

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



**Université Kasdi Merbah Ouargla**

N° d'ordre :  
N° de série :

**FACULTE DES SCIENCES  
ET SCIENCES DE L'INGENIEUR**

**DEPARTEMENT DE HYDRAULIQUE  
ET GENIE CIVIL**

**Mémoire**

Pour obtenir le diplôme de

**MAGISTER**

**Spécialité : Hydraulique**

**Option : *Aménagement hydraulique en zones arides***

Présenté par :

**KHELIFA Ali**

**Thème**

***ETUDE DU SYSTEME ANCESTRAL DE CAPTAGE ET DE  
DISTRIBUTION DES EAUX DANS  
L'OASIS DE GHARDAIA***

**Soutenu publiquement le : 30/06/2008**

**Devant le jury composé de :**

Dr. KRIKER A.	Université de OUARGLA	Président
Pr. HAMOUDI.	Université de Chélif	Examineur
Dr. BOUTOUTAOU D.	Université de OUARGLA	Examineur
Pr. REMINI B.	Université de Blida	Promoteur

**Promotion 2008**

---

# Résumé

La région de Ghardaïa a connu depuis long temps un manque d'eau comme l'autres régions Sahariennes, mais les gros dégâts qui sont causées par les inondations inattendus des oueds de la région, poussent quelques Mozabites a exploités cette eau courante pour les utilisées dans les périodes de sècheresse, et de là est né le système traditionnel de partage et de distribution des eaux, et cela depuis sept (07) siècles et demi.

Ainsi nous avons fait l'étude du mécanisme de travail de ce système traditionnel, et nous avons fait quelque calculs hydrauliques au niveau d'une zone choisie dans l'oasis, et nous avons constaté que l'opération de partage des eaux s'est faite d'une façon précise, mais dans les dernières années il y a le phénomène de pollution de la nappe phréatique a fait une apparition, et la remontée des eaux à cause du gaspillage en le soit du réseau A.E.P, ou le réseau d'irrigation, tout ces facteurs on menés a la détérioration de ce système ingénieux et un déséquilibre dans son fonctionnement, c'est pour cela qu'il faut mettre en place une stratégie pour sauver ce patrimoine.

لقد عرفت منطقة غرداية منذ القديم ندرة في المياه على غرار جميع المناطق الصحراوية, غير أن الأضرار الجسيمة التي كانت تسببها الفيضانات المفاجئة لوديان المنطقة, جعلت أهالي المنطقة يفكرون في استغلال مياه السيل للاستفادة منها وقت الجفاف, ومن هنا تم إنشاء النظام التقليدي لتقسيم و تخزين مياه السيل منذ حوالي سبعة ( 07 ) قرون و نصف. تناولنا في هذا العمل آلية عمل هذا النظام, و كيفية جريان المياه داخله, كما قمنا ببعض الحسابات الهيدروليكية على مستوى منطقة مختارة داخل الواحة, ووجدنا بأن عملية تقسيم المياه بين الفلاحين تمت بطريقة دقيقة, لكن في السنوات الأخيرة برزت ظاهرة تلوث الطبقة المائية الحرة, وكذلك ظاهرة صعود المياه و تبيدها سواء من شبكة التزويد بالمياه الصالحة للشرب, أو السقي العشوائي تؤدي جميعها إلى اختلال كبير في آلية عمله, وبالتالي إلى تقهقره بشكل كامل, لذا لابد من وضع إستراتيجية مدروسة لحمايته من الضياع.

The region of Ghardaïa has experienced for many years a lack of water as other Saharan regions, but the major damage that are caused by the floods unexpected surges in a few Mozabites exploited this running water for use in dry periods, and from there was born the traditional system of sharing and distribution of water, and have been since Seven (07) and a half centuries.

So we made the study of the mechanism works in the traditional system, and we have made some hydraulic calculated at the level of a selected area in the oasis, and we found that before the share operation was waters made an accurate, but in recent years there is the problem of pollution of groundwater, and the rise in water because of drilling deep, but these factors was conducted on the deterioration of this ingenious system and an imbalance in its operation is why we need to implement a strategy to save this heritage.

---

# Introduction générale

## **Introduction générale**

Depuis que les mozabites se sont installés dans la région de Ghardaïa, ils ont souffert de la rareté de l'eau comme toutes les régions sahariennes, ils ont utilisés les puits d'eau pour irriguer leurs cultures et pour l'utilisation domestique journalière. Et bien que l'eau soit très rare dans la période estivale, ils devraient aussi faire face aux inondations des oueds de la région qui ont causées d'énormes dégâts matériel et humain.

Les sages mozabites ont peu mettre en place depuis sept (07) siècles environ un système de défense contre les inondations, ceci par la conception d'un système de captage et de distribution des eaux dans les oasis de Ghardaïa, ce système a peu résister à l'effet du temps.

Dans ce travail nous allons étudié ce système ancestrale comme suit :

Chapitre I : Nous donnerons une description de la zone de Ghardaïa et de déférents caractéristiques de la zone, ces caractéristique ont influencée d'une façon considérable la conception de ce système.

Chapitre II : Nous allons définir les différents ouvrages qui composent le système ancestrale de distribution des eaux dans les oasis de Ghardaïa.

Chapitre III : Nous allons donner Le mode de fonctionnement du système dans les périodes de crues, et l'explication du rôle de chaque ouvrage dans ce système, pour qu'on puisse donné un schéma explicatif du parcourt de l'eau dans la période du fonctionnement du système, et aussi connaître l'influence du pompes et les réseaux d' A.E.P sur ce système.

Chapitre IV : Nous choisissons une zone dans l'oasis, où toutes les caractéristiques et les données hydrauliques permettent de vérifier la distribution des eaux entre les oasiens, si elle est aléatoire ou étudiée par les anciens concepteurs du système.

Enfin on donnera quelques recommandations et les résultats de cette étude afin de préserver ce patrimoine mondial.

# Présentation de la ville de Ghardaïa

## I.1. Introduction

La ville de Ghardaïa est située au centre du Sahara algérienne, cette ville à un caractère spécial, car elle conserve toujours sa culture ancienne et son patrimoine.

Dans ce chapitre on essayera de faire une identification générale des caractéristiques Climatiques, géographiques, agricoles..., qui nous aidera à avoir une image claire de Ghardaïa.

## I.2. Aperçu historique

### I.2. 1. Période Préhistorique

Les recherches restent toujours très limitées quant à l'identification des tous premiers Groupements humains qui s'étaient établis dans la région de la vallée du M'Zab avant l'Islam.

Quelques écrits décrivent la présence de communautés primaires TROGLODYTES dont l'habitat est creusé à main dans la roche calcaire des collines environnantes sans en préciser la datation.

### I.2. 2. Période préislamique

Le sociologue historien **IBN KHALDOUN** précise que les **BENI-MOZAB** seraient les descendants de **Moçaab IBN Badine** que l'on retrouve dans une généalogie remontant jusqu'à **IBN JANA**, le père fondateur de la communauté Zénète.

### I.2. 3. Période Islamique

Les Ibadites (Rustumides) originaires de **TIHRET** capitale Ibadite 909 avant J.C s'installa d'abord dans la région de **SEDRATA** et de **Oued Righ**, aux environs de la ville de **OUARGLA**.

Après environ un demi-siècle de séjour dans la cité saharienne, les Rustumides se déplacer plus au nord vers l'Oued M'ZAB où déjà la première **Halka** des **Azzaba**, une

organisation exclusivement religieuse et garante du Culte Ibadite s'y était établie. Ce fût vers 960 au 970 après J.C.

Dans la vallée du M'ZAB, les Ibadites créèrent cinq **(05)** villes fortifiées (**Ksour**) dont la première était **EL-ATTEUF** en l'an 1010. (Atlas de Ghardaïa, 2004)

En 1048, ils bâtirent la ville de MELIKA, peu après BOUNOURA puis BENI-IZGUEN en 1050 et GHARDAIA en 1053.

**Les CHAAMBA** sont les descendants de la Grande Tribu syrienne des Ouled Mahdi. Ils font partie de la première vague des Arabes (XI<sup>ème</sup> siècle). Nomades, ils occupaient la région de la Chebka du M'Zâb.

La communauté juive, originaire de Djerba (TUNISIE) s'installa également à GHARDAIA avant de la quitter en 1962. (Atlas de Ghardaïa, 2004)

#### **I.2. 4. Période coloniale:**

La colonisation française, occupe la région comme les autres villes algériennes, et la pénétration militaire française a eu lieu le 04/12/1882.(Atlas de Ghardaïa, 2004)

### **I.3. Situation géographique**

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord de Sahara. Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984. L'ensemble de la nouvelle Wilaya dépendait de l'ancienne Wilaya de **Laghouat**.

Elle est caractérisée par des plaines dans le Continental Terminal, des régions ensablées, la Chebka et l'ensemble de la région centrale et s'étend du Nord au Sud sur environ 450 km.

La Wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de **Laghouat** ;
- Au Nord Est par la Wilaya de **Djelfa** ;

- A l'Est par la Wilaya d'**Ouargla** ;
- Au Sud par la Wilaya de **Tamanrasset** ;
- Au Sud-Ouest par la Wilaya d'**Adrar** ;
- A l'Ouest par la Wilaya d'**El-Bayad**.

La Wilaya couvre une superficie de 86.560 km<sup>2</sup> se répartissant en 13 communes comme le montre le tableau (1) :

**Tableau (1):** superficies des communes (Atlas de Ghardaïa, 2004)

<b>Communes</b>	<b>Superficies ( km<sup>2</sup> )</b>
<b>Ghardaïa</b>	<b>300</b>
<b>El-Ménéa</b>	<b>27.000</b>
<b>Daya</b>	<b>2.175</b>
<b>Berriane</b>	<b>2.250</b>
<b>Metlili</b>	<b>7.300</b>
<b>Guerrara</b>	<b>2.900</b>
<b>El-Atteuf</b>	<b>750</b>
<b>Zelfana</b>	<b>2.220</b>
<b>Sebseb</b>	<b>5.640</b>
<b>Bounoura</b>	<b>810</b>
<b>Hassi-El-F'hel</b>	<b>6.715</b>
<b>Hassi-El-Gara</b>	<b>22.000</b>
<b>Mansoura</b>	<b>6.500</b>
<b>Total</b>	<b>86.560</b>

## **I.4. Climat de la région**

La région de Ghardaïa est caractérisée par un climat aride saharien, mais la présence d'une végétation abondante peut modifier localement les conditions climatiques.

### **I.4. 1. Pluviométrie**

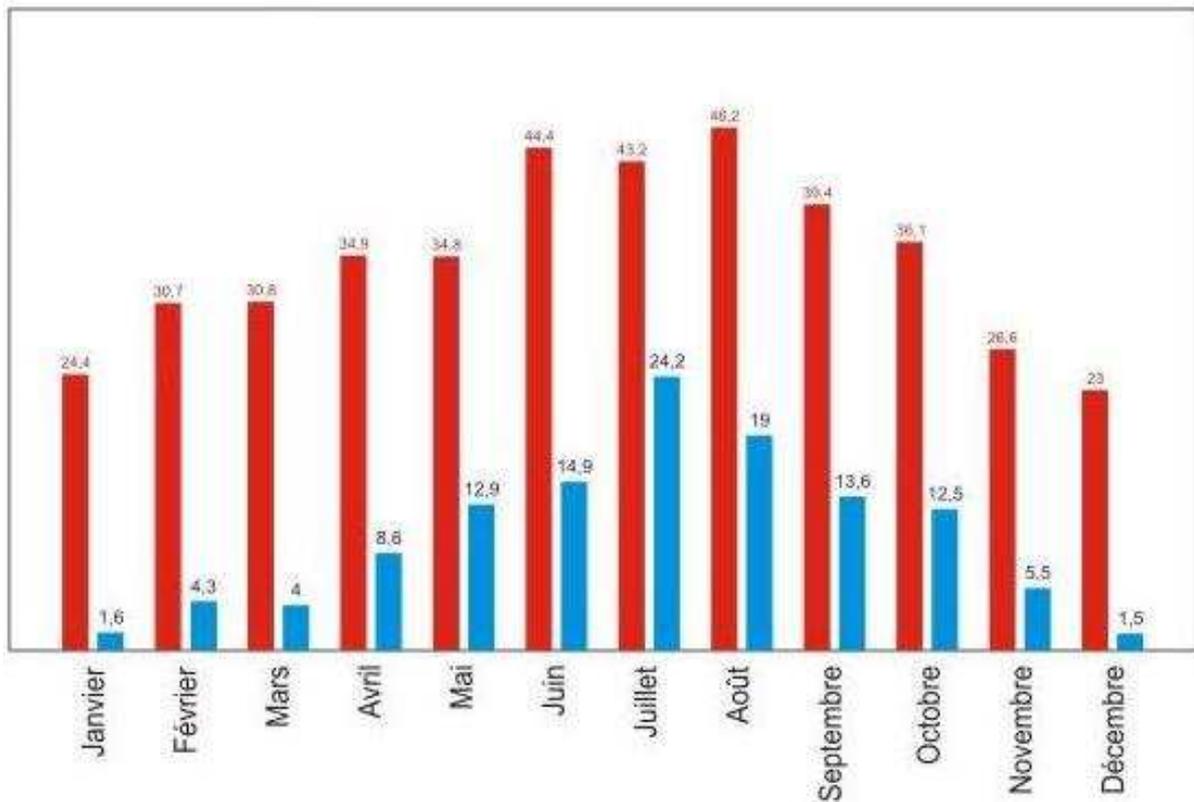
A Ghardaïa, Les précipitations sont très faibles et irrégulières, elles varient entre 13 et 68 mm sur une durée moyenne de quinze jours (15 jours/an). (Atlas de Ghardaïa, 2004)

A El-Ménéa (par exemple), elles varient entre 0,4 mm et 147,5 mm avec une moyenne annuelle de 41,5 mm ; le nombre de jours de pluie ne dépasse pas onze (11) jours (entre les mois de janvier et mars). Les pluies sont généralement torrentielles et durent peu de temps sauf les crues exceptionnels. (Atlas de Ghardaïa, 2004)

### **I.4. 2. Température**

Elle est très différente entre le jour et la nuit, l'été et l'hiver. La période chaude commence au mois de Mai jusqu'au mois de Septembre. La température moyenne enregistrée au mois de Juillet est de 36,3 °C, et la température maximale de cette période est 46 °C.

Pour la période hivernale, la température moyenne enregistrée au mois de Janvier ne dépasse pas 12,2 °C, et la température minimale de cette même période est 2,5 °C, et les différentes températures moyennes sont représentées dans la figure (1) :



**Figure (1) :** Température max et min. (Atlas de Ghardaïa, 2004)

### **I.4. 3. Les vents**

Pendant certaines périodes de l'année, en général en Mars et Avril, on assiste au Sahara à de véritables tempêtes de sable.

Les vents dominants d'été sont forts et chauds tandis que ceux d'hiver sont froids et humides.

Les vents de sable sont très fréquents dans la région d'El-Ménéa surtout pendant le printemps, les moi d'Avril, Mai et Juin.

Pour ce qui est du Sirocco, dans la zone de GHARDAIA on note une moyenne annuelle de 11 jours/an pendant la période qui va du mois de Mai à Septembre.

## I.5. Population

Nous pouvons donner l'évaluation de la population de l'année **1988** jusqu'à l'année **2004**, comme exemple pour connaître un peu ce mécanisme, dans la Figure (2).

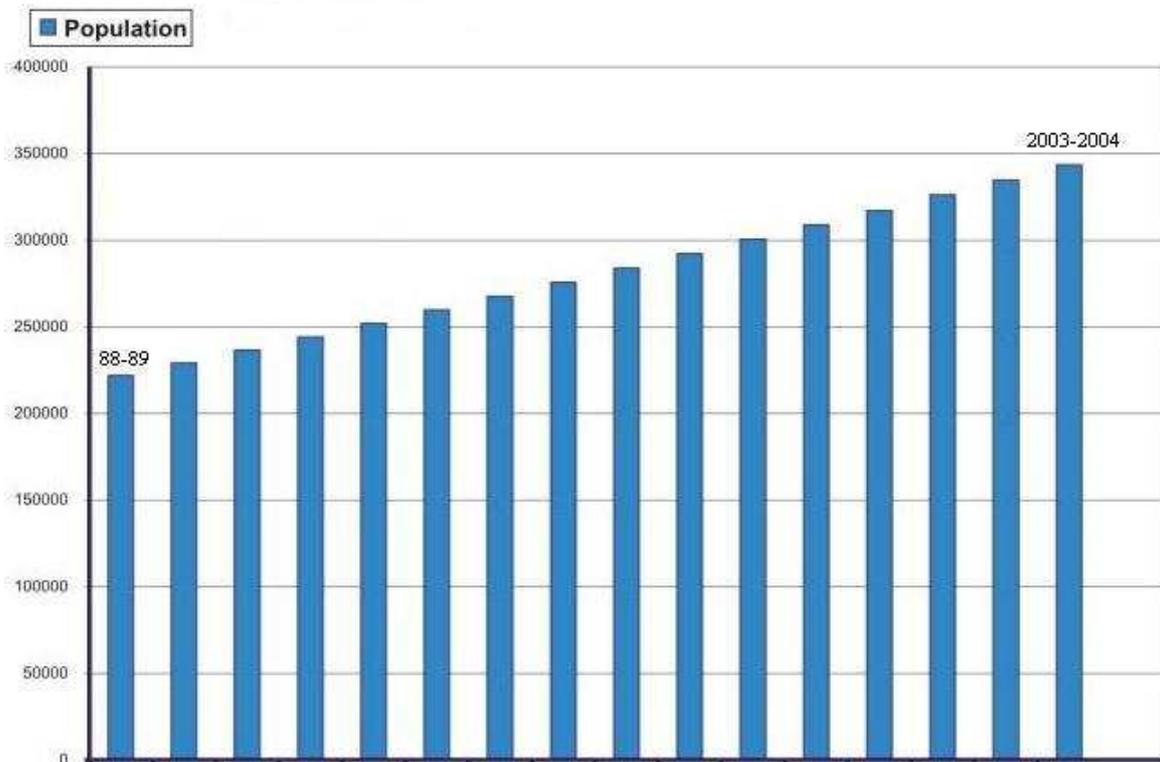


Figure (2) :L'évaluation de la population (Atlas de Ghardaïa, 2004)

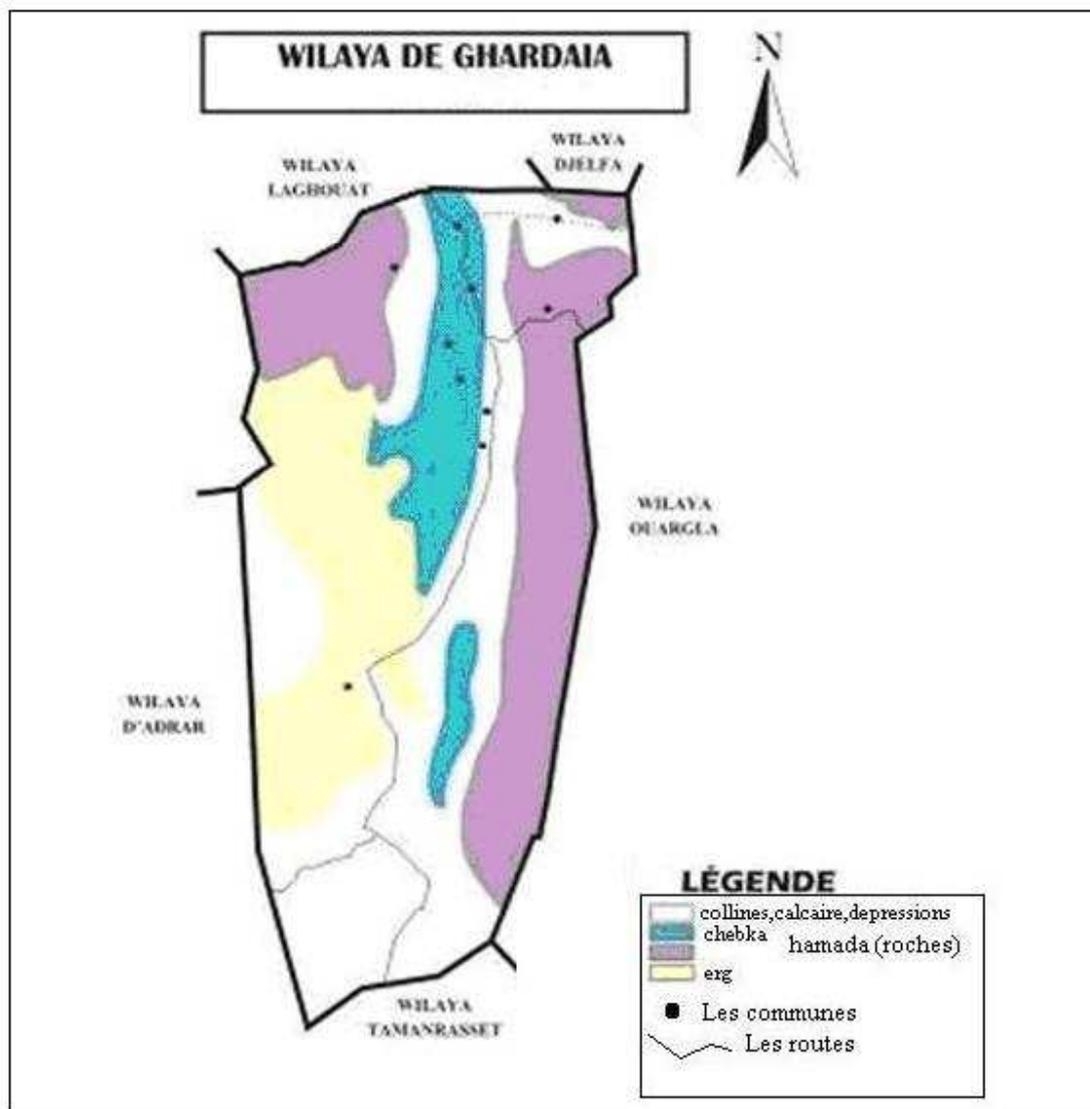
## I.6. Géologie de la région

La forme géologique général de la région se compose de:

- Les ergs (massifs de dunes).
- Les Regs, (plaines caillouteuses).

La majorité des sols sont pierreux

Nous pouvons distinguer les différents types du sol de cette région dans la figure (3).



**Figure (3):** La structure géologique de Ghardaïa (Atlas de Ghardaïa, 2004)

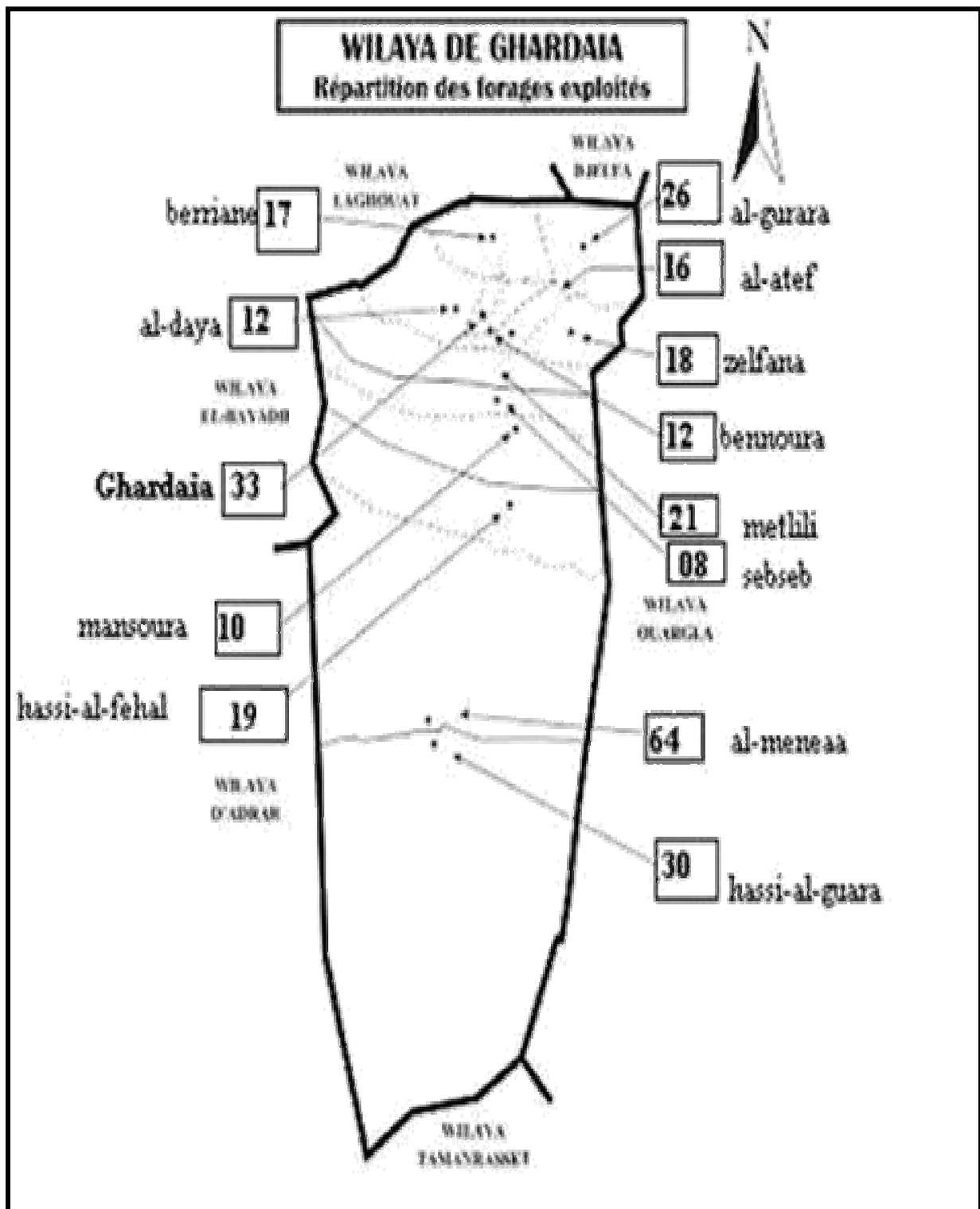
### **I.7. Les ressources en eau**

Dans le passé, le manque d'eau a encouragé les hommes du M'Zâb de créer le système le plus performant et sans doute le plus sophistiqué pour le captage de l'eau et pour la distribution équilibrée entre les exploitations. Canaux, rigoles, et l'infiltration pour les surplus qui réalimentent la nappe phréatique, puits, tunnels maçonnés (timchent), savantes combinaisons de trouvailles qui font qu'aucune goutte de pluie ne puisse être perdue. (PARMENTIER H.)

Dans la ville de Ghardaïa, et comme toutes les zones sahariennes, l'évaporation est plus importante que le niveau de précipitations.

La principale source de eau utilisable dans la zone de Ghardaïa, c'est l'eau fossile située dans la couche géologique du continental intercalaire (CI), qui s'appelle **la nappe albiene**.

Cette nappe (selon quelques estimations) contient une réserve importante des eaux non renouvelables situées en dessous du grand Erg Oriental, le nombre des forages albiens exploités dans chaque commune est indiqué dans la figure (4). (Atlas de Ghardaïa, 2004, D.H.W., 2004)



**Figure (4) :** Les Forages albiens exploitées dans la wilaya de Ghardaïa. (Atlas de Ghardaïa, 2004)

## **I.8. Les oasis de Ghardaïa**

Les oasis de Ghardaïa ont une caractéristique de plus par rapport aux autres oasis de la région, car elles sont le lieu d'habitation des mozabites dans la saison estivale. OÙ on trouve dans chaque habitat dans la région de Ghardaïa un jardin de palmiers et d'autres cultures comme le montre la photo (1).



**Photo (1) :** Vu extérieur des oasis de Ghardaïa.

## **I.9. Conclusion**

A partir de ces caractères spécifiques de la zone du M'Zab, nous avons déjà une idée sur les conditions climatiques et géographiques qui ont poussés les mozabites à améliorer leur niveau de vie, et créer plusieurs ouvrages hydrauliques pour leurs utilisations quotidiennes.

# Chapitre II

---

*Etude historique et descriptive du système de partage des eaux*

# Etude historique et descriptive du système de partage des eaux.

## II. 1. Introduction

Le système de partage et de captage des eaux de la ville de Ghardaïa est classé dans le patrimoine mondial depuis quelques années, il fonctionne jusqu'à nos jours grâce aux gens qui l'ont réalisés, et aussi aux travaux de maintenance régulières qui ont réussi à lui garder sa forme, et son bon rendement, tel que :

- Recouvrement les pavois des canaux avec du plâtre ;
- Vérification l'état des canaux en utilisant de temps en temps des pierres ;
- Nettoyage du system en enlevant les déchets avant l'arrivée des eaux d'irrigation
- Vérification l'état des puits selon la nécessité ;
- Le nettoyage permanent des orifices, pour éviter les dégâts causés par la remontée du niveau d'eau dans les canaux d'irrigation.

## II. 2. Historique du système ancestral

Pendant dix siècles, les mozabites ont réussi de créer un système de captage, de stockage et de répartition des eaux de pluie d'une façon très intelligente qui fonctionne à ce jour avec presque le même rendement.

Le précurseur de tout ce système est le cheikh "**Bahmed Abou Sahaba**", qui est mort en 1273 (672 H), c'est lui qui a établi toutes les bases de ce système, ensuite le système a été amélioré et renouvelé par le cheikh **Balhaj Daoudi** qui mort en 1299 (699 H). (BAHMED CHEIKH SALAH, 2000)

Enfin, en 1306 H les grandes inondations ont poussé le cheikh "**Hamou Oulhadj**" à revoir tout le système et à opté pour la construction du barrage "**Bouchene**" qui reçoit le surplus des eaux de l'oued "**Bouchemdjene**" et qui alimente aussi la nappe phréatique en temps de crue. (BAHMED CHEIKH SALAH, 2000)

### II. 3. Les ressources d'alimentation en eau du système

L'oasis de Ghardaïa est située dans le Nord-Ouest de la ville (Photo 2), elle est irriguée par trois (03) oueds principaux:

- **Oued M'Zab:** Qui est le plus important dans toute la vallée de M'Zab.
- **Oued Touzouz:** Est aussi important parce qu'il alimente toute la partie ouest de l'oasis de Ghardaïa.
- **Oued Aujrinet:** Qui arrose la partie sud ouest de la palmeraie de Ghardaïa.

Oued M'Zab est composée lui-même de deux oueds principaux :

- **Oued l'Aadhira:** Il se compose de plusieurs affluents, son cours est long de plus de 60 Km.
- **Oued Labiod:** Sa couleur est blanche à cause de la couche d'écume blanche qu'il apporte avec lui. Son cours est très long (plus de 400 Km), et sa source est près de la ville de Souguer (environs de Tiaret). (MOULIAS D., 1927)

Le système ancestral commence à presque 1.5 Km de l'oasis, avec tout un système de digues, déversoirs, tissembat... (BAHMED CHEIKH SALAH, 2000)



Photo (2) : Photo arien des oasis de Ghardaïa. (Google Earth, 2008)

## II. 4. Composition du système traditionnel d'irrigation

Il y a deux (02) types d'irrigation dans les oasis de Ghardaïa.

### II. 4. 1. En temps ordinaire

Le système d'irrigation est composé de:

## II. 4. 1. 1. Les puits

La première tâche faite par ces hommes est de creuser des puits sur toute la vallée de M'Zab avec des profondeurs variées entre 10m et 80m d'environ. (Photo 3)

Ce travail prenait des années pour être terminé, par fois deux (02) générations successives qui font ce même travail. (DELHEURE J., 1975)

On prend comme exemple, le nombre de puits creusés en 1900 est d'environ 3300 puits, de même qu'il y a 175.200 palmeraie dans les sept (07) ville du M'Zab.

Les moyens utilisés pour le puisage sont spéciaux à la région, parce que la profondeur a fait éliminer le principe appliqué dans la **Khottara** (principe de bascule).

Les mozabites utilise un mécanisme plus simple, et ce système se compose essentiellement de:

### ✦ L'outre de peau (Dalou)

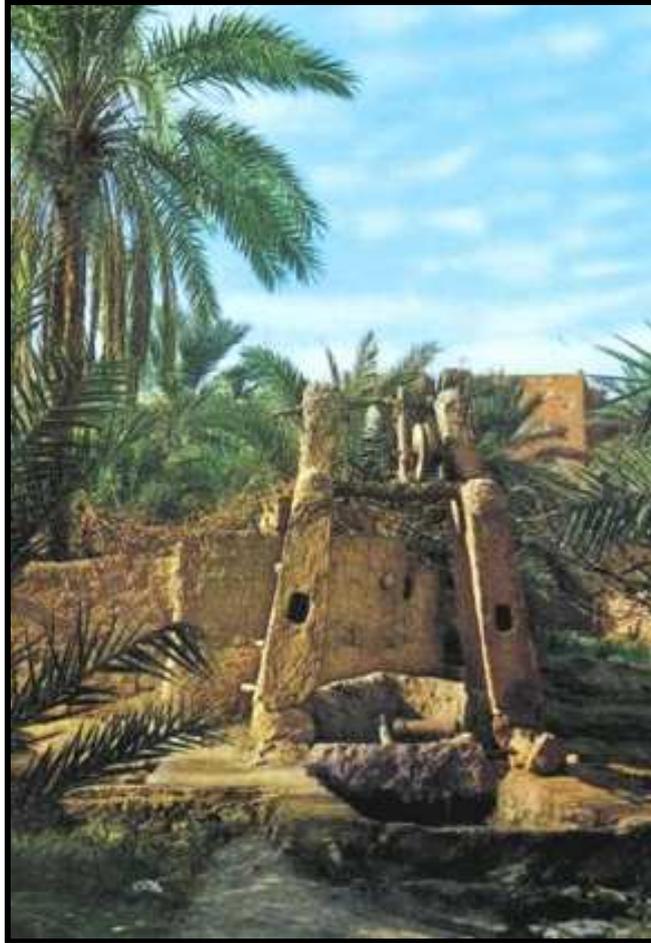
Servant à extraire l'eau, sa capacité est entre 40 et 50 litres, retenue par deux (02) cordes, la plus longue glisse sur une polie longitudinale.

Ce récipient contient une manche de cuir de 50 à 60 cm de longueur qui est manœuvrée par une corde secondaire.

On peut abaisser ou relever la manche pour ouvrir ou bien fermer l'ouverture (relever durant toute la montée pour éviter les pertes des eaux.

Lorsque l'outre atteint le niveau du sol, on peut abaisser la manche pour permettre à l'eau de s'écouler. (BAHMED CHEIKH SALAH, 2000)

On tire la corde en s'éloignant du puits pour faire remonter l'outre, le tirage se fait par un homme ou par un animal sur une piste, la longueur de cette piste est égale a la profondeur du puits qui s'appelle **Aghlad Noulam** (le chemin de chameau). (MAKNI H., DELHEURE J., 1948).



**Photo (3) :** Les puits mozabites traditionnels.

#### **II. 4. 1. 2. Les canaux**

Appelés aussi **Tardja**, ils sont rendus étanche avec un plâtre de fabrication locale (**Timchent**).

Ces canaux servent à transporter les eaux vers tous les points à irriguer. (Photo 4)



**Photo (4) :** Les chemins utilisés comme des canaux d'alimentation en eaux.

### **II. 4. 1. 3. La seguia**

Situé Juste après les puits, elle assure le transport des eaux jusqu'au jardin, elle ne prene aucune prise sur son parcours. (Photo 5)



**Photo (5) :** La seguia dans le jardin.

## **II. 4. 2. Le temps de crue**

Durant cette période de crue, les mozabites ont développés le système de répartition des ces eaux depuis huit (08) siècles.

Ce système joue plusieurs rôles :

1. La répartition des eaux de crue sur les jardins selon leur périmètre, nombre de palmier, la participation dans les travaux de maintenance. (la partie finale de chaque jardin est estimée par les gens de la mosquée).
2. Faire réduire la grande pression de ces eaux en diminuant la charge des ces eaux pour éviter les dégâts.
3. Remplir les barrages et les puits profonds qui alimentent la nappe phréatique, pour réutilisés ces eaux dans les périodes de sécheresse.
4. Récupérer le maximum de ces eaux pour couvrir le manque d'eau dans les jours ordinaires.

Le système de répartition et de captage des eaux de crue est compose de;

### **II. 4. 2. 1. Tissembades (fameux partage des eaux)**

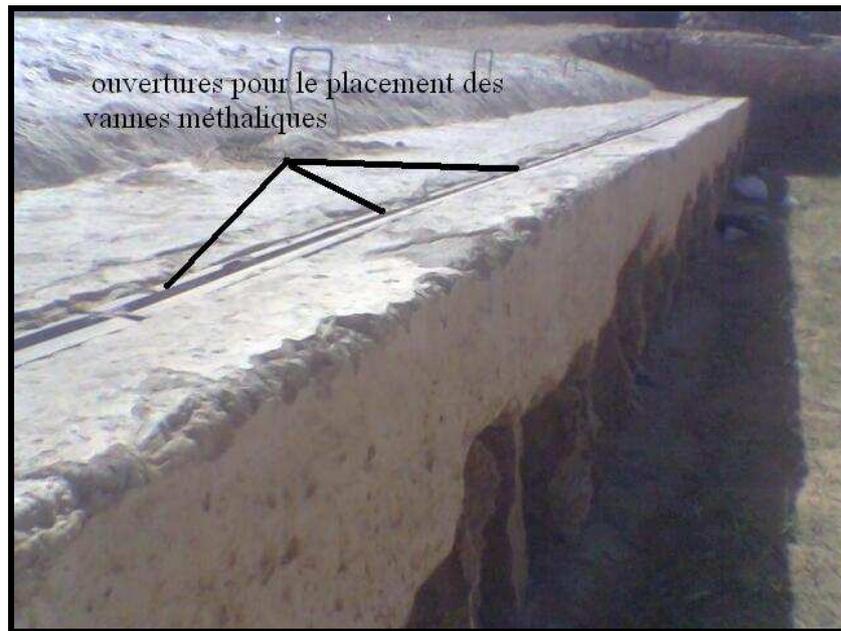
C'est une petite digue sous forme de bouche (Photo 6), elle se compose de plusieurs ouvertures verticales. Chaque ouverture à presque (85cm×40cm) de surface, contient une vanne plate métallique pour la fermeture ou l'ouverture (Photo 7 et 8), toutes les 3 ou 4 ouvertures forment une entrée d'un canal souterrain.



**Photo (6) :** Tissembades.



**Photo (7) :** Ouvertures verticales. (Tissembades)



**Photo (8) :** Ouvertures où on place les vannes métalliques.

#### **II. 4. 2. 2. Conduites souterraines**

Elles Sont des canaux souterrains qui commencent juste après les **Tissembades**, pour transporter les eaux de crue vers les oasis. (Photo 9)

Il y a plusieurs déviations dans ses chemins, elles sont reliées entre eux par plusieurs canaux pour briser le jet d'eau (éviter les inondations), et pour assurer la répartition dans tous ces canaux. (B.G.T., 2000)

Au long de ces canaux, il y a des puits verticaux d'un diamètre d'environ de 90cm (Photo 10), sa longueur se varier selon la distance entre les puits et les **Tissembades**, par exemple:

- Le premier puits situé à 10 m de **Tissembades**, sa profondeur est d'environ 1.5m,
- Le dernier puits avant l'oasis, sa profondeur dépasse 70m.

Le rôle principal de ces puits c'est l'aération, le contrôle et la maintenance de ces conduites souterraines.

Ces conduites souterraines atteignent l'oasis avec le même niveau que les petits chemins

qui sont utilisés par les habitants pour marcher et qui sont aussi des conduites à ciel ouverts qui distribues les eaux entre les jardins.



**Photo (9) :** La sortie d'une conduite souterraine au niveau de oasis.



**Photo (10) :** Les puits d'aération.

### **II. 4. 2. 3. Les conduites (chemins) entre les jardins**

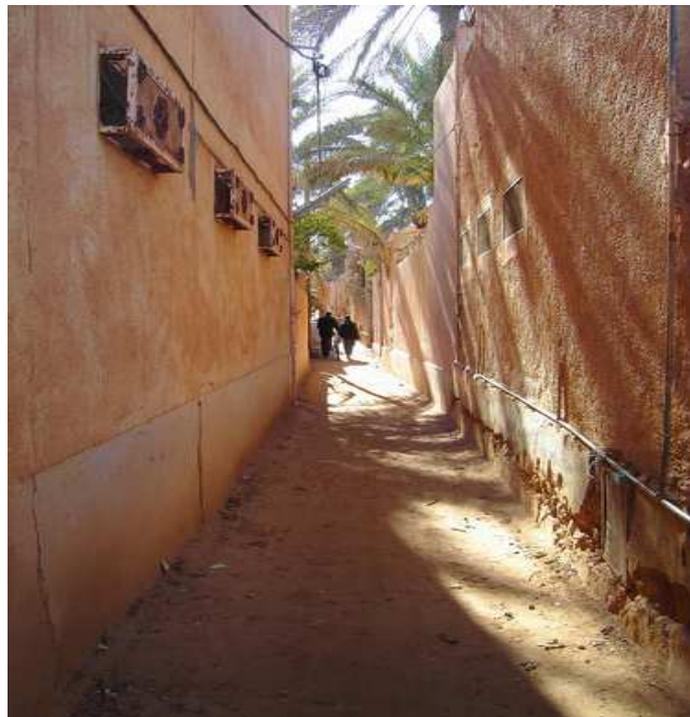
Se sont des chemins pour la circulation humaine dans le temps ordinaire. Au temps de crue, les canaux souterrains alimentent ces chemins avec de l'eau, qui s'infiltré dans les jardins à l'aide d'El-koua. (Photo 11,12 et 13)



**Photo (11) :** Les chemins d'alimentation entre jardins. (secondaire)



**Photo (12) :** Les chemins d'alimentation entre jardins. (principal)



**Photo (13) :** Le chemin d'alimentation.

#### **II. 4. 2. 4. El-khana (Koua)**

C'est une petite ouverture située au sol sur le mur du jardin (Photo 14), elle permet à l'eau de pénétrer là de dans, chaque jardin a une seule **Koua**, son épaisseur varie d'un jardin à un autre, et plusieurs jardins ont un seul puits qui alimente l'ensemble des ouvertures avec de l'eau.



**Photo (14) :** El-khana. (l'orifice qui alimente le jardin au temps de la crue)

#### **II. 4. 2. 5. Trop-pleins des jardins**

C'est des ouvertures dans les murs des jardins qui permettent d'évacuer le surplus d'eau dans les cas où il y a un grand excès d'eau comme présente la photo (15).

Ces ouvertures ont une côte supérieure ou égale la cote d'El-Koua.



**Photo (15) :** Trop-plein du jardin.

#### **II. 4. 2. 6. Les barrages de captage des eaux**

Il y a deux (02) grands barrages dans la ville de Ghardaïa;

##### **a) - Barrage Bouchene:**

Ce barrage reçoit le surplus des eaux de l'oued **Bouchemdjene**, et alimente aussi la nappe phréatique. (Photo 16)

Après les grandes crues ce barrage se transforme en un grand lac qui peut garder les eaux en surface pendant six (06) mois, malgré le grand taux d'évaporation.

Quand ce barrage est plein, les puits de cette région seront remplis pendant 3 à 4 ans après la crue. (BAHMED CHEIKH SALAH, 2000)



**Photo (16) :** L'entrée du barrage de Bouchene.

**b) - Barrage Touzouz:**

Les habitants de Ghardaïa construisirent le barrage de **Touzouz** après le barrage de **Bouchene**. Le barrage de **Touzouz** alimente toute la palmeraie du côté Ouest, et le remplissage de ce barrage alimente les puits de cette côté des oasis pendant plus de sept (07) ans. (Photo 17)



**Photo (17) :** Barrage de Touzouz.

## **II. 5- Conclusion**

D'après l'identification du système de partage et de captage des eaux, chaque ouvrage a son rôle, et on observe l'importance de la bonne gestion et la maintenance régulière qui protège ce système, et lui-même protège les différentes activités des oasis, malgré les inondations, et qui sont anachroniques.

# Chapitre III

---

*Etude fonctionnement du système et l'influence de la moto pompe*

## **Etude fonctionnement du système et l'influence de la moto pompe**

### **III.1. Introduction**

Les crues sahariennes ont un cycle de vie très court, qui forme des oueds avec une grande quantité d'eau qui peut provoquée des grands dégâts. Les mozabites ont réussi pendant des siècles de gérer cette quantité d'eau à l'aide de ce système traditionnel.

Dans ce chapitre, On va essayer de comprendre le fonctionnement de ce système, et définir le chemin de l'écoulement d'eau, et d'après les oasiens et les conditions du terrain, on va déterminer l'influence des pompes sur ce système.

### **III.2- Les écoulements dans le système ancestral**

#### **III.2. 1. L'arrive de l'eau**

Au moment de crue, le système de répartition, et de captage des eaux joue un rôle très important car il évacue une quantité d'eau importante, pour éviter les dégâts, et faire une répartition entre les différents jardins selon plusieurs paramètres qui permettent l'estimation de la quantité d'eau distribuer pour chaque jardin.

Le système prend sa première fonction lorsque **Oued l'Aadhira** coule.

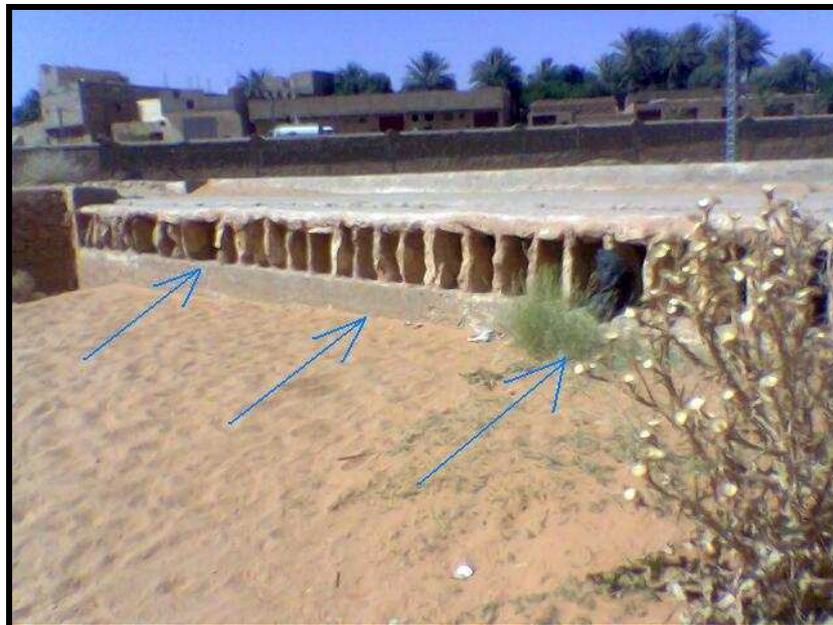
Ces eaux se dirigent vers **Oued Bouchemdjene**, qui arrive directement au système de partage des eaux. (Photo 18)

L'eau est distribuée à l'aide des six (06) conduites souterraines qui couvrent toute la partie Nord-Est de la palmeraie.

Les gens d'**El Halka** estime le temps essentiel pour irriguer tous les jardins, ensuite ils ferment les vannes métalliques de **Tissembad**. Ceci mène à l'augmentation du niveau d'eau afin qu'il se verse directement dans le barrage de **Bouchene** (Photo 19), à côté de **oued bouchemdjene**. (BAHMED CHEIKH SALAH, 2000, B.G.T., 2000)



**Photo (18) :** L'arrive de l'eau. (La seguia de bouchemdjene)



**Photo (19) :** Le débordement latéral de l'eau vers barrage Bouchene.

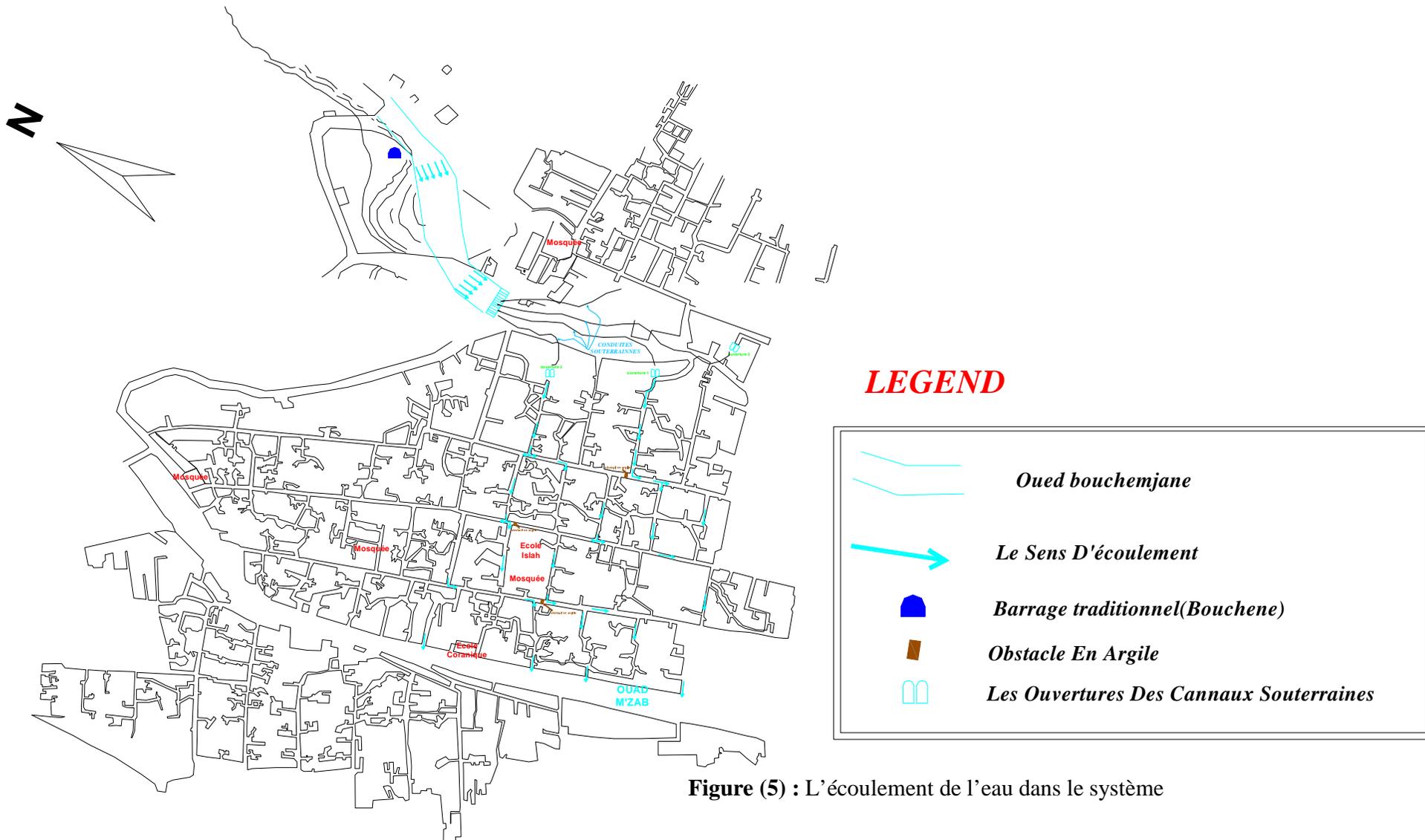
### III.2. 2. La distribution des eaux de crue dans la palmeraie

Le réseau d'irrigation réalisée par les mozabites dans les oasis de Ghardaïa est alimenté au temps de crue par les canaux souterrains qui arrivent directement à la côte de terrain naturel de la palmeraie. (Photo 20)



**Photo (20) :** L'arrive de l'eau dans l'oasis.

Les écoulements dans le système traditionnel, de oued Bouchemdjene jusqu'au canaux de la palmeraie, sont montrées dans la figure (5).



**Figure (5) : L'écoulement de l'eau dans le système**

Lorsque la palmeraie est bien irriguée, les barrages seront remplis, et le surplus de l'eau se dirige vers **Oued M'Zab**. (O.P.V.M ,2005)

### **III.3. Les relations traditionnelles utilisées par les créateurs du système**

Concernent les méthodes de dimensionnement et de réalisation du système qui restent inconnues, et les documents sont toujours très rares, mais il y a des lois entre les mozabites qui sont utilisées jusqu'à maintenant pour faciliter l'opération du partage des eaux entre eux.

On va montrer ces lois pour avoir une idée sur les méthodes de dimensionnement des ouvrages traditionnelles.

#### **III.3. 1. La réalisation des canaux de l'écoulement**

Pour obtenir la pente d'un canal, les mozabites utilisent un appareil appelé (**Balance en Roseaux**). C'est un piston droit d'une longueur de **10 m** parfois, on le pose par terre, et rempli avec de l'eau, l'inclinaison de l'eau représente la pente de la terre. Tous les fonds du canal sont réalisés avec cette méthode jusqu'au bout du canal. (O.P.V.M ,2005)

#### **3. 2. La quantité d'eau estimée pour chaque jardin (réalisation d'El-Koua)**

La quantité d'eau pour chaque jardin est estimée selon la participation de chaque jardinier dans les travaux de maintenance dans tout le système.

Chaque personne irrigue son jardin à partir de 1<sup>er</sup> jour de sa participation dans ces travaux jusqu'à la fin de la crue.

Selon la surface de chaque jardin, son nombre de palmiers, ou la participation dans les travaux, chaque jardin a un nombre précis des parts (أسهم), et chaque part est transformée à une unité de longueur, et la somme de ces unités donne la largeur finale d'El-Koua.

### ✦ Exemple

Si la largeur d'un canal entre les jardins est **2.4m**, et le nombre total de parts est 100  
Alors, la longueur d'un seule part est égale à :

$$240\text{cm}/100=2.4\text{cm}$$

Donc la largeur d'El-Koua est égale à :

$$2,4 \text{ cm} \times \text{le nombre de parts}$$

### Remarque

Les mozabites utilisent des lois entre eux pour la bonne gestion des eaux de crue comme suite :

- ❖ Il est possible de partager ces eaux entre les oasisiens par le nombre de palmier dans chaque jardin et ne prend pas en considération les autres types des arbres.
- ❖ Il y a un obstacle réaliser avec le sol appeler \*الثالوث\* qui a le rôle de séparateur entre deux jardins à des niveaux du terrain différents, pour garder au jardin supérieur sa quantité d'eau.
- ❖ Il est obligatoire pour chaque jardinier qui a un jardin d'un niveau supérieur au niveau du canal, de construire le mure du canal, et crée un mure sur le canal avec une distance d'envièrent de **1.5m**, cette zone entre les deux murs appelé **zone libre**, elle ne doit pas contenir de végétation pour éviter les fissures dans le mure, ou la destruction complet à cause de l'effet des racines.
- ❖ Si il y a deux zones de différents niveaux, alors la part de la première zone est presque **15cm**, et le surplus coule vert la deuxième (niveau inférieur), l'irrigation continuer jusqu'à la fin du crue. (O.P.V.M ,2005)

### **III.4. L'influence de la moto pompe sur le système traditionnel**

Le système a commencé à fonctionner depuis des centaines d'années, chaque ouvrage fonctionne selon sa première réalisation, si on parle des pompes dans ce système traditionnel, on parle de certaines modifications sur le point de vue de fonctionnement.

L'évolution de la vie de l'homme influe sur le système par l'utilisation des pompes, au lieu des animaux, qui sont posées sur tous les travaux d'irrigation.

Dans ce système, on trouve des pompes dans les puits traditionnelles (nappe phréatique), qui alimentent un ou plusieurs jardins (Photo 21 et 22), il y a aussi quelques forages albien, juste à côté des puits traditionnels qui sont en fonction la majorité du temps.

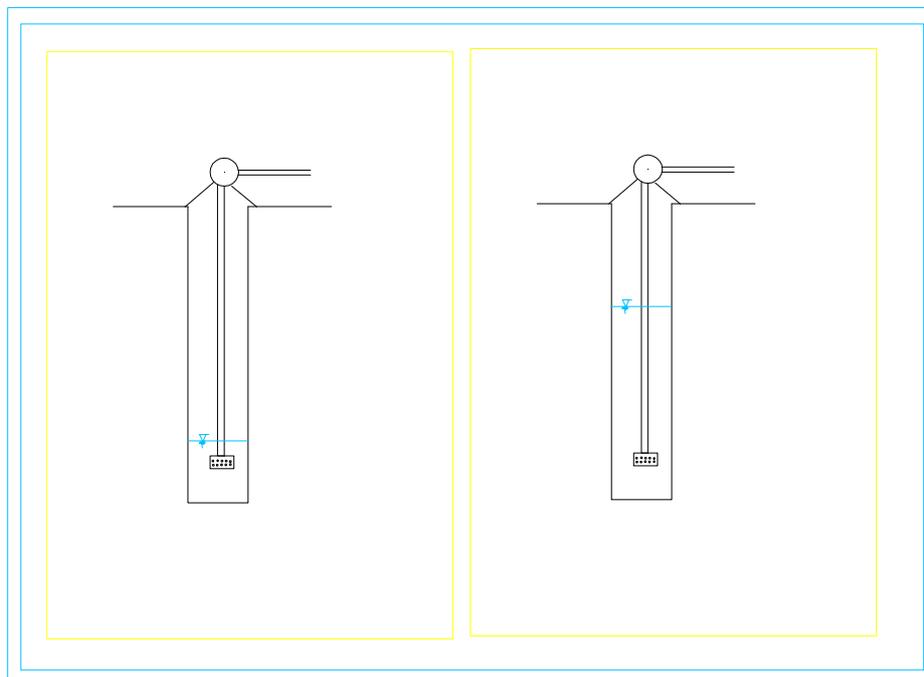


**Photo (21) :** La pompe dans le puits traditionnel et le moteur.



**Photo (22) :** Exploitations d'un puits traditionnel de **35 m** de profondeur.

En cours de la sortie sur le terrain, on a questionné plusieurs oasiens sur leurs points de vue de l'utilisation des pompes, et on a visité aussi le **cheikh Slimane Bekkai** qui a plus de **60ans** d'expérience, qui est aussi un des responsables sur les travaux de maintenances de ces ouvrages traditionnels, son point de vue sur l'utilisation des pompes, c'est que le débit pompé est plus grand que les besoins d'irrigations (risque de la remontée de la nappe phréatique avec le temps), et que les variations du niveau d'eau dans le puits entre les deux périodes sec et humide (figure 6), change la nature d'eau.



**Figure (6) :** Variations de niveau d'eau pour le temps sec et le temps humide.

Nous pouvons montré les avantages et les inconvénients de l'utilisation des pompes sur le système dans le tableau (2)

**Tableau (2) :** Les avantages et les Inconvénients d'utilisation du système de pompage.

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Irrigation facile, et immédiate	Remonté de la nappe à cause du surplus d'eau
Eau disponible tout le temps	Les travaux de maintenance et de réparation de la pompe sont coûteux
Le système n'a pas besoin des ouvriers	La dégradation et la perturbation du système traditionnel. (remplacement de <b>Dalou</b> )

### **III.5. Conclusion**

En fin et lorsque on consultons l'état de fonctionnement de ce système, on remarquons que cette fonctionnement est bonne, on prend en considération le temps important qui passe, mais l'utilisation des pompe dans les oasis de Ghardaïa, et même dans la ville (forages albiennes) cause un problème de la remontée de la nappe avec le temps, et cette dernière cause la dégradation du système et le perturbation dans leur fonction.

# Chapitre IV

---

Vérification technique et calculs hydrauliques

# Vérification technique et calculs hydrauliques

## IV.1. Introduction

Lorsque les eaux de crue arrivent sur le système, chaque jardinier attend son arrivées pour qu'il irrigue son jardin, selon la surface de ce dernier, le nombre de palmier, ou bien la participation dans les travaux de réparation et de maintenance des ouvrages, dont les épaisseurs des ouvertures se varient d'un jardin a un autre, qui mène à une variation de la quantité d'eau distribuer.

Nous allons essayer dans ce chapitre de trouver une méthode technique pour vérifier d'une façon ou une autre quel est le degré de crédibilité de la méthode de partage des eaux entre les différents jardins, dont les créateurs ont utilisés sur ce système. On va appliqué des équations hydrauliques connus.

## IV.2. La nature d'écoulement

Nous allons étudier l'écoulement dans les canaux entre les jardins, pour essayer de vérifier l'opération de partage des eaux, si cette opération était faite avec des normes spéciales comme les Mozabites racontent, ou bien elle est faite d'une façon arbitraire.

L'eau au niveau de ces canaux s'écoule en contact avec l'atmosphère, donc c'est un écoulement à ciel ouvert, pour utiliser les équations de cette nature d'écoulement, on suppose que notre régime est permanent et uniforme, et aussi la section d'écoulement est une section rectangulaire.

## IV.3. Calcul des paramètres d'écoulement (débit Q et vitesse V)

### **IV.3.1. La méthode de calcul**

Nous allons On va choisis 03 ou 04 oasis qui sont alimentés par un sel canal (figure 7), on calculera les paramètres d'écoulement pour trois (03) niveaux d'eau différentes ; avec la méthode de vérification, on déterminera la quantité d'eau calculer pour chaque oasis, et on utilisera les méthodes traditionnelles pour déterminé la part d'eau pour chaque jardin.

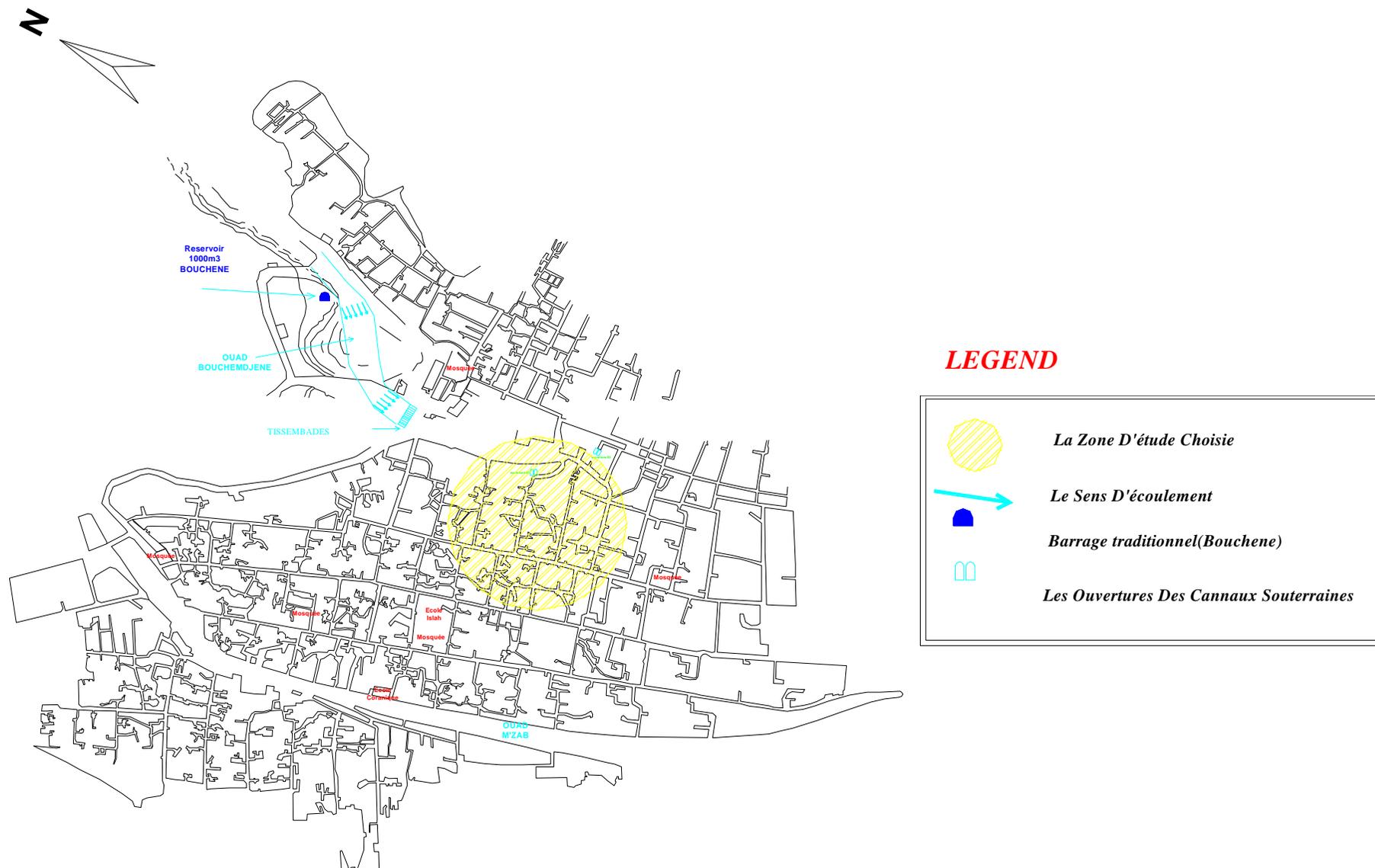
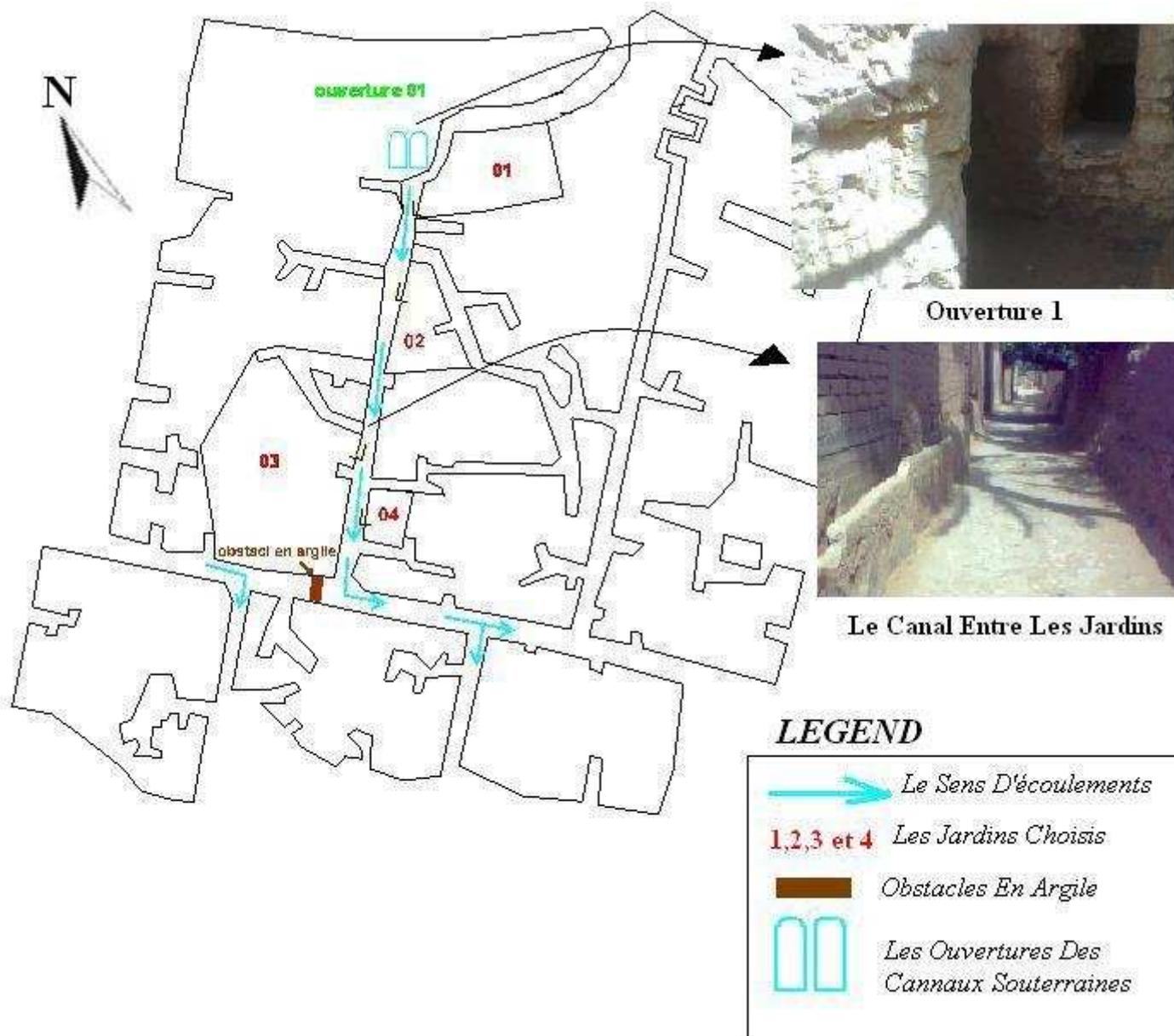


Figure (7) : La zone d'étude choisie

Pour le calcul, on prend un canal entre les jardins avec les caractéristiques suivantes tel que montre la figure (8).



**Figure (8) :** Le lieu, et les jardins choisis pour calculer les paramètres hydrauliques.

- ◆ La largeur moyenne du canal       $b = 2.4\text{m}$  ;
- ◆ La pente moyenne du canal       $i = 0.015\text{m/m}$  ;
- ◆ Le niveau du trop-plein du canal    $l = 0.6\text{m}$ .
- ◆ Largeur d'El-Koua 01

A la fin on va calculer le pourcentage de volume d'eau de chaque jardin par rapport aux autres et pour faire une comparaison entre les deux méthodes, afin de vérifier le degré de précision dans ce système de partage des eaux.

#### **IV.3.2. La méthode ordinaire (vérification)**

Pour déterminer la vitesse d'écoulement **V** et le débit **Q** dans le canal entre les jardins, on utilise la formule de **CHEZY**. (CAUVIN A., 1964)

$$U = C\sqrt{RI}$$

Avec :

**U** : La vitesse d'écoulement moyenne dans le canal (m/s).

**C** : Un coefficient qui dépend de la nature des parois.

**R** : Le rayon hydraulique (m).

**I** : La pente moyenne du canal (m/m linéaire).

Pour déterminer le coefficient (**C**) on utilise la formule suivante : (CAUVIN A., 1964)

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

Avec :

**R** : Le rayon hydraulique (m).

$\gamma$  : Coefficient, sa valeur détermine le classement des parois.

Les différents valeurs de  $\gamma$  sont dans le tableau (3) :

**Tableau (3) :** Les différents valeurs de  $\gamma$ , selon la nature des parois. (CAUVIN A., 1964)

catégories	$\gamma$	Nature des parois
N° 01	0.06	Parois très unies : ciment lissé, bois raboté etc.
N° 02	0.16	Parois unies : planches, briques, pierres de taille, etc.
N° 03	0.46	Parois maçonnerie de moellons.
N° 04	0.85	Parois de nature mixte : sections en terre très régulière. Rigoles revêtues de pierres etc.
N° 05	1.30	Canaux en terre dans des conditions ordinaires.
N° 06	1.75	Canaux en terre, présentant une résistance exceptionnelle : fonds de galets parois herbées, etc.

Dans ce cas, on prend  $\gamma$  égale la valeur de **1.3**

On a les deux équations :

$$\begin{cases} U = C\sqrt{RI} \\ Q = \omega U \end{cases}$$

Avec :

$\omega$  : La section moyée (m<sup>2</sup>)

Le tableau suivant donne la valeur de  $\frac{1}{C}$  en fonction de la catégorie des parois et le rayon hydraulique moyen.

**Tableau (4) : Table de Bazin. (CAUVIN A., 1964)**

Rayons moyens R	Valeurs de : $\frac{\sqrt{RI}}{U}$						Valeurs de : $\frac{U}{\sqrt{RI}}$					
	Gatég N°1	Gatég N°2	Gatég N° 3	Gatég N°3	Gatég N° 4	Gatég N° 5	Gatég N°1	Gatég N° 2	Gatég N°3	Gatég N° 3	Gatég N°4	Gatég N° 5
0.05	0.0146	0.01970	0.0352	0.05520	0.0734	0.10150	68.50	50.7	28.4	18.1	12.8	9.9
0.06	0.0143	0.01900	0.0331	0.05140	0.0725	0.03370	69.80	52.6	30.2	19.4	13.8	10.7
0.07	0.0141	0.01850	0.0315	0.04840	0.0680	0.08760	70.90	54.2	31.7	20.6	14.7	11.4
0.08	0.0139	0.01800	0.0302	0.04610	0.0644	0.08270	71.80	55.6	33.1	21.7	15.5	12.1
0.09	0.0137	0.01760	0.0291	0.04410	0.0613	0.07860	72.50	56.7	34.4	22.7	16.3	12.7
0.10	0.0136	0.01730	0.0282	0.04270	0.0588	0.07510	73.10	59.7	35.5	23.6	17	13.3
0.11	0.0135	0.01700	0.0274	0.04100	0.0566	0.07220	73.60	58.7	36.5	24.4	17.7	13.9
0.12	0.0134	0.01680	0.0268	0.03970	0.0547	0.06960	74.10	59.5	37.4	25.2	18.3	14.4
0.13	0.0133	0.01660	0.0262	0.03860	0.0530	0.06730	74.60	60.2	38.2	25.9	18.9	14.9
0.14	0.0132	0.01640	0.0256	0.03760	0.0515	0.06530	75.00	60.9	39.0	26.7	19.4	15.3
0.15	0.0132	0.01630	0.0256	0.03670	0.0501	0.06350	75.30	61.7	39.7	27.2	18.9	15.8
0.16	0.0132	0.01610	0.0247	0.03590	0.0489	0.06180	75.60	62.1	40.5	27.8	20.4	16.2
0.17	0.0131	0.01600	0.0243	0.03520	0.0478	0.06030	75.90	67.7	41.2	28.4	20.9	16.6
0.18	0.0131	0.01580	0.0240	0.03450	0.0467	0.05890	76.20	63.2	41.8	29.0	21.4	17.0
0.19	0.0130	0.01570	0.0236	0.03390	0.0467	0.05770	76.50	63.6	42.4	29.5	21.8	17.3
0.20	0.0130	0.01560	0.0233	0.03340	0.0449	0.05650	76.70	64.1	42.9	30.0	22.3	17.7
0.21	0.0129	0.01550	0.0230	0.03280	0.0441	0.05540	76.90	64.5	43.5	30.5	22.7	18.1
0.22	0.0129	0.01540	0.0228	0.03230	0.0434	0.05440	77.10	64.9	44.0	30.9	23.1	18.4
0.23	0.0129	0.01530	0.0225	0.03190	0.0427	0.05350	77.30	65.2	44.4	31.4	23.4	18.7
0.24	0.0128	0.01530	0.0223	0.03150	0.0420	0.05260	77.50	65.5	44.8	31.8	23.8	19.0
0.25	0.0128	0.01520	0.0221	0.03100	0.0414	0.05180	77.60	65.9	45.3	32.2	24.2	19.3
0.26	0.0128	0.01510	0.0219	0.03070	0.0406	0.05100	77.80	66.2	45.7	32.6	24.5	19.6
0.27	0.0128	0.01500	0.0217	0.03030	0.0403	0.05020	78.00	66.5	45.1	33.0	24.8	19.9
0.28	0.0128	0.01500	0.0215	0.03000	0.0397	0.04950	18.10	66.8	46.5	33.4	25.2	20.2
0.29	0.0128	0.01490	0.0213	0.02970	0.0393	0.04890	78.30	67.0	46.2	33.7	25.5	20.5
0.30	0.0128	0.01490	0.0211	0.02930	0.0388	0.04820	78.40	67.3	47.3	34.1	25.8	20.7
0.31	0.0128	0.01480	0.0210	0.02910	0.0383	0.04760	78.60	67.6	47.6	34.3	26.1	21.0
0.32	0.0127	0.01480	0.0209	0.02880	0.0379	0.04710	78.60	67.8	47.9	34.7	26.4	21.1
0.33	0.0127	0.01470	0.0208	0.02850	0.0375	0.04650	78.80	68.0	48.2	35.1	26.5	21.5
0.34	0.0127	0.01470	0.0206	0.02830	0.0371	0.04600	78.90	68.2	48.5	35.4	26.9	21.7
0.35	0.0127	0.01460	0.0204	0.02800	0.0368	0.04550	79.00	58.4	48.8	35.7	27.2	22.0
0.36	0.0127	0.01460	0.0203	0.02780	0.0364	0.04500	79.10	68.6	49.2	36.0	27.5	22.1
0.37	0.0126	0.01450	0.0202	0.02760	0.3610	0.04460	79.20	68.8	49.5	36.3	27.7	22.4
0.38	0.0126	0.01450	0.0201	0.02740	0.0357	0.04110	79.20	69.0	49.8	38.6	28.0	22.7
0.39	0.0126	0.01440	0.0200	0.02720	0.0354	0.04370	79.30	69.2	50.1	36.8	28.1	22.9
0.40	0.0126	0.01440	0.0199	0.02700	0.0351	0.04330	79.40	69.4	50.4	37.1	28.5	23.1
0.41	0.0126	0.01440	0.0199	0.02680	0.0349	0.02900	79.50	69.6	50.6	37.4	28.7	23.3
0.42	0.0126	0.01430	0.0197	0.02660	0.0346	79.50000	69.70	69.9	50.9	37.6	28.9	23.5
0.43	0.0126	0.01430	0.0196	0.02640	0.0343	0.04220	79.70	69.9	51.1	37.9	29.7	23.7
0.44	0.0125	0.01430	0.0195	0.02630	0.0340	0.04180	79.70	70.1	51.4	38.1	29.4	23.9
0.45	0.0125	0.01430	0.0194	0.06210	0.0338	0.04150	79.80	70.2	51.6	38.4	29.6	24.7
0.46	0.0125	0.01430	0.0193	0.02590	0.0335	0.04120	79.90	70.4	51.8	38.6	29.8	24.9
0.47	0.0125	0.01430	0.0192	0.02580	0.0333	0.04090	80.00	70.5	52.0	38.8	30	24.5
0.48	0.0125	0.01420	0.0191	0.02560	0.0331	0.04050	80.00	70.6	52.3	39.1	30.2	24.7

0.49	0.0125	0.01410	0.0191	0.02560	0.0329	0.04030	80.10	70.8	52.5	39.3	30.4	24.8
0.50	0.0125	0.01410	0.0190	0.02530	0.0326	0.04000	80.20	70.9	52.7	39.5	30.6	25.0
0.55	0.0124	0.01400	0.0186	0.02470	0.0170	0.03850	80.40	71.5	53.7	40.4	31.5	25.9
0.60	0.0124	0.01390	0.0183	0.02410	0.0308	0.03750	80.70	72.1	54.6	14.4	32.5	26.7
0.65	0.0124	0.01380	0.0181	0.02360	0.0300	0.03650	80.90	72.6	55.1	42.3	33.3	27.4

On peut déterminer la valeur de  $U$  à l'aide de l'abaque suivant :

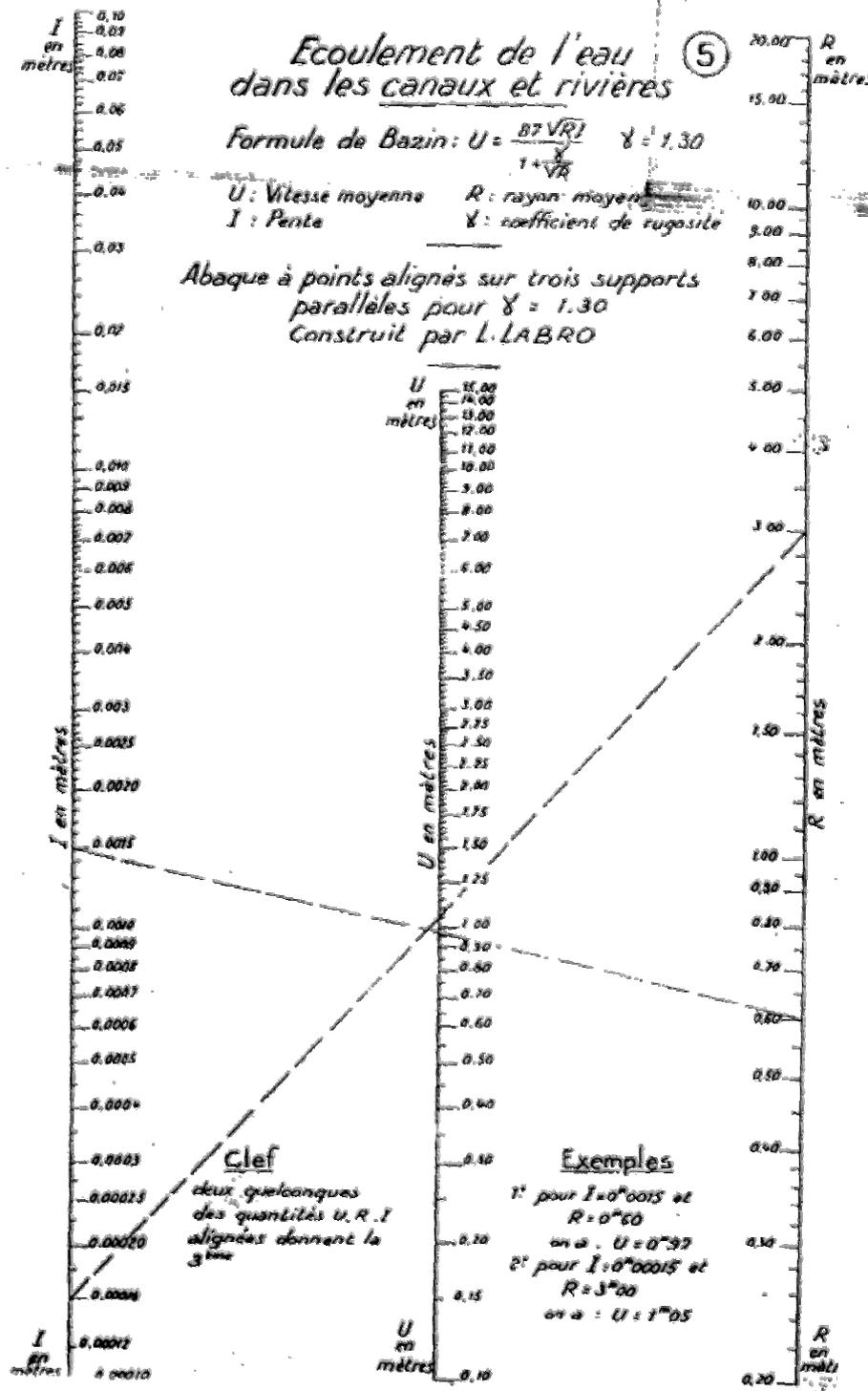


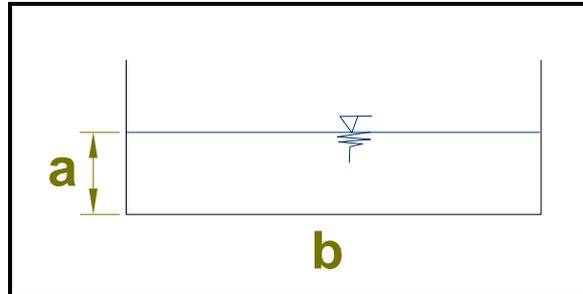
Figure (9) : Abaque du Bazin. (CAUVIN A., 1964)

On essaiera de calculer les paramètres de débit « Q » et la vitesse d'écoulement « U » pour éviter l'erreur de lecteur dans les abaques.

On déterminera le rayon hydraulique pour les trois (03) niveaux d'eau choisis. (CARLIER M., 1980)

$$\text{Le rayon hydraulique} = \frac{\text{La surface moyée}}{\text{Le périmètre moyée}}$$

Pour notre cas la section d'écoulement est une section rectangulaire, comme suite



**Figure (10) :** la section rectangulaire du canal

Alors :

$$R_1 = \frac{a_1 b}{2a_1 + b}$$

✦ **Niveau 01**

On a  $a_1 = 0.6 \text{ m}$  ,  $b = 2.4 \text{ m}$

$$R_1 = \frac{a_1 b}{2a_1 + b} = \frac{2.4 \times 0.6}{(2 \times 0.6) + 2.4}$$

$$R_1 = \frac{1.44}{3.6} = 0.4$$

$$R_1 = 0.4 \text{ m}$$

▪ **Coefficient de CHEZY**

$$C_1 = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_1}}}$$

$$\gamma = 1.3$$

$$C_1 = \frac{87}{1 + \frac{1.3}{\sqrt{0.4}}}$$

$$C_1 = \frac{87}{3.05548}$$

$$C_1 = 28.47$$

✦ Niveau 02

On a  $a_2 = 0.4 \text{ m}$  ,  $b = 2.4 \text{ m}$

$$R_2 = \frac{a_2 b}{2a_2 + b} = \frac{2.4 \times 0.4}{(2 \times 0.4) + 2.4}$$

$$R_2 = \frac{0.96}{3.2} = 0.3$$

$$R_2 = 0.3 \text{ m}$$

▪ Coefficient de CHEZY

$$C_2 = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_2}}}$$

$$\gamma = 1.3$$

$$C_2 = \frac{87}{1 + \frac{1.3}{\sqrt{0.3}}}$$

$$C_2 = \frac{87}{3.37346}$$

$$C_2 = 25.78$$

### ✦ Niveau 03

On a  $a_3 = 0.2 \text{ m}$  ,  $b = 2.4 \text{ m}$

$$R_3 = \frac{a_3 b}{2a_3 + b} = \frac{2.4 \times 0.2}{(2 \times 0.2) + 2.4}$$

$$R_3 = \frac{0.48}{2.8} = 0.17$$

$$R_3 = 0.17 \text{ m}$$

#### ▪ Coefficient de CHEZY

$$C_3 = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_3}}}$$

$$\gamma = 1.3$$

$$C_3 = \frac{87}{1 + \frac{1.3}{\sqrt{0.17}}}$$

$$C_3 = \frac{87}{4.14006}$$

$$C_3 = 21.01$$

**Les vitesses (U) et les débits (Q) dans le canal entre les jardins**

### ✦ Niveau 01

$$U_1 = C_1 \times \sqrt{R_1 I}$$

I : moyen mesurée = 0.015 m/m

$$U_1 = 28.47 \sqrt{0.4 \times 0.015} = 2.20 \text{ m/s}$$

$$Q_1 = \omega_1 \cdot U_1$$

$$\omega_1 = 0.6 \times 2.4 = 1.44 m^2$$

$$Q_1 = 1.44 \times 2.2 = 3.168 m^3 / s$$

✦ Niveau 02

$$U_2 = C_2 \times \sqrt{R_2 I}$$

I : moyen mesurée = 0.015 m/m

$$U_2 = 25.78 \sqrt{0.3 \times 0.015} = 1.73 m / s$$

$$Q_2 = \omega_2 \cdot U_2$$

$$\omega_2 = 0.4 \times 2.4 = 0.96 m^2$$

$$Q_2 = 0.96 \times 1.73 = 1.661 m^3 / s$$

✦ Niveau 03

$$U_3 = C_3 \times \sqrt{R_3 I}$$

I : moyen mesurée = 0.015 m/m

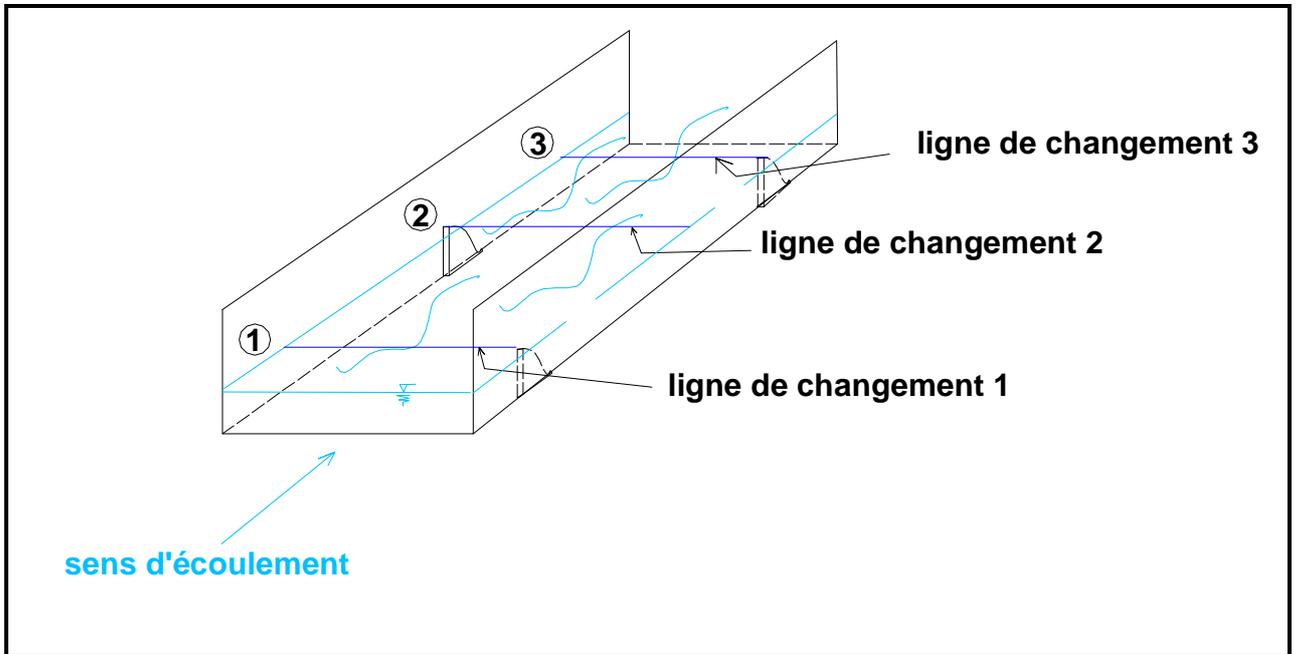
$$U_3 = 21.01 \sqrt{0.1714 \times 0.015} = 1.065 m / s$$

$$Q_3 = \omega_3 \cdot U_3$$

$$\omega_3 = 0.2 \times 2.4 = 0.48 m^2$$

$$Q_3 = 0.48 \times 1.065 = 0.511 m^3 / s$$

Au long du canal dans les trois (03) jardins choisis, derrière chaque ouverture on observe un changement dans les caractéristiques d'écoulement comme le montre le schéma suivant :



**Figure (11) :** Les lignes des changements.

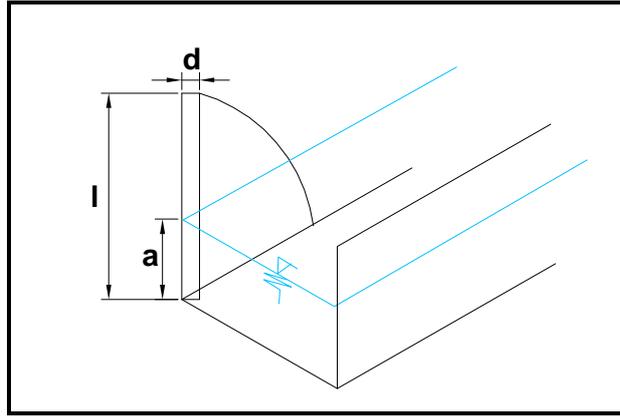
L'étude de l'écoulement au niveau de chaque ligne permet de calculer le débit d'eau infiltré dans chaque ouverture (Koua).

✦ **Niveau 01 :**

Ligne changement « 01 » « Koua 01 »

Au niveau de la première ligne, on a les paramètres suivants : (Figure 11)

- Niveau d'eau : 60 cm.
- Largeur de EL Koua : 3 cm
- Coefficient de débit de l'ouverture: 0.8



**Figure (12)** Les paramètres de El-Koua.

Pour déterminer le 1<sup>er</sup> débit pénétré dans le 1<sup>er</sup> jardin, on a la relation suivante :

$$q_{jardin1} = a.d.V.C \quad (m^3 / s)$$

Avec :

**a** : L'hauteur d'eau au niveau d'El-Koua ( $a \leq l$ )

**d** : La largeur de l'ouverture en (m)

**V** : Vitesse d'écoulement au niveau de l'ouverture en (m/s)

**1. C** : Coefficient de débit de l'ouverture ( $C \approx 0.8$ ) (L'encastreur A..)

$$q_{jardin1} = 0.6 \times 0.03 \times 2.2 \times 0.8$$

$$q_{jardin1} = 0.0316 \quad (m^3 / s) = 31.6 \quad (l / s)$$

Après le premier orifice (Koua1)

$$Q_2 = Q_1 - q_{jardin1}$$

$$Q_2 = 3.168 \quad m^3 / s - 0.0316 \quad m^3 / s$$

$$Q_2 = 3.1364 m^3 / s$$

$$V_2 = \frac{Q_2}{\omega} = \frac{3.1364}{1.44} = 2.178 \text{ m/s}$$

**V<sub>2</sub>** : La vitesse d'écoulement dans le canal entre les jardins

$$q_{\text{jardin2}} = 0.6 \times 0.035 \times 2.178 \times 0.8$$

$$q_{\text{jardin2}} = 0.03656 \quad \text{m}^3 / \text{S}$$

$$Q_3 = Q_2 - q_{\text{jardin2}}$$

$$Q_3 = 3.1364 - 0.03656$$

$$V_3 = \frac{Q_3}{\omega} = \frac{3.09984}{1.44} = 2.15266 \text{ m/s}$$

**V<sub>3</sub>** : La vitesse d'écoulement Après le 2<sup>ème</sup> orifice (Koua 2)

$$q_{\text{jardin3}} = 0.6 \times 0.08 \times 2.15266 \times 0.8$$

$$q_{\text{jardin3}} = 0.08266 \quad \text{m}^3 / \text{S}$$

$$Q_4 = Q_3 - q_{\text{jardin3}} = 3.09984 - 0.08266$$

$$Q_4 = 3.01718 \quad \text{m}^3 / \text{S}$$

$$V_4 = \frac{Q_4}{\omega} = \frac{3.01718}{1.44} \text{ m/s}$$

**V<sub>4</sub>** : La vitesse d'écoulement Après le 3<sup>ème</sup> orifice (Koua 3)

Avant la 4<sup>ème</sup> Koua (orifice), il y a un autre canal qui est alimenté par le canal principal, et pour déterminer le débit infiltré dans le 4<sup>ème</sup> jardin il faut calculer le débit d'eau dans le 2<sup>ème</sup> canal qui a les caractéristiques suivantes :

- La largeur moyenne  $b=1.6\text{m}$ .
- La pente moyenne mesurée  $I = 0.02 \text{ m/m}$ .

- Le coefficient  $\gamma$  est le même dans tous les canaux entre les jardins, parce que ils ont la même matière de construction ( $\gamma = 1.3$ .)

Pour le canal transversal :  $a = 0.6\text{m}$

$$R_1 = \frac{a_1 b}{2a_1 + b} = \frac{0.6 \times 1.6}{(2 \times 0.6) + 1.6} = \frac{0.96}{2.8} = 0.34\text{m}$$

$$C_1 = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_1}}} = \frac{87}{1 + \frac{1.3}{\sqrt{0.34}}} = 26.94$$

$$U_1 = C_1 \sqrt{R_1 I} = 26.94 \sqrt{0.34 \times 0.02} = 2.22\text{m/s}$$

$$Q_{1\text{canal}} = \omega U_1 = (1.6 \times 0.6) \times 2.22 = 2.1312\text{m}^3/\text{s}$$

Pour l'orifice 4 (Koua 4)

$$Q_{1\text{canal}} = 2.1312$$

$$Q_4 = Q_4 - Q_{1\text{canal}}$$

$$= 3.01718 - 2.1312 = 0.8859\text{m}^3/\text{s}$$

$$V_4 = \frac{Q_4}{\omega} = \frac{0.8859}{1.44} = 0.6152\text{m}^2/\text{s}$$

$$q_{\text{jardin}_4} = 0.6 \times 0.05 \times 0.615 \times 0.8 = 0.0147\text{m}^3/\text{s}$$

✦ **Niveau 02 :**

Ligne de changement « 01 » « Koua 01 »

Au niveau de cette ligne on a les paramètres suivants :

- Niveau d'eau : 40 cm.

- Largeur de El-Koua : 3 cm
- Coefficient de perte de charge singulière : 0.8

Pour déterminer le 1<sup>ier</sup> débit infiltré dans le 1<sup>ier</sup> jardin, on a la relation suivante

$$q_{jardin1} = a.d.V.C \quad (m^3 / s)$$

Avec :

**a** : L'hauteur d'eau au niveau d'El-Koua ( $a \leq l$ )

**d** : La largeur de l'ouverture en (m)

**V** : Vitesse d'écoulement au niveau de l'ouverture en (m/s)

**C** : Coefficient de singulière de l'ouverture ( $C \approx 0.8$ )

$$q_{jardin1} = 0.4 \times 0.03 \times 1.73 \times 0.8$$

$$q_{jardin1} = 0.016608 \quad (m^3 / s) = 16.608 \quad (l / s)$$

Après le premier orifice (Koua1)

$$Q_2 = Q_1 - q_{jardin1}$$

$$Q_2 = 1.661 \quad m^3 / s - 0.016608 \quad m^3 / s$$

$$Q_2 = 1.64432 m^3 / s$$

$$V_2 = \frac{Q_2}{\omega} = \frac{1.64432}{0.96} = 1.7128 m / s$$

**V<sub>2</sub>** : La vitesse d'écoulement dans le canal entre les jardins Après la 1<sup>ier</sup> orifice (Koua1)

$$q_{jardin2} = 0.4 \times 0.035 \times 1.7128 \times 0.8$$

$$q_{jardin2} = 0.01918 \quad m^3 / s$$

$$Q_3 = Q_2 - q_{\text{jardin}2}$$

$$Q_3 = 1.64432 - 0.01918$$

$$V_3 = \frac{Q_3}{\omega} = \frac{1.62514}{0.96} = 1.69285 \text{ m/s}$$

**V<sub>3</sub>** : La vitesse d'écoulement Après le 2<sup>ème</sup> orifice (Koua 2)

$$q_{\text{jardin}3} = 0.4 \times 0.08 \times 1.69285 \times 0.8$$

$$q_{\text{jardin}3} = 0.04333 \text{ m}^3 / \text{S}$$

$$Q_4 = Q_3 - q_{\text{jardin}3} = 1.62514 - 0.04333$$

$$Q_4 = 1.58181 \text{ m}^3 / \text{S}$$

$$V_4 = \frac{Q_4}{\omega} = \frac{1.58181}{0.96} \text{ m/s} = 2.095264 \text{ m/s}$$

**V<sub>4</sub>** : La vitesse d'écoulement Après le 3<sup>ème</sup> orifice (Koua 3)

Pour le canal transversal : a=0.4m

$$R_2 = \frac{a_2 b}{2a_2 + b} = \frac{0.4 \times 1.6}{(2 \times 0.4) + 1.6} = \frac{0.64}{2.4} = 0.26 \text{ m}$$

$$C_2 = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_2}}} = \frac{87}{1 + \frac{1.3}{\sqrt{0.26}}} = 24.51$$

$$U_2 = C_2 \sqrt{R_2 I} = 24.51 \sqrt{0.26 \times 0.02} = 1.767 \text{ m/s}$$

$$Q_{2\text{canal}} = \omega U_2 = (1.6 \times 0.4) \times 1.767 = 1.13 \text{ m}^3 / \text{S}$$

Pour l'orifice 4 (Koua 4)

$$Q_{2canal} = 1.13m^3 / s$$

$$Q'_4 = Q_4 - Q_{2canal}$$

$$Q'_4 = 1.58181 - 1.13 = 0.452m^3 / s$$

$$V_4 = \frac{Q'_4}{\omega} = \frac{0.452}{0.96} = 0.47m^2 / s$$

$$q_{jardin_4} = 0.4 \times 0.05 \times 0.47 \times 0.8 = 0.0075m^3 / s$$

✦ **Niveau 03 :**

Ligne de changement « 01 » « Koua 01 »

Au niveau de cette ligne on a les paramètres suivants :

- Niveau d'eau : 20 cm.
- Largeur de EL KOOA : 3 cm
- Coefficient de perte de charge singulière : 0.8

Pour déterminer le 1<sup>ier</sup> débit infiltré dans le 1<sup>ier</sup> jardin, on a la relation suivante :

$$q_{jardin1} = a.d.V.C \quad (m^3 / s)$$

Avec :

**a:** L'hauteur d'eau au niveau d'El-Koua ( $a \leq l$ )

**d :** La largeur de l'ouverture en (m)

**V :** Vitesse d'écoulement au niveau de l'ouverture en (m/s)

**C :** Coefficient de singulière de l'ouverture ( $C \approx 0.8$ )

$$q_{jardin1} = 0.2 \times 0.03 \times 1.065 \times 0.8$$

$$q_{jardin1} = 0.00511 (m^3 / s) = 5.11 \quad (l / s)$$

Après le premier orifice (Koua1)

$$Q_2 = Q_1 - q_{\text{jardin1}}$$

$$Q_2 = 0.511 \text{ m}^3 / \text{s} - 0.00511 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_2 = 0.5059 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$V_2 = \frac{Q_2}{\omega} = \frac{0.5059}{0.48} = 1.054 \text{ m} / \text{s}$$

**V<sub>2</sub>** : La vitesse d'écoulement dans le canal entre les jardins Après la 1<sup>ier</sup> orifice (Koua1)

$$q_{\text{jardin2}} = 0.2 \times 0.035 \times 1.054 \times 0.8$$

$$q_{\text{jardin2}} = 0.00590 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_3 = Q_2 - q_{\text{jardin2}}$$

$$Q_3 = 0.5059 - 0.0059$$

$$Q_3 = 0.5 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$V_3 = \frac{Q_3}{\omega} = \frac{0.5}{0.48} = 1.0416 \text{ m} / \text{s}$$

**V<sub>3</sub>** : La vitesse d'écoulement Après le 2<sup>ème</sup> orifice (Koua 2)

$$q_{\text{jardin3}} = 0.2 \times 0.08 \times 1.0416 \times 0.8$$

$$q_{\text{jardin3}} = 0.0133 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_4 = Q_3 - q_{\text{jardin3}} = 0.5 - 0.00133$$

$$Q_4 = 0.4986 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$V_4 = \frac{Q_4}{\omega} = \frac{0.4986}{0.48} m/s = 1.03875 m/s$$

**V<sub>4</sub>** : La vitesse d'écoulement Après le 3<sup>ème</sup> orifice (Koua 3)

Pour le canal transversal

$$R_3 = \frac{a_3 b}{2a_3 + b} = \frac{0.2 \times 1.6}{(2 \times 0.2) + 1.6} = \frac{0.32}{2} = 0.16 m$$

$$C_3 = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_3}}} = \frac{87}{1 + \frac{1.3}{\sqrt{0.16}}} = 20.47$$

$$U_3 = C_3 \sqrt{R_3 I} = 20.47 \sqrt{0.16 \times 0.02} = 1.158 m/s$$

$$Q_{3canal} = \omega U_3 = (1.6 \times 0.2) \times 1.158 = 0.3705 m^3/s$$

Pour l'orifice 4 (Koua 4)

$$Q_{3canal} = 0.3705 m^3/s$$

$$Q'_4 = Q_4 - Q_{3canal}$$

$$Q'_4 = 0.4986 - 0.3705 = 0.1281 m^3/s$$

$$V_4 = \frac{Q'_4}{\omega} = \frac{0.1281}{0.48} = 0.27 m/s$$

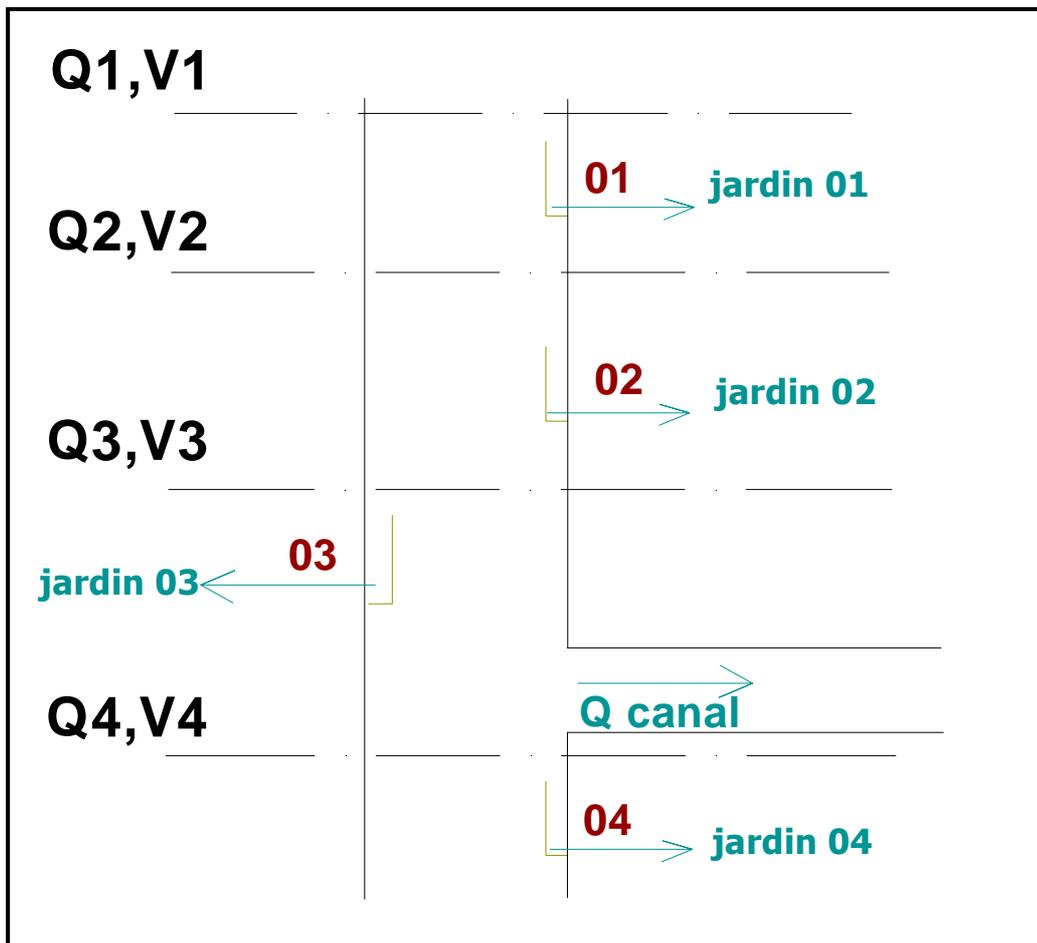
$$q_{jardin_4} = 0.2 \times 0.05 \times 0.27 \times 0.8 = 0.00216 m^3/s$$

Les différents débits calculés sont montrés dans le tableau suivant :

**Tableau (5) :** Les débits calculés en (L/s)

	$N_1$	$N_2$	$N_3$
$Q_{\text{jardin 1}}$	<b>0.0316</b>	<b>0.016608</b>	<b>0.00511</b>
$Q_{\text{jardin 2}}$	0.03656	0.01918	0.00550
$Q_{\text{jardin 3}}$	0.08266	0.04333	0.00133
$Q_{\text{jardin 4}}$	0.0147	0.0075	0.00126
$Q_{\text{canal}}$	2.1312	1.13	0.3705

La figure suivante présente la répartition des débits pour chaque jardin.



**Figure (13) :** Répartitions des débits.

Pour le pourcentage (%) de volume pour chaque jardin, on va calculer le débit total infiltré dans les quatre (04) jardins pour chaque niveau d'eau.

$$Q_{\text{totale inf itrée}} = q_{\text{jardin1}} + q_{\text{jardin2}} + q_{\text{jardin3}} + q_{\text{jardin4}}$$

✦ **Niveau 01 :**

$$Q_{\text{totale inf itrée}} = 0.136 + 0.3656 + 0.08266 + 0.0147 = 0.16552$$

$$(\%)_{\text{jardin1}} = \frac{q_{\text{jardin1}}}{Q_{\text{totale inf itrée}}} \times 100 = \frac{0.0316}{0.16552} \times 100 = 19.09\%$$

$$(\%)_{\text{jardin2}} = \frac{q_{\text{jardin2}}}{Q_{\text{totale inf itrée}}} \times 100 = \frac{0.03656}{0.16552} \times 100 = 22.08\%$$

$$(\%)_{\text{jardin3}} = \frac{q_{\text{jardin3}}}{Q_{\text{totale inf itrée}}} \times 100 = \frac{0.08266}{0.16552} \times 100 = 49.93\%$$

$$(\%)_{\text{jardin4}} = \frac{q_{\text{jardin4}}}{Q_{\text{totale inf itrée}}} \times 100 = \frac{0.0147}{0.16552} \times 100 = 8.88\%$$

✦ **Niveau 02 :**

$$Q_{\text{totale inf itrée}} = 0.016608 + 0.01918 + 0.04333 + 0.0075 = 0.086618$$

$$(\%)_{\text{jardin1}} = \frac{q_{\text{jardin1}}}{Q_{\text{totale inf itrée}}} \times 100 = \frac{0.16608}{0.086618} \times 100 = 19.17\%$$

$$(\%)_{\text{jardin2}} = \frac{q_{\text{jardin2}}}{Q_{\text{totale inf itrée}}} \times 100 = \frac{0.01918}{0.086618} \times 100 = 22.14\%$$

$$(\%)_{\text{jardin3}} = \frac{q_{\text{jardin3}}}{Q_{\text{totale inf itrée}}} \times 100 = \frac{0.0433}{0.086618} \times 100 = 50.02\%$$

$$(\%)_{\text{jardin4}} = \frac{q_{\text{jardin4}}}{Q_{\text{totale inf itrée}}} \times 100 = \frac{0.0075}{0.086618} \times 100 = 8.65\%$$

✦ **Niveau 03 :**

$$Q_{\text{totale inf itrée}} = 0.00511 + 0.00590 + 0.0133 + 0.00216 = 0.02647$$

$$(\%)_{\text{jardin1}} = \frac{q_{\text{jardin1}}}{Q_{\text{totale inf filtrée}}} \times 100 = \frac{0.00511}{0.02647} \times 100 = 19.3\%$$

$$(\%)_{\text{jardin2}} = \frac{q_{\text{jardin2}}}{Q_{\text{totale inf filtrée}}} \times 100 = \frac{0.00590}{0.02647} \times 100 = 22.28\%$$

$$(\%)_{\text{jardin3}} = \frac{q_{\text{jardin3}}}{Q_{\text{totale inf filtrée}}} \times 100 = \frac{0.0133}{0.02647} \times 100 = 50.24\%$$

$$(\%)_{\text{jardin4}} = \frac{q_{\text{jardin4}}}{Q_{\text{totale inf filtrée}}} \times 100 = \frac{0.00216}{0.02647} \times 100 = 8.16\%$$

### IV.3.3. La méthode traditionnelle

Après notre visite sur le terrain, et les contacts avec les gens de EL-HALKA et quelque oasiens, on a remarqué qu'il y a un manque d'information et de documentation, surtout dans le côté de dimensionnement de différents ouvrages de ce système.

D'après les Mozabites il y a plusieurs paramètres utilisés dans l'opération de partage des eaux entre eux, mais il y a deux (02) méthodes les plus proches à la réalité (de point de vue des Mozabites). (O.P.V.M., 2005, B.G.T., 2000)

#### a). Nombre de palmeraie

Nous avons le nombre de palmeraie dans les 4 jardins.

- ◆ Jardins 01 : il y a 11 palmeraies.
- ◆ Jardins 02: il y a 11 palmeraies.
- ◆ Jardins 03 : il y a 23 palmeraies.
- ◆ Jardins 04 : il y a 05 palmeraies.

Nombre de palmeraie total dans les 4 jardins est de : 50 palmeraies.

$$(\%)_{\text{jardin1}} = \frac{11}{50} \times 100 = 22\%$$

$$(\%)_{\text{jardin2}} = \frac{11}{50} \times 100 = 22\%$$

$$(\%)_{\text{jardin3}} = \frac{23}{50} \times 100 = 46\%$$

$$(\%)_{\text{jardin4}} = \frac{05}{50} \times 100 = 10\%$$

Nous remarquons pour chaque jardin que les résultats (en pourcentage (%)) de volume d'eau obtenu par cette méthode sont très proches aux résultats obtenus par la méthode de vérification.

### **b. Surfaces des jardins**

**Jardin 01 : 240 m<sup>2</sup>    Jardin 02 : 136m<sup>2</sup>**

**Jardin 03 : 621m<sup>2</sup>            jardin 04: 57m<sup>2</sup>**

$$\sum S_{\text{jardin}} = 1054m^2$$

$$(\%)_{\text{jardin1}} = \frac{240}{1054} \times 100 = 22.77\%$$

$$(\%)_{\text{jardin2}} = \frac{136}{1054} \times 100 = 12.90\%$$

$$(\%)_{\text{jardin3}} = \frac{621}{1054} \times 100 = 58.91\%$$

$$(\%)_{\text{jardin4}} = \frac{57}{1054} \times 100 = 5.4\%$$

Les résultats finaux sont dans le tableau (6).

**Tableau (6) :** Les pourcentages obtenus pour chaque méthode

Méthode	Méthode de vérification (%)			Nombre de palmeraies (%)	Surface (%)
	$N_{1=0.6m}$	$N_{2=0.4m}$	$N_{3=0.2m}$		
(%) <b>jardin 1</b>				22	
	19.09	19.17	19.3		22.77
(%) <b>jardin 2</b>	22.08	22.14	22.28	22	12.90
(%) <b>jardin 3</b>	49.93	50.02	50.24	46	58.91
(%) <b>jardin 4</b>	8.88	8.65	8.16	10	5.4

Après ce tableau, on distingue que les résultats obtenus par la méthode de nombre de palmiers sont les plus proches aux résultats de la méthode de vérification, donc la première remarque c'est que la quantité l'eau est partagée entre les voisins selon le nombre de palmeraie sont corrects dans la zone qu'on a prenez comme exemple de calcul.

#### IV.4. Résultats finaux

- 1) Bien que l'ensemble de système de captage et de partages les eaux dans la ville de Ghardaïa soit conçu pour protéger les oasis les crues, les créateurs de ce système ont profitée de ce dernier pour utiliser ces eaux dans l'irrigation, et les partager d'une façon très précise sans avoir utilisée des notions hydrauliques modernes.
- 2) Toutes les générations passées ont assurent une bonne gestion, et une bonne maintenance du système, à cause de leur mentalité et leur solidarité entre.
- 3) D'après le calcul qu'on a fait, le pourcentage de part d'eau pour chaque jardin est le même par rapport les voisins, quelque soit le niveau d'eau dans le canal.

#### IV. 5. Recommandations

- 1) Il faut suivre d'une façon correcte la continuité des travaux de la maintenance, pour éviter d'une façon ou d'une autre la dégradation du système traditionnel.

- 2) On doit contrôler l'opération d'irrigation avec les pompes et aussi de faire le bon choix de ces derniers, pour éviter le gaspillage et le phénomène de la remontée des eaux.
- 3) Pour connaître l'état réel de phénomène de la remontée des eaux, il faut Faire un bilan hydrique de toute la région du oasis.

#### **IV. 6. Conclusion**

Le but essentiel de réalisée ce système, c'est de protégée les oasis au temps du crue, mais le calcule hydraulique sur la partie qu'on prenez comme exemple, montre la précision utilisée par les Mozabites pour le partage des eaux entre eux, malgré l'absence des notions d'hydraulique modernes.

---

# Conclusion générale

## Conclusion générale

A partir de cette étude concernant le système ancestrale de captage des eaux des oasis de Ghardaïa, on note l'importance de ce système pour les habitants de Ghardaïa, après sept (07) siècles d'existence, et le nombre d'inondations dont il a fait face, et comme le confirme les calculs qu'on a effectués le degré d'exactitude dans la distribution de l'eau entre les oasis.

L'importance du système prend un aspect social, en plus de son rôle principal dans la lutte contre les inondations et le stockage des eaux de crues pour la réutilisation dans les périodes de sécheresse, à travers les puis (eau souterraine) qui sont alimentés à partir des barrages qui font partie de ce système. Mais à nos jours on remarque que la nappe phréatique de la région est devenue polluée, en plus de l'apparition du problème de la remontée de la nappe phréatique comme un résultat de l'utilisation des forages profonds, en plus de la mauvaise utilisation des eaux et le gaspillage qui se fait à travers le réseau d'alimentation en eau ou soit à travers l'irrigation anarchique.

Tous ces facteurs ont mené à la détérioration de ce système ingénieux et un déséquilibre dans son fonctionnement, c'est pour cela qu'il faut mettre en place une stratégie à court terme et à long terme de la part des responsables afin de ces opérations qui représentent une réelle menace pour ce système, et pour la préservation de ce patrimoine.

---

# Références bibliographiques

## Références bibliographiques

2. **B.G.T., 2000**, Les écoulements dans la partie Nord du oasis de Ghardaïa, Le bureau des guides touristiques de Ghardaïa.
3. **BAHMED CHEIKH SALAH, 2000**, Gestion rationnelle de l'eau en zones arides EXP : Le M'Zab, Conférence présentée au Bordeaux, 22p.
4. **C.E.S.A.M, 2004**, Atlas de Ghardaïa, Centre d'Expositions de Séminaires et des Affaires du M'Zab, La Wilaya de Ghardaïa.
5. **CARLIER M., 1980**, hydraulique générale et appliquée, Edition Eyrolles, 534p.
6. **CAUVIN A., 1964**, Notion D'hydraulique, Edition Eyrolles, 203p.
7. **D.H.W., 2004**, Les ressources en eau dans la région, La Direction D'hydraulique de Ghardaïa.
8. **DELHEURE J., 1975**, L'hydraulique traditionnelle à Ouargla et au M'Zab, ATELIER de l'école scoud. Divc., ELHARRACH.
9. **LENCASTRE A., 1996**, Hydraulique Générale, Edition Eyrolles, 633p.
10. **MAKNI H., DELHEURE J., 1948**, La crue de la révère dans l'oued M'Zab, Ghardaïa, 75p.
11. **MOULIAS D., 1927**, Organisation hydraulique des oasis sahariennes, Edition Jules Carbonel Alger, 309p.
12. **O.P.V.M., 2005**, Les lois de partage les eaux pluviales entre les oasiens, Organisation de Protection de la Vallée du M'Zab, 3p.
13. **PARMENTIER H., L'eau au M'Zab, 682p.**