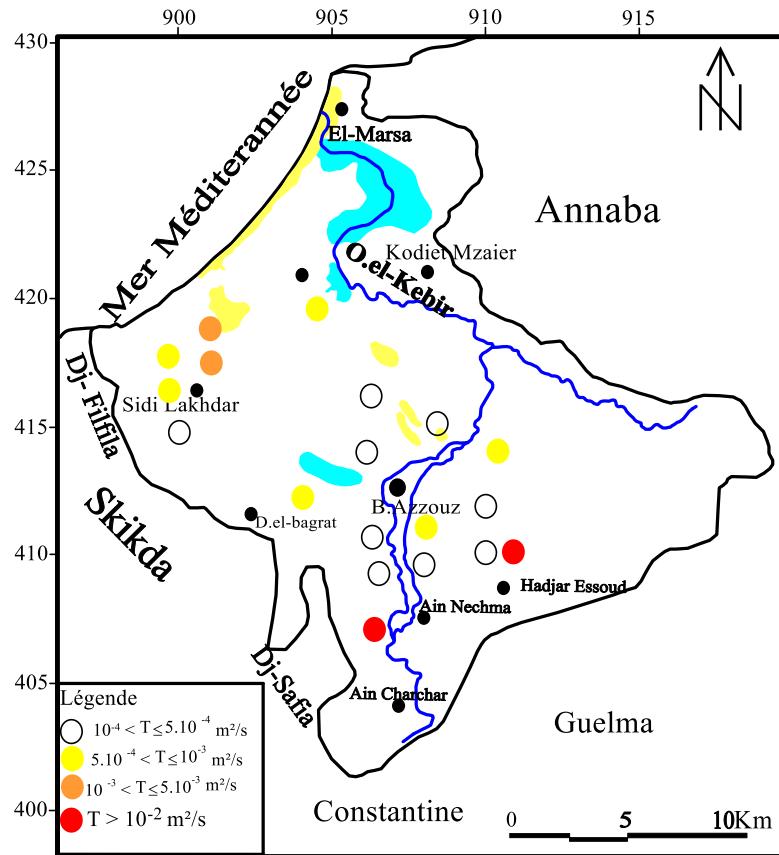
### V.3.3 Transmissivité

La répartition géographique de la transmissivité dans la plaine d'oued Kebir Ouest et dans le massif dunaire de Guerbès est indiquée dans la figure suivante, d'une manière générale les valeurs de transmissivités se répartissent comme suit :

- La zone à transmissivité supérieure à  $5 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s : région de Ain Nechma et Hadjar Essoud (3 forages), région de Boumaïza (1 forage). La plus forte valeur est obtenue au forage SNMC de Hadjar Essoud, avec  $6 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s.
- Zone de transmissivité inférieure à  $5 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s : région de Sidi Saïd (1 forage), Ain Nechma (4 forages), Sidi Lakhdar (5 forages), Boumaïza (3 forages), Guerbes (entre Ben Azzouz et douar Cherka) (4 forages) et Dem el-Bagrat (1 forage).

Compte tenu des transmissivités, si nous voulons classer les différentes régions par ordre décroissant ça sera comme suit :

- Région de Zit Emba, Boumaïza, Ain Nechma, Hadjar Essoud.
- Région de sidi Lakhdar.
- Région de Guerbès.



**Figure IV.10 : carte représentative de la transmissivité dans la plaine de Kebir Ouest et le massif dunaire de Guerbès.**

#### V.3.4 Carte des conditions aux limites

La mise en place d'une carte des conditions aux limites d'un aquifère repose sur l'identification des paramètres hydrodynamiques et de la structure hydrogéologique, de la zone étudiée.

La plaine d'oued Kebir Ouest peut être séparée en zones ayant chacune ses propres caractéristiques.

⇒ La première zone au Nord, elle est limitée par la mer, vers laquelle se dirigent les écoulements souterrains, c'est une limite imperméable. Il s'agit d'une limite géologique étanche sachant que les formations occupant le littoral sont des calcaires, donc un massif imperméable.

La morphologie du substratum aussi joue le rôle d'une barrière contre l'intrusion marine.

À l'Ouest du rivage on remarque un écoulement en provenance de la mer, ce qui nous permet à dire que l'imperméabilité ne serait pas sur la totalité du rivage.

Ainsi, l'exploitation de cette zone nécessite la surveillance du front salé donc l'implantation de piézomètre profond car le risque de l'intrusion marine est toujours présent.

⇒ La deuxième zone est celle des alluvions argileuses de l'oued el Kebir qui forment une limite étanche continue qui provoque le débordement de la nappe par des sources dans les marécages

cependant l'oued est en contact direct avec les dunes en plusieurs points où des échanges doivent avoir lieu.

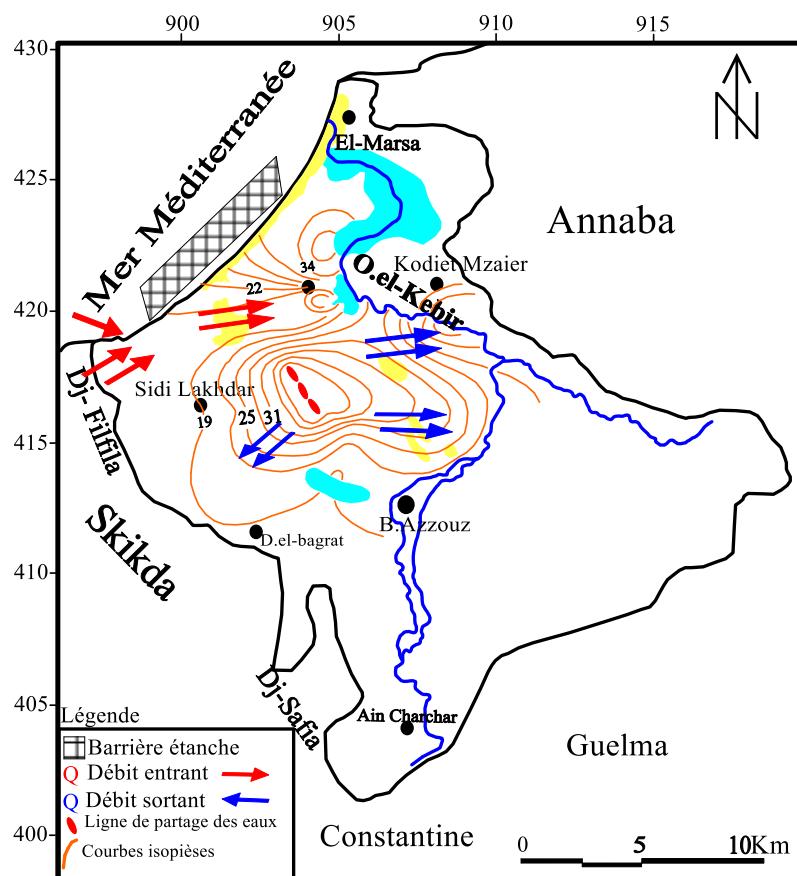
Les régions en relation avec l'oued sont en surveillance par un réseau de piézomètres.

⇒ La troisième zone localisée au sud. Comprend à la fois des dunes des alluvions argilo sableuses.

Les argiles de l'oued forment un barrage qui empêche au contact des sables rouges le débordement de la nappe.

Les argiles sableuses portent des marécages alimentés à la fois par la nappe et le ruissellement provenant de Dj Safia et Sanhadja.

Pendant les crues, les étangs débordent dans l'oued el-Maboun.



**Figure IV.11: cartes des conditions aux limites de la plaine de Kebir Ouest et le massif de Guerbès**

## VI. CONCLUSION

L'étude hydrogéologique de la vallée de l'oued el-Kebir Ouest nous a permis de mettre en évidence l'existence d'un réservoir contenu dans les formations alluviales grossière de la plaine et sableuses du massif dunaire.

Les formations alluviales d'âge Plio-Quaternaire renferme une nappe profonde d'une épaisseur moyenne de 35 mètres. Cette configuration géologique est favorable pour l'emmagasinement et la circulation des eaux souterraine.

Les formations sableuses constituent la plaine côtière, ils renferment un système d'aquifère qui abrite une nappe libre dont l'épaisseur varie entre 15 m et 37 m. au-dessous un deuxième aquifère alluvionnaire contenant une nappe profonde dont la puissance oscille entre 7 m et 50 m. l'ensemble des deux aquifères se confondent vers l'Ouest de la plaine.

Les mesures piézométriques de la nappe libre ont permis l'établissement des cartes piézométriques, celles-ci ont mis en évidence deux systèmes hydrogéologiques séparés par une ligne de partage des eaux souterraine.

L'étude des caractéristiques hydrodynamiques de la nappe a montré que la transmissivité dans la zone d'étude varie entre  $(0,4 \text{ et } 8,4) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .

La carte des conditions aux limites de la nappe résultant de l'étude piézométrique a mis en évidence trois zones distinctes, la première localisée au rivage, l'existence d'une barrière étanche rond les échanges dans les deux sens nuls à l'Est, mais à l'Ouest en remarque un flux entrant. La deuxième située à l'Est, au Sud et au Sud-Ouest. Ces limites à potentiels imposé à flux sortant et la troisième zone se trouve au Nord-Ouest, c'est une limite à flux entrant.

La réserve en eau souterraine a été déterminée à la base de l'épaisseur moyenne de la tranche saturée et de la porosité efficace, elle a été estimée à  $300,85 \text{ hm}^3$  pour l'aquifère libre.