



## MEMOIRE DE STAGE DE FIN D'ETUDES

Licence Sciences et Techniques en Eau et Environnement



### **Synthèse bibliographique sur l'hydrogéologie du Bassin de la Bahira-Gantour (Maroc)**

Réalisé par :

**EIADIB YASSMINE ET EI OTMANI AICHA**

Encadrées par :

- Mr. D.CHAFIKI
- Mr. Y.DAAFI
- Mr. N.CHABANE

Présenté devant le jury composé par :

- Mr. D.CHAFIKI (FSTG)
- Mr. Y.DAAFI (OCP)
- Mr. EL GHORFI (FSTG)

*LST-EE Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech 2014/2015*

# Table des matières

Remerciements .....	5
Résumé .....	6
I. Introduction Générale .....	7
Présentation de l'Organisme accueillant .....	8
II. Présentation des différents Bassins phosphatés au Maroc.....	9
1. Bassin Gantour .....	10
2. Bassin Ouladabdoun .....	10
3. Bassin Meskala .....	10
4. Bassin Oued Eddahab .....	10
III. Présentation du cadre général du Bassin de Gantour.....	11
1. Cadre géographique .....	11
2. Cadre géologique.....	12
a. Cadre géologique régional .....	12
b. Stratigraphie du Bassin Gantour .....	13
c. caractérisation de la série phosphatée .....	16
3. Cadre climatologique .....	16
a. Précipitations .....	17
b. Evaporation-Evapotranspiration .....	19
c. Vent .....	20
d. Température.....	21
4. Cadre hydrogéologique .....	22
IV. Hydrologie .....	23
1. Hydrologie régionale .....	23
2. Hydrologie du Bassin de la Bahira Gantour .....	25
a. Réseau hydrographique .....	25
b. Les différentes unités hydrologiques du Bassin de Gantour et leurs caractéristiques. ....	26
V. Hydrogéologie .....	30
1. Subdivision de principaux aquifères et leurs caractéristiques.....	30
2. Piézométrie.....	34
a. Les étapes d'élaboration d'une carte piézométriques .....	34
b. Interprétation.....	39
3. Fonctionnement hydrogéologique.....	40
VI. Bilan .....	41
VII. Conclusion générale.....	44
Bibliographie .....	46
Annexe .....	47

# Liste des figures

Figure 1 : la situation des principaux bassins phosphatés .....	9
Figure 2 : Situation géographique du Bassin de Gantour .....	12
Figure 3 : Carte géologique du Bassin de la Bahira- Gantour .....	13
Figure 4: Situation climatologique de la zone d'étude à l'échelle du Maroc .....	17
Figure5:Pluviomètre.....	17
Figure 6 : Variation des précipitations moyennes mensuelles (1996-2000). .....	18
Figure 7 : Précipitations moyennes annuelles (1961-2000).....	18
Figure 8 : BAC d'évaporation.....	19
Figure 9: Un anémomètre à coupelles.....	221
Figure 10 : Températures moyennes mensuelles (1961-2000) .....	21
Figure 11 : Situation hydrologique de la zone d'étude à l'échelle du Maroc .....	24
Figure 12 :Les différentes unités hydrologiques du Bassin de la Bahira Gantour .....	26
Figure 13: Coupe hydrogéologique schématique de la nappe de la.....	34
Figure 14 : Création d'un nouveau projet sur le logiciel Arcgis .....	34
Figure 15 : Importation de la base des données sur l'Arcgis. ....	35
Figure 16 : Affichage des données XY sur l'Arcgis.....	35
Figure 17 : Affichage des points sur l'Arcgis.....	36
Figure 18 :Importation de la limite du Bassin de la Bahira-Gantour sur l'Arcgis. ....	36
Figure 19 : Interpolation Raster sur le logiciel Arcgis.....	37
Figure 20 : Importation des isopièzes sur l'Arcgis.....	38
Figure 21 : Carte piézométrique.....	40

# Liste des tableaux

Tableau 1: Lithostratigraphie du bassin de la Bahira-Gantour. ....	15
Tableau 2: Valeurs de l'évaporation potentielle mesurées à l'aide du Bac et du Pich.....	20
Tableau 3 : Caractéristiques des unités hydrologiques de Gantour.....	27
Tableau 4 : la transmissivité, des débits exploitables et des débits spécifiques des différents aquifères de Gantour. ....	32
Tableau 5 : Principaux apports et prélèvements du bilan global moyen annuel de la Bahira-Gantour. ....	441
Tableau 6 : Répartition par aquifère de l'infiltration des eaux de pluie.....	44

# Remerciements

Ce travail n'aurait pu être à bien sans l'aide et les encouragements qui nous ont prodigués de nombreuses personnes auxquelles nous voulons exprimer nos sincères remerciements.

Nous remercions dieu de nous avoir donné la volonté et le courage d'achever ce travail.

Nous remercions **Mr Y.DAAFI** Ingénieur responsable géologie de développement pour son soutien et la fidélité à son engagement de parrain de stage.

Nous exprimons tout d'abord nos gratitudees à **Mr N.CHAABANE** d'avoir accepté de diriger ce travail, nous le remercions pour tous les conseils judicieux, pour le temps qui nous a consacré au cours de l'élaboration de ce travail et pour sa disponibilité totale ainsi que pour sa gentillesse.

Nous tenons aussi à remercier **Mr D.CHAFIKI** notre encadrant et enseignant au sein de la faculté des sciences et techniques de Marrakech d'avoir accepté de nous encadrer, nous le remerciant infiniment pour sa gentillesse, sa directive et ses conseils précieux.

Nous adressons notre reconnaissance à tous les ingénieurs, les techniciens de l'OCP direction Géologie recherches et Développement à la ville de Youssoufia.

Nos remerciements s'adressent également à nos familles pour leur patiente et leur soutien matériel et moral

## Résumé

Notre projet de fin d'études consiste en une synthèse selon une optique bibliographique de l'hydrogéologie du Bassin de la Bahira-Gantour. Cette démarche a permis d'évaluer :

- Les caractères hydrodynamiques du complexe aquifère ;
- D'élaborer la carte piézométrique afin de tracer les différents écoulements souterrains ;
- Et de calculer le bilan hydrique pour avoir une idée sur l'hydrodynamique souterraine de la zone étudiée.

# I. Introduction générale

Le phosphate est un élément clé entrant dans la composition des engrais qui sont d'une importance cruciale pour la sécurité alimentaire mondiale.

La production du phosphate nécessite le passage par plusieurs étapes qui permettent d'améliorer le niveau de production et la qualité de produits finis, parmi ces étapes on cite celle de lavage et flottation qui assure la pérennité de l'activité minière et la valorisation des phosphates de basse teneurs en  $P_2O_5$ .

L'accès à l'eau est une question vitale pour la réalisation de la stratégie industrielle de l'OCP, surtout avec l'effort d'accroissement de la capacité de production qui s'accompagne naturellement par l'augmentation des besoins en eau.

Actuellement la zone noyée de Youssoufia en plus de la nouvelle STEP alimente la laverie de Youssoufia qui consomme presque 4 millions de  $m^3$  par ans et grâce au recyclage d'eau, l'OCP récupère presque 70% de la quantité d'eau entrée.

**L'objectif de notre stage est de comprendre le système hydrogéologique du bassin de la Bahira Gantour en général et de Youssoufia en particulier pour définir le potentiel hydrique du bassin afin de s'assurer une pertinence des réserves d'eau qui seront utilisées pour l'alimentation de la nappe.**

Les différents chapitres traités dans ce rapport sont :

- Caractérisation géologique et lithologiques du bassin de Gantour
- Caractérisation hydrologique et hydrogéologique détaillée de la région
- Calcul du bilan hydrique
- Analyse des résultats et synthèse.

# Présentation de l'organisme accueillant

L'Office chérifien de phosphate OCP, fondé le 7 août 1920 au Maroc, en 1975, l'office chérifien du phosphate devient le groupe OCP qui a pu maintenir sa présence sur la scène du développement agricole au niveau national et international.

Présent dans cinq zones géographiques du pays trois sites d'exploitation minières : Khouribga/Youssoufia, Boucraâ/Laâyoune, et deux sites de transformations chimiques : Safi et JorfLasfar), l'objectif de l'OCP est le renforcement de son leadership tout en consolidant son engagement envers la sécurité alimentaire mondiale comme étant le plus important exportateur mondiale de produits phosphatés.

L'OCP représente le géant marocain des phosphates car il maîtrise toute la chaîne de création de valeur de l'industrie phosphatée : extraction et traitement du minéral, transformation de cette matière première en un produit liquide intermédiaire, l'acide phosphorique, et la fabrication des produits finis par concentration et granulation de cet acide ou par purification : engrais, acide phosphorique purifié.

## II. Présentation des différents Bassins phosphatés au Maroc

Les principaux domaines phosphatés au Maroc sont : (voir fig.1)

- Bassin de Gantour, à Youssoufia ;
- Bassin d'Oulad Abdoun, à Khouribga ;
- Bassin de Meskala, au domaine Nord Atlasique, à Chichaoua, s'étendant du Jbilets jusqu'à le Haut Atlas Occidental ;



-Bassin Oued Eddahab au domaine Saharien. Gisement Boucraa.

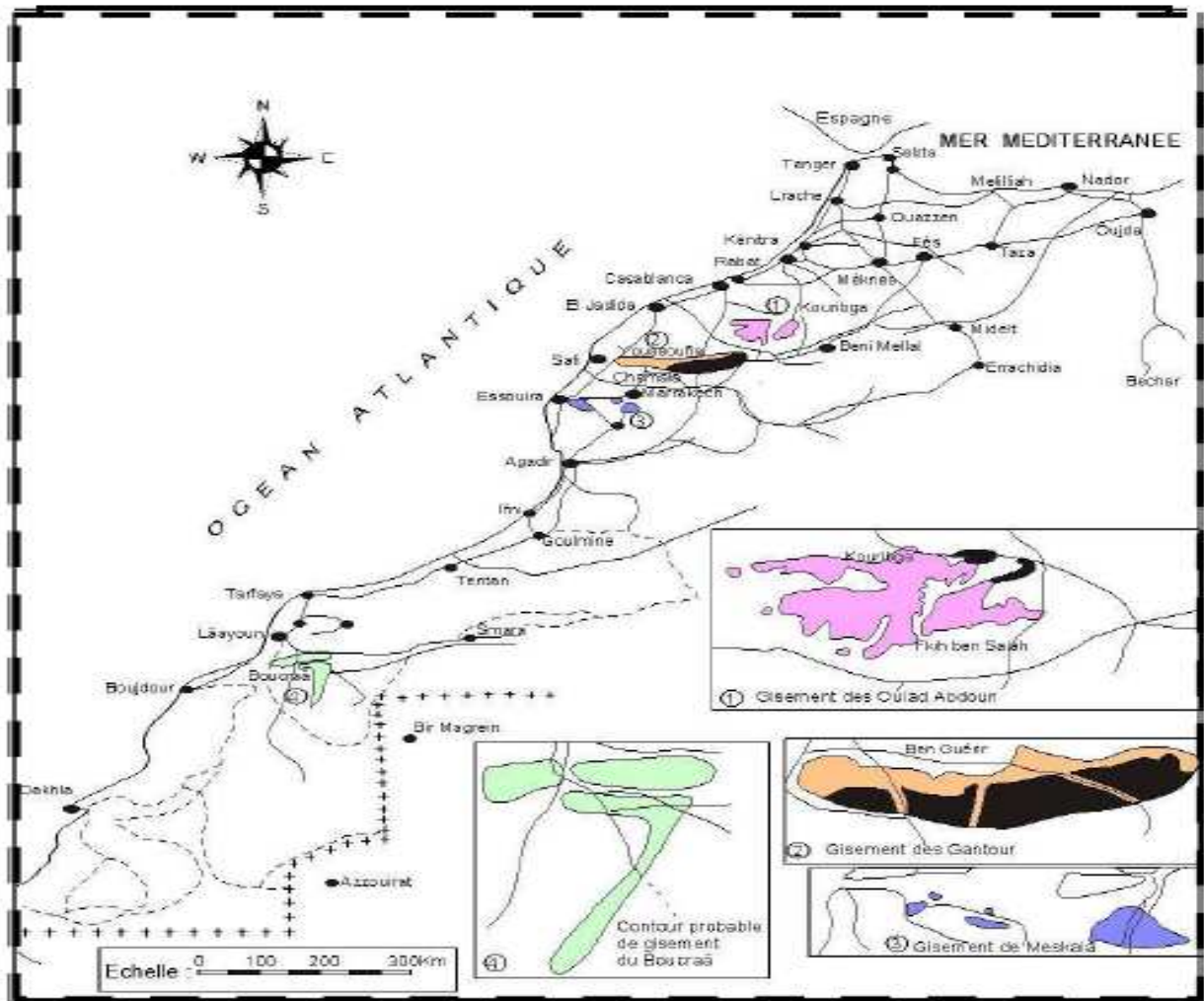


Figure 1 : la situation des principaux bassins phosphatés (Rapport OCP, juillet 2006)

### 1-Bassin Gantour

Le gisement de Gantour se trouve à 100 km du port de Safi qui assure l'exportation de la production venant de Youssoufia.

Le gisement de Gantour, est l'un des quatre gisements de phosphate que recèle le pays. Il est situé au sud de la Meseta Marocaine, dans le domaine atlasique qu'a va des chaines du rif jusqu'à la limite sud de Haut Atlas. Il s'agit d'un gisement dont l'étendue est de 125 km

d'Est en Ouest et de 20 km du Nord au Sud. Il recouvre en termes de superficie approximativement de 2500 km<sup>2</sup> et ses réserves sont estimées à environ 31 milliards de m<sup>3</sup>, soit 35 % des réserves nationales.

## **2-Bassin Oulad Abdoun**

Le bassin des Oulad Abdoun se situe dans la meseta occidentale marocaine, la partie reconnue s'étend sur une superficie d'environ 10000 km<sup>2</sup>. Ce bassin se trouve à environ 100 km du port de Casablanca, où ont lieu les embarquements de la production provenant de trois zones d'extraction : khouribga, Sidi Daoui, Meraa-El-Ahrech. **(Boujo 1972)**.

La série d'Oulad Abdoun débute du Maastrichtien par des dépôts phosphatés très marneux et se termine au lutétien par une dalle à thérstitées, en passant par le Paléocène caractérisé par le calcaire phosphaté et le calcaire marneux, puis l'Yprésien, qui contient des niveaux phosphatés intercalés par des calcaires phosphatés coprolithiques, des argiles et des silexites.

Le gisement des Oulad Abdoun est le gisement le plus vaste, le plus anciennement et le plus intensément exploité depuis l'origine jusqu'en 1970.

## **3-Bassin Meskala**

Le bassin de Meskala se trouve dans la plaine d'Essaouira Haouz ayant une superficie de 1240 Km<sup>2</sup>. Il est limité au Nord par les Jbilet et les collines jurassiques de Mouissat, au sud par le haut Atlas, à l'Est par la plaine de Haouz et à l'Ouest par la plaine côtière d'Essaouira. Le bassin de Meskala est le seul à être morcelé par la tectonique, des replis anticlinaux l'ayant morcelé en deux cuvettes principales : celle de Chichaoua et d'Imi-n'Tanout et un certain nombre de lambeaux dans la région du Souk-El-Khmis-Meskala. **(Boujo 1972)**.

La série phosphatée de ce bassin s'étale de Maastrichtien jusqu'au lutétien.

## **4-Bassin Oued Eddahab**

Le bassin d'oued Eddahab est situé dans le Sahara marocain. Il est limité au Nord par le môle d'Ifni et à l'Est par le Paléozoïque de la dorsale de Rguibat. Ce bassin est subdivisé en quatre zones : Izic, Laabadila, Imesliguen et Boucraâ.

La série phosphatée au niveau de Boucraâ comporte le Maastrichtien phosphaté et le Danien.

### III. Présentation du cadre général du Bassin de Gantour

#### 1-Situation géographique :

Le bassin des Gantour couvre une superficie d'environ 1000 km<sup>2</sup>, il constitue l'un des quatre principaux bassins phosphatés marocains, il se situe dans la Meseta occidentale et est limité au Nord et au Sud par deux massifs paléozoïques bien individualisés (voir fig .2), ses limites sont :

- ✓ Au Nord, le massif des Rhamna ;
- ✓ Au Sud, le massif des Jbilet ;
- ✓ A l'Est, l'Oued Tassaout ;
- ✓ A l'Ouest, les collines jurassiques de Mouissat.

Cette délimitation géologique coïncide approximativement avec des limites géographiques :

- ✓ Au nord : la voie ferrée joignant YOUSOUFIA et BENGRIR ;
- ✓ A l'Ouest : la route secondaire N : 125 entre YOUSOUFIA et CHEMAIA ;
- ✓ A l'Est : la route principale N : 12 de MARRAKECH à ELJADIDA ;
- ✓ Au Sud : La route MARRAKECH-SAFI.

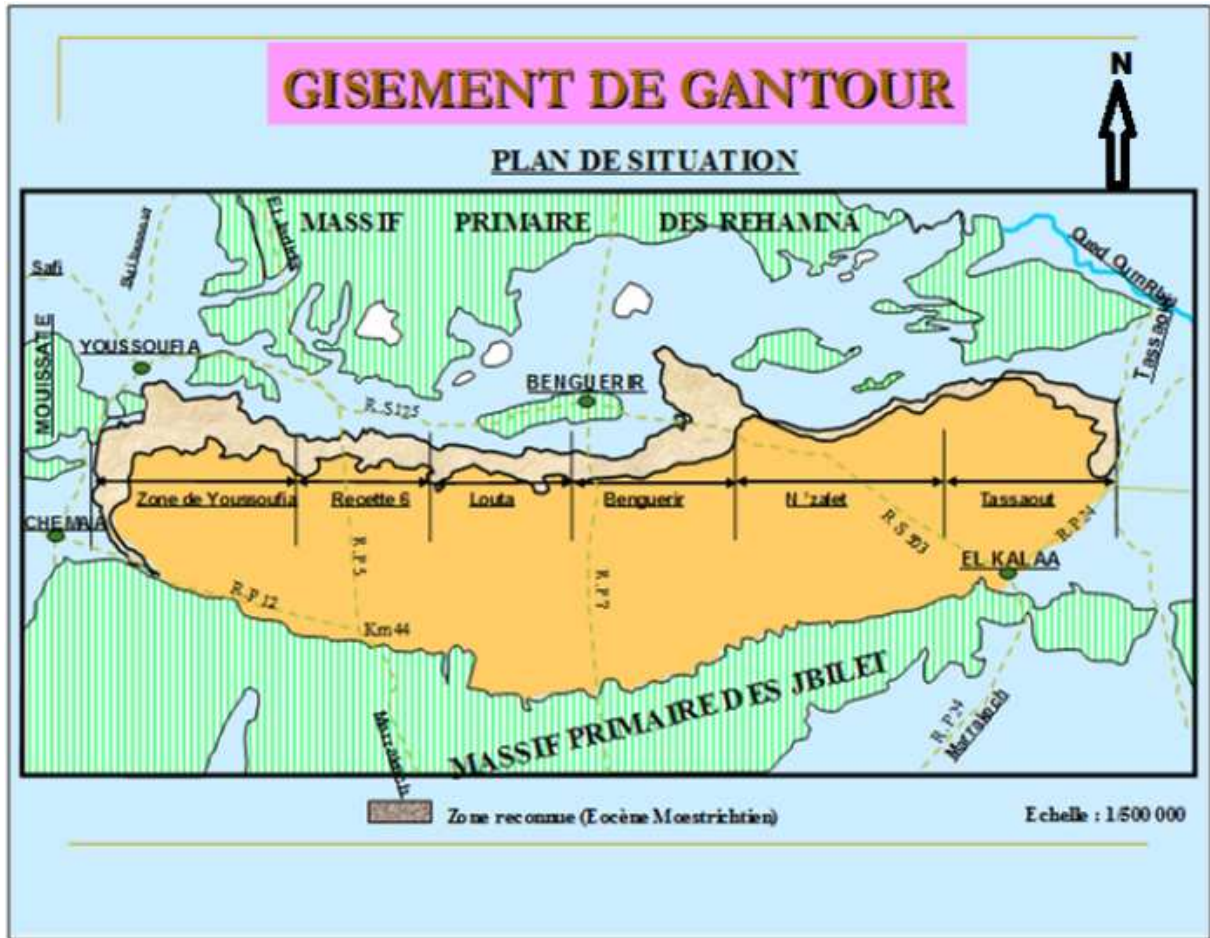


Figure 2 : Situation géographique du Bassin de Gantour (Rapport master de MOULOUA Missoune, 2012)

### 3-Cadre géologique :

#### a-Cadre régional :

Le bassin bahira-Gantour représente un élément majeur de la couverture sédimentaire du domaine de la Meseta marocaine.

C'est une région où le régime tabulaire des dépôts secondaires et tertiaires succède au régime plissé des terrains primaires. Sur la chaîne hercynienne arasée s'est déposée les sédiments secondaires, tertiaires et quaternaires, de ce fait le bassin de Gantour forme un plateau monoclin à pendage sud, plongeant des Rhamna vers les Jbilet.

Dans la plaine de la bahira, le socle primaire est recouvert par des formations de couverture triasique, crétacée et éocène. Ces formations affleurent au nord, et s'enfoncent sous la plaine vers le sud, elles sont recouvertes par des formations néogènes et quaternaires de remplissage.

La couverture triasique est sub-affleurante dans la plaine de Chamaia, à affleurante aux bordures des Jbilet. (Voir fig.3)

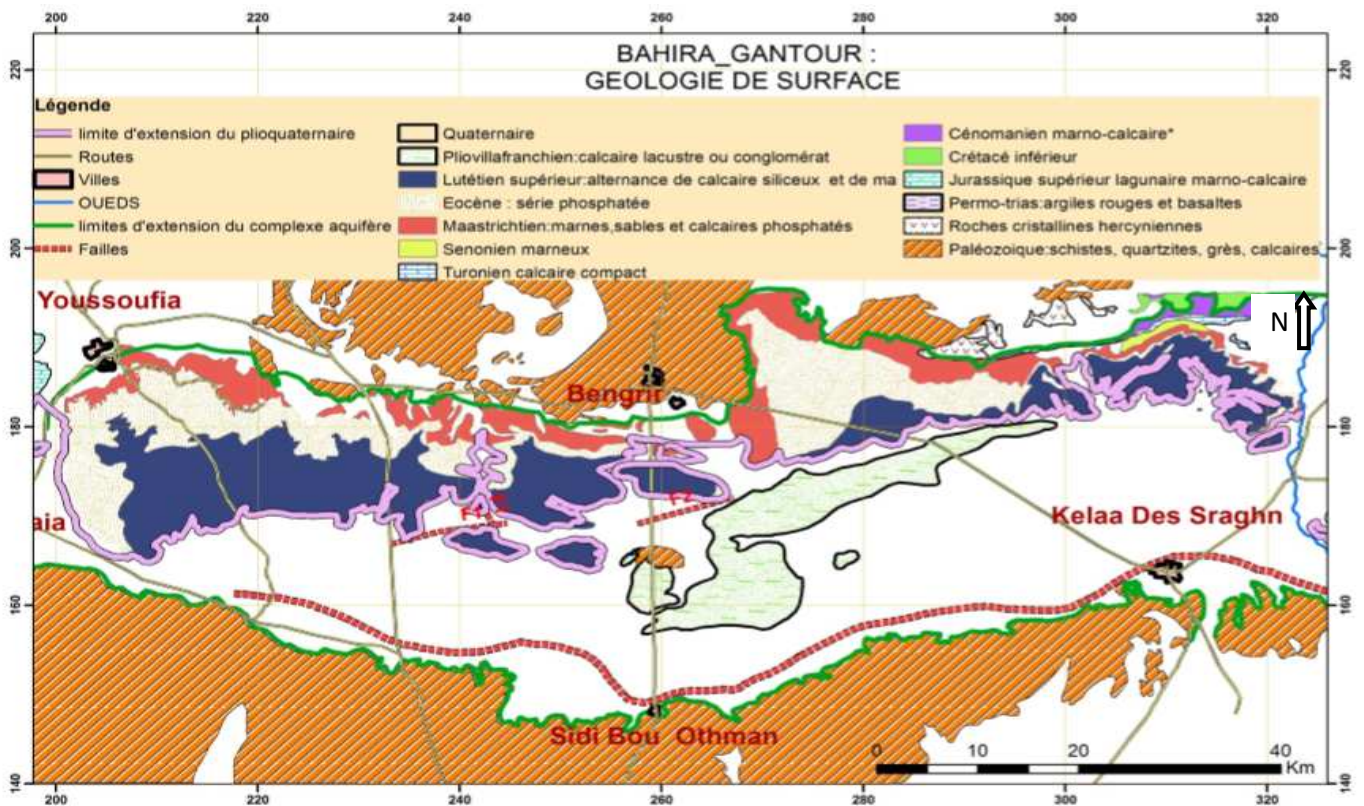


Figure 3 : Carte géologique du Bassin de la Bahira- Gantour (Rapport OCP, 2007)

### b-Stratigraphie du bassin Gantour :

#### b-1-Socle ancien :

Il est constitué essentiellement par des schistes et des grès.

#### b-2-Le permo-trias

Il est sub-affleurant dans la région de Chamaia et débute par un conglomérat à ciment gréseux et s'achève par un ensemble de marnes et grès marneux avec dépôts de sel gemme.

#### B-3-Le jurassique

Dans l'ensemble, le jurassique est une épaisse série calcaire et marno-calcaire jaune avec des lits argileux et des bancs de gypse. En affleurement ce Jurassique constitue entièrement les collines des Mouissate.

#### **b-4-Le crétacé**

##### **Crétacé inférieur :**

Il affleure au Nord de la région de Youssoufia. On distingue de bas en haut :

- ❖ Un calcaire tendre plus ou moins marneux ;
- ❖ Argile à lits de marno-calcaire ;
- ❖ Grés tendre rouge.

##### **Crétacé supérieur Maastrichtien**

Il débute par une série relativement épaisse à éléments détritiques fins, de bancs de silex fins et de sables quartzeux très mobiles, le Maastrichtien s'achève par un niveau de phosphates sableux.

#### **b-5- L'éocène :**

Il est très connu par ses richesses phosphatées. Il présente les quatre éléments stratigraphiques suivant :

**Le Danien :** Il débute par une formation marno-sableuse légèrement phosphatée, suivie d'une formation argileuse.

**Yprésien :** Il présente une couche de sables fins phosphatés, suivi par une série marno-cherteuse.

**Le lutétien :** C'est une série de calcaire siliceux très fossilifère avec quelques passages marneux.

#### **b-6-Le Pliovillafranchien**

Il est présent sous le quaternaire de la plaine de la Bahira, il présente un ensemble épais de calcaires lacustres, conglomérats, marnes et marno-calcaires rose saumon.

#### **b-7-Quaternaire**

Il constitue les formations supérieures de la plaine de la Bahira, on y distingue :

- ❖ Un quaternaire ancien présenté par des limons anciens généralement encroutés.
- ❖ Un quaternaire récent formé d'alluvions et de limons rouges récents

Eres	Système ou Sous systèmes	Subdivisions	Lithologies	Puissances (complètes)
Plio- quaternaire		Quaternaire	Limons et croûtes calcaires	200 m
		Plio- Villafranchien	Conglomérats, sables marneux et calcaires lacustres	
Tertiaire	Paléogène	Eocène :  -Post phosphaté  -Phosphaté	-Série calcaire du Lutétien supérieur. -Série marno-schisteuse de l'Yprésien supérieur et Lutétien inférieur. Argile bitumineuse et sables phosphatés (couche des 11m) de l'Yprésien inférieur.	50m  70m  16-20m
		Paléocène	Phosphates sableux et marnocalcaires du Danien + Thanétien	20-30m
Secondaire	Crétacé	Supérieur :  -Phosphaté  -Préphosphaté	-Sables et marnocalcaires phosphatés, avec des faisceaux riches en phosphates (Maastrichtien supérieur). -Silts, argiles et marnes (Maastrichtien inférieur et moyen).	40m  100m
		Moyen	Marnocalcaires du Cénomanién (50m) et calcaires karstifiés du Turonien (20m).	70m
		Inférieur	Conglomérats de base, marnocalcaires et grès rouges.	80m
	Jurassique		Calcaires et marnocalcaires avec des bancs de gypse	400m
	Trias		Conglomérats, grès, argiles salifères, basaltes, dômes de sel.	400m
	Primaire	Cambrien au Carbonifère		Séries essentiellement schisto-gréseuse, avec parfois des calcaires récifaux et roches cristallines.

Tableau 1: Lithostratigraphie du bassin de la Bahira-Gantour (Rapport OCP, 2007)

### c-Caractérisation de la série phosphatée :

La série phosphatée s'étend du Maastrichtien au Lutétien, le maastrichtien débute par un phosphate bioclastique et se termine par un banc de marnes siliceuses.

- **Le Maastrichtien** : il est formé essentiellement par des dépôts détritiques fins sous forme de sable, des marnes, des argiles et les passages de grés, les niveaux phosphatés correspondant à cet étage sont de bas en haut.
- **Le Danién** : commence par un banc de calcaire phosphaté et contient le niveau le plus riche de la série. Il se termine généralement par des marnes et marnes siliceuses.
- **Le Thanétien** : est formé par un faisceau phosphaté sableux et des marnes à son sommet.
- **L'Yprésien** : débute par un niveau de phosphate cuprolithique bioturbé à sa base, se poursuit par des argiles, des silts et des marnes siliceux dans lequel s'intercalent des niveaux de phosphate.
- **le Lutétien** : il est caractérisé par une dalle calcaire.

Dans ce bassin, l'évolution de la série phosphatée se fait dans le sens Est-Ouest

### 3-Cadre climatologique :

Le cadre climatologique d'une région est d'une grande importance car il nous renseigne sur plusieurs paramètres tels que la température, les précipitations, l'évaporation....Ces derniers influencent de manière directe les réservoirs des eaux souterraines. Le bassin Gantour se caractérise par un climat semi-continentale aride, à faible pluviosité et une variation saisonnière importante de la pluie (voir fig.4).



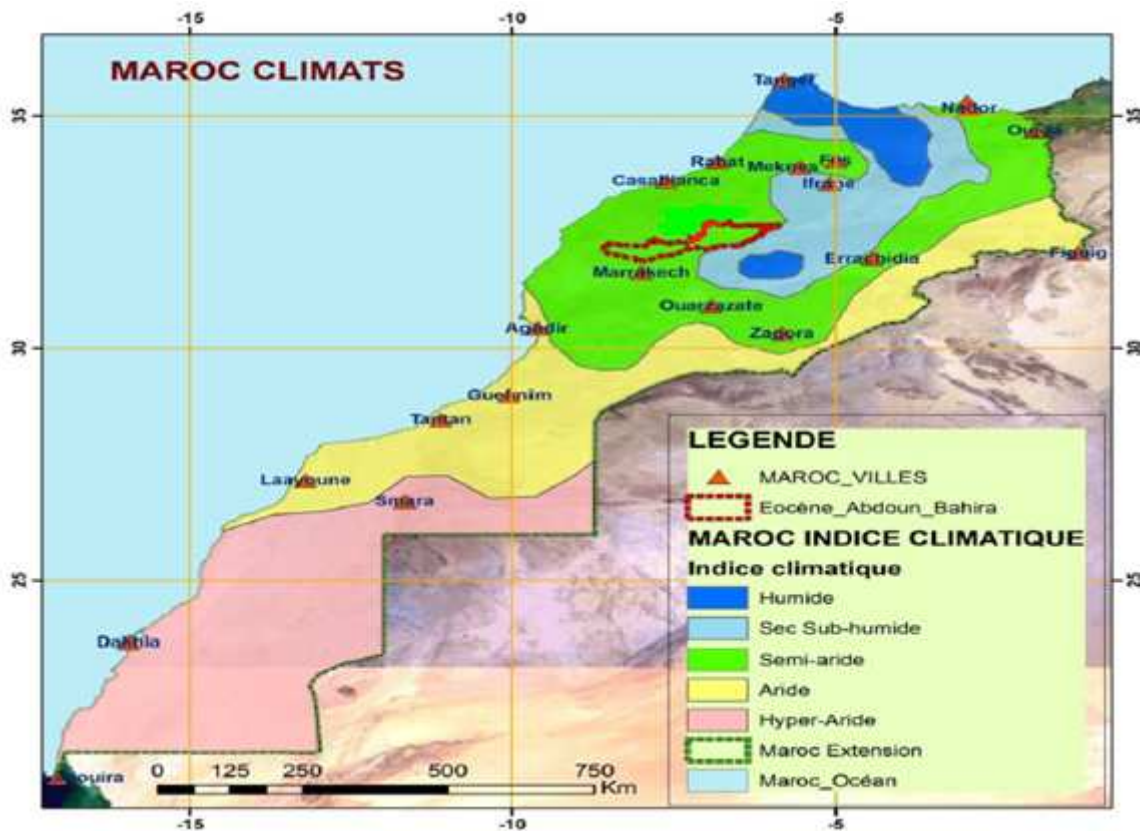


Figure 4: Situation climatologique de la zone d'étude à l'échelle du Maroc (Rapport OCP 2007)

**a-Précipitations :**

La figure 5 montre un exemple de pluviomètre, l'appareil utilisé pour la mesure des précipitations.



Figure 5 : photo illustrant Un pluviomètre (Station météorologique de Mzinda).

Les précipitations au niveau du bassin de Gantour présentent une variabilité mensuelle très importante dont la moyenne supérieur est de 47 mm est atteinte en mois de Novembre (voir fig.5)

La précipitation moyenne annuelle calculée de l'année 1961 jusqu'à 2000 est de 272,83 mm (voir fig.6)

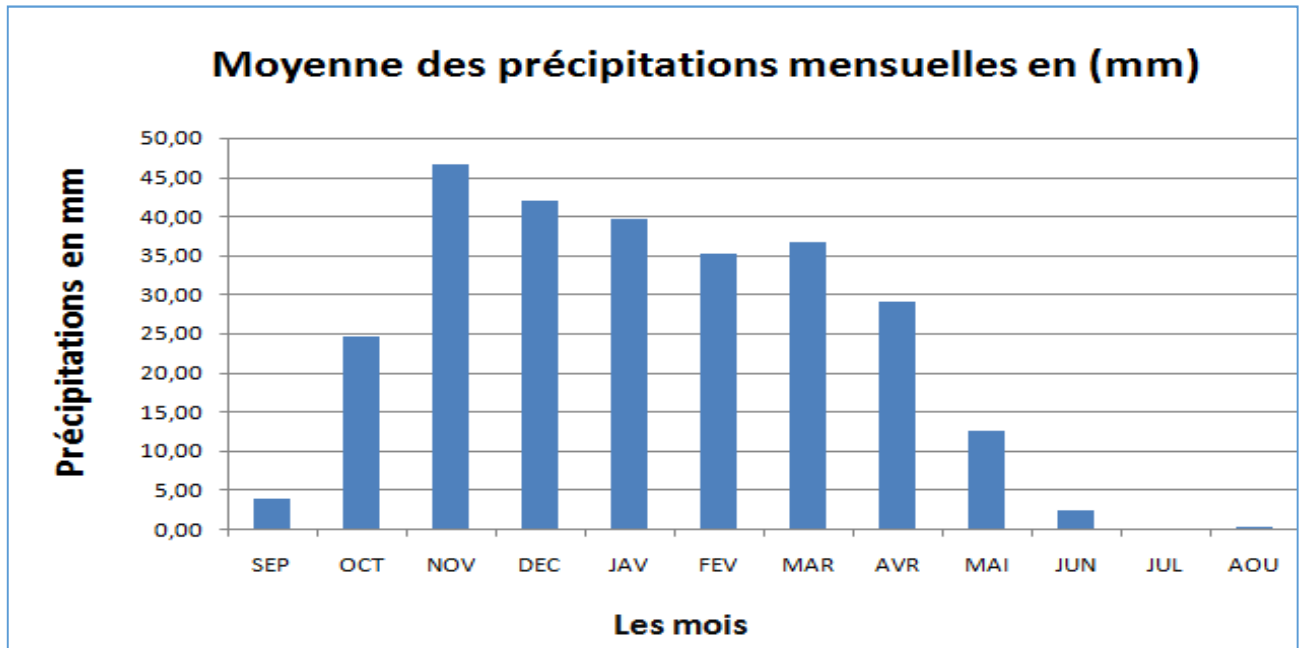


Figure 5 : Variation des précipitations moyennes mensuelles (1996-2000).

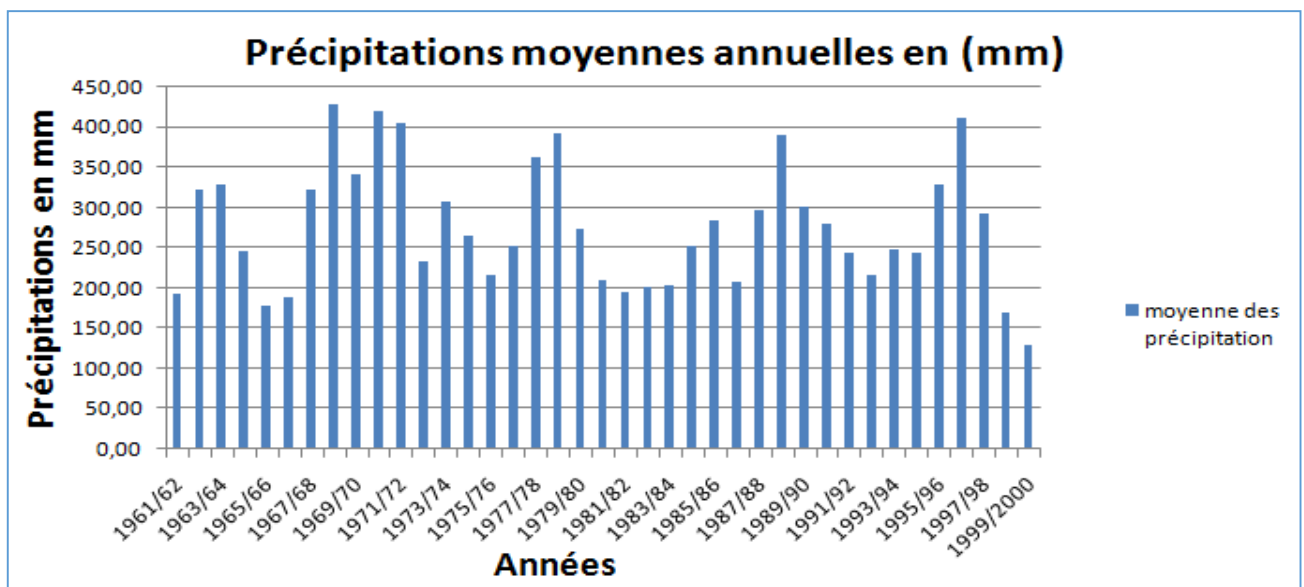


Figure 6 : Précipitations moyennes annuelles (1961-2000).

### **b-Évaporation –Evapotranspiration :**

Il existe plusieurs facteurs qui influencent l'évolution de l'évaporation, tels que la température, l'humidité ainsi que les précipitations.

La mesure de l'évaporation se fait par plusieurs appareils, le plus utilisé c'est le BAC, c'est un évaporomètre constitué par un bassin ou un bac d'eau d'une surface assez grande et assez profonde où l'on mesure le changement du niveau de l'eau dû à l'évaporation, (voir fig. 7)



**Figure 7 :** photo illustrant BAC d'évaporation  
(Station météorologique de Mzinda).

Station	Evaporation potentielle annuelle en mm	Evaporation potentielle annuelle en mm	Evaporation potentielle exprimée en Bac en mm
El Kelaa des Sraghna	2700 (Bac)	2700 (Bac)	2160
Bengrir	2400 (pich)	2400 (pich)	1920
Chemaia	2100 (pich)	2100 (pich)	1680
Plaine du Haouz			2650

**Tableau 2:** Valeurs de l'évaporation potentielle mesurées à l'aide du Bac et du Pich (Rapport OCP, 2007)

Les valeurs présentées dans le tableau 2 ci-dessus montrent que l'évaporation au niveau de la région étudiée, exprimée en BAC, évolue d'une façon très limitée et varie entre 1680 et 2650, l'évaporation moyenne au niveau d'El Kelaa des Sraghna est de 2165 mm.

Les valeurs d'évaporation maximales sont généralement enregistrées pendant la saison d'été et particulièrement dans les mois de Juin à Août, alors que les valeurs minimales sont rencontrées pendant les mois ayant des valeurs de précipitations élevées : de Décembre à Février.

### c- Le Vent :

Le vent constitue l'un des paramètres météorologiques les plus importants qui influencent les réservoirs souterrains dont nous disposant, car il joue un rôle primordial qui va influencer sur les précipitations ainsi que la contamination des nappes phréatiques dû aux apports des décharges amenées par le vent.

Les mesures effectuées au niveau de la station de Kasba Tadla montre que :

- les vents les plus fréquents d'octobre à mai sont les vents du NE et N, secs et froids et les vents du SW qui, au contraire, apportent les pluies .
- de mai à octobre, le vent souffle principalement du SW et de l'W, mais il est alors sec et chaud.

Les vents du SE sont souvent très secs et très chauds (chergui) ; bien que relativement peu fréquents, ils sont d'une certaine importance, au moins économique, car ils peuvent provoquer de graves dégâts aux cultures (particulièrement lorsqu'ils soufflent tôt en saison).

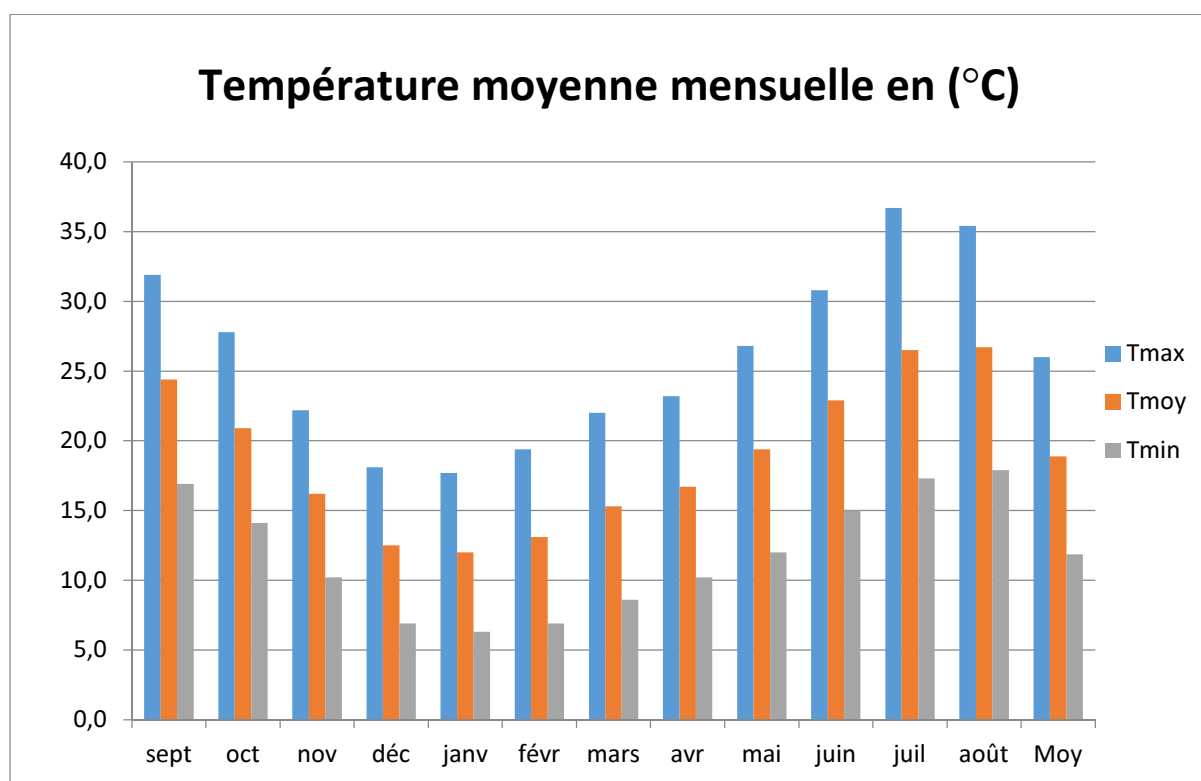
Un anémomètre à coupelles permet la mesure des caractéristiques du vent : la vitesse et la direction (voir fig.8)



**Figure 8:** photo illustrant un anémomètre à coupelles  
(Station météorologique de Mzinda).

**d-Température :**

La figure 9 ci-dessous montre la répartition des températures minimales, moyennes et maximales mensuelles à l'échelle de la Bahira-Gantour.



**Figure 9 :** Températures moyennes mensuelles (1961-2000)

La température au niveau du bassin de Gantour présente une variation temporelle importante.

-Températures minimales varient entre 7,5 °C pour les mois de décembre à février et 17 °C pour les mois Juillet et Aout.

-Températures maximales varient entre 17,5 °C pour les mois de décembre à février et 36 °C pour les mois de juillet et Aout

Ces deux températures présentent un écart de 10 à 20 °C.

-Températures moyennes varient entre 12,5 °C pour les mois de décembre à février et 26 °C pour les mois de juillet et Aout.

La température moyenne annuelle dans ce bassin est de 18,9 °C.

#### 4- Cadre hydrogéologique :

Le complexe aquifère du bassin Gantour se présente sous forme d'un empilement de plusieurs aquifères qui se différencient selon leurs caractéristiques :

- **Aquifère quaternaire** : au sud de la plaine bahira. Cette formation quaternaire est constituée essentiellement de limons, marnes sableuses, conglomérats et calcaires gréseux avec une absence d'un niveau imperméable comme mur de la nappe.
- **Aquifère des calcaires lutétiens** : dans le secteur occidental, ce réservoir affleure sur de larges superficies, ses aires d'affleurement diminuent de manière considérable en allant vers l'Est.
- **Aquifère de la formation marne cherteuse de l'yprésien** : (la nappe supérieure de la série phosphatée), Ce réservoir est constitué par des marnes siliceuses et marno-calcaires et par des sables phosphatés silteux de la base yprésienne (couche de 11m), ayant un substratum constitué des argiles bitumineuses (argiles yprésiennes).
- **Aquifère Danienne-thanétienne** : c'est la nappe intermédiaire de la série phosphatée, elle est encadrée par la couche 1 et les argiles yprésiennes et constituée des marnes sableuses et des phosphates.
- **Aquifère maastrichtien (crétacé sup)**: c'est la nappe inférieure de la série phosphatée, surmontée par la couche 2, elle est formée de sable phosphaté marneux, le mur de cette couche est un banc d'argiles noirs qu'on appelle argile maastrichtien.

Vu que les nappes intermédiaire et inférieure présentent des caractères hydrologiques comparables, leur niveau piézométrique évolue dans le même sens, on peut considérer qu'il s'agit d'une même nappe. (Géologie des phosphates).

- **Aquifère du jurassique** : cette nappe est constituée des calcaires à marno-calcaires avec des bancs de gypse. Cet aquifère est considéré comme un très bon réservoir.
- **Aquifère du primaire** : il est formé essentiellement d'une série shisto-gréseuse avec intrusion des roches éruptives, rhyolites et granites, banc gréseux et calcaires.

## IV. Hydrologie

### 1- Hydrologie régionale

La zone de la Bahira Gantour se trouve à cheval entre l'Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er Rbia « ABHOER » et celle de Tensift « ABHT ».

Les bassins versants officiels qui intéressent la Bahira sont Oum Er Rbia, Côtier Safi El-Jadida et Tensift (voir fig 10). Les deux bassins endoréiques (fermés) au niveau de la région sont délimités de la façon suivante :

- ❖ Sedd El Majnoun qui se détache du Côtier Safi El-Jadida ;
- ❖ Lac zima qui se détache de Tensift.

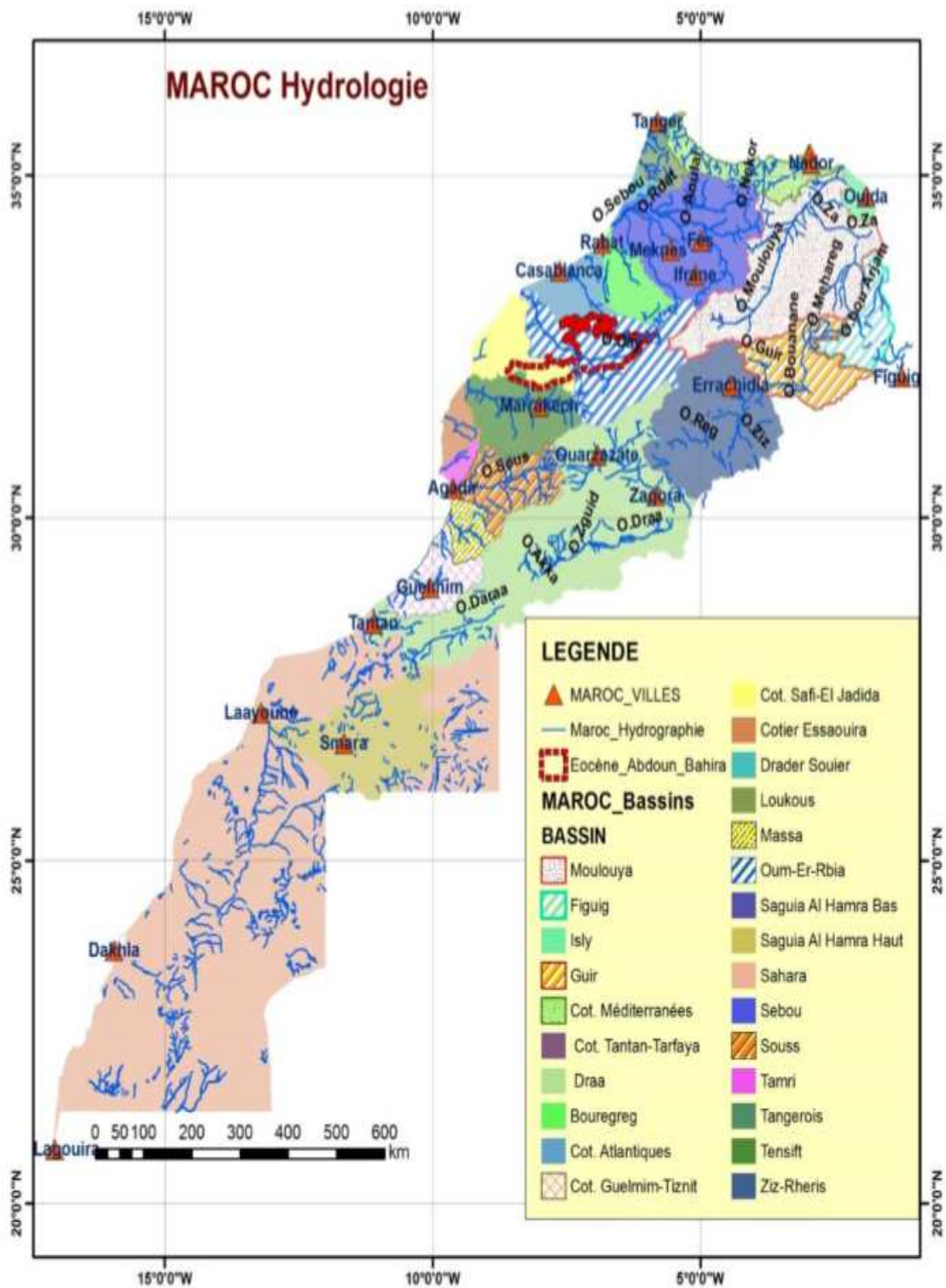


Figure 10 : Situation hydrologique de la zone d'étude (contour rouge) à l'échelle du Maroc (Rapport OCP, 2007)



## 2- Hydrologie de la Bahira Gantour :

Le Bassin de la Bahira Gantour s'étend depuis les bordures de collines de Mouissate jusqu'au méridien d'El-Kelaa à l'Est. Cette partie porte sur les différentes unités hydrogéologiques du Bassin ainsi que leurs caractéristiques hydrogéologiques et hydrodynamiques qui vont nous permettre de limiter le réseau hydrographique de la région et de déterminer ses différents aquifères.

Le Bassin de la Bahira-Gantour est Composé de 5 unités hydrologiques principales :

- Tassaout.
- Sedd El-majnoun.
- Lac Zima.
- Côtier Safi-Eljadida.
- Tensift.

### a-Réseau hydrographique :

Le Bassin de la Bahira- Gantour représente un réseau hydrographique condensé avec des ramifications qui s'étalent sur des longues surfaces (voir fig.11).

La partie Centrale du Bassin constitue une dépression fermée, endoréique, ne possède aucun exutoire pour les eaux de ruissellement qui s'infiltrent dans le sol ou s'évaporent.

Deux lacs salés temporaires, le Sedd-El-mejnoun au centre (superficie de l'ordre de 35km<sup>2</sup>) qui dispose d'un réseau hydrographique très conditionné par le réseau de drainage des périmètres agricoles ; et le lac Zima à l'Ouest (Superficie d'environ 6 Km<sup>2</sup>) y ont des extensions variables selon les raisons mais constituent des machines d'évaporation.

Au sud se trouve le Bassin de Tensift, qui présente des ramifications très importantes sous forme d'Oueds, dont on site Oued Rdat, Oued Zate, Nfiss et Assif Elma.

A l'Est, la vallée de la Tassaoute traverse les Jbilette à l'El-Kalaa des Srahna et rejoint l'Oum-er-Rbia en suivant un cours orienté S-N.

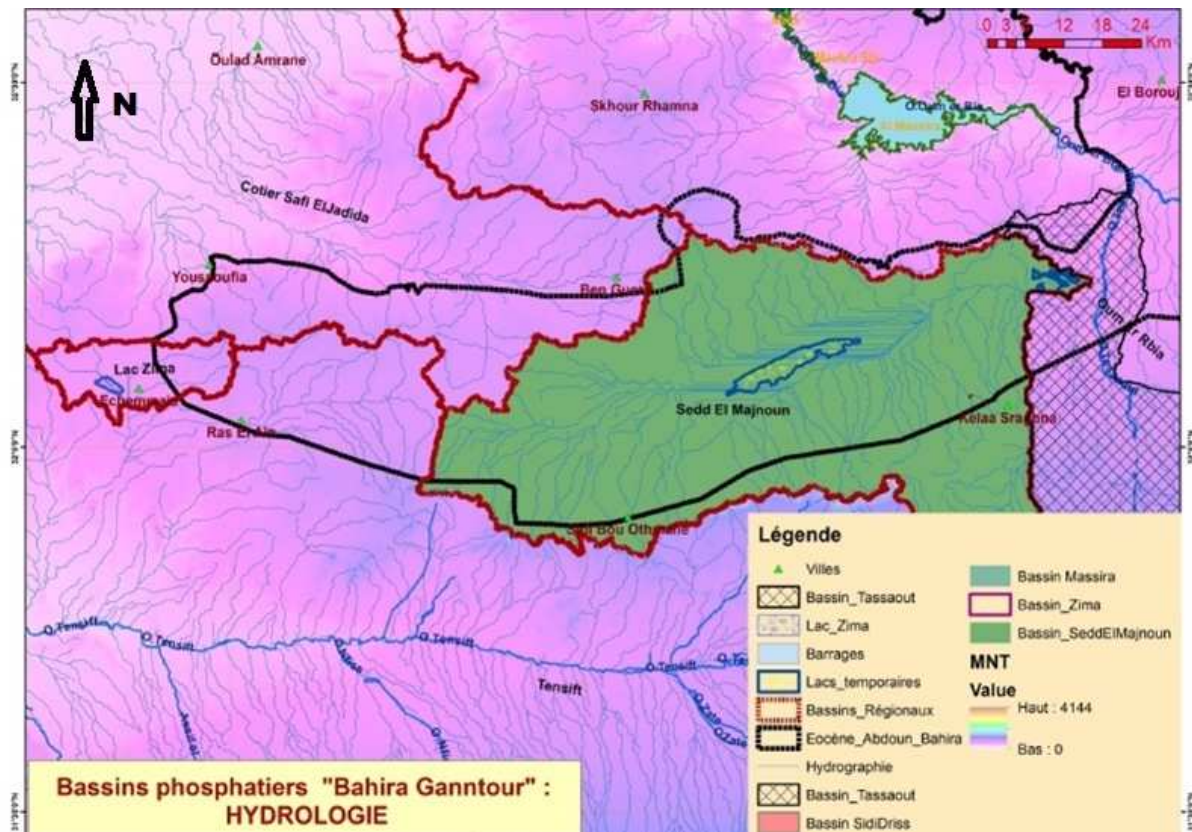


Figure 11 : Les différentes unités hydrologiques du Bassin de la Bahira Gantour (Rapport OCP, 2007)

**b- Les différentes unités hydrologiques du Bassin de Gantour et leurs caractéristiques :**

Les caractéristiques de ces bassins sont représentés par le tableau 3 suivant :

Nom	L (Km)	S (Km <sup>2</sup> )	P(Km)	kC
<b>-Sedd El-majounoun</b>	499	2938	311	1,6
<b>-Lac Zima</b>	199	219	75	1,4
<b>- Côtier Safi-Eljadida</b>	856	10086		
<b>-Tensift</b>	1147	20163	850	1,6

Tableau 3 : Caractéristiques des unités hydrologiques du bassin de Gantour (Rapport OCP, 2007)

Ce tableau présente l'indice de compacité (GRAVELIEUS) Kc qui permet l'évaluation globale du réseau de drainage.

Les résultats du calcul montrent que l'indice de compacité du bassin de lac Zima est plus faible que celui du Bassin de Sedd El-majnoun et de Tensift, cela indique que le bassin de lac Zima est plus compact et ramassé, et que le temps de rassemblement des eaux vers l'exutoire sera plus court.

La Bahira orientale est drainée par Tassaout et Sedd El Majnoun.

La Bahira occidentale, qui intéresse directement la zone noyée de Youssoufia, est drainée principalement par :

- le Côtier Safi El-Jadida dans le secteur Nord ;
- le Tensift dans le secteur Sud ;
- le Lac Zima localement dans le secteur Est.

La partie occidentale du bassin de la Bahira Gantour renferme le secteur de Ras-Al-Ain et Chemaïa où les eaux souterraines convergent vers le lac « Zima » qui constitue un exutoire par évaporation.

La majeure partie de la Bahira, depuis son extrémité occidentale jusqu'au méridien d'El-Kelaa, n'est drainée par aucun Oued. Les petits Oueds qui descendent des Jbilet ou des Rhamna disparaissent en arrivant dans la plaine. Les eaux de ruissellement s'accumulent dans les dépressions fermées du Sedd-El-mejnoun et du lac Zima, s'infiltrant ou s'évaporent.

L'Oued Gaino qui pénètre dans la Bahira à El-Kelaa est issu du versant SE des Jbilet mais draine une partie des eaux de la nappe phréatique du Haouz oriental. Au seuil d'El-Kelaa pénètrent également dans la Bahira deux séguias d'irrigation apportant l'une des eaux du Lakhdar (Séguia Yacoubia) et l'autre des eaux dérivées de la Tassaoute.

Les apports superficiels du Gaino en crue sont inconnus mais très probablement faibles, se situant peut-être autour de quelque 5 millions de m<sup>3</sup>/an. (Ressources en Eau du Maroc 1975).

#### **Bassin de Tassaout :**

La Tassaout qui a reçu son affluent de rive droite Lakhdar avant de pénétrer dans la Bahira orientale, est un oued important issu du Haut Atlas calcaire ; le point culminant de son bassin versant est le jbel rhil-Mgoun (4071 m). Les réserves nivales du haut bassin et les réserves souterraines des calcaires de l'Atlas garantissent des débits de printemps

soutenus et des étiages appréciables. Le Tassaout était autrefois très exploité à l'amont de la Bahira par un périmètre d'irrigation traditionnel dit le Tassaout amont (20000 ha) ; la modernisation de ce périmètre s'achève après avoir été rendue possible par l'édification du barrage Moulay Youssef au site d'Aït-Aadel (260 millions de m<sup>3</sup>/an régularisés). C'est donc l'oued Lakhdar qui conflue avec la Tassaout après le périmètre de Tassaout amont, qui a essentiellement contribué à l'irrigation du périmètre de Tassaout aval, tout en desservant à l'amont un périmètre traditionnel également et dénommé périmètre de Lakhdar. Une station de jaugeage, Bissi-Bissa, fonctionne depuis 1962 sur le Tassaout, juste avant sa confluence avec l'Oum-er-Rbia.

Les caractéristiques hydrologiques du bassin sont :

Superficie : 6011 km<sup>2</sup>

Apports : 123,8 mm

Débit spécifique : 3,9 l/s/km<sup>2</sup> Pour une lame d'eau moyenne précipitée sur le bassin de 450 mm, on obtient un coefficient de ruissellement de 27.5%.

#### **Bassin endoréique de Sedd El-majnoun :**

Étalé sur une superficie d'environ 38 Km<sup>2</sup>, Sedd El-majnoun constitue un exutoire d'évaporation qui peut atteindre une valeur de 9 Mm<sup>3</sup>/an.

Sedd El-majnoun est généralement mouillé pendant les mois de Décembre et Janvier.

#### **Le Bassin endoréique Lac Zima :**

Le lac Zima occupe une superficie de 4,5 km<sup>2</sup>, ce lac est rempli toute l'année et sa valeur d'évaporation est estimée de 9 Mm<sup>3</sup>/an.

#### **Bassin côtier d'El Jadida-Safi :**

La zone d'action de l'Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia (ABHOER) est constituée du bassin de l'Oued Oum Er Rbia et du bassin côtier atlantique d'El Jadida-Safi. Le bassin côtier atlantique d'El Jadida-Safi est situé au Sud-ouest du bassin de l'Oum Er Rbia et s'étend sur une superficie de l'ordre de 13 070 km<sup>2</sup>. Il s'agit d'un bassin peu productif en ressources en eau de surface, malgré sa grande superficie. Il comprend notamment : le bassin de la Bahira-Gantour constitué par une série de dépressions fermées 'endoréiques' telles que Sedd El Mejnoun (38 Km<sup>2</sup>) et lac Zima (4.5 Km<sup>2</sup>).

Le massif des Rehamna avec l'Oued Bouchane sans exutoire vers la mer qui draine un débit de l'ordre de 8 Mm<sup>3</sup>/an.

Les apports d'eau de surface des bassins côtiers atlantique d'El Jadida-Safi sont de l'ordre de 50 Millions m<sup>3</sup>/an d'après l'Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er Rbia. Ce chiffre paraît très faible par rapport à la superficie des bassins versant : lame d'eau écoulée de 3.85 mm/an et coefficient de ruissellement de 1.3% (pour une précipitation annuelle de 300 mm). Il est en tout cas en contradiction avec les apports des 2 bassins endoréiques de Sedd El Majnoun et Lac Zima qui totalisent à eux seuls, d'après nos estimations, un apport de l'ordre de 100 Mm<sup>3</sup>/an. En outre, une dotation de l'Oum Er Rbia est stockée dans le barrage El Massira, puis transférée vers les bassins côtiers El Jadida– Safi pour l'irrigation des périmètres des Doukkala et l'AEPI de la zone Casablanca-Safi. A noter qu'il y'a une possibilité de transfert d'eau vers Youssoufia à partir du barrage Al Massira.

## V. Hydrogéologie

La Bahira-gantour est une région où le régime tabulaire des dépôts secondaires et tertiaires succède au régime plissé des terrains primaire. Sur la chaîne hercynienne arasée s'est déposé les sédiments secondaires tertiaires et quaternaires. De ce fait le Gantour présente un plateau monoclinale à pendage sud. Plongeant des Rehamna vers les Jbilet.

Au niveau de la région de la Bahira Gantour, on constate la présence de 2 principaux aquifères d'extensions régionales :

### **Aquifère quaternaire et pliovillafranchien :**

Cet aquifère est caractérisé par un aspect hétérogène des formations quaternaires et pliovillafranchiennes, constituées essentiellement des limons, marnes sableuses, conglomérat et calcaire gréseux, on remarque également l'absence d'un niveau franchement imperméable comme mur de la nappe.

### **Aquifère Eocène :**

Il est constitué essentiellement par des formations calcaires.

Une grande partie de ce réservoir sous la couverture néogène ou quaternaire renferme des calcaires lutétiens qui sont souvent karstifiés.

### **1-Subdivision de principaux aquifères et leurs caractéristiques :**

En fonction de la structure géologique et de la lithologie ainsi que des conditions hydro-climatologique caractérisant la région, on peut dire que Les eaux souterraines dans la plaine de la Bahira-gantour se répartissent dans un système aquifère multicouche : empilement de plusieurs aquifères d'importances variables, dépendant des caractéristiques hydrodynamiques et des conditions de réalimentation et notamment l'étendu de la surface d'affleurement de ces couches aquifères.

Le tableau 4 présente des valeurs de la transmissivité, des débits exploitables et des débits spécifiques (débit sur rabattement).

Les principaux aquifères sont de haut en bas :

- Plioquaternaire
- Eocène
- Crétacé
- Jurassique
- Primaire

<b>Aquifères</b>	<b>Débit exploitable (l /s)</b>	<b>Débit spécifique <math>10^{-3}</math> (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>Transmissivité <math>10^{-3}</math> (m<sup>2</sup>/s)</b>
1. Plio-Quaternaire - Calcaires lacustres - Limons et cailloutis	20-80 8-11	4,5 - 22 0,3 – 10	10 - 30 0,3 – 8
2. Eocène - Calcaires lutétiens -Série marno- ècheuse - Sables phosphatés (couche des 11m.) - Argile yprésienne	70-100	10	10 - 400? 10? 0,013 - 0,38 0,00001
3. Crétacé : -Marno-calcaires du Maestrichtien -Bahira -Gantour -Calcaires turoniens -Marnocalcaires sénomaniens	6 - 13 1 - 85 0,1 - 3	3-16	4 – 16 0,014 - 0,15 0,1 - 150 0,006 - 0,1
4. Jurassique Calcaires du Lias	0,3 - 80		0,1 - 150
5. Primaire			0,1?

**Tableau 4** : Tableau présentant la transmissivité, les débits exploitables et les débits spécifiques des différents aquifères de Gantour(Rapport OCP, 2007).

- **nappe du primaire :**

En bordure des Jbilette et dans le secteur du dôme anticlinal de Rhirat, l'eau infiltrée circule dans la zone altérée et/ou fracturée des séries schisto-gréseuses primaires.

C'est une nappe très discontinue, circulant de façon privilégiée dans les niveaux gréseux fissurés.

- **nappe du Jurassique :**

Le jurassique est connu à l'échelle du Maroc pour ses bonnes potentialités hydrogéologiques, avec des valeurs de transmissivité qui atteignent  $150 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{s}$  pour les calcaires liasiques.

On le rencontre uniquement dans les deux extrémités Est et Ouest du bassin, et leurs rôles hydrogéologiques sont mal connus.

- **nappe du Crétacé :**

Ce sont les calcaires turoniens (reposant sur les marnocalcaires cénomaniens) qui possèdent les meilleures valeurs de transmissivité ( $150 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{s}$ ). Ils jouent un rôle hydrogéologique important dans le bassin de Tadla à l'Est.

Mais dans la partie orientale de la Bahira-Ganntour où ils se biseautent près de Sedd El Majnoun, ses conditions de réalimentation restent mal connues : d'une part la faible superficie de leur affleurement ( $30 \text{ km}^2$ ) ne permet pas une bonne alimentation par l'infiltration directe des eaux de précipitation, mais par contre ils affleurent au droit du dôme de l'Oued Tessaout où ils peuvent être alimentés par ce dernier.

Dans le reste du domaine, ce sont les marnocalcaires et sables silteux du Maastrichtien qui peuvent être considérés comme des aquifères. Ils semblent avoir des transmissivités nettement meilleures dans la Bahira ( $4 \text{ à } 16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{s}$ ) que dans le Ganntour ( $0,014 \text{ à } 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{s}$ ) sans doute en relation avec des variations latérales de faciès. Ces terrains affleurent sur une faible superficie dans la partie Nord.

Leur alimentation provient principalement par drainance ou par communication directe avec les autres nappes (notamment au niveau des failles).

- **nappe tertiaire :**

Les calcaires du Lutétien constituent de loin l'aquifère principal (transmissivité de 10 à

$400 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{s}$ ). Ces calcaires karstifiés avec des fissures ouvertes constituent un réservoir important dans la Bahira occidentale. Ils affleurent sur une superficie d'environ  $600 \text{ km}^2$



Il y'a aussi la partie sommitale de la série marno-cherteuse qui peut être aquifère (transmissivité de  $10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ).

Dans la zone de Youssoufia, l'aquifère principal très médiocre est constitué par les sables phosphatés d'une couche de 11m d'épaisseur (transmissivité faible de 0,013 à  $0,38 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ) ayant pour substratum la couche d'argile yprésienne pratiquement imperméable (transmissivité de l'ordre de  $10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ ).

L'alimentation de la nappe éocène multicouche, est due essentiellement à l'infiltration des eaux de pluie sur les aires d'affleurement de  $1080 \text{ km}^2$  d'extension et plus particulièrement au droit des calcaires lutétiens ( $590 \text{ km}^2$ ).

La nappe éocène est drainée naturellement par : évaporation de la nappe et drainage vers le Lac Zima, drainage par la nappe du Crétacé vers le Nord et drainage vers le Sud par la nappe plioquaternaire, (surtout quand les calcaires lacustres reposent directement sur les calcaires lutétiens auquel cas ils n'en forment qu'une seule nappe).

- **nappe plioquaternaire :**

Le Bassin phosphatier de la Bahira-Ganntour s'étend sur une superficie de  $7015 \text{ km}^2$ .

Les calcaires lacustres plio-villafranchiens, reposant sur les calcaires de la dalle à thersités qui constitue le toit du tertiaire, constituent l'aquifère le plus important de la Bahira.

Le toit de l'Eocène correspond à la fois à la base du Plioquaternaire et au sommet de la dalle des calcaires dolomitiques du lutétien. Dans l'ensemble, on a 4 structures principales (voir partie Géologie) : Cuvette de Youssoufia, Dôme anticlinal de Rhirat, cuvette de Sedd El Majnoun et Dôme de l'Ouest Tessaout.

Les calcaires lacustres plio-villafranchiens ont des transmissivités ( $10$  à  $30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ) nettement meilleurs que celles des limons et cailloutis quaternaires ( $0,3 - 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ). L'extension de ces calcaires karstifiés sous le recouvrement limoneux reste très mal connue.

Son alimentation se fait principalement par infiltration directe des eaux de pluie et particulièrement dans les zones d'affleurement des calcaires lacustres.

Les exutoires naturels sont : l'évaporation de la nappe phréatique de faible profondeur (3 à 4m à Sedd El Majnoun), et le déversement vers le lac Zima.

Signalons que dans le secteur oriental, une certaine infiltration de l'Oued Tessaout peut contribuer à l'alimentation de la nappe quaternaire.

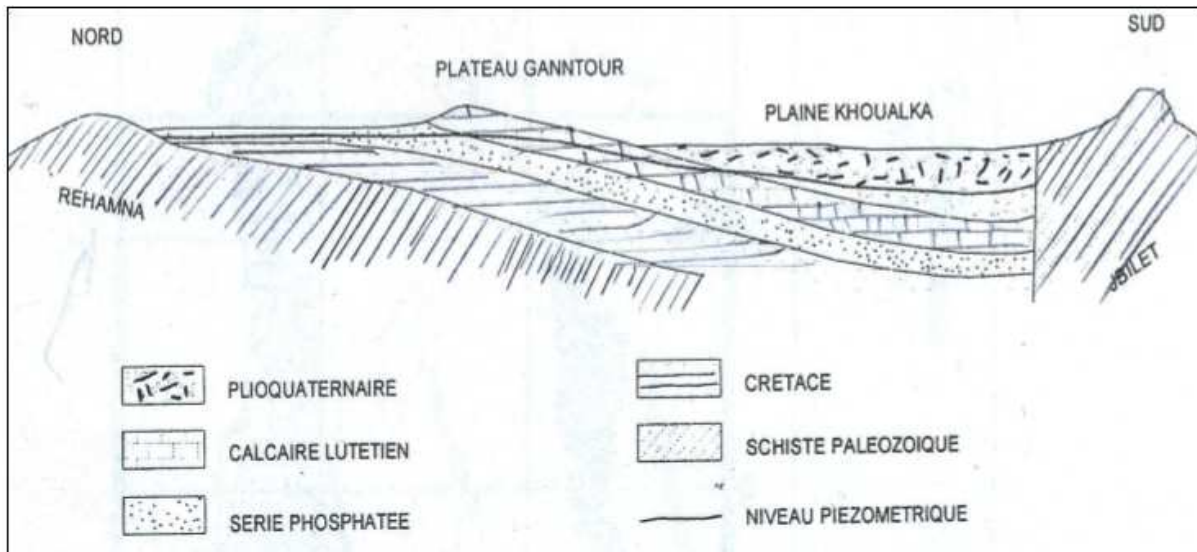


Figure 12 : Coupe hydrogéologique schématique de la nappe de la Bahira-Gantour  
(Rapport master d'AIT AYYANE KARIMA)

## 2- Piézométrie :

### a- Les étapes d'élaboration d'une carte piézométrique :

-1ère étape : Création d'une carte vierge en suivant ces étapes :

Menu Démarrer → ArcMap → Fichier → Nouveau → Carte vierge.

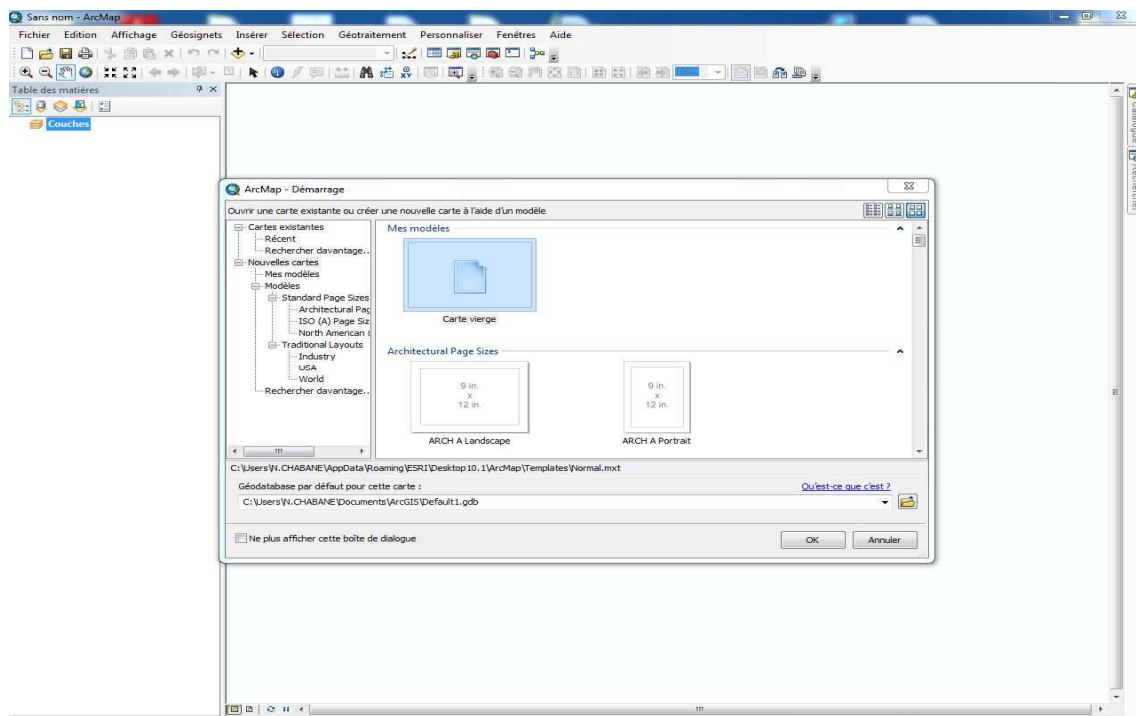


Figure 13 : Création d'un nouveau projet sur le logiciel Arcgis

## 2ème étape : Importation de la base de données

Ajouter → Ajouter des données → Piézométrie de Gantour

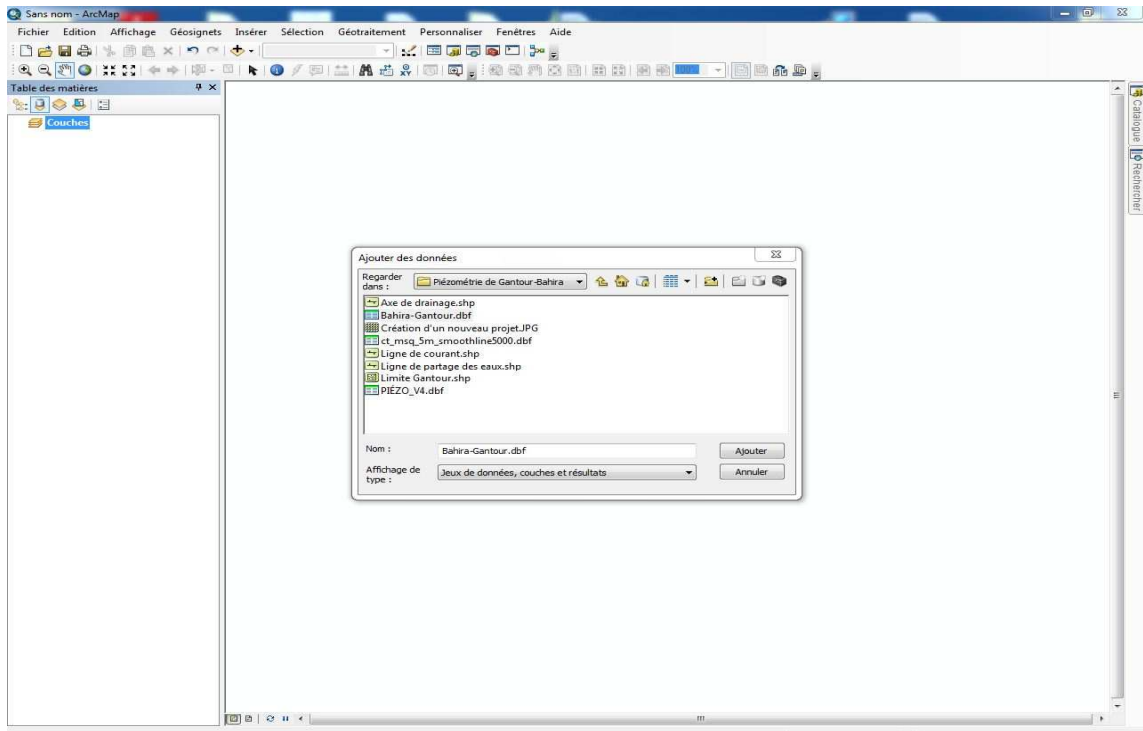


Figure 14 : Importation de la base des données sur l'Arcgis.

## 3ème étape : Affichage des données XY

Fichier → Ajouter des données → ajouter des données XY → Bahira-Gantour.dbf → Ajouter

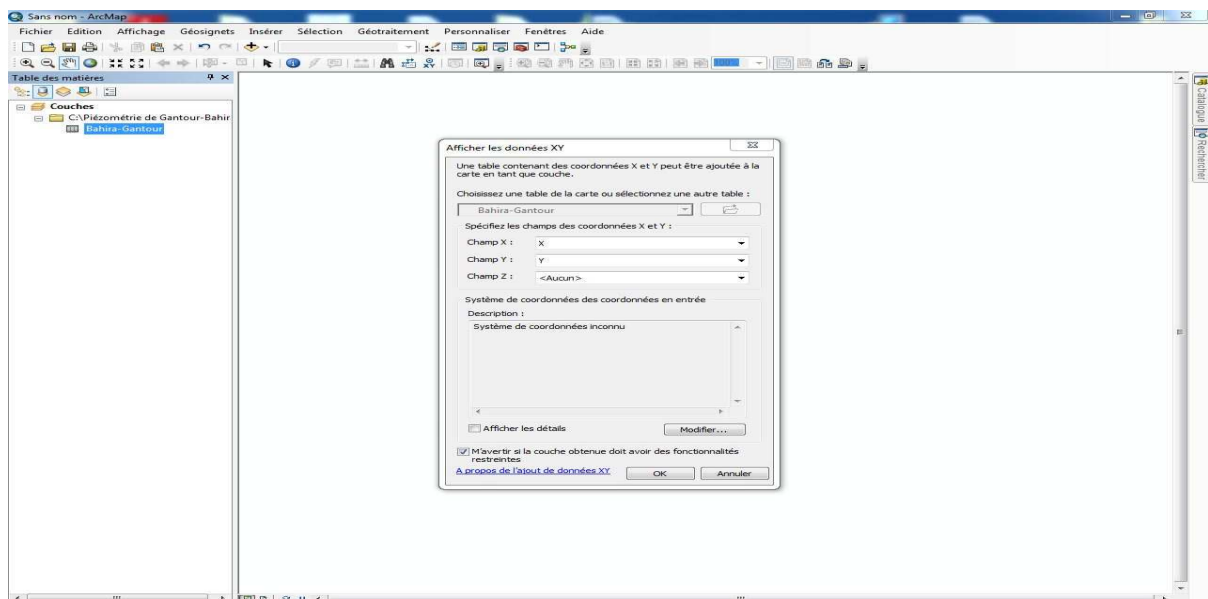


Figure 15 : Affichage des données XY sur l'Arcgis.

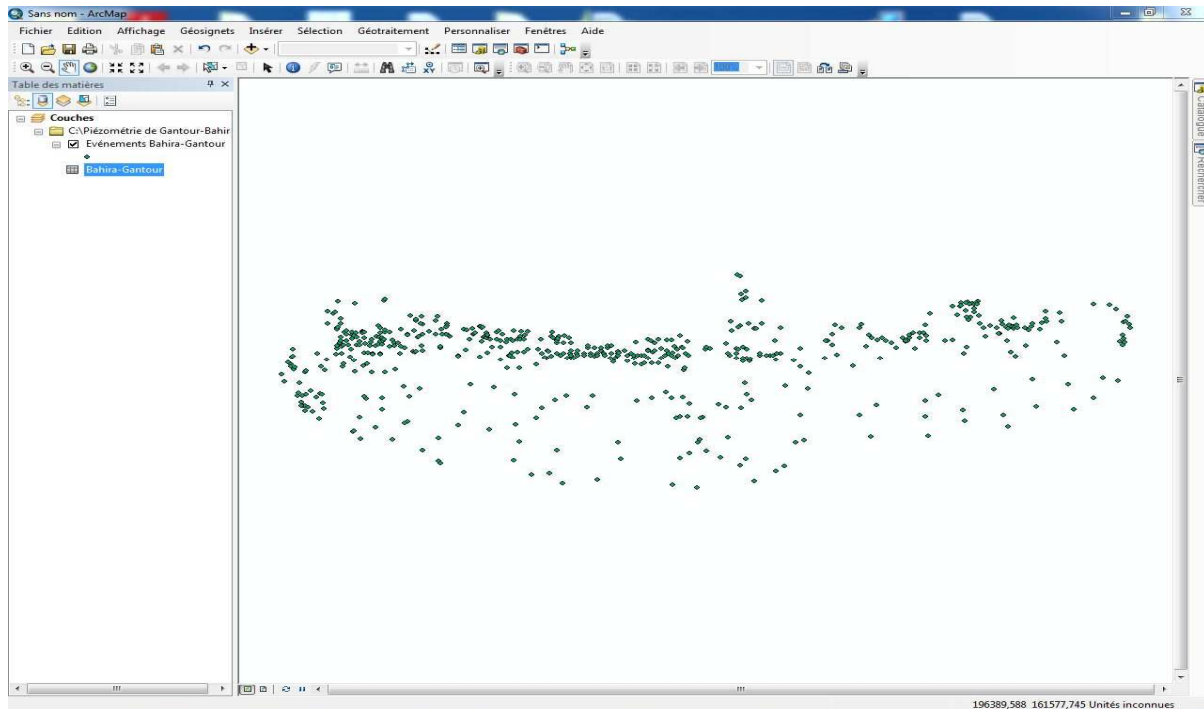


Figure 16 : Affichage des points sur l'Arcgis

#### 4<sup>ème</sup> étape : Importation de la limite de Gantour

Ajouter → Ajouter des données → Limite Gantour.shp →Ajouter.

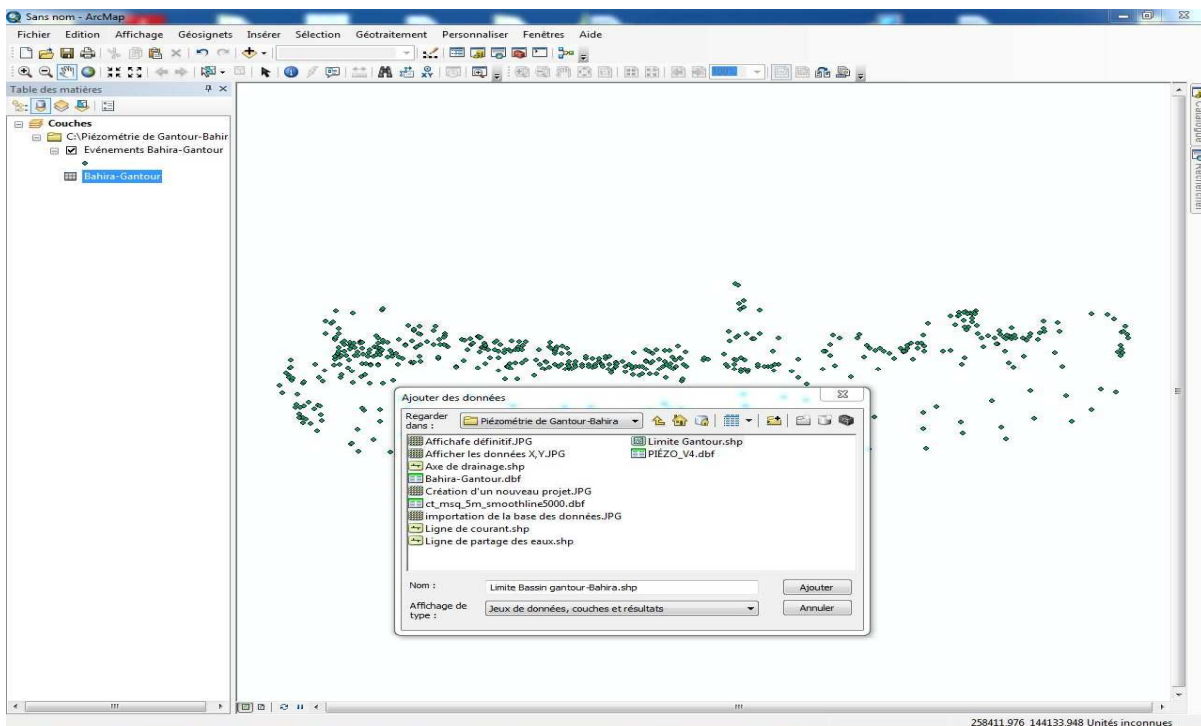


Figure 17 :Importation de la limite du Bassin de la Bahira-Gantour sur l'Arcgis.

## Séme étape : Interpolation Raster

Personnaliser → Barre d'outils → Extraction de l'extension → Spatial analyst → ok

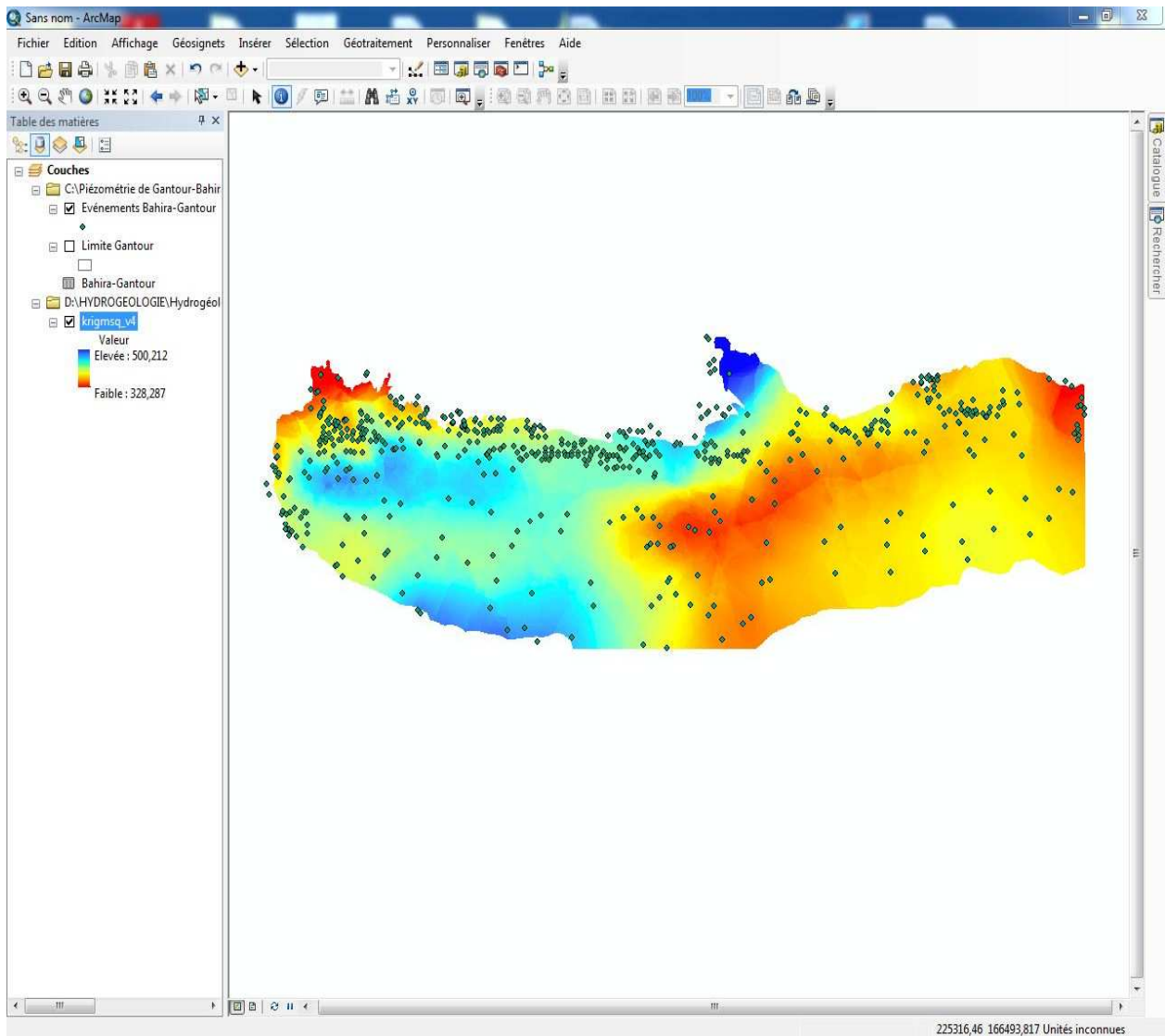


Figure 18 : Interpolation Raster sur le logiciel Arcgis

## 6ème étape : Importation des courbes de niveaux

Ajouter → Ajouter des données → Lignes de courants → Ajouter.

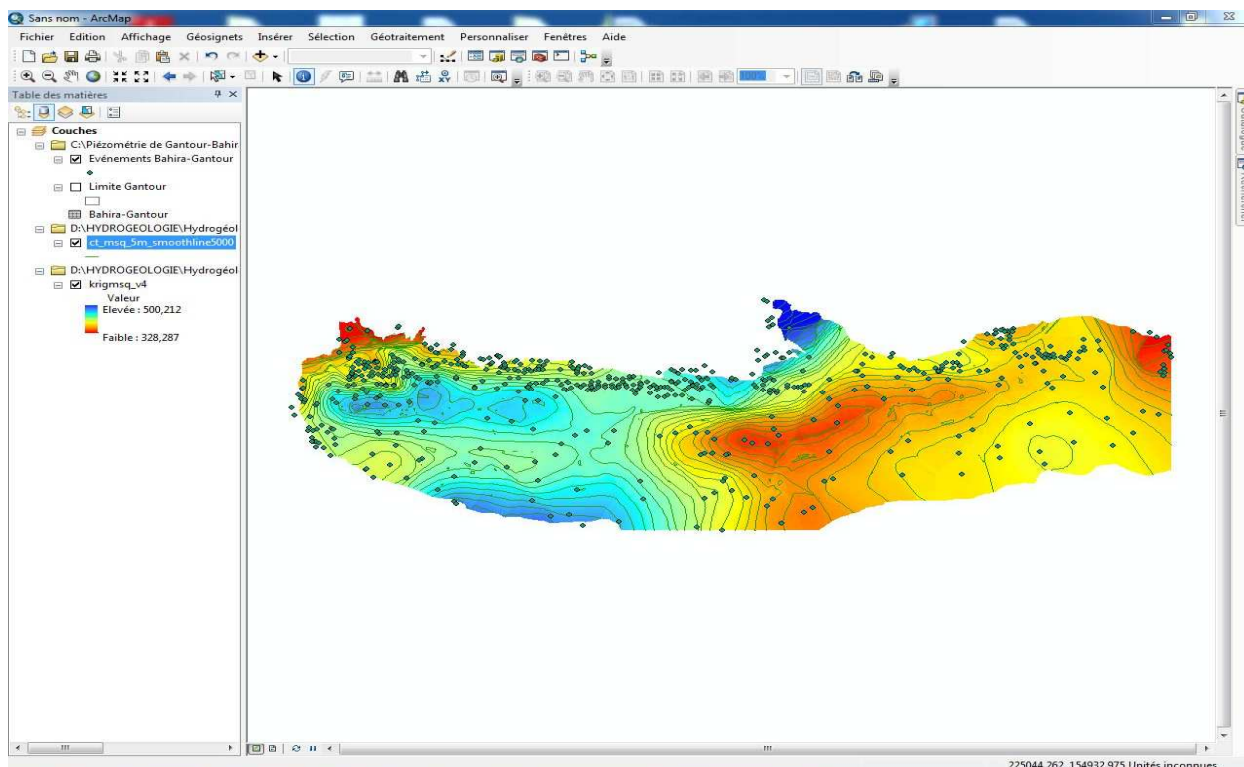


Figure 19 : Importation des isopièzes sur l'Arcgis.

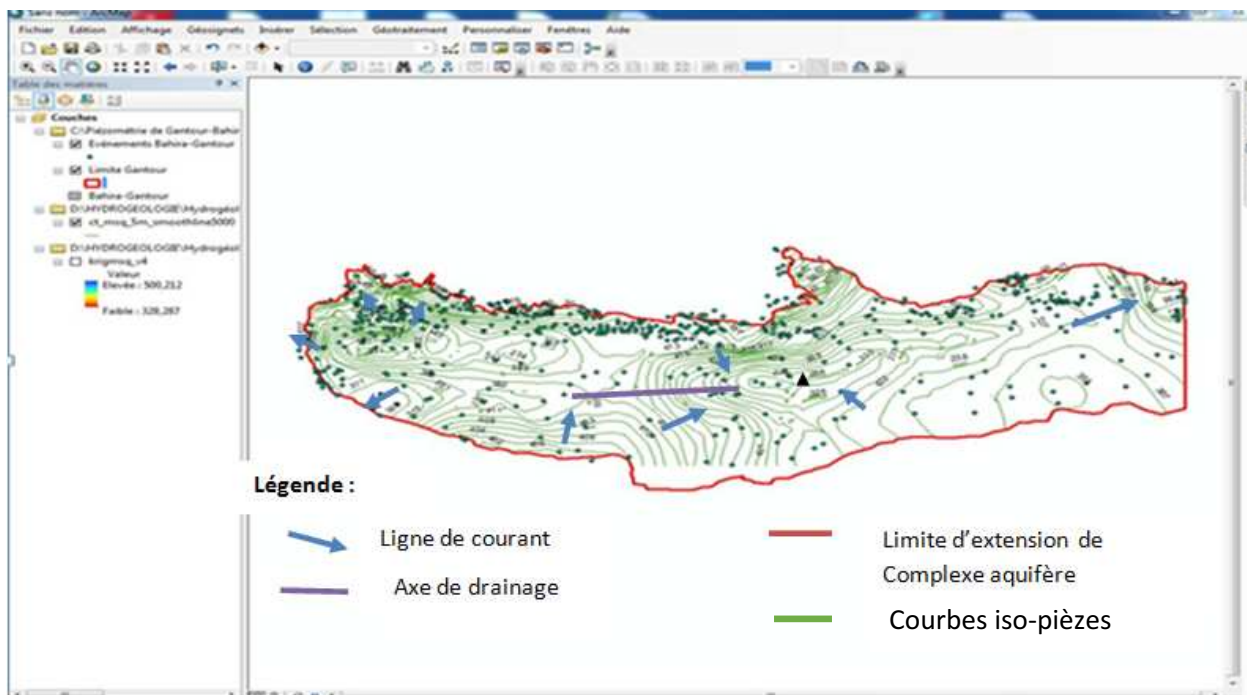


Figure 20 : Carte piézométrique de la Bahira-Gantour.

### b-l'interprétation :

La piézométrie du système aquifère de la Bahira-Gantour diffère d'une partie à l'autre.

- La Bahira orientale : L'écoulement au niveau de cette zone se fait du Sud Ouest vers le Nord Est, avec des courbes isopièzes très serrés ce qui montre que l'eau s'écoule avec une grande vitesse vers l'Est, ayant un gradient hydraulique fort et non stable au niveau de la région.
- La Bahira centrale : Les eaux de la région s'écoulent d'une manière convergente depuis les bordures du bassin vers Sedd-El-Majnoun qui constitue une dépression naturelle.

D'après la carte piézométrique qu'on a, **la nappe plio-quaternaire** est caractérisée par une faible profondeur, ce qui favorise sa vulnérabilité à l'évaporation.

Les courbes iso-pièzes sont espacées de façon considérable ce qui signifie que le gradient hydraulique est faible, à l'exception de la zone de Sud, ce qui montre que la région est caractérisée par une bonne perméabilité du à la présence des calcaires lacustres karstifiés et les calcaires lutétiens qui affleurent dans le plateau de Gantour. Au sud de la partie centrale de la Bahira-Gantour, le gradient hydraulique connaît une augmentation remarquable ce qui va causer une chute de la perméabilité. On constate également la présence de deux axes de drainage :

- Le premier axe est situé au Nord de Sedd-El-Majnoun orienté de l'Ouest vers l'Est.
- Le deuxième axe Orienté du Sud Ouest vers le Nord Est de Sedd-EL-majnoun.
- La Bahira occidentale :

Au niveau de la partie occidentale du Bassin de la Bahira-Gantour l'écoulement des eaux se fait d'une façon radiale et divergente :

- Dans la partie Nord les eaux s'écoulent du Nord vers le Sud.
- Au niveau de l'Ouest, les eaux s'écoulent vers le lac de Zima qui constitue un exutoire par évaporation.
- A l'Est, les eaux de la Bahira occidentale convergent vers la Bahira centrale.
- Au Sud de la zone l'écoulement se fait du Sud vers le Nord.

### **3- Fonctionnement hydrogéologique :**

Le système aquifère de la Bahira Gantour est situé entre deux limites au niveau de ses extrémités Nord et Sud :

- ✓ Au Nord : la présence de la limite d'extension des formations du Crétacé Inférieur qui constituent une limite étanche et imperméable.
- ✓ Au Sud : l'aquifère est limité par le massif primaire des Jbilet qui est formé par des schistes altérées ayant un caractère peu perméable ce qui permet aux eaux des Jbilet de se déverser dans la Bahira par la voie d'un écoulement souterrain et hypodermique.
- ✓ A l'Est : L'aquifère est limité par la plaine de Tadla ainsi que l'Oued Tassaout dont le niveau d'eau est supérieur à celui de la nappe de la Bahira Gantour et de la nappe de Tadla d'environ 15 mètres.
- ✓ A l'Ouest : Les eaux de l'aquifère se déversent vers le lac Zima ainsi que le plateau de Gantour.



## VI. Bilan

Le bilan d'eau d'un système aquifère est la balance des entrées (recettes) égales au débit moyen des apports et des sorties (dépenses) représentées par le débit moyen des écoulements.

Le bilan se réfère à un domaine limité dans l'espace et à une durée moyenne précise.

Dans cette partie on va calculer le bilan hydrologique du Bassin de la Bahira- Gantour, il s'agit d'un bilan global permettant d'évaluer en détail les entrées et les sorties de la nappe.

Le tableau 5 ci-dessous représente les valeurs des apports ainsi que des prélèvements qui intéressent la région de la Bahira-Gantour.

<b>Apports</b>	<b>M m<sup>3</sup> /s</b>	<b>Prélèvements</b>	<b>M m<sup>3</sup> /s</b>
-Infiltration par précipitation	<b>125</b>	- Evaporation à SeddEl Majnoun	<b>6.7</b>
-Ruissellement vers Sedd El Majnoun	<b>7.6</b>	- Evaporation à lac Zima	<b>7.6</b>
-Ruissellement qui atteint lac Zima.	<b>3.2</b>	- Prélèvements agricoles.	<b>78</b>
- Restitution agricole.	<b>16.7</b>	- Alimentation en eau potable.	<b>15</b>
- Apport de l'Oued Gaino.	<b>5.3</b>	-Sortie Est vers la Tadla.	<b>20 ?</b>
Total des entrées	<b>157,8</b>	Total des sorties	<b>126,5</b>
<b>Bilan : 31,3</b>			

**Tableau 5** : Principaux apports et prélèvements du bilan global moyen annuel de la Bahira-Gantour (Rapport OCP, 2007).

Les 125 M m<sup>3</sup>/s de l'infiltration des précipitations sont répartis sur les différentes formations comme il le présente le tableau 6 ci-dessous :

<b>Aquifère</b>	<b>Ressource renouvelable Annuellement : M m<sup>3</sup>/s</b>
-Plio-quaternaire	60
-Eocène	37
-Crétacé supérieur	10
-Jurassique	9
-Primaire	9

**Tableau 6** : Répartition par aquifère de l'infiltration des eaux de pluie (Rapport OCP, 2007).

La valeur obtenue après le calcul du bilan est de 31.3, cette valeur représente une comparaison entre les apports et les pertes, ce qui signifie un excès ou une augmentation des réserves, ce qui peut être dû à une infiltration très importants des précipitations vu qu'il y'a un impact climatique sur l'hydrologie.

Ces infiltrations des eaux de pluie se répartissent par aquifères :

- Ainsi, les aquifères Plio-quaternaire qui présentent des bons réservoirs des eaux, ce qui signifie un niveau de recharge très important ;
- De la même manière les aquifères de l'éocène constituent un réservoir important ;
- Enfin les aquifères du crétacé, Jurassique et Primaire présentent également des niveaux de recharge faibles.

## VII. Conclusion générale:

L'étude menée dans le cadre de notre projet de fin d'études de licence porte sur une synthèse sur l'hydrogéologie selon une optique bibliographique du bassin de la Bahira Gantour (Maroc).

À l'issue de cette étude, nous retenons les principaux résultats suivant :

Le Bassin de Bahira Gantour est caractérisé par cinq unités hydrologiques :

- **Oued Tassaout** et **Sedd El Majnoun** qui drainent la Bahira orientale ;
- **Le côtier Safi El-Jadida, Lac Zima** et le **Tensift** qui intéressent et drainent la Bahira occidentale.

Concernant le système hydrogéologique, le Bassin de la Bahira Gantour est constitué d'un empilement d'aquifères qui diffèrent selon leurs paramètres géologiques, lithologiques et hydrodynamiques, les principaux aquifères sont :

Plio-quaternaire ; Eocène ; Crétacé ; Jurassique ; Primaire.

Les caractéristiques hydrogéologiques et les paramètres hydrodynamiques telles que la Transmissivité ont facilité la distinction des principaux aquifères considérés comme les réservoirs les plus importants, présentés par, le **plio-quaternaire** et **l'éocène**.

La carte piézométrique établie a montré un écoulement qui se fait différemment selon les trois parties du Bassin de la Bahira Gantour :

**dans la partie Orientale** : L'écoulement au niveau de cette zone se fait du Sud Ouest vers le Nord Est ;

**dans la partie Centrale**, l'écoulement converge vers la dépression de Sedd EL-Mejnoun au centre de la zone ;

**dans la partie occidentale**, l'écoulement des eaux se fait d'une façon radiale et divergente, avec des écoulements du N vers le S dans la partie septentrionale et des écoulements vers le lac de Zima qui constitue un exutoire par évaporation dans la partie occidentale .

A l'Est, les eaux de la Bahira occidentale convergent vers la Bahira centrale.

Au Sud de la zone l'écoulement se fait du Sud vers le Nord.

La dernière partie a été consacrée au calcul du bilan hydrique du Bassin de la Bahira Gantour. Les résultats obtenus ont montrés un excès de  $31,3\text{mm}^3/\text{an}$  ce qui signifie qu'il s'agit d'une augmentation des réserves vu que le bilan est positif.

# Bibliographie

- Thèse de BOUGADRA ABDELAZIZ (1986) : Hydrogéologie et simulation par model mathématique de la nappe de la Bahira occidentale.
- Ressources en Eau du Maroc Plaines et bassins du Maroc atlantique, Editions du service du Maroc RABAT (1975).
- Rapport interne de l'OCP : Hydrogéologie Bassin Bahira-Gantour.
  
- E.JOURANI. (1994)-Caractère généraux des bassins des Gantour : synthèse bibliographique,
- A. BOUJO. (1972)-Contribution à l'étude géologique du gisement de phosphate des Gantour (Maroc occidental) : en thèse de doctorat en sciences naturelles
- Rapport master de KARIMA AIT AYANE (2012) Caractérisation préliminaire de l'aquifère du Gisement Bouchane Ouest-Bassin Gantour-Mém.
- KHALIL N., (Decembre 1989), Contribution à l'étude Hydrogéologique de la plaine de la Bahira, Thèse d'état, Université CADI AYYAD. (187pages)
- Géologie des phosphates (OCP).

## Annexes

**Annexe 1 : Tableau des mesures des précipitations de la Bahira-Gantour :**

	SEP	OCT	NOV	DEC	JAV	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	Année
1961	0	0	0	0	19,9	0	4,6	13,1	48,4	15,7	0	0	101,7
1962	1,6	2,3	67,1	21	6,1	2,3	142,3	26,5	14,6	0	0	0	283,8
1963	20,7	16,8	88,8	8,3	48,9	90,1	1,2	17,8	69	0	0	0	361,6
1964	0	0	16,5	126,1	34,9	28	29	62	0	0	0	0	296,5
1965	0	0	19,7	103,2	20,2	14	15,3	22	0	0	0	0	194,4
1966	13,5	68,3	79,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161,4
1967	0	20	131	4,5	0	31,2	0	28,8	1,5	1	0	0	218
1968	1	37,7	104	21,7	14	72,9	127,3	41	5,8	0	0	3,3	428,7
1969	0	0,7	119,5	81,1	41,2	74,9	53	50,8	3	2,5	1,3	0	428
1970	4,8	14,3	92,7	18,4	88,9	0	26,6	4,8	2,3	3,5	0	0	256,3
1971	0	71	2,2	93,9	97,4	22,5	83,9	165,5	45,6	2,5	0	0	584,5
1972	0	0	27,35	45,8	31	57,7	45,3	12,4	7,9	0	0	0	227,45
1973	21,6	34,4	19,9	39,7	17,3	17,3	51,6	26,2	12,9	0	0	0	240,9
1974	0	28,4	6,6	124,1	10,7	46,7	77,1	77	0	4,3	0	0	374,9
1975	8,4	1,7	0	0	30,1	54	13,1	34,3	11,8	0	0	4,3	157,7
1976	4,3	0	9,3	48,4	1,3	67,6	50,3	51,4	37,1	0	0	4	273,7
1977	15,3	61,8	10,1	42,5	73	23	3,6	0	1	2	0	0	232,3
1978	4,1	119,1	102,7	43	78,9	53,5	4,5	54,4	34,7	0	0	0	494,9
1979	0	43,6	0,3	84,2	111,3	33,4	9	10,3	0	0	0	0	292,1
1980	0	113,3	0	5,1	32	34,2	55,7	6,3	6,1	3,1	0	0	255,8
1981	1,9	13,1	107,8	0	17,1	15,1	6,4	4,8	0	0	0	0	166,2
1982	6,4	0	0	21,6	80,9	25,8	26,2	54	8	0	0	0	222,9
1983	0	0	41,9	8,5	6,2	76,1	22,9	12,5	10,8	0	0	0	178,9
1984	0	5,2	67,9	30,2	13,5	2,9	48	31,3	28,1	0	0	0,7	227,8
1985	0	2,9	121,9	8,5	86,8	40,4	0,9	6,7	2,2	6,3	0	0	276,6
1986	0	0	58,8	30,8	28,2	72,9	32,4	32,5	3,1	33,6	0	0	292,3
1987	0	3,4	20,1	1,5	27	46,4	14,8	8,2	2,3	0	0	1	124,7
1988	18,5	52,2	42,9	140,8	100,9	61,8	31,1	0	16,7	3,5	0	0	468,4
1989	0	10,7	128,5	1,6	52,8	27,4	38,4	54,3	0,4	0	0	0	314,1
1990	0	15,2	38,2	44,3	29,6	0	83,3	38,9	38,2	0	0	0	287,7
1991	0	10,2	8,9	59,4	3,2	96,8	86,6	9,6	0	0	0	0	274,7
1992	16,3	49,8	2,9	7,9	0	11,5	47,4	54	12,7	12	0	0	214,5
1993	0	11,5	65	12,1	51	19,8	32	15,2	11,7	0	0	0	218,3
1994	0	42,5	92,6	20,3	37,9	42	39	0	2,5	0	0	0	276,8
1995	0	33,1	38,45	1,9	0	35,8	31,5	66,1	0	4,6	0	0	211,45
1996	0	0	39,45	96,6	162,8	15	77,7	8	47,8	0	0	0	447,35
1997	10,3	5,5	56,8	176,3	48	1	21	56	0	3	0	0	377,9
1998	0,5	23	22,5	52,95	40	44	22	2,5	0,5	0	0	0	207,95
1999	0	1,5	0	26,6	28,5	47,5	11,5	6	12	0	0	0	133,6
2000	4	72,5	11,5	24	14,5	0	0	0	0	0	0	0	126,5

**Annexe 2 : Tableau des mesures de la Température de la Bahira-Gantour :**

	<b>sept</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>déc</b>	<b>janv</b>	<b>févr</b>	<b>mars</b>	<b>avr</b>	<b>mai</b>	<b>juin</b>	<b>juil</b>	<b>août</b>	<b>Moy</b>
Tmax	31,9	27,8	22,2	18,1	17,7	19,4	22,0	23,2	26,8	30,8	36,7	35,4	26,0
Tmoy	24,4	20,9	16,2	12,5	12,0	13,1	15,3	16,7	19,4	22,9	26,5	26,7	18,9
Tmin	16,9	14,1	10,2	6,9	6,3	6,9	8,6	10,2	12,0	15,0	17,3	17,9	11,9