

**Ministère du l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

**Université Kasdi Merbah Ouargla**

**Faculté des sciences appliquées**

**Département Génie Civil et Hydraulique**



**MEMOIRE DE MASTER ACADEMIQUE**

**Filière : Hydraulique**

**Spécialité : Génie de l'Eau.**

**Thème**

**Détermination de l'humidité du sol dans le  
cas de l'irrigation superficielle  
(cas de l'I.T.A.S Ouargla)**

**Présenté par :**

ZIGHEM Fouzia et GHETTAS Meriem

**Soutenu Publiquement le : 30/05/ 2017.**

**Devant le jury :**

<b>BAOUIA Kais</b>	<b>MCB</b>	<b>UKMO</b>	<b>Président</b>
<b>DERDOUS Oussama</b>	<b>MAB</b>	<b>UKMO</b>	<b>Examineur</b>
<b>BENLABI Dalila</b>	<b>MCB</b>	<b>UKMO</b>	<b>Encadreur</b>

**Année universitaire : 2016/2017**



Ministère du l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté des sciences appliquées

Département Génie Civil et Hydraulique



MEMOIRE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Hydraulique

Spécialité : Génie de l'Eau.

Thème

**Détermination de l'humidité du sol dans le  
cas de l'irrigation superficielle  
(cas de l'I.T.A.S Ouargla)**

Présenté par :

ZIGHEM Fouzia et GHETTAS Meriem

Soutenu Publiquement le : 30/05/ 2017.

Devant le jury :

<b>BAOUIA Kais</b>	<b>MCB</b>	<b>UKMO</b>	<b>Président</b>
<b>DERDOUS Oussama</b>	<b>MAB</b>	<b>UKMO</b>	<b>Examineur</b>
<b>BENLABI Dalila</b>	<b>MCB</b>	<b>UKMO</b>	<b>Encadreur</b>

Année universitaire : 2016/2017

## **Remerciements**

### **Dieu merci d'avoir terminé ce travail**

*Avant de conclure ce travail, c'est pour nous un agréable devoir d'exprimer ici notre sincère reconnaissance à ceux qui nous ont aidé à le réaliser.*

*Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à **Dr OULHACI Dalila**, qui nous a fait le grand honneur d'accepter de nous encadrer et de diriger ce travail. D'elle nous avons beaucoup appris et elle a mis à notre disposition toute la documentation nécessaire. Nous tenons ainsi que la méthodologie de travail et de calcul.*

*Nous tenons à remercier chaleureusement **Pr KRIKER Abdelwahad** doyen de la faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur l'université de Ouargla pour son aide et ses encouragements. Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.*

*Nous remercions chaleureusement **Dr SEGGAIS Sofiane**. Nous lui sommes redevables à plus d'un titre d'avoir accepté de nous orienter. à lui exprimer notre profonde sympathie et notre sincère reconnaissance d'avoir mis à notre disposition ses connaissances et son expérience.*

*Il nous est agréable d'adresser nos vifs remerciements **Dr KEBAILI Nabil**, chef de département de génie civil et d'hydraulique pour sa compréhension et son aide.*

*Nous tenons à remercier aussi vivement toute l'équipe de l'exploitation de l'ITAS, et en particulier le responsable. **Mr BOUCHOUCHA Taher** pour leur aide à la réalisation de nos expérimentations et leur gentillesse*

*Nous tenons à remercier aussi vivement toute l'équipe de l'L.T.P.S. Ouargla*

*Que **M ATTAB Rabah** soit vivement remercié, car grâce à son aide, sa sollicitude, ses conseils scientifiques et son soutien moral permanent nous ont permis de traverser toutes les étapes difficiles de l'expérimentation à l'I.T.A.S.*

*A tous les enseignants des départements des sciences appliquées.*

*Nous remercions les membres du jury de nous avoir fait le grand honneur d'accepter de juger et critiquer notre travail chacun dans sa spécialité. Qu'ils trouvent ici l'expression de profonde gratitude.*

*A tous les étudiants de la promotion 2012 – 2017*

**Meriem et Fouzia**





# Dédicace

*Grace Allah...*

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études que Dieu les protège et les offrent une longue vie,*

*A mes chères sœurs : Ibtissam, Assia et Khaoula pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral*

*A mes chers frères : M Aymen et Hociene*

*A toute ma famille GHettas et BEN DANIA pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire*

*A mes amies : Khaoula, Ibtissam, Fuozia et Zakia*

*Tous mes amis et collègues en année universitaire*

*(2012/2017)*

*Meriem*

# Dédicace

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père (KHÉMIS).*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon coeur, ma vie et mon bonheur ; maman "DAHMANI FATIMA" que j'adore.  
A mes chère frères "Belkhir, Bachir, Islam, Hamza" et mes chères soeurs "zoubida, Besma .souha"*

*A ma grande famille "ZIGHEM".et "DAHMANI "*

*A ma fiancé "AISSANI Brahim"*

*A mes oncles et mes tantes.mes cousins et cousines.  
Spécialement ma tante "DAHMANI Nabila"  
A mes chères enfant "Firas et Rafik "*

*A mes chères amies Aicha , Fatiha, et tous qui me connaissent.*

*A mon binôme meriem.*

*A La promotion de 2 éme année mastre géinie d'eau  
**Fouzia***

# SOMMAIRE

Introduction générale .....	1
<b>Chapitre I : Les caractéristiques naturelles de la zone d'étude</b>	
Introduction .....	4
I- Situation géographique de la région d'étude .....	4
II- Le climat .....	5
II-1- Les paramètres météorologiques de la région .....	5
II-1-1- Températures .....	5
II-1-2- Précipitations .....	6
II-1-3- Humidité relative de l'air .....	7
II-1-4- Vitesse du vent .....	8
II-2- Synthèse climatique .....	9
II-2-1- Diagramme Ombro-Thermique de Gaussen .....	9
II-3- Couverture végétale .....	11
III- Les ressources en eau de la wilaya de Ouargla .....	11
III-1- Les eaux superficielles .....	11
III-1-1- Les lacs .....	11
III-1-2- Les réseaux hydrographiques .....	11
III-1-3- Sebkhass et Chotts .....	12
III-2- Les eaux souterraines .....	12
III-2-1- Nappe phréatique .....	12
III-2-2- Nappe complexe terminal (C.T) .....	13
III-2-2-1- la nappe du Turonien .....	13
III-2-2-2- la nappe du sénono-Eocène .....	14

III-2-2-3- La nappe du Mio-Pliocène .....	14
III-2-2-4- Alimentation .....	14
III-2-2-5- Exutoire .....	14
III-2-3- Nappe continental Intercalaire (CI) .....	16
III-2-3-1- Alimentation .....	16
III-2-3-2- Exutoire .....	17
III-3- Les forages d'eau dans la région .....	17
V-Généralités sur le palmier dattier .....	18
IV-1-Historique .....	18
IV-2- Répartition géographique .....	18
IV-3-Taxinomie .....	19
IV-4- Morphologie le palmier dattier .....	19
IV-4-1- Système racinaire .....	20
IV-4-2- Système végétatif aérien .....	20
IV-4-3-Organes floraux .....	20
IV-4-4-Fruit ou datte .....	21
IV-4-5-Ecologie du palmier dattier .....	22
IV-5- Exigences climatiques .....	22
IV-6- Exigences hydriques .....	23
IV-7- Exigences pédologiques .....	23
Conclusion .....	24
<b>Chapitre II : Etude bibliographique</b>	
Introduction.....	25
I - Irrigation par aspersion .....	26
II- Irrigation au goutte à goutte .....	26



III- Irrigation de surface .....	26
III-1- Irrigation par bassin .....	26
III-2- Irrigation par sillons/à la raie .....	26
III-3-Irrigation par planches .....	27
III-3-1-Caractéristiques de l'irrigation par planches .....	27
III-3-2- Analyse des approches techniques de l'irrigation par planches .....	28
III-3-2-1- Description physique de l'irrigation superficielle .....	28
III-3-2-2-Résolution du problème de l'irrigation superficielle .....	30
II-3-3-Paramètres nécessaires pour le développement du modèle mathématique .....	30
Conclusion .....	31

### **Chapitre III: Etude du sol**

Introduction.....	32
I. Caractéristiques de station étude .....	32
I-1-La superficie .....	33
I-2-Sol .....	33
II- L'irrigation .....	34
II-1-Méthodes utilisées dans l'exploitation .....	34
II-2-Technique d'arrosage par planche .....	34
III-Caractéristiques physique du sol .....	34
III-1-Analyse granulométrie du sol .....	35
III-2-Densité .....	36
III-3- Porosité .....	37
III-4- Perméabilité .....	37
III-5- l'humidité initiale dans le sol .....	39

IV- Caractéristiques chimique du sol .....	40
Conclusion .....	40

#### **Chapitre IV: Méthodologie des calculs**

Introduction.....	41
I- Méthode des calculs .....	42
I-1- loi d'infiltration .....	42
I-1-1 : loi de l'avancement .....	42
I-1-2 volumes stockés .....	43
I-1-3 : volumes infiltrés cumulés .....	44
I-1-4 : coefficients de la loi de l'infiltration .....	45
I-2- paramètres d'observation .....	46
II- L'humidité initiale dans le sol .....	60
III- Détermination de la réserve d'eau reçue.....	60
Conclusion .....	65

#### **Chapitre V : Interprétation des résultats**

Introduction .....	66
I- Comparaison entre valeurs calculées et valeurs observées .....	66
I-1 : Etude du stockage .....	66
I-2 : Etude de l'avancement .....	71
Conclusion .....	75
Conclusion générale .....	76
Références .....	78

Annexes

## Liste des Figures

<b>Figure (I-01) :</b> Situation géographique de la wilaya de Ouargla avec ses communes..	5
<b>Figure (I-02):</b> Températures moyennes mensuelles de la wilaya de Ouargla (2005-2015)	6
<b>Figure (I-03):</b> Précipitations moyennes de la wilaya au (2005-2015).	7
<b>Figure (I-04) :</b> L'humidité relative de l'air dans la période (2005-2015).	8
<b>Figure (I-05) :</b> La vitesse du vent moyenne en la période (2005-2015).	9
<b>Figure (I-06) :</b> Diagramme Ombro-Thermique de Gaussen de Ouargla dans la période (2005- 2015).	10
<b>Figure (I-07):</b> Schéma de la fluctuation de la nappe phréatique	13
<b>Figure (I-08):</b> Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972)	15
<b>Figure (I-09):</b> Délimitation du "SASS" (OSS, 2003)	15
<b>Figure (I-10) :</b> Morphologie du palmier dattier	19
<b>Figure (II-1) :</b> phases de l'irrigation : courbes de l'avancement, de la récession et des hauteurs d'eau infiltrées.	29
<b>Figure (III-01) :</b> Situation géographique de l'exploitation de l'université d'Ouargla	33
<b>Figure (III-02) :</b> schéma montre les valeurs de la perméabilité du sol et constante (k) .....	39
<b>Figure (IV-01) :</b> Avancement de l'eau (planche-1- arrosage-1-)	49
<b>Figure (IV-02) :</b> profondeur d'infiltration d'eau (planche-1- arrosage-1-)	49
<b>Figure (IV-03) :</b> Avancement de l'eau (planche-1- arrosage-2-)	51
<b>Figure (IV-04) :</b> profondeur d'infiltration d'eau (planche-1- arrosage-2-)	51
<b>Figure (IV05) :</b> profondeur d'infiltration d'eau (planche-1- arrosage -1 et 2)	52
<b>Figure (IV06) :</b> profondeur d'infiltration d'eau (planche-1- arrosage -1 et 2)	53

<b>Figure (IV-07) : Avancement de l'eau (planche-2- arrosage-1-)</b> .....	55
<b>Figure (IV-08) : profondeur d'infiltration d'eau (planche-2- arrosage-1-)</b> .....	55
<b>Figure (IV-09) : Avancement de l'eau (planche-2- arrosage-2-)</b> .....	57
<b>Figure (IV-10) : profondeur d'infiltration d'eau (planche-2- arrosage-2-)</b> .....	57
<b>Figure (IV-11) : profondeur d'infiltration d'eau (planche-2- arrosage -1 et 2)</b> .....	58
<b>Figure (IV-12) : profondeur d'infiltration d'eau (planche-2- arrosage -1 et 2)</b> .....	59
<b>Figure (V-01) : comparaison entre infiltration calculée et infiltration observe à 1m de profondeur</b> .....	67
<b>Figure (V-02) : comparaison entre infiltration calculée et infiltration observe à 1m de profondeur</b> .....	68
<b>Figure (V-03) : comparaison entre infiltration calculée et infiltration observe à 1m de profondeur</b> .....	69
<b>Figure (V-04) : comparaison entre infiltration calculée et infiltration observe à 1m de profondeur</b> .....	70
<b>Figure (V-05) : comparaison entre avancement calculée et avancement observée</b> .....	71
<b>Figure (V-06) : comparaison entre avancement calculée et avancement observée</b> .....	72
<b>Figure (V-07) : comparaison entre avancement calculée et avancement observée</b> .....	73
<b>Figure (V-08) : comparaison entre avancement calculée et avancement observée</b> .....	74

## **Liste des Tableaux**

<b>Tableau (I-01) :</b> Les températures moyennes mensuelles dans la période (2005-2015). .....	6
<b>Tableau (I-02) :</b> Les précipitations moyennes annuelles de la période (2005-2015). .....	7
<b>Tableau (I-03) :</b> L'humidité relative moyenne mensuelle de l'air (%) en (2005-2015). .....	8
<b>Tableau (I-04):</b> La vitesse moyenne mensuelle de vent (m/s) (2005-2015). .....	9
<b>Tableau (I-05) :</b> Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températures (2005-2015). .....	10
<b>Tableau (I-08) :</b> Les forages des eaux souterraines présents dans les nappes (CI) et (CT).....	17
<b>Tableau (I-09) :</b> Les nombres des forages alimentés par les nappes (CI) et (CT) et utilisés pour les différents secteurs. ....	17
<b>Tableau (III-01) :</b> granulométrie des échantillons du site expérimental (05/03/2017).....	36
<b>Tableau (III-02) :</b> La densité apparente .....	37
<b>Tableau (III-03) :</b> Valeurs de la porosité .....	37
<b>Tableau (III-04) :</b> Moyenne de plusieurs expérimentations au milieu des planches à étudier.....	38
<b>Tableau (III-05) :</b> teneur en eau.....	39
<b>Tableau (III-06) :</b> Analyse chimique des sols (05/03/2017 ; T=21.70 ; H=32).....	40
<b>Tableau (IV-01) :</b> planche -01- arrosage 1 .....	48
<b>Tableau (IV-02) :</b> planche -01- arrosage 2 .....	50
<b>Tableau (IV-03) :</b> planche- 01- arrosage -01- .....	52
<b>Tableau (IV-04) :</b> planche- 01- arrosage -02- .....	53

<b>Tableau (IV-05) :</b> planche -02- arrosage -01- .....	54
<b>Tableau (IV-06) :</b> planche -02- arrosage -02- .....	56
<b>Tableau (IV-07) :</b> planche- 02- arrosage -01- .....	58
<b>Tableau (IV-08) :</b> planche 02 arrosage 1 .....	59
<b>Tableau (IV-09) :</b> Valeur de profondeur d'eau dans la premier planche l'arrosage 1 .....	61
<b>Tableau (IV-10) :</b> Valeurs de profondeur d'eau dans la première planche l'arrosage 2 .....	62
<b>Tableau (IV-11):</b> Valeurs de profondeur d'eau dans la deuxième planche l'arrosage 1 .....	63
<b>Tableau (IV-12):</b> Valeurs de profondeur d'eau dans la deuxième planche l'arrosage 2.....	64
<b>Tableau (IV-13) :</b> Résumer des résultats .....	65
<b>Le tableau (V-01) :</b> valeurs des doses infiltrées calculées et observées, et des erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-1- arrosage-1-). .....	67
<b>Le tableau (V-02) :</b> valeurs des doses infiltrées calculées et observées, et des erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-1- arrosage-2-). .....	68
<b>Le tableau (V-03) :</b> valeurs des doses infiltrées calculées et observées, et des erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-2- arrosage-1-). .....	69
<b>Le tableau (V-04) :</b> valeurs des doses infiltrées calculées et observées, et des erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-2- arrosage-2-). .....	70
<b>Tableau (V-05) :</b> valeurs de l'avancement calculées et observées, et erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-1- arrosage-1-) .....	71
<b>Tableau (V-06) :</b> valeurs de l'avancement calculées et observées, et erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-1- arrosage-2-). .....	72
<b>Tableau (V-07) :</b> valeurs de l'avancement calculées et observées, et erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-2- arrosage-1-). .....	73
<b>Tableau (V-08) :</b> valeurs de l'avancement calculées et observées, et erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-2- arrosage-2-). .....	74
<b>Tableau (V-09) :</b> Comparant entre les résultats d'avancement d'eau (Ham-Hav) .....	75

---

# *Introduction Générale*

---

## **Introduction générale**

Dans les conditions de climat aride, les besoins en eau d'irrigation augmentent, mais les ressources en eau disponibles restent limitées. Et l'utilisation des gisements des eaux mobilisables pour l'irrigation des cultures au Sahara se fait sans contrôle par les agriculteurs encouragés par la politique de l'accès à la propriété foncière agricole (APFA) en 1983 ; qui ont mis en valeur plusieurs milliers d'hectares et planté une quantité importante de palmier dattier.[16] Et par conséquent l'agriculture dans ces régions sahariennes, grandes consommatrices d'eau peut être sérieusement menacée surtout autour des grandes villes, si elle ne fait pas le nécessaire pour devenir aussi parcimonieuse que le permettent les techniques d'irrigation. La menace est déjà ressentie mais elle ne fera que s'accroître dans les prochaines décennies.[9]

L'agriculteur devra donc nécessairement mener un combat permanent et difficile pour assurer une vie stable, sûre et prospère. Surtout qu'au Sahara septentrional malheureusement aucune plante domestiquée par l'homme ne peut végéter sans apport d'eau.[16] Et c'est une entreprise paradoxale que de vouloir cultiver le désert, l'eau y est rare alors que le climat est chaud et sec et exige plus que n'importe où qu'on irrigue en toute saison.[9]

Depuis la mise en œuvre de la loi de l'accès à la propriété foncière agricole (APFA) en 1983, la base matérielle de la production agricole a été élargie par la mise en valeur nouvelle des terres et les modes d'irrigation traditionnelles sont utilisés sur environ 298340 hectares soit 86 % de la surface totale irriguée, l'agriculteur s'est vu contraint d'utiliser les systèmes d'irrigation traditionnelle soit gravitaire vu les inconvénients des systèmes modernes (coût élevé des équipements produits, insuffisances des moyens financiers des exploitants aggravés par un système bancaire inadapté, etc...).[16] L'aspect technologique sur l'amélioration de l'irrigation superficielle en particulier par planches, a été privilégié jusqu'à présent. Mais tous les problèmes de l'irrigation par planches ne sont pas résolus, car le matériel et les moyens récents nous permettent de déterminer le débit à la tête de la planche d'une façon précise, c'est-à-dire de connaître la dose brute correspondante à une durée d'alimentation donnée, cependant nous ignorons si, pour cette même durée d'irrigation, la répartition de l'humidité en profondeur et spatiale est uniforme et suffisante. Et comme l'objectif de l'irrigation est l'approvisionnement d'une surface cultivée en une quantité d'eau nécessaire avec une méthode rentable techniquement et économiquement. Cela veut dire que la quantité d'eau exigée ne dépassera pas grandement la quantité d'eau spécifiée par la



capacité de stockage du sol dans la zone racinaire des cultures ceci permettra d'atteindre un taux adéquat d'augmentation de la récolte et assura rendement élevé et stable. C'est pour cela que les études doivent être orientées sur la maîtrise de l'irrigation générale et le gravitaire particulièrement qui est une technique simple pouvant s'adapter aux petits débits et facilement admise par les agriculteurs.

En dépit de la simplicité apparente de ce système, sa gestion et son optimisation ne sont pas maîtrisées. Des études faites et observations sur terrain montrent qu'un débit trop faible, détermine un avancement trop lent, donc une durée d'infiltration beaucoup plus grande en amont qu'en aval, et par conséquent, une sur-irrigation en amont et une sous-irrigation en aval. Et si le débit d'entrée est trop fort, l'infiltration est insuffisante le long de la planche et les pertes d'eau sont importantes ce qui provoquerait des remontées de la nappe phréatique. Le problème est de trouver la meilleure combinaison (débit d'entrée  $Q$ , longueur de la planche  $L$ , la pente du fond de la planche  $S_0$  et le temps d'irrigation  $t_{irr}$ ) qui conduit à une humidification uniforme avec le minimum de pertes d'eau, doit être trouver pour chaque contexte régional concret. C'est la raison pour laquelle il a été décidé de développer une étude expérimentale pour étudier ce processus.

L'objectif de l'étude est donc la détermination de l'infiltration verticale et spatiale le long de la planche (en fonction du débit d'entrée  $Q$ , longueur de la planche  $L$ , la pente du fond de la planche  $S_0$  et le temps d'irrigation  $t_{irr}$ ) et la vérification de l'uniformité de la répartition de l'humidité dans un contexte de région saharienne.

Notre étude est axée comme suit :

D'une part pour la détermination de l'infiltration:

- la première étape de notre travail consiste à déterminer l'infiltration par calcul c'est à dire en utilisant un modèle mathématique.
- la deuxième étape de notre travail consiste à déterminer l'infiltration expérimentalement c'est à dire en utilisant des mesures directes sur terrain.
- La comparaison des résultats prédits et ceux observés permettra d'évaluer l'efficacité du modèle mathématique ; afin de pouvoir l'appliquer ultérieurement sans avoir recours aux expérimentations difficiles à réaliser.

Et d'autre part pour trouver la meilleure répartition de l'humidité :

- pour un débit d'entrée constant, nous ferons varier la longueur de la planche.
- et pour une longueur de la planche constante, nous ferons varier le débit d'entrée.
- Ceci nous permettra d'aboutir à la meilleure combinaison (longueur-débit), c'est à dire qui nous donnera une répartition uniforme de l'humidité.

# *Chapitre I*

---

*Les caractéristiques naturelles de la  
zone d'étude*

---

## Introduction :

La détermination de l'humidité du sol exige une connaissance adéquate des caractéristiques de la région, et les facteurs affectant sur la réalisation et leur impacts au long terme, c'est pour cela qu'on va donner un aperçu sur les caractéristiques suivantes :

### I. Situation géographique de la région d'étude :

La cuvette de Ouargla est située au sud-est de l'Algérie, elle fait partie du grand bassin versant Sahara septentrional elle est limitée au Nord d'El Oued et Biskra, au Sud Tamanrasset et Illizi à l'est la Tunisie et à l'ouest par Ghardaïa Elle s'étend sur une superficie de 163 230 km<sup>2</sup> et sa population est estimée à 653358 habitant en 2015.

Elle inclut actuellement en 10 Daïras (El Borma, El Hadjira, Hassi Messaoud, Megarine, N'Goussa, Ouargla, Sidi Khouiled, Taibet, Tamacine et Touggourt) et 21 communes (El Borma, El Hadjira, El Alia, Hassi Messaoud, Megarine, Sidi Slimane, N'Goussa, Ouargla, Rouissat, Sidi Khouiled, Aïn Beida, Hassi Ben Abdellah, Taibet, Ben Naceur, M'Naguer, Tamacine, Blidet Amor, Touggourt, Nezla, Tebesbest et Zaouia El Abidia). [5]

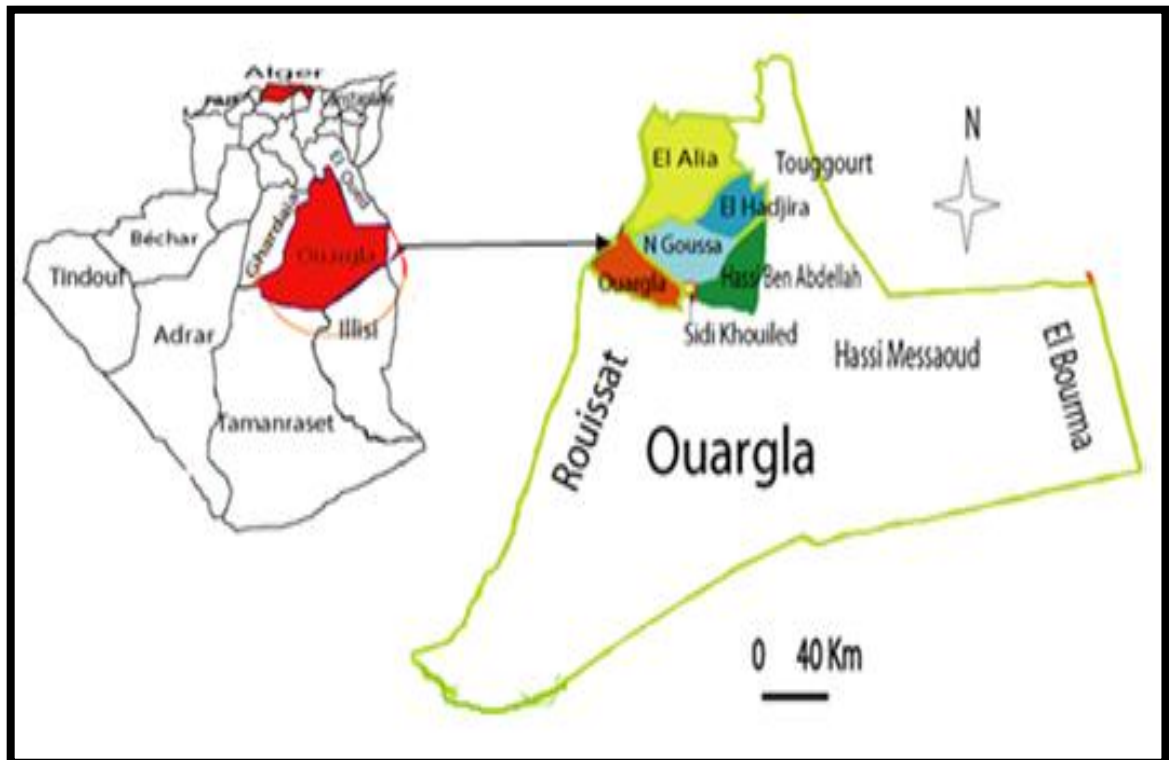


Figure (I-01) : Situation géographique de la wilaya de Ouargla avec ses communes.[5]

## II. Le climat :

La wilaya de Ouargla est caractérisée par un climat saharien (hyper aride), avec une pluviométrie très réduite et des températures très élevées, notamment en été.

### II.1. Les paramètres météorologiques de la région :

#### II.1.1. Températures :

La température est considérée comme une grandeur physique liée à la notion immédiate de chaud et froid. La température est la manifestation, à l'échelle macroscopique, du mouvement des atomes et molécules.

L'unité internationale de température est le Kelvin (K), et le degré Celsius (°C) est une autre unité très répandue en Europe.

Le tableau suit représenté la température moyenne mensuelle de la wilaya dans la période (2005-2015) :

**Tableau (I-01) : Les températures moyennes mensuelles dans la période (2005-2015). [28]:**

Mois	Sep	Oct	Nev	Dés	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
T(C°)	30,7	24,7	17,5	12,5	11,9	13,6	18,2	22,9	27,8	32,5	35,9	35,2

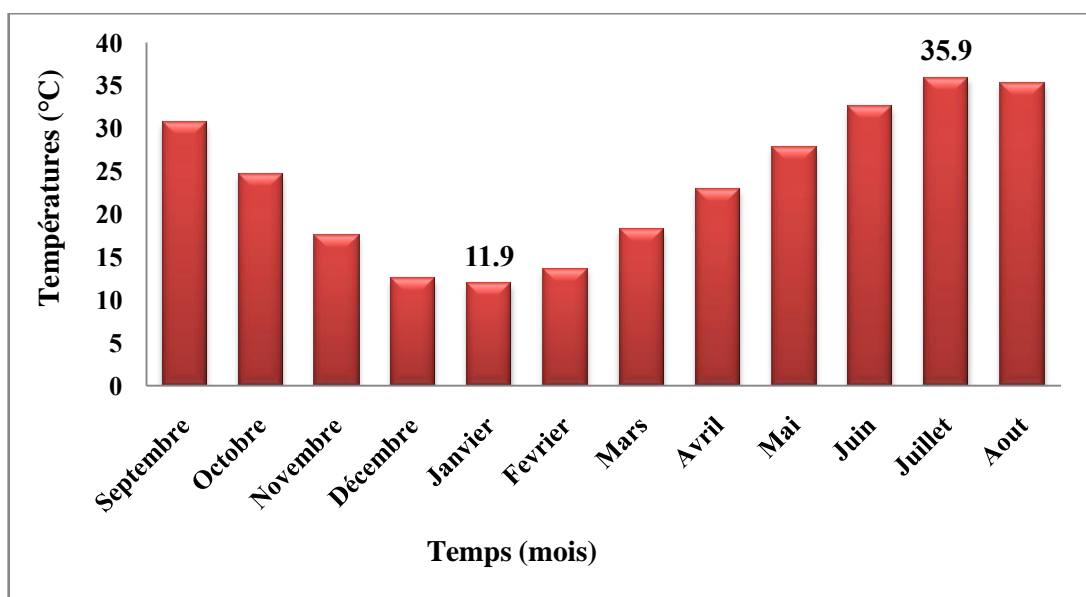


Fig.02: Températures moyennes mensuelles de la wilaya de Ouargla (2005-2015). [5]

D'après les données de la station météorologique d'Ouargla durant la période (2005-2015), la température moyenne est l'ordre de 23,61°C, le Max (35,9 °C) dans le mois de juillet, et le Min (11,9 °C) dans le mois de janvier.

**II.1.2. Précipitations :**

Les précipitations sont les eaux qui tombent sur la surface de la Terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) ou solide (neige, grésil, grêle).

Quelle que soit la forme de la précipitation, on généralement exprime la quantité d'eau mesurée tombée durant un certain de temps en millimètres (mm).

Le tableau au dessous représenté la précipitation moyenne annuelle de Ouargla dans la période (2005-2015) :

**Tableau (I-02) : Les précipitations moyennes mensuelles de la période (2005-2015). [5] :**

Mois	Sep	Oct	Nev	Dés	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
P(mm)	3,6	4	2,6	3,4	8,5	2,8	2,7	1,6	1,4	0,7	0,3	0,5

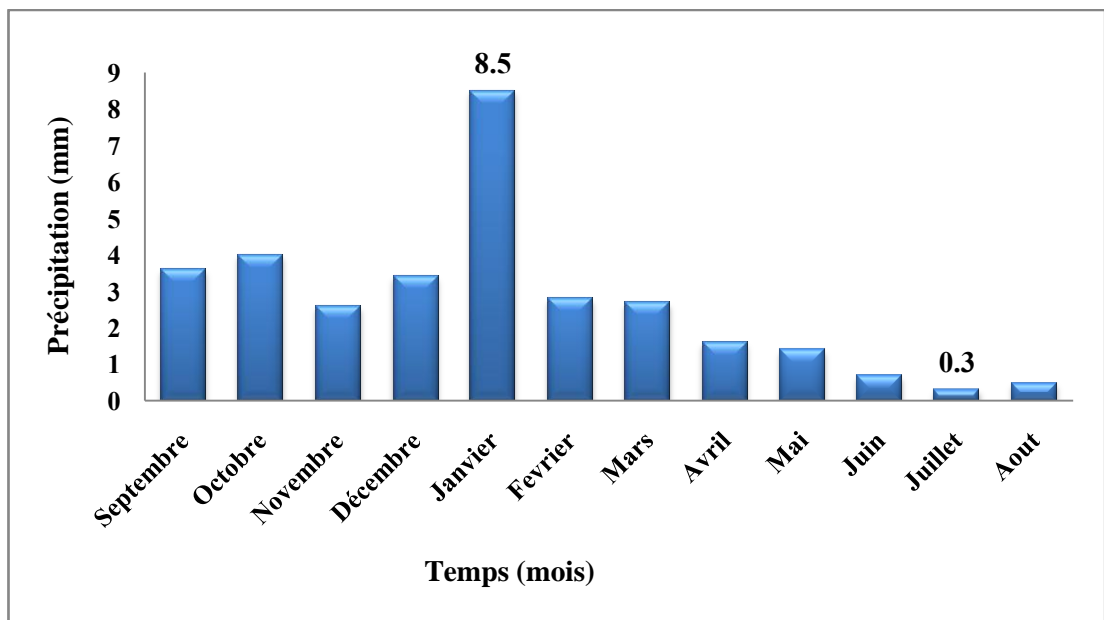


Figure (I-03): Précipitations moyennes de la wilaya au (2005-2015). [5]

Selon les données de la station météorologique de Ouargla durant la période (2005-2015), la précipitation totale est l'ordre de 32,1 mm, où le Max est 8,5 (mm) en le mois de janvier, et le Min est 0,3 (mm) en le mois de juillet.

**II.1.3. Humidité relative de l'air :**

L'humidité représente la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, sans compter l'eau liquide et la glace.

L'humidité relative de l'air correspond au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante à la même température et pression.

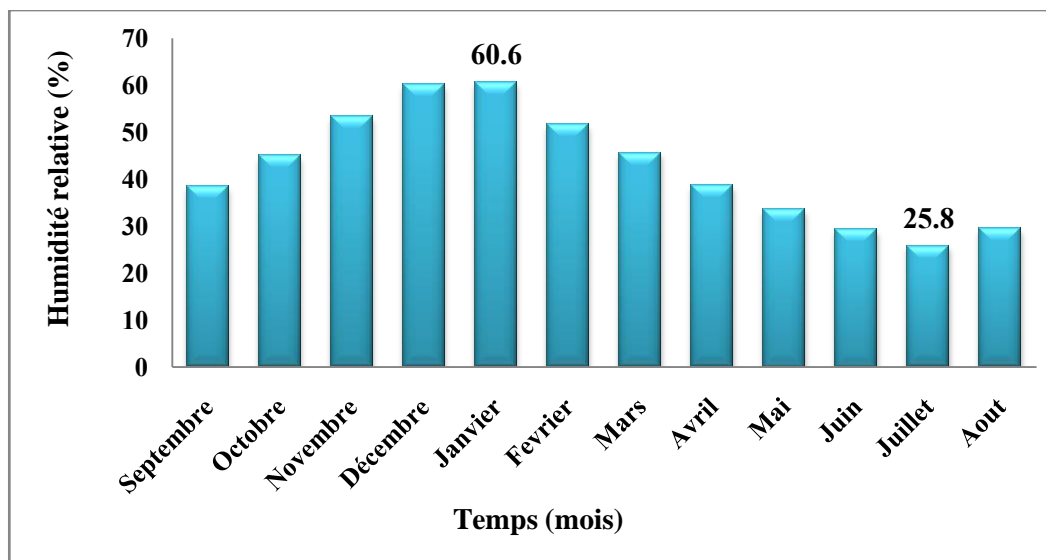
Elle joue un rôle important sur la formation du brouillard, de la rosée et des nuages, et il exprimée en (%).

Le tableau (I-03) représente l'humidité moyenne mensuelle dans la période (2005-2015) :

**Tableau (I-03) : L'humidité relative moyenne mensuelle de l'air (%) en (2005-2015).**

[5]:

Mois	Sep	Oct	Nev	Dés	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Moy
H(%)	38,4	44,9	53,4	60,2	60,6	51,7	45,7	38,7	33,6	29,2	25,8	29,4	42.63



**Figure (I-04) : L'humidité relative de l'air dans la période (2005-2015). [5]**

D'après les données de la station météorologique de Ouargla durant la période (2005-2015), l'humidité relative moyenne de l'aire est l'ordre de 42,63 (%), Max (60,6) dans le mois de Janvier, Min (25,8) dans le mois de Juillet.

### II.1.4. Vitesse du vent :

Le vent est le paramètre physique représentatif des mouvements de l'air, il naît de la différence de pression entre deux masses d'air.

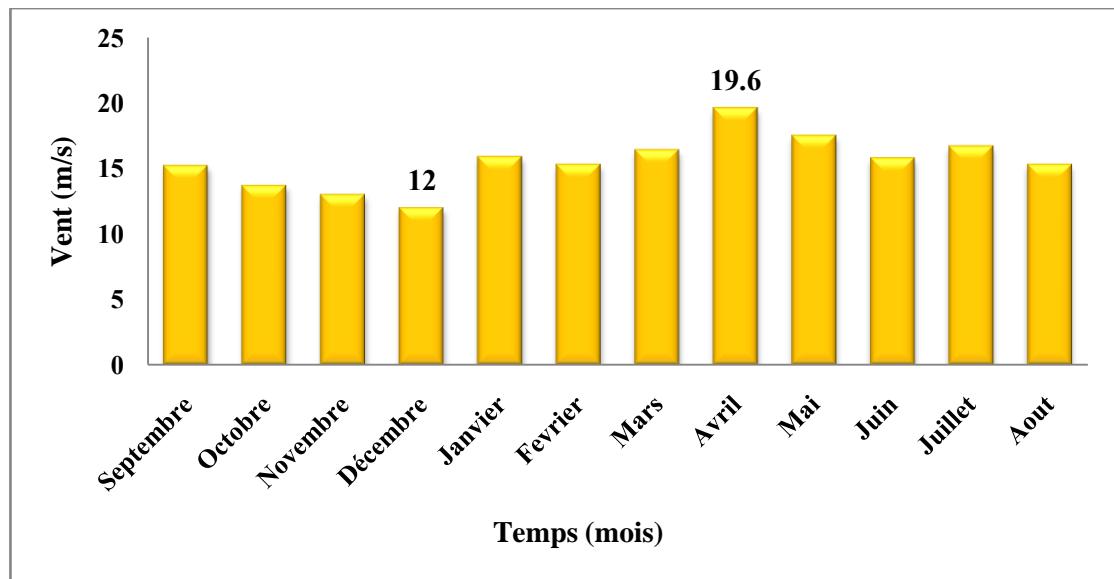
Il se déplace des hautes pressions vers les basses pressions (dépressions).

Vitesse du vent s'exprime soit en mètre par seconde (m/s), ou soit en kilomètre par heure (km/h).

Le tableau suivant représenté la vitesse du vent moyenne mensuelle de la wilaya dans la période (2005-2015) :

**Tableau (I-04): La vitesse moyenne mensuelle de vent (m/s) (2005-2015). [5]**

Mois	Sep	Oct	NEv	Dés	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
V(m/s)	15,2	13,7	13	12	15,9	15,3	16,4	19,6	17,5	15,8	16,7	15,3



**Figure (I05) : La vitesse du vent moyenne en la période (2005-2015). [5]**

D'après les données de la station météorologique de Ouargla durant la période (2005-2015), la vitesse du vent moyenne est l'ordre de 15,53 (m/s), Max (19,6) dans le mois de Avril, Min (12) dans le mois de Décembre.



**II.2. Synthèse climatique :**

**II.2.1. Diagramme Ombro-Thermique de Gaussen :**

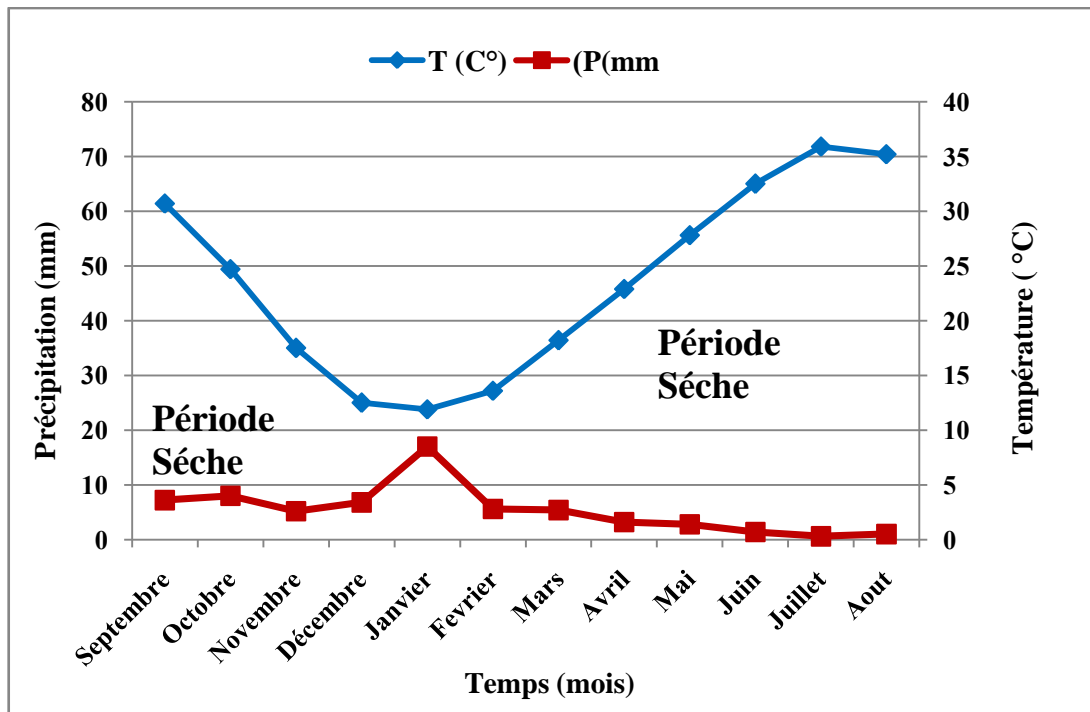
Ce diagramme est établi par Gaussen et Bagnoul dans le but de déterminer les périodes sèches et humides à partir de deux paramètres climatiques : la température et la précipitation.

Si les précipitations moyennes mensuelles d'un mois sont inférieures ou égales au double de températures mensuelles de même mois ( $P \leq 2T$ ), la période est dite sèche [28]

Le tableau au dessous montre les valeurs des précipitations et les températures moyennes mensuelles de la région de Ouargla :

**Tableau (I-05) : Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températures (2005-2015). [5]**

Mois	Sep	Oct	Nev	Dés	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
T(C°)	61,4	49,4	35	25	23,8	27,2	36,4	45,8	55,6	65	71,8	70,4
P(mm)	3,6	4	2,6	3,4	8,5	2,8	2,7	1,6	1,4	0,7	0,3	0,5



**Figure (I-06) : Diagramme Ombro-Thermique de Gaussen de Ouargla dans la période (2005- 2015). [30].**

À travers de cette courbe on remarque que de la région d'étude est caractérisée par une faible précipitation (0,3 mm), et une température très élevée (35,9 °C) au le mois de juillet.

### **II-3- Couverture végétale :**

La végétation naturelle est plutôt due au fait de la nature des sols et leur structure ainsi que le climat. Elle est plus ou moins présente suivant les régions. Ainsi, une végétation arbustive à acacias est rencontrée notamment dans les lits d'oued, les vallées et les alentours des Gueltas.

Selon le service des statistiques de la direction des services agricoles; l'évolution des surfaces agronomiques est comme suite: la surface agronomique totale de la wilaya est de 4877393 ha ; la surface réellement utilisée est de 29839.5 ha ; et jusqu'au l'année 2005 la surface agronomique irriguée est de 17955.5 ha , avec un débit total d'irrigation de 49.7 hm<sup>3</sup>/an.

### **III. Les ressources en eau de la wilaya de Ouargla :**

#### **III.1. Les eaux superficielles :**

Les eaux superficielles ont pour origine soit les eaux de ruissellement, soit les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseaux puis de rivière.

Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, et caractérisés par une surface contacté à l'atmosphère.

##### **III.1.1. Les lacs :**

Est un volume d'eau libre superficiel remplissant une dépression naturelle ou artificielle, sans connexion directe avec les océans et dans lequel le déplacement de l'eau n'est pas unidimensionnel.

Et dans la wilaya de Ouargla il ya lac de Temacine, lac Aïn El Beïda, lac Sidi Slimane et lac Oum Raneb. [5]

##### **III.1.2. Les réseaux hydrographiques :**

Les réseaux hydrographiques est l'ensemble des Oueds qui parcourent la région, soumis à un régime d'écoulement particulier est une composante fondamentale du bassin versant. [32]

Parmi les oueds dans la wilaya de Ouargla: oued mya, oued Righ, oued en Nsa et oued mzab [5].

**III.1.3. Sebkhass et Chotts :**

Le milieu nature est constitué des chotts et des Sebkhass qui sont sur le niveau le plus bas de la cuvette de Ouargla, jouent le rôle de dépression et de décantation. Le chott est constitué de sable siliceux et/ou gypseux et de sols gypseux de surface et sub-surface, tandis que la présence d'une nappe phréatique permanente.

Sur les 99000 hectares que compte la cuvette de Ouargla, la superficie occupée par les zones de sebkhass est évalué à 21000 ha dont 3500 ha représentés par les chotts (lieux d'apparition des eaux stagnantes), parmi les plus importants on distingue le chott Ain Beida, Oum-Er-Raneb et Sebkhett Safioune, les autres sites sont de moins importance comme les Chotts de Saïd Otba et Baur El-Haïcha, les sebkhass de N'Gaussa et Bamendil.[8]

**III.2. Les eaux souterraines :**

Les ressources en eau souterraines du Sahara sont essentiellement constituées de ressources non renouvelables représentées par deux grandes aquifères (CT et CI). Ces deux systèmes hydrauliques fond du Sahara Algérien, une région de Ouargla se caractérise par des ressources en eau souterraine considérée elles réparties comme ce suit. [26]

**III.2.1. Nappe phréatique :**

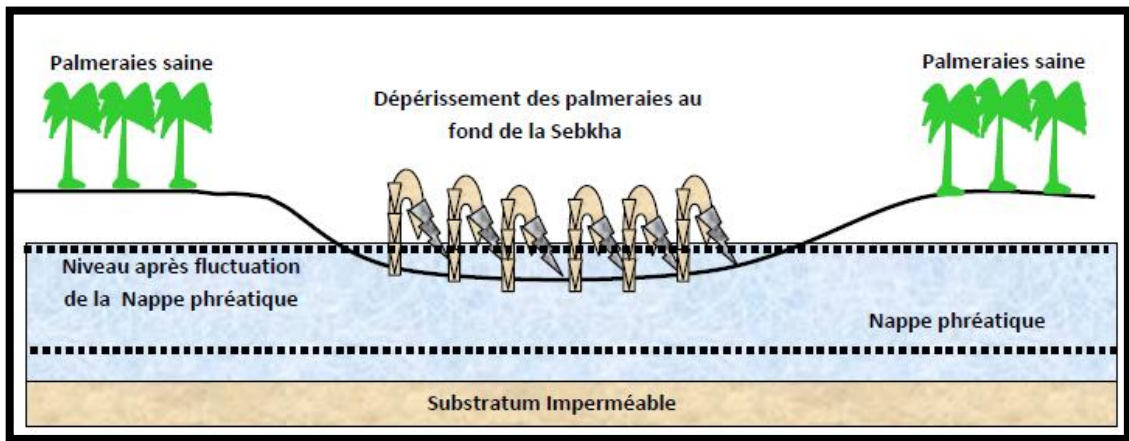
La nappe phréatique repose sur une épaisse couche imperméable, qui s'étend tout au long de vallée de l'Oued m'l'a.[29]

Sa profondeur varie de 1 à 3 m dans les zones urbaines et de 0.5 à 0.9 m dans les zones agricoles. Elle affleure dans les zones hotteuses et peut atteindre 15 ID de profondeur dans certaines zones, les parties les plus basses hautes sont situées au sud et sous la ville de Ouargla et les parties les plus basses sont situées au niveau de sebkhett Safioune pour les plus basse, Leau s'écoule librement des points hauts vers les points bas. C'est-à-dire, du Sud vers le Nord suivant la pente générale de la vallée.[29]

La qualité des eaux de la nappe plrréatique est très dégradée, la conductivité est très forte. Elle augmente en allant du Sud vers le Nord. Les températures des eaux de cette nappe varient généralement entre 15 et 20°C. Leur salinité est relativement faible dans les zones non irriguées et naturellement drainées vers des sebkhass. La salinité de cette de nappe augmente par contre vers les points bas des zones non irriguées et surtout dans les palmeraies irriguées où elle varie en fonction de la salinité de J'eau d'irrigation et de la salure du sol

irrigué et donc principalement en fonction du rapport irrigation drainage. [29]

D'après (BO, 2004):' La qualité des eaux de la nappe phréatique est très dégradée. La conductivité est très forte elle augmente en allant du Sud vers le Nord. A Safioune, la conductivité varie de 199000 à 214000 J.IS/cm à 25°, ce qui correspond à environ 250-300 g/l de sel. Au niveau de N'Goussa, la teneur en sel est d'environ 30 g/l.



**Figure (I-07):** Schéma de la fluctuation de la nappe phréatique [8]

### III.2.2. nappe complexe terminal (C.T) :

Le système aquifère du C.T, couvre la majeure partie du bassin du Sahara septentrional sur environ 350 000km, sa profondeur varie entre 100à400m.

Cette nappe du C.T est composée de trois nappes aquifères, de bas en haut nous avons la nappe du Turonien, la nappe du sénonien et la nappe du Mio-Pliocène.[8]

#### III.2.2.1. la nappe du Turonien:

Elle est formée de calcaire fissuré, et constitue lui aussi un aquifère captif, reconnu sur une épaisseur de 60m reposent sur substratum imperméable du cénonomanien anhydritique et argieux.[8]

#### III.2.2.2 la nappe du sénono-Eocène :

Cette nappe est séparée de la nappe Mio-Pliocène par une couche semi-perméable gypseuse-argileuse. C'est la seconde nappe artésienne du sous-sol de la vallée des oueds, se situe à une profondeur comprise entre 450 à 500 m en moyenne et d'une épaisseur varie entre 120 à 280 m. elle est formée de calcaire poreux à silex très coquilliers, gris jaunâtre à

intercalation de marnes blanches et dolomitiques. La température de ses eaux est de 30°C à la surface. Elle est peu exploitée vu son faible débit.[8]

### **III.2.2.3. La nappe du Mio-Pliocène**

L'exploitation de la nappe de Mio-pliocène est extrêmement ancienne d'une profondeur allant de 70 à 140m, constituée de sables fins à grossiers à graveleux. A intercalation de calcaires blancs tendres et marnes sableuses d'argiles sableuses rosées et passées de gris et de gypse, la température de ses eaux est de l'ordre 23 à 250C.

Elle s'écoule du sud-ouest vers le nord-est en direction de chott Melghir, La salinité de cette dernière varie de 1,8 à 4,6g/l.[8]

### **III.2.2.4. Alimentation :**

Les rapports d'eau s'effectuent essentiellement par infiltration des eaux de ruissellement à la périphérie du bassin hydrogéologique, sur les parcours des oueds qui descendent des reliefs, pour s'écouler sur les formations perméables des affleurements.

Un apport faible mais non négligeable qui provient de l'infiltration de la précipitation en années exceptionnelles, Dans le grand Erg oriental, lequel alimente le Complexe Terminal. [8]

### **III.2.2.5. Exutoire :**

Les exutoires sont constitués principalement par les cristaux de grandes cuvettes d'évaporation drainant ascendante, par les sources qui y émergent et par les prélèvements par pompage à partir de forages. [8]

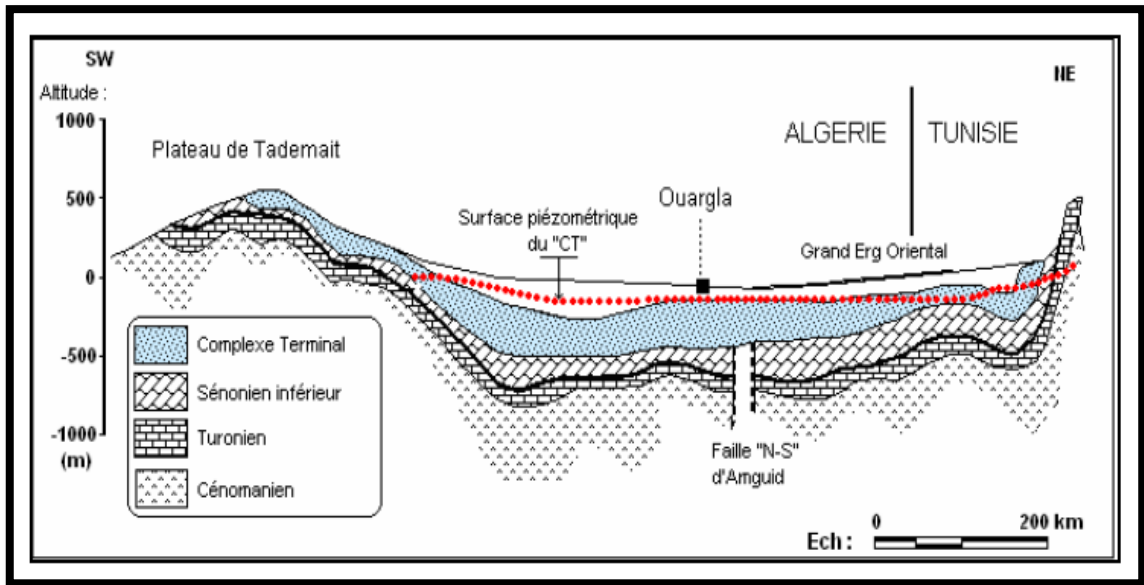


Figure (I-08) : Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972)

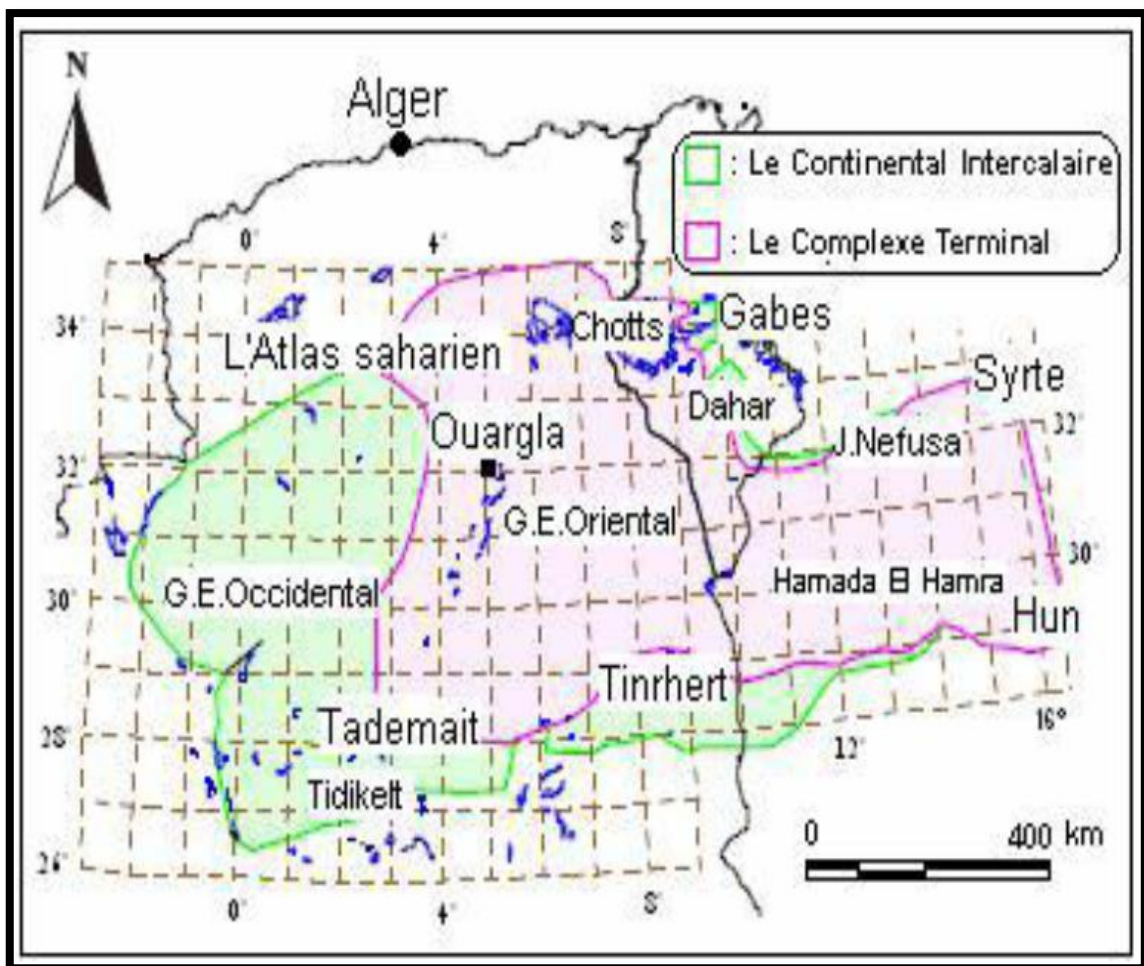


Figure (I-09) : Délimitation du "SASS" (OSS, 2003)

### **III.2.3. Nappe continental Intercalaire (CI) :[8]**

la nappe est de nature gréseuse, sables et argiles. C'est le plus réservoir dans tout le Sahara, d'âge crétacé inférieur (Barrémien et albien), le réservoir s'étend sur une superficie environ 600 000Km<sup>2</sup>, il s'étend sur tout le bassin sédimentaire du Sahara septentrionale, de la vallée d'oued Saoura à l'ouest, en territoire Tunisien et Libyen à l'Est. Au Nord –Est de la dorsal du M'Zab, le toit de l'aquifère est constitué d'argiles et d'évaporites du Cénomaniens, à une continuité sur tout le bassin du Ouargla et d'une épaisseur de 600m environ, d'une profondeur allons de 1200à1500m.

Généralement, les eaux de l'albien sont beaucoup plus chaudes la température est environ 55 c° à forte pression, ce qui pose de nombreux problèmes. Cette nappe est caractérisée par une faible teneur en sel (1.7à2g/l maximum).

La profondeur augmente du Sud au Nord, de 1000m au bas Sahara, à 2000m sous les chotts, provoquant ainsi une forte charge de la nappe sur tout le bassin oriental. Le substratum est constitué de formation argilo-sableuses et argileuses ou carbonatées d'âge de plus récent du Sud vers le Nord.

La carte piézométrique établie lors de l'étude "ERESS" en 1972, montre que cette partie orientale de l'aquifère est alimentée par :

- Le piedmont sud atlasique (au Nord –Ouest de Laghouat);
- Le plateau du Tinrhert.au sud ;
- La plateau du Dahr (tunisie).

#### **III.2.3.1.alimentation :**

les apports d'eau au système s'effectuent :

- Par infiltration des eaux de ruissellement des reliefs à la périphérie du domaine et de précipitation sur les affleurements:
- Au piémonts de l'atls Saharien du Tihert.
- Par transfère de l'aquifère à nappe libre de grande Erg Oriental.

**III.2.3.2.Exutoire :**

l'exutoire principal du système Est au Nord -Est, l'écoulement souterrain vers le Golf de Gabès par les foggaras. S' y ajoutent les débits des fuites à travers le toit de l'aquifère :

faille de la dorsale d'Amguid- EL Biod (0.6m³/s) et les prélèvements par forage.

**III.3. Les forages d'eau dans la région :**

D'après les données de l'ANRAH 2013, le tableau au dessous indique les forages des eaux souterraines dans les nappes de CT et CI :

**Tableau (I-08) : Les forages des eaux souterraines présents dans les nappes (CI) et (CT). [1]:**

Les forages	Exploités	Arrêt	Abandonnés	Manque Information
Continental Intercalaire (CI)	100	36	22	55
Complexe Terminal (CT)	1179	562	179	416
Totale	1279	598	201	471

Selon les données de l'ANRH 2013, 10 forages de nappe Continental Intercalaire (CI) et 90 forages de nappe Complexe Terminal (CT) le tableau présent la distribution les eaux de forage selon les secteurs :

**Tableau (I-09) : Les nombres des forages alimentés par les nappes (CI) et (CT) et utilisés pour les différents secteurs. [1]:**

Continental Intercalaire (CI)				Complexe Terminal (CT)			
AEP	IND	IRR	MIX	AEP	IND	IRR	MIX
9	65	16	10	92	262	735	90

**IV-Généralités sur le palmier dattier :**



#### IV.1. Historique :

Le palmier dattier, *Phoenix dactylifera* L. (Arecaceae), se cultive pour ses fruits dans les régions chaudes, arides et semi-arides du globe [25]. L'origine du palmier cultivé est controversée. Les recherches se poursuivent encore aujourd'hui. Pour ZOHARY et SPIEGEL-ROY (1975) ainsi que ZOHARY et HOPF (1988), l'ancêtre sauvage du palmier dattier est toutefois identifié. Il est distribué sur la frange méridionale chaude et sèche du Proche-Orient, au Nord-Est du Sahara et au Nord du désert d'Arabie. La famille des Arecaceae est apparue au Crétacé supérieur (Sénonien) et le genre *Phoenix* durant le tertiaire (Eocène) [25]. Les fossiles rencontrés aussi bien en Amérique du Nord qu'en Europe plaident pour une origine antérieure à la séparation des continents. Les noyaux de dattes trouvés près des points d'eau de gisements néolithiques semblent indiquer qu'une cueillette avait alors lieu sur des arbres non cultivés. Toutefois, la culture du dattier se pratique depuis 10.000 ans avant J. C. Les Phéniciens ont introduit la culture du palmier dattier en Afrique du Nord. Elle a connu un grand essor chez les Arabes au septième siècle puis pendant le douzième siècle. Pour HILGEMAN (1972) cité par (BOUGUEDOURA, 1979), c'est en 1890 que les palmiers en provenance d'Algérie, d'Egypte et d'Arabie Saoudite ont été introduits aux Etats-Unis.

#### IV.2. Répartition géographique :

La majorité des dattiers près de 50%, se trouve en Asie particulièrement en Iran et en Irak. Le patrimoine phénicicole de l'Afrique du Nord est estimé à 26% du total mondial. Les limites extrêmes de développement du dattier se situent entre la latitude 10° Nord (Somalie) et 39° Nord (Elche en Espagne) [31]. L'aire principale est toutefois comprise entre 24° et 34° latitude Nord, où les meilleures conditions écologiques pour cette espèce sont réunies. Aux Etats-Unis d'Amérique, le palmier dattier se trouve entre 33° et 35° latitude Nord [31]. En Algérie le palmier dattier constitue la principale culture au Sahara algérien entre 25° et 35° latitude Nord. Il occupe toutes les régions situées au Sud de l'Atlas saharien, depuis la frontière marocaine à l'Ouest jusqu'à la frontière tuniso-libyenne à l'Est.

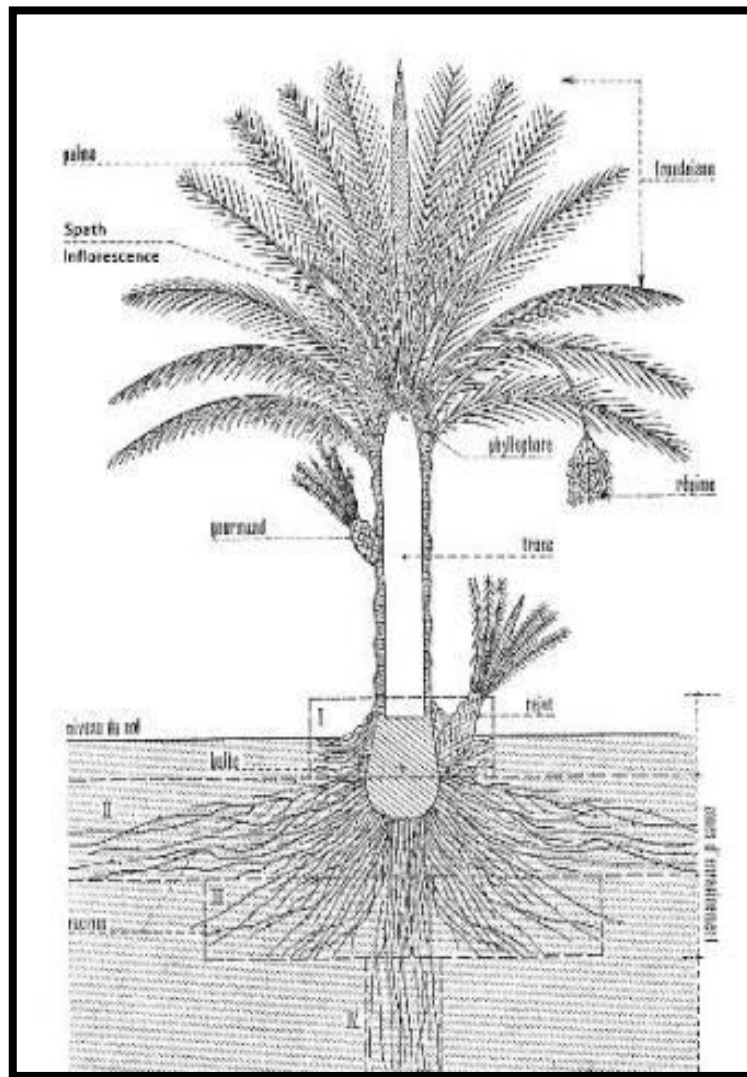
#### IV.3. Taxinomie :

Le palmier dattier a été dénommé *Phoenix dactylifera* par LINNEE en 1734, *Phoenix* dérivant de phoenix qui est le nom du dattier chez les grecs de l'antiquité, et dactylifera venant du latin dactylus issu du grec daktulos. *Phoenix dactylifera* signifie doigt en référence à la forme du fruit [25]. Le dattier est une plante Angiosperme monocotylédone de la famille

des Arecaceae (1832), anciennement nommée Palmaceae (1789). C'est l'une des familles de plantes tropicales les mieux connues sur le plan systématique. Elle regroupe 200 genres représentés par 2700 espèces réparties en six sous familles.

Le palmier appartient à la sous-famille des Coryphoidea subdivisée en trois tribus. Il est le seul genre de la tribu des Phoeniceae. Le genre Phoenix comporte douze espèces [25].

**IV.4.Morphologie le palmier dattier :**



**Figure (I-10) : Morphologie du palmier dattier [25]**

- I : Zone des racines respiratoires
- II : Zone des racines de nutrition
- III : Zone des racines d'absorption
- IV : Zone des racines d'absorption en profondeur

**IV.4.1. Système racinaire :**

La principale étude de l'organisation du système racinaire est celle de MUNIER (1973).

Ce système racinaire ne comporte pas de ramifications. Il présente, en fonction de la profondeur quatre zones:

- **Zone 1 ou racines respiratoires:** A moins de 0,25 m de profondeur, les racines peuvent émerger du sol.
- **Zone 2 ou racines de nutrition:** Les racines se trouvent à une profondeur pouvant aller de 0,30 m à 1,20 m.
- **Zone 3 ou racines d'absorption:** Les racines rejoignent le niveau phréatique.
- **Zone 4 ou racines d'absorption de profondeur:** Les racines caractérisent par un géotropisme positif très accentué. Elles peuvent atteindre une profondeur de 20 m [25].

#### **IV.4.2. Système végétatif aérien :**

Le tronc ou stipe monopodique, est généralement cylindrique. Il est toutefois tronconique chez certaines variétés. Il porte les palmes qui sont des feuilles composées et pennées issues du bourgeon terminal. Chaque année, apparaissent 10 à 20 feuilles. Une palme vit entre 3 et 7 ans [25].

#### **IV.4.3. Organes floraux :**

Le dattier comme toutes les espèces de la tribu des Phoeniceae, est dioïque [25]. D'après BEAL (1937), il est diploïde avec  $2n = 36$  parfois  $2n =$

$16$  et  $2n = 18$ . Les fleurs du dattier sont portées par des pédicelles rassemblés en épi composé appelé spadice, enveloppé d'une grande bractée membraneuse entièrement fermée, la spathe.

La spathe s'ouvre d'elle-même suivant une ligne médiane. Chaque spadice ne comporte que des fleurs du même sexe. Les spathes sont de forme allongée. Celles des inflorescences mâles sont plus courtes et plus renflées que celles des inflorescences femelles [31].

#### **IV.4.4. Fruit ou datte :**

La datte est une baie composée d'un mésocarpe charnu protégé par un fin épicarpe.

L'endocarpe se présente sous la forme d'une membrane très fine entourant la graine, appelée communément noyau [25]. La datte provient du développement d'un carpelle. Après la fécondation, la nouaison se produit et le fruit évolue en changeant de taille, de poids, de couleur et de consistance [25]. signale différents stades d'évolution de la datte:

- **Stade Loulou:** Il commence après la fécondation. Les dattes ont alors une croissance lente, une couleur verte et une forme sphérique. Il dure 4 à 5 semaines.

- **Stade Khalal:** C'est un stade de sept semaines environ. Il se caractérise par une croissance rapide en poids et en volume. Les fruits ont une couleur vert vif et un goût âpre à cause de la présence de tanins.

- **Stade Bser:** Il se caractérise par une accumulation de sucres se traduisant par un goût sucré du fruit. La datte vire du vert au jaune ou rouge selon les cultivars. Son poids n'augmente que faiblement, et diminue même à la fin du stade qui dure 3 à 5 semaines.

- **Stade Mertouba:** Chez certains cultivars le stade Mertouba correspond à la datte mûre. Le poids et la teneur en eau diminuent, et la couleur devient brune au cours des 2 à 4 semaines de cette phase.

- **Stade Tmar:** C'est le dernier stade correspondant à la maturation de la datte.

La teneur en eau continue à diminuer et la couleur devient plus foncée, surtout chez les dattes molles et demi-molles. Pour les variétés sèches, la couleur du fruit reste toutefois claire.

Le poids, les dimensions, la forme et la couleur de la datte varient en fonction des cultivars et des conditions de culture. La consistance constitue aussi une caractéristique du cultivar car la datte peut être molle, demi-molle ou sèche. La chaire de la datte mûre est composée en majorité de sucres soit 70% à 75% du poids sec sans la graine. Il s'agit du saccharose, du glucose, du galactose, du xylose, etc. Le taux d'humidité du fruit est inférieur à 40% au stade de maturité, quelle que soit la consistance (molle, demi- molle).

ABDEL SALAM (1994) cité par BENMEHCENE (1998), rapporte que la datte est riche en vitamine A, moyennement riche en vitamine B1, B2, B7, et pauvre en vitamine C. Elle contient des éléments minéraux, surtout du potassium, mais aussi du phosphore, du calcium et du fer.

#### IV.4.5. Ecologie du palmier dattier :

Le palmier dattier ne vit pas en région tropicale humide comme certaines Arecaceae, mais en région subtropicale sèche. Spontané dans la plupart des régions du vieux monde où la pluviométrie est inférieure à 100 mm par an. Il a été introduit dans de nombreuses autres régions notamment en Argentine, au Brésil, en Afrique du Sud, aux USA, etc. [25]. Malgré cette adaptation aux zones sèches, le palmier ne peut vivre sans eau souterraine disponible et/ou sous irrigation. Il est donc considéré comme une plante phréatophyte et héliophile. Il peut encore vivre et être productif en altitude, comme dans les oasis du plateau du Tassili et du Tibesti qui atteignent 1000 à 1500 m d'altitude [25].

#### IV.5. Exigences climatiques :

Le palmier dattier est une espèce thermophile. Son activité végétative se manifeste à partir de 7°C à 10°C. selon les individus, les cultivars et d'autres paramètres climatiques [25]. Elle atteint son maximum vers 32°C, et commence à décroître à partir de 38°C. La floraison se produit après une période fraîche ou froide, quand la température redevient assez élevée et atteint un seuil appelé le zéro de floraison. Ce seuil varie entre 17°C et 24°C en fonction des cultivars et des régions. La nouaison des fruits se fait à des températures journalières supérieures à 25°C. La somme des températures nécessaires à la fructification (indice thermique) est de 1000 à 1860°C. Selon les régions phoenicicoles. Elle est de 1854°C à Touggourt et 1620°C à Béchar [25]. La période de fructification, de la nouaison à la maturation des dattes, dure de 120 à 200 jours selon les cultivars et les régions. Le dattier est par ailleurs une espèce héliophile. La disposition de ses folioles facilite la photosynthèse et le développement des organes végétatifs, est possible sous une faible luminosité. La production de dattes demande par contre une grande luminosité et les fortes densités de plantation sont donc à déconseiller. L'humidité de l'air joue un rôle sur la biologie du dattier [25]. Les humidités faibles (inférieures à 30%) stoppent le processus de fécondation et provoquent le dessèchement des dattes au stade de maturité. Les humidités fortes (supérieures à 70%) provoquent la pourriture des inflorescences et des dattes [25].

De même, les vents exercent une action mécanique sur les arbres et accélèrent le dessèchement des dattes. Ils augmentent la transpiration du palmier et provoquent la brûlure des jeunes pousses. Ils ont une action sur la propagation de quelques déprédateurs du palmier dattier comme *Ectomyelois ceratoniae* [25].

#### **IV.6. Exigences hydriques :**

Bien que cultivé dans les régions les plus chaudes et les plus sèches du globe, le palmier dattier recherche toujours les endroits où les ressources hydriques du sol sont suffisantes pour subvenir à ses besoins au niveau racinaire. Considérant qu'un hectare de palmier compte en moyenne 100 pieds, les besoins en eau d'irrigation à l'hectare varient suivant les sols, les régions et le niveau des nappes souterraines de 15000 à 18000 m<sup>3</sup> à 30 à 40000m<sup>3</sup> par hectare et par an [25].

#### **IV.7. Exigences pédologiques :**

Le palmier dattier s'accommode aux sols des diverses terres cultivables de régions désertiques et subdésertiques. Il croit plus rapidement en sol léger qu'en sol lourd. Il préfère un sol neutre, profond, bien drainé et assez riche ou susceptible d'être fertilisé [31]. Il est très tolérant au sel (chlorure de sodium et de magnésium) [25]. Le dattier supporte des sols et des eaux salés jusqu'à 15.000 ppm\* de sels dans la solution de sol; au-dessus, il peut se maintenir, mais végétera; à 48.000 ppm, il meurt.

Les qualités physico-chimiques recherchées aux sols de palmerais selon [25].

- La perméabilité : Le sol doit permettre la pénétration de l'eau, à une profondeur de 2 à 2.5m
- La profondeur : le sol doit avoir une profondeur minimale de 1.5 à 2 m.
- La topographie : pour une meilleure association irrigation drainage, le sol doit avoir une pente de 2 à 6%.
- La salinité : la croissance est normale à une teneur en sels de la solution du sol de 10%(10g/l), il peut tolérer une concentration de 15%, au-delà de cette dernière valeur , le pied commence à flétrir a 30%, il n'y aurait pas de production, le flétrissement continue et à 48% le dattier meurt.
- PH : il doit être neutre ou faiblement alcalin.

## **Conclusion**

Dans cette partie nous avons défini les données nécessaires concernant notre région du point de vue topographie, géologie, démographie ainsi que la situation hydraulique.

# *Chapitre II*

---

*Etude bibliographique*

---



**Introduction :**

La desserte adéquate en eau est essentielle pour la croissance ou le développement végétatif des cultures. Lorsque les précipitations sont insuffisantes, l'irrigation serait nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures. Il existe actuellement plusieurs méthodes d'irrigation pour la desserte en eau des cultures. Chaque méthode présente en même temps des avantages et des inconvénient, qui doivent être pris en considération lors de la sélection de la méthode qui s'adapte le mieux aux conditions locales.

La méthode d'irrigation la plus élémentaire consiste à transporter l'eau à partir de la source d'alimentation, un puits, à chaque plante avec un seau ou un arrosoir.

Cette méthode nécessite une main-d'œuvre importante, un long travail et un grand effort.

Cependant, elle est fortement convenable pour l'irrigation des petits jardins de légumes, à proximité immédiate de la source d'eau.

L'irrigation des grandes superficies, ou des périmètres d'irrigation, nécessite le recours à d'autres méthodes d'irrigation plus perfectionnées. Les trois techniques les plus couramment utilisées sont : l'irrigation par aspersion, l'irrigation au goutte à goutte et l'irrigation de surface

[10]

**Irrigation par aspersion**

**Irrigation au goutte à goutte**

**Irrigation de surface:** irrigation par bassins

irrigation par sillons/à la raie

irrigation par planches

## **I .Irrigation par aspersion :**

La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle.

## **II. Irrigation au goutte à goutte :**

L'irrigation au goutte à goutte consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisations, généralement en PVC; cette eau est ensuite distribuée en gouttes au champ par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations. La zone humidifiée du sol est celle située au voisinage immédiat des racines des plantes. Par conséquent, cette méthode d'irrigation a un haut degré d'efficacité de distribution d'eau. L'irrigation au goutte à goutte est aussi appelée micro-irrigation.

## **III- Irrigation de surface :**

L'irrigation de surface consiste à amener l'eau au point le plus haut du terrain et à la laisser s'écouler par gravité. L'eau est ensuite distribuée au champ, soit par submersion (irrigation par bassins), soit dans des sillons en terre (irrigation par sillons) ou bien par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage (irrigation par planches).

### **III-1- Irrigation par bassin :**

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, à fond à peu près plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou levées. Ces levées sont conçues pour empêcher le passage de l'eau aux champs adjacents. Cette technique est utilisée, d'une façon générale, pour l'irrigation des rizières sur terrain plat, ou des terrasses à flanc de coteau. La méthode par bassins est aussi utilisée pour l'irrigation des arbres fruitiers; dans ce cas une petite cuvette (bassin) est aménagée autour de chaque arbre. En général, cette technique d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent tolérer la submersion par les eaux pour une longue durée (e.g. 12-24 heures).

### **III-2- Irrigation par sillons/à la raie :**

Les sillons sont des petites rigoles en terre, aménagées dans le sens de la pente du terrain, pour transporter l'eau entre les rangées de cultures. L'eau s'infiltré dans le sol, principalement par les côtés du sillon, tout le long de son trajet dans le sens de la pente du terrain.

Généralement, les plantes sont cultivées sur les billons séparant les sillons. Cette technique est valable pour l'irrigation de toutes les cultures en lignes et pour toutes les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux de leur feuillage ou de leur collet pour une longue durée (e.g. 12-24 heures).

Les sillons sont alimentés par des prises d'eau aménagées sur les berges du canal d'amenée. Ces ouvrages de prise peuvent être soit de simples ouvertures aménagées sur les berges du canal d'amenée, soit des siphons, ou bien des tuyaux d'alimentation passant à travers la berge du canal d'amenée.

### **III-3-Irrigation par planches :**

L'irrigation par planches est contrôlée par la méthode de submersion superficielle, la surface est divisée en bandes séparées par des digues parallèles, et chacune est irriguée séparément. L'analyse et la conception des techniques d'irrigation par planches sont sujets de recherches et suivies approfondies depuis ces dernières décennies. La théorie hydraulique de l'irrigation par planche est actuellement comprise et connue. Cette connaissance résulte essentiellement de l'application des équations de l'écoulement superficiel de l'eau sur la surface irriguée. [32]

#### **III-3-1-Caractéristiques de l'irrigation par planches**

Les planches rectangulaires reçoivent généralement l'eau par le côté frontal ou latéral. Le liquide coulant doucement, en nappe mince, pendant toute la durée de l'infiltration, est canalisé par des billons ou levées qui suivent le sens de la longueur. La partie inférieure est ouverte, les billons latéraux s'arrêtent quelques mètres avant la fin de la planche et un canal de colature recueille les eaux en excès [32]. C'est le cas des planches ouvertes.

Dans les planches fermées au fil de l'arrosage le volume d'eau ayant pénétré dans la planche se répartit en un volume stocké en surface, qui augmente avec la longueur humectée et un volume infiltré qui augmente avec le temps.

C'est l'une des méthodes les plus recommandables en grande culture, mais elle ne s'adapte aux pentes que dans des limites assez étroites de 1.25 à 6 p.1000 pour les cultures sarclées avec optimum situé au voisinage de 3 p.1000. les cultures couvrantes, qui résistent mieux à l'érosion, acceptent des pentes plus accentuées : difficulté, avec les plus fortes de ces pentes, réside dans l'arrosage au moment de l'installation de ces cultures, lorsque le terrain n'est pas

encore fixé par les racines. Dans les régions sèches, l'irrigation préalable ne suffit pas toujours pour assurer une bonne levée. Il faut donc adopter provisoirement un autre système d'irrigation, pluie, petits sillons, etc...., tant que la plante n'est pas bien établie. On peut également semer une plante fixatrice, comme le seigle, que l'on fauche fréquemment pour qu'elle ne gêne pas la culture de fond. [32]

Dans le sens transversal, la planche doit être horizontale afin d'assurer un étalement uniforme de la masse liquide sur toute la largeur. On tolère cependant 2p.1000 et au plus, 2.5cm entre levées.

Dans le sens longitudinal, sur une distance égale à la largeur de la planche, une partie horizontale oblige l'eau à s'étaler dès sa sortie du canal auxiliaire d'alimentation, sortie qui s'effectue par une ou plusieurs ouvertures. Le terrain offre ensuite une pente uniforme, qui peut aller en s'accroissant légèrement vers le bas pour conserver une vitesse d'écoulement suffisante. [32]

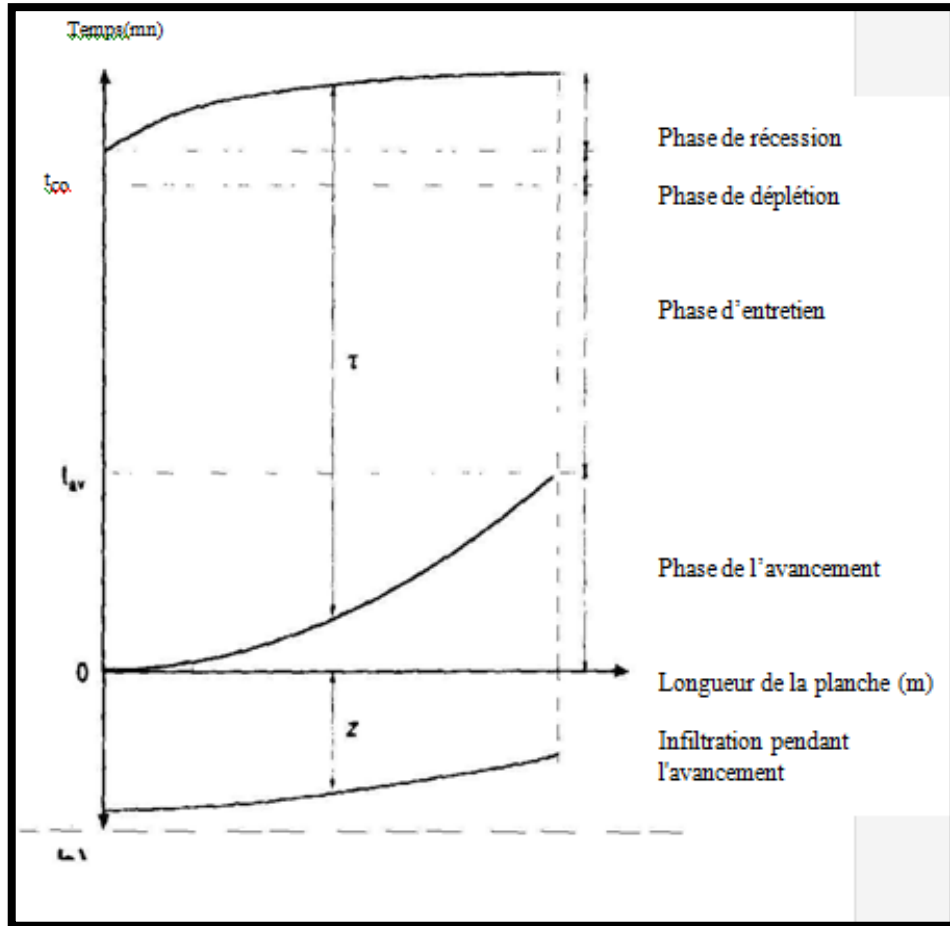
### **III-3-2- Analyse des approches techniques de l'irrigation par planches :**

#### **III-3-2-1- Description physique de l'irrigation superficielle**

Pendant irrigation superficielle dans les planches, un écoulement continu d'eau, est dirigée de la tête d'un fossé c.-à-d. du plus haut côté du terrain, en un écoulement gravitaire sur la surface de la terre vers le côté inférieur du terrain. [2,6,12,14,19]

Ce cycle entier de l'irrigation est partagé en quatre phases : ( figure N° II-1)

- Phase de l'avancement
- Phase de stockage ou de l'entretien
- Phase de la déplétion ou de l'épuisement
- Phase de la récession



**Figure (II-1) :** phases de l'irrigation : courbes de l'avancement, de la récession et des hauteurs d'eau infiltrées

**1- Phase de l'avancement :** Pendant un tel écoulement une partie de l'eau qui s'écoule sur la surface du terrain s'infiltré dans le sol pendant que le reste continue à s'écouler en mouillant pendant l'avancement de nouvelles parties du terrain à irriguer en aval. ( $t_{av}$ )

L'avancement continue à l'aval jusqu'à ce que le front mouillant atteigne l'extrémité inférieure du terrain.

**2 - Phase de stockage ou d'entretien :** le stockage commence à se former superficiel si l'écoulement courant est obstrué comme c'est le cas des planches fermées. ( $t_{co}$ )

La phase de stockage commence donc lorsque le front d'avancement atteint l'extrémité aval, et l'écoulement de l'eau sur le terrain continue jusqu'à ce qu'une quantité suffisante d'eau soit introduite pour couvrir les grandes exigences en eau du terrain.

Cette phase continue jusqu'à l'arrêt de débit entrant.

**3- Phase de la déplétion ou d'épuisement :** La phase de déplétion de l'irrigation superficielle commence dès que l'écoulement est arrêté, jusqu'à l'instant où l'eau commence à disparaître en amont de la planche.

**4- Phase de la récession :** La phase de récession correspond à la période pendant laquelle l'eau disparaît dans la planche et le front d'eau fuyant se poursuit vers l'aval jusqu'à atteindre l'extrémité.

### III-3-2-2-Résolution du problème de l'irrigation superficielle

Il existe plusieurs méthodes de résolution du problème de l'irrigation superficielle, nous avons opté pour la méthode de bilan en volume (ou profondeur moyenne d'écoulement) vu que la méthodologie est très simple dans son application.

Le modèle mathématique dépend de la disponibilité des données de terrain, de l'exactitude de la prédiction et de la base théorique du modèle. [6,7].

Ce modèle détermine l'avancement et l'infiltration pendant le stockage.

### III-3-3-Paramètres nécessaires pour le développement du modèle mathéma-

#### tique :

Plusieurs paramètres sont nécessaires pour le développement d'un modèle mathématique dans l'irrigation superficielle et leur interaction détermine le rendement du point de vue technique et économique. Une estimation juste de l'effet de chacun de ces paramètres dans le résultat final de l'irrigation actuelle est très difficile. Les paramètres sont[23] :

- Les caractéristiques de l'infiltration de sol :  $a$  et  $K$
- Le coefficient de rugosité :  $n$
- La pente moyenne du fond de la planche dans le sens de l'écoulement :  $S_0$
- La longueur de la planche :  $L$
- L'écartement entre les planches :  $w$
- Le débit entrant :  $q_0$  ;
- Le temps de son application :  $t_a$
- La profondeur de l'eau exigée dans la zone racinaire des plantes  $d_n$ .

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, on a donné un aperçu étudié tous les types d'irrigation, dans notre cas on opté l'irrigation par planche mais avec une largeur seulement d'un mètre.

# *Chapitre III*

---

*Etude du sol*

---



**Introduction :**

La région de Ouargla est caractérisée par des sols légers, à prédominance sableuse et à structure particulière.

Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin et une bonne aération .[29]

D'après (HALILAT, 1993), la typologie des sols généralement rencontrés à Ouargla fait partie des trois groupes suivants :

- Les sols sal-sodiques.
- Les sols hydromorphes.
- Les sols à minéraux bruts.

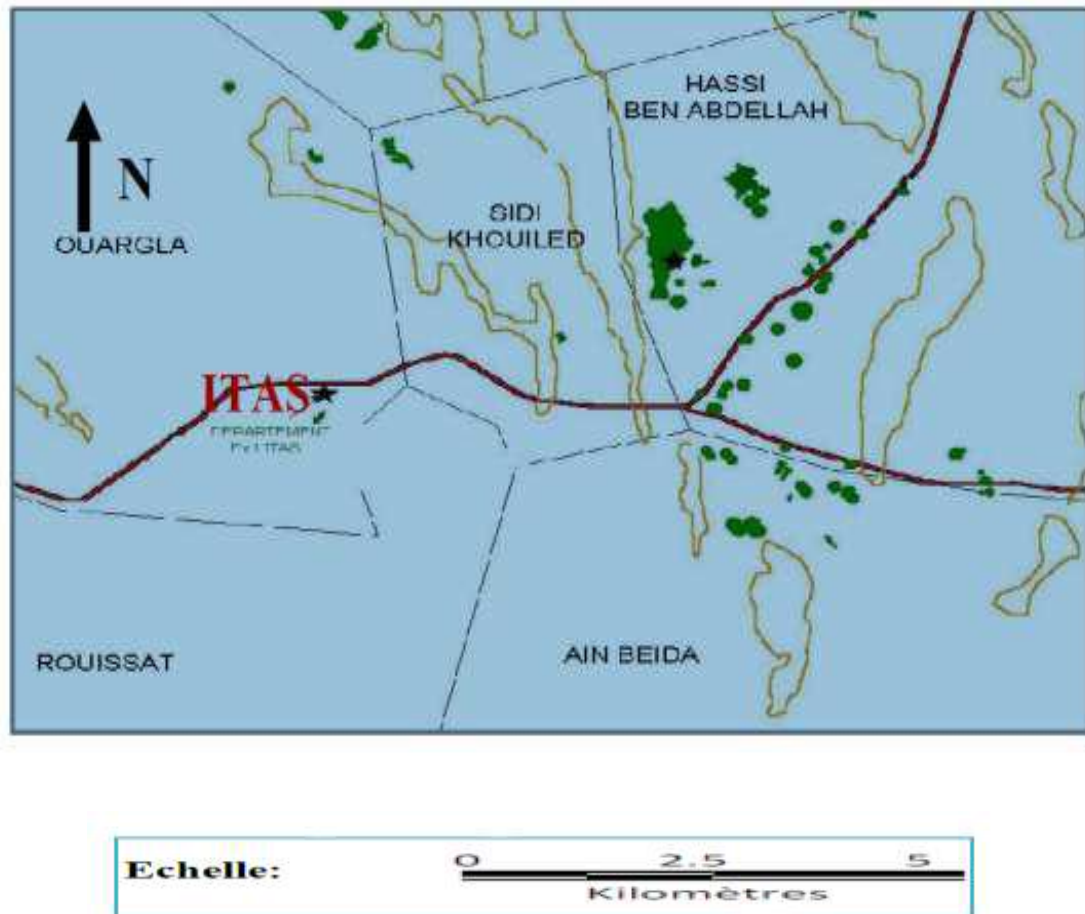
**I. Caractéristiques de station étude :**

La zone d'étude (l'exploitation de l'université de Ouargla( I.T.A.S)

Station sont localisée dans l'exploitation de l'université de Ouargla ,est située à 06 Km. Au sud est du centre-ville de Ouargla l'exploitation se présente sous forme d'un glacis d'un grande homogénéité topographique ses coordonnées sont les suivantes:

- Latitude:31°,57°Nord
- Longitude:5°,20° Est.
- Les altitudes sont comprises entre 132.5et 134.0m [21]

L'exploitation se trouve dans une zone peu élevée, à bordure d'une chotte. La dénivelé topographique entre la chotte et l'exploitation est d'environ 2m avec quelque contre pentes.



**Figure (III-01) :** Situation géographique de l'exploitation de l'université d'Ouargla

### **I-1-La superficie :**

L'exploitation agricole de l'ITAS est à une superficie de 32 hectare, dont les 14.4 hectare sont aménagés, répartis sur quatre secteurs notés A, B, C et D. Chaque secteur occupe une superficie de 3.5 hectare et ils sont cultivés essentiellement en palmier dattier, à l'exception de quelques mètres carrés en secteur A qui sont exploités en plasticulture. Le reste se trouve inexploité et correspond à l'extension des secteurs E, F, G, H.

### **I-2-Sol :**

Il est caractérisé par une texture sablo-limoneuse, structure particulière à mauvaise consolidation et présence à certains niveaux de croûtes ou encroûtements gypseux, il a des conductivités électriques élevées pour les sols sous palmiers et très élevées pour le sol hors palmier (3.34 à 9.16 ds/m).

Et la teneur en matière organique insignifiante (0.57 à 0.73%) ; des pH neutres à faiblement alcalins (7.73 à 8.70) et un faciès chimique sulfaté-sodiques.

## **II- L'irrigation :**

L'irrigation de la palmeraie est assurée par deux forages :

Forage 1 (sénonien), c'est le forage le plus ancien, réalisé en 1959. et il est situé dans le secteur A2 au nord-est du secteur B1, il est équipé d'une pompe immergée et sa profondeur est de 188.8m, le débit est de 40l/s.

Forage 2 est situé au nord Est du secteur A1 et il est réalisé en 1986. il est d'une profondeur de 68m, avec un débit 18 l/s et une température de 17°C.

### **II-1-Méthodes utilisées dans l'exploitation :**

- Les méthodes développées se font à travers :
- La caractérisation des méthodes principales ; irrigation à la raie, par bassin et par planches
- Les aspects théoriques
- Les modèles de simulation.

Les méthodes les plus utilisées sont l'irrigation par planches et l'irrigation par bassins

### **II-2-Technique d'arrosage par planche :**

Cette technique, est caractérisée par:

- Facilité des travaux cultureux
- Economie de main d'œuvre
- Exécution Facile de l'irrigation

## **III-Caractéristiques physique du sol :**

Avant le façonnage des planches, nous avons vérifié à l'aide d'une tarière à 2.5m de profondeur s'il n'existe pas de couches imperméables ou de nappe d'eau dans le sol expérimental. Puis nous avons déterminé les caractéristiques du sol suivantes :

- Granulométrie
- Densité
- Porosité
- Perméabilité
- L'humidité initiale

Les échantillons ont été prélevés en Mars 2017 et les analyses nécessaires ont été déterminées au laboratoire de l'institut d'hydraulique et au Laboratoire des Travaux Publics du Sud (L-T-P-S) à Ouargla.

### III-1-Analyse granulométrie du sol :

C'est la détermination du pourcentage en poids des éléments de différents diamètres. Les échantillons ont été prélevés au milieu des planches à l'aide d'une tarière à des profondeurs de : 0÷30cm ; 30÷60cm et 60cm÷100 cm, à partir de la surface du sol. Les résultats sont portés sur tableaux et graphes : voir le tableau

(III-01)

D'après le diamètre des particules, on discerne les groupes granulométries suivants :

(d'après Association Internationale)

Colloïdes.....	<. 2 $\mu$
Limon .....	2 $\mu$ <. 20 $\mu$
Sable fin .....	0.02 ÷ 0.2 mm
Sable grossier.....	0.2 ÷ 2 mm
Gravier.....	> 2 mm

Le tableau (III-01) donné le pourcentage des différents groupes granulométries.

Le sol du site expérimental a donc une texture sableuse, caractérisée par un sol bien aéré, facile à travailler.

Tableau (III-01) : granulométrie des échantillons du site expérimental (05/03/2017)

Poids de l'échantillon	Echantillon	Tamis (mm)	Poids refus partiels (g)	Poids refus cumulés (g)	Poids refus cumulés(%)	Complément à 100	Tamisats %
300g	0-30	5	0	0	0	100	100
		2	3.13	3.13	1.043	98.957	100
		1	3.46	6.59	2.20	97.8	98
		0.4	32.73	39.32	13.106	86.89	87
		0.2	161.88	201.2	67.066	32.93	33
		0.1	53.77	254.97	84.99	15.01	15
		0.08	7.75	262.72	87.573	12.427	12
	30-60	5	0	0	0	100	100
		2	0.71	0.71	0.236	99.76	100
		1	1.20	1.91	0.636	99.36	99
		0.4	10.19	12.1	4.033	95.967	96
		0.2	79.74	91.84	30.6	69.4	69
		0.1	90.56	182.4	60.8	39.2	39
		0.08	1.82	184.22	61.406	38.594	39
	60-100	5	0.16	0.16	0.053	99.94	100
		2	1.12	1.28	0.426	99.574	100
		1	1	2.28	0.76	99.24	99
		0.4	6.35	8.63	2.876	97.124	97
		0.2	49.99	58.62	19.54	80.46	80
		0.1	36.47	95.09	31.69	68.31	68
		0.08	1.46	96.55	32.183	67.817	68

### III-2-Densité :

La densité apparente est égale au rapport de la masse de l'échantillon sec sur le volume apparent (c'est-à-dire il correspond à l'enveloppe externe de l'échantillon considéré) ; et la densité réelle est égale au rapport de la masse de l'échantillon sec sur le volume réel (c'est-à-dire le volume occupé par la matière solide)

Pour la détermination des densités apparente et réelle, on a creusé entre les planches des fosses de un (1) mètre carré, et les échantillons ont été prélevés délicatement à l'aide de petits cylindres métalliques aux profondeurs :  $0 \div 30\text{cm}$  ;  $30\text{cm} \div 60\text{cm}$  et  $60\text{cm} \div 100\text{cm}$ , à partir de la surface du sol. Les résultats des densités sont donné dans le tableau ( III-02- )

Tableau (III-02) : La densité apparente

<b>Volume du récipient (cm<sup>3</sup>)</b>	161.24		
<b>Echantillon</b>	0-30	30-60	60-100
<b>Poids moyen M=(P1+P2+P3+P4)/4 (g)</b>	185.43	182.2	177.36
<b>Masse volumique apparente P/V (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.15	1.13	1.1

**III-3- Porosité :**

La porosité P est le rapport du volume non occupé par de la matière solide sur au volume total. (Les résultats de porosité sont donnés dans le tableau III-03- )

Tableau III-03 : Valeurs de la porosité

<b>Poids</b>	Nombre de cylindre	1	2	3	4
<b>A</b>	Densité apparent (g/cm <sup>2</sup> )	1.15	1.14	1.15	1.16
<b>B</b>	Densité réelle (g/cm <sup>2</sup> )	1.61	1.61	1.56	1.59
<b>P%=(D-d)/D*100</b>	Porosité de sol (%)	28.57	29.19	26.28	27.04

Donc la valeur de porosité de sol égale P= 27.77

**III-4- Perméabilité :**

La perméabilité est au point de vue théorique, la faculté que possède un sol, préalablement imbibé, de se laisser traverser par un courant d'eau libre. Elle conditionne la vitesse verticale de l'eau vers les parties profondes.

Lorsqu'on irrigue, l'eau pénètre d'abord rapidement dans le sol sous l'influence d'un effet de buvard. Dans le cas général, les éléments gorgés d'eau se gonflent, la section des interstices diminue, la pénétration se ralentit après un temps plus ou moins long. Lorsqu'une certaine épaisseur de terre est saturée, un équilibre s'établit, la vitesse d'écoulement du liquide en profondeur devient constante, c'est alors la perméabilité stabilisée qui agit. :

On peut déterminer les courbes de perméabilité, en utilisant le double anneau.

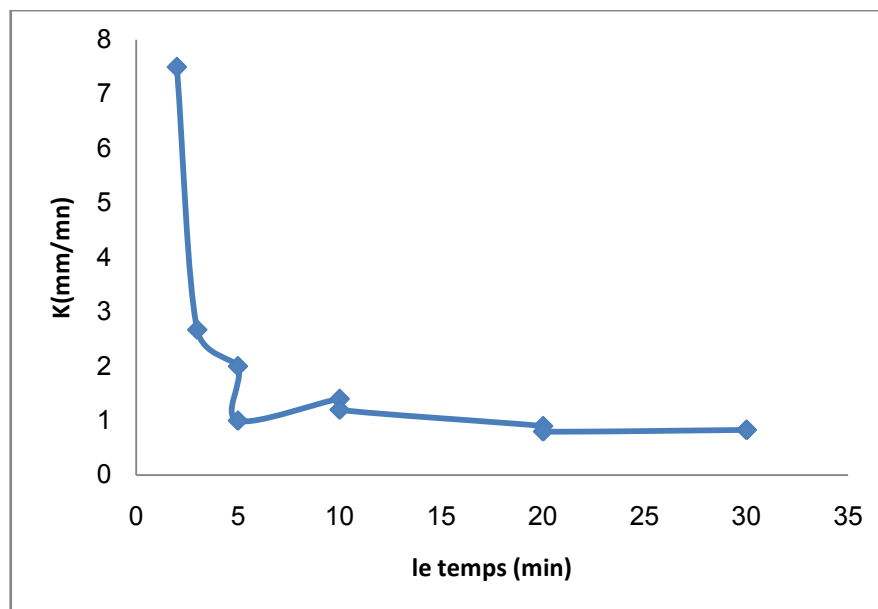
On a donc :

- h1 la hauteur d'eau absorbée au temps t1
- h2 la hauteur d'eau absorbée au temps t2
- On détermine la différence entre deux hauteurs consécutives  $\Delta h$ .

Les résultats sont donnés dans le tableau ( III-04-)

**Tableau III-04** : Moyenne de plusieurs expérimentations au milieu des planches à étudier.

le temps (mn)	le temps cumulé	Niveau Dynamique	Niveau statique	Profondeur (mm)	Perméabilité	
					(mm/min)	(mm/h)
0	0	100	100	0	0	0
2	2	87	100	1,3	7,5	450
3	5	92	100	8	2,67	160,2
5	10	90	100	10	2	120
5	15	95	100	5	1	60
10	25	86	100	14	1,4	84
10	35	88	100	12	1,2	72
20	55	82	100	18	0,9	54
20	75	84	100	16	0,8	48
30	105	75	100	25	0,83	49,8
30	135	75	100	25	0,83	49,8



**Figure (III-02)** : schéma montre les valeurs de la perméabilité du sol et constante ( $k$ )

**III-5- l'humidité initiale dans le sol :**

L'humidité est la quantité d'eau contenue dans un sol. Elle est mesurée par rapport à la quantité de terre sèche contenue dans ce sol, et est exprimée-en %.

La méthode détermination des humidités consiste à sécher l'échantillon de terre à l'étuve 105° jusqu'à un poids constant ; et la différence de poids avant et après séchage correspond à la quantité d'eau.

Les échantillons sont prélevés au milieu de la planche à l'aide d'une tarière jusqu'à une profondeur de 1m (aux horizons 0 ÷ 30, 30 ÷ 60 et 60 ÷ 100cm) et tous les résultats sont portés dans le tableau (III-05).

**Tableau (III-05) : teneur en eau**

Echantillon	Point 1 : (0-30)	Point 2 : (30-60)	Point 3 : (30-100)
P.H+T	351.31	464.15	534.91
P.S+T	342.20	431.68	472.55
Poids de l'eau	9.11	32.47	62.36
Poids SEC	342.20	431.68	472.55
Teneur en eau (%)	2.66	7.52	13.20

**IV-Caractéristiques chimique du sol :**

Les résultats sont donné dans le tableau ( III-06-)

**Tableau (III-06) : Analyse chimique des sols (05/03/2017 ; T=21.70 ; H=32)**

Echantillon	0-30	30-60	60-100
INS	79.47	73.88	74.96
P <sub>2</sub>	30.7740	29.7120	33.5170
P <sub>1</sub>	29.9793	28.9732	32.7674
CaSO <sub>4</sub> +2H <sub>2</sub> O	12.4	15.47	16.9
P <sub>2</sub>	33.3640	29.7120	34.6490
P <sub>1</sub>	33.2966	29.9732	34.5572
SO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	2.31	2.88	3.15
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	2.78	3.46	3.78
CaCO <sub>3</sub>	5	6	3
V <sub>NaOH</sub>	9.5	9.4	9.7
PH	7.20	7.33	7.46
V <sub>AgNO3</sub>	169.5	133.928	85.63
cl <sup>-</sup>	0.96	0.76	0.48
Nacl	1.5744	1.2464	0.7872



**Conclusion :**

La climatologie de la région et les caractéristiques du sol expérimental démontre la nécessité de l'irrigation. Le sol doit donc absorber la quantité d'eau nécessaire en tout point d'une manière plus ou moins uniforme.

# *Chapitre VI*

---

*Méthodologie des calculs*

---

## **Introduction**

L'objectif de notre étude est l'évaluation de l'infiltration dans les planches. Nous procéderons à l'évaluation expérimentalement, et théoriquement par application du modèle mathématique.

L'évaluation théorique de l'infiltration revient à la détermination des paramètres de la fonction :  $f_i(a, K, n, S_0, L, w, q_0, t_a, d_n)$ , (dont, les six derniers termes sont obtenus directement des observations sur terrain et les trois premiers sont, au contraire, obtenus indirectement de ces derniers).

Les paramètres sont :

- Les caractéristiques de l'infiltration de sol :  $a$  et  $K$
- Le coefficient de rugosité :  $n$
- La pente moyenne du fond de la planche dans le sens de l'écoulement :  $S_0$
- La longueur de la planche :  $L$
- L'écartement entre les planches :  $w$
- Le débit entrant :  $q_0$  ;
- Le temps de son application :  $t_a$
- La profondeur de l'eau exigée dans la zone racinaire des plantes  $d_n$ .

## **Protocole expérimental :**

Les évaluations du fonctionnement de l'irrigation par planches comprennent les observations suivantes : [22]

- débit entrant
- chronométrage de la phase de l'avancement
- teneur en eau avant et après arrosage
- pente longitudinale de la planche

Ces données d'observation sont utilisées pour la détermination de l'infiltration par calcul et par expérimentation ainsi qu'à l'étude de la répartition de l'humidité.

## I- Méthodes de calcul :

### I-1- loi d'infiltration :

Les calculs nécessaires pour déterminer les coefficients de l'infiltration de Kostiakov sont illustrés comme suit :

#### I-1-1 : loi de l'avancement:

L'équation de l'avancement est déterminée par la méthode des deux points. Il existe plusieurs lois d'avancement classiquement utilisées en irrigation par planches ; la plus courante est du type puissance :

$$x(t) = p.t^r \quad (\text{IV-1})$$

**t** - représente le temps d'avancement (mn) au point **x** (m).

**p** et **r** sont des coefficients empiriques constants.

Inversement on a :

$$t(x) = m.x^n \quad (\text{IV-2})$$

avec **m** et **n** coefficients empiriques constants.

La détermination de la loi d'avancement consiste à ajuster les mesures du terrain à cette loi.

L'ajustement peut être réalisé par la méthode des deux points :

Cette méthode consiste à ajuster **p** et **r** sur deux mesures seulement, par exemple quand  $x = L$  et  $x = L/2 = L_1$  ce qui reviendrait à résoudre le système suivant :

$$L_1 = p.t_{L_1}^r \quad (\text{IV-3})$$

$$L = p.t_L^r \quad (\text{IV-4})$$

$$r = \frac{\text{Log} \frac{L_1}{L}}{\text{Log} \frac{t_{L_1}}{t_L}} \quad (\text{IV-5})$$

$$p = \frac{L}{t_L^r} \quad (\text{IV-6})$$

La solution de ce système d'équations (IV-3) et (IV-4) est immédiate. Les seules données nécessaires sont les temps de passage au milieu et à l'extrémité de la planche.

De la même manière on détermine les coefficients m et n.

$$m = \frac{\text{Log} \frac{t_{L_1}}{t_L}}{\text{Log} \frac{L_1}{L}} \quad (\text{IV-7})$$

et

$$n = \frac{t_L}{L^m} \quad (\text{IV-8})$$

### I-1-2 volumes stockés :

La quantité d'eau stockable dépend surtout de la texture du sol : elle augmente avec la richesse en argile et diminue avec la teneur en sable. C'est à dire, plus les éléments qui composent le sol sont fins, plus grande est l'aptitude à emmagasiner l'eau.

Elle dépend aussi de l'état hydrique du sol au moment de l'irrigation, c'est à dire un sol sec absorbera plus d'eau qu'un sol humide.

$$H(\xi, t_s) = Kt_s^a - K \left[ \frac{t_s^a - (t_s - T_a)^a}{L_e^2} \right] \xi^2 \quad 0 \leq \xi \leq L_e \quad (\text{IV-9})$$

A la fin de la phase de l'avancement, le volume de l'eau stockée sur la surface doit être déterminé en mesurant la hauteur de l'eau, chose qui n'est pas toujours facile à réaliser. Dans ce cas c'est à dire que la mesure de ce volume est imprécise ou impossible, il peut être estimé à l'aide de formules empiriques.[15]

Dans notre étude nous estimerons le volume du stockage, car la mesure de la hauteur d'eau est imprécise vu que :

- la hauteur est faible
- l'eau est un peu trouble
- l'appréciation du contact de la jauge avec le fond de la planche n'est pas sûre.
- la surface du fond n'est pas très lisse
- le vent fait bouger les jalons et la surface de l'eau

Il est donc préférable de procéder par estimation en utilisant une des formules existantes pour l'estimation du stockage. [18]. On utilisera la formule empirique du SCS :

$$V_{s(x)} = \frac{x}{0.305} \left[ (2.947) \left( Q \frac{n}{S_o^{\frac{1}{2}}} \right)^{0.753} - 0.0217 \right] \quad (IV-10a)$$

$V_s(\mathbf{x})$  est le volume stocké (l) au point d'arrivée de l'eau au point  $x(\text{m})$

$n$  est le coefficient de rugosité

$P_0$  est le périmètre mouillé en ( $\text{m}^2$ ) de la planche

$S_0$  est la pente longitudinale de la planche en ( $\text{m}/\text{m}$ )

La formule (IV-9a) est de la forme :

$$V(x) = \lambda \cdot x \quad (IV-10b)$$

Le problème du calcul de  $\lambda$  réside dans la détermination du coefficient de rugosité  $n$ , qui est aussi une quantité utilisée directement ou indirectement dans le modèle et c'est le paramètre d'entrée le plus difficile à mesurer sur le terrain.

Il existe plusieurs méthodes pour la détermination du coefficient de rugosité  $n$  ; soit des tableaux en fonction du type de sol, des formules ou des abaques. La formule la plus pratique et la plus usuelle est l'équation de Manning et Strickler : [7]

$$h = \left( \frac{n \cdot Q}{60 \cdot (S_o)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{5}} \quad (IV-11)$$

$h$  est la hauteur moyenne de l'eau (m)

$Q$  est le débit à l'entrée de la planche ( $\text{m}^3/\text{mn}$ )

$S_o$  est la pente du fond de la planche,

### I-1-3 : volumes infiltrés cumulés :

Les volumes cumulés infiltrés pendant la phase de l'avancement se déduisent des mesures de volumes cumulés écoulés en colature et des volumes stockés en surface.

On détermine ces volumes à l'aide de la méthode du bilan en volume qui suppose implicitement que les caractéristiques de l'infiltration sont les mêmes sur toute la planche (ou tout au moins sur le tronçon de la planche délimité par les seuils de mesure du débit). Ces volumes permettront par la suite de déterminer la loi de l'infiltration.

On écrit l'équation du bilan en volume en fonction du temps  $t$  :

$$V_e(t) = V_i(t) + V_c(t) + V_s(t) \quad (\text{IV-12})$$

D'où 
$$V_i(t) = V_e(t) - V_c(t) - V_s(t) \quad (\text{IV-13})$$

Avec :

$V_i$  est le volume infiltré (l)

$V_e$  est le volume entré qui est égal à  $60.Q_0.t$  (l)

$V_c$  est le volume écoulé en colature déterminé à l'instant où l'eau est arrêtée à l'entrée de la planche. Cependant pour l'expérimentation étudiée, les planches sont fermées ; les volumes et écoulés sont donc nuls.

$V_s$  est le volume stocké estimé en surface donné dans le paragraphe I-2.

#### **I-1-4 : coefficients de la loi de l'infiltration :**

La détermination de la loi de l'infiltration consiste à déterminer les coefficients  $K$  et  $a$  tels que les volumes infiltrés déterminés par l'équation (IV-12) se rapprochent le plus possible des volumes infiltrés calculés par l'équation (IV-16).

Il existe plusieurs méthodes pour la détermination de la constante de l'infiltration  $K$  et de l'exposant du temps  $a$ . La plus usuellement utilisée est celle des deux points :

##### **➤ méthode des deux points :**

Elle est analogue à la méthode des deux points utilisée pour calculer les coefficients de la loi de l'avancement.

$$a = \frac{\text{Log} \left[ \frac{\alpha}{\beta} \right]}{\text{Log} \left[ \frac{t_L}{t_{L/2}} \right]} \quad (\text{IV -14})$$

$$K = \frac{\alpha \cdot (a+1)(r+1)}{(a+r-a \cdot r+1)t_L^a} \quad (\text{IV -15})$$

avec  $\alpha = \frac{V_L}{L}$  (IV -16)

et  $\beta = \frac{V_{L/2}}{L/2}$  (IV -17)

### Résultat :

Les premiers paramètres a, K et n doivent être déterminés à partir des données d'observation suivantes :

#### I-2- paramètres d'observation :

**1-** Le débit entrant unitaire Q (l/s) : Ce paramètre est déterminé sur terrain exactement :

- Il reste constant pendant toute la période d'irrigation de la planche (N°01),
- Dans la planche N°(02) le débit égale : arrosage -01- 0.26 (l/s)  
arrosage -02- 0.52 (l/s).

**2-** La longueur de la planche L(m) et la largeur B(m) : Ces paramètres sont mesurés directement sur terrain.

**3** – La profondeur  $d_n$  (mm) de l'eau exigée dans la zone radiculaire des plantes :

- Les besoins nécessaires du palmier pour les mois d'octobre, novembre et décembre sont respectivement  $60 \div 80$ ,  $20 \div 60$  et  $20 \div 40$  mètres cubes d'eau par jour et par hectare ; et le nombre d'arrosages mensuels est égal à quatre. Dans le cas de notre expérimentation :

- les palmiers sont jeunes, considérons donc la dose nécessaire égale à  $40\text{m}^3/\text{j}/\text{ha}$ , et comme on irrigue une fois par semaine ; la dose nécessaire par arrosage est donc  $280\text{m}^3/\text{j}/\text{ha}$  ;

**4 -** La durée de l'alimentation  $t_{\text{IRR}}$ : Ce paramètre est calculé comme suit :

- l'écartement entre les planches est  $E = 1\text{m}$ .



- les longueurs des planches sont 50 ; 30m.
- la largeur des planches est constante et égale à 1m.

Le volume nécessaire pour chaque arrosage est donc :

$$V \text{ (m}^3\text{)} = \text{la surface à irriguer (ha)} \times \text{la dose nécessaire m}^3\text{/ha} \quad (\text{IV-18})$$

**5-** La pente du fond de la planche S0 : la pente du fond de la planche dans le sens de l'écoulement a été choisie

la planche N°(01) =0.002

la planche N°(02) =0.001

**Le site : ITAS**

La planche N°(1)

L=50 m

Arrosage N° : (1)

Date d'arrosage: 05/03/1017

Débit Q= 1.7 (l/s)

Tempe d'irrigation t= 30 min

**Tableau (IV-01) : planche -01- arrosage 1**

<b>La longueur x(m)</b>	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
<b>Temps d'av T<sub>av</sub>(m)</b>	0	2	4	7	11	14	16	17	19	21	23
<b>Le volume stocké V<sub>s</sub> (l)</b>	0	43.44	86.88	130.3	173.8	217.21	260.6	304.10	347.54	390.98	434.4
<b>Le volume entré V<sub>e</sub>(l)</b>	0	204	408	714	1122	1428	1632	1734	1938	2142	2346
<b>Le volume infiltré V<sub>i</sub>(l)</b>	0	160.6	321.11	583.7	948.23	1210.8	1371.34	1429.1	1590.46	1751.02	1911.6
<b>Humidité H (mm)</b>	82.1	81.16	80.06	77.48	73.85	69.21	63.52	56.80	49.04	40.26	30.43

**a=1.03 K=4.11 r=0.97 p=2.17 α=45.94 β=92.86 s=0.002 n=0.0233**

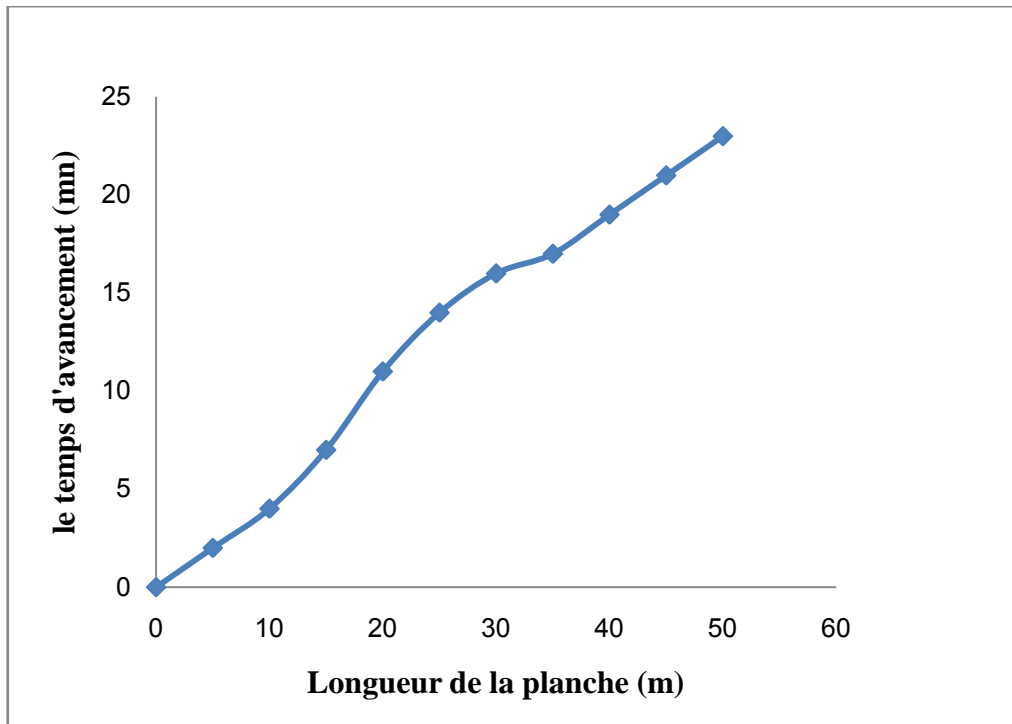


Figure (IV-01) : Avancement de l'eau (planche-1- arrosage-1-)

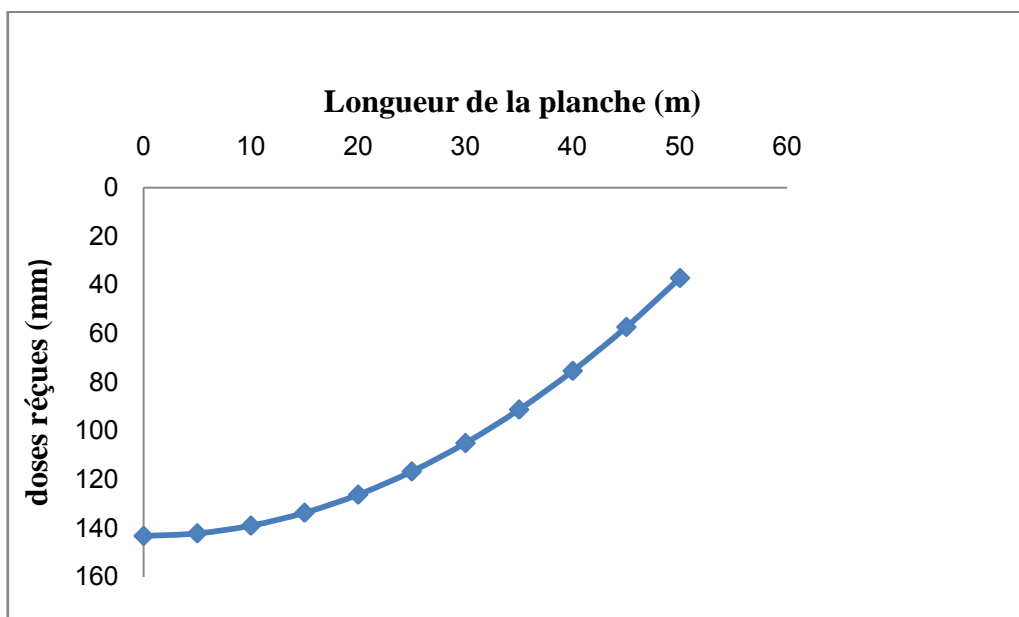


Figure (IV-02) : profondeur d'infiltration d'eau (planche-1- arrosage-1-)

**Le site : ITAS**

Planche N°-(1)

Arrosage N° (2)

Date d' irrigation: 12/03/2017

L=50 m

Débit Q= 1.7(l/s)

Tempe d'irrigation t=23 min

**Tableau (IV-02) : planche -01- arrosage 2**

<b>x(m)</b>	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
<b>Tav (mn)</b>	0	1	2	3	5	7	8	9	11	13	15
<b>Vs(l)</b>	0	43.44	86.88	130.33	173.77	217.21	260.66	304.10	347.54	390.98	434.43
<b>Ve(l)</b>	0	102	204	306	510	714	816	918	1122	1326	1530
<b>Vi(l)</b>	0	58.56	117.11	175.67	336.23	496.8	555.34	613.9	774.5	935.01	1095.6
<b>H (mm)</b>	143.19	142.13	138.95	133.64	126.22	116.7	105.01	91.23	75.32	57.29	37.14

**a=0.94   K=4.31   r=0.91   p=4.37   α=29.62   β=60.92   s=0.001   n=0.0233**

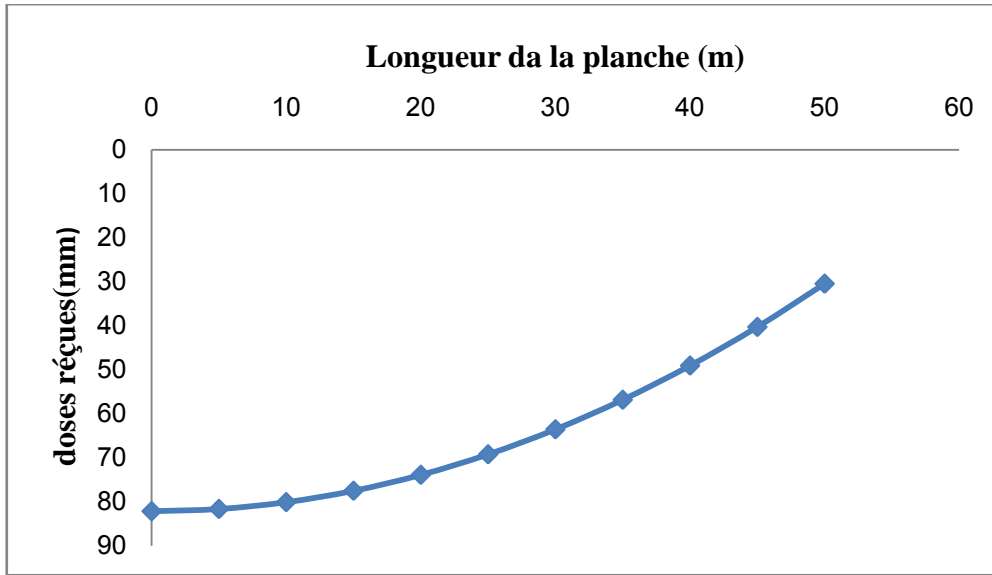


Figure (IV-03) : profondeur d'infiltration d'eau (planche-1- arrosage-2-)

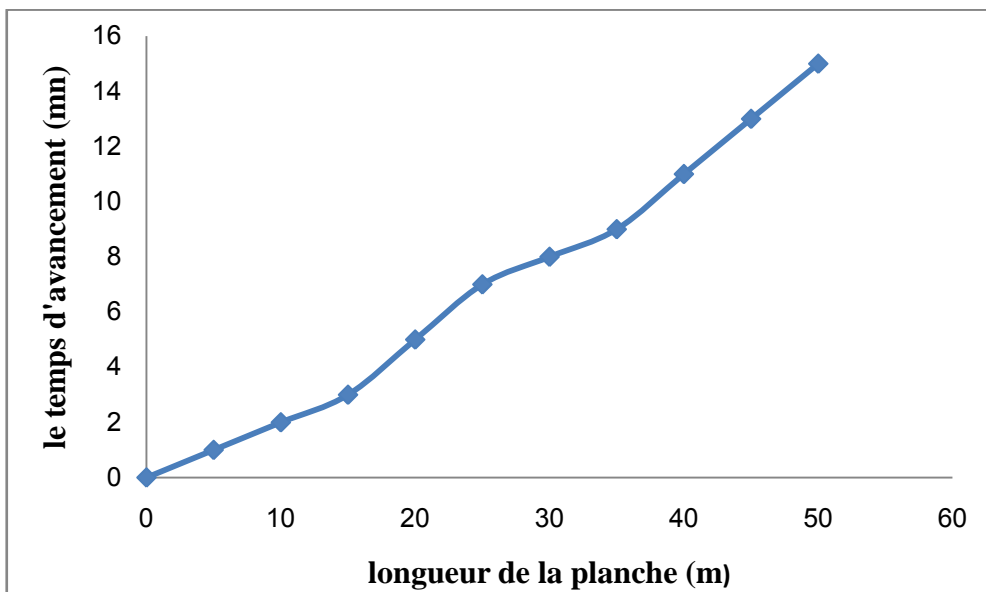


Figure (IV-04) : Avancement de l'eau (planche-1- arrosage-2-

**Résultat :**

A travers les résultats finaux obtenus dans les tableaux précédents et graphiques noter que la proportion inverse où : plus la longueur du banc (x) réduit la proportion de la profondeur de l'eau filtrée (H)

Plus le temps de la proportion d'eau disponible (Tav) diminution de la proportion de la profondeur de l'eau filtrée (H)

**Le site: ITAS**

Planche N°: 01

L=50

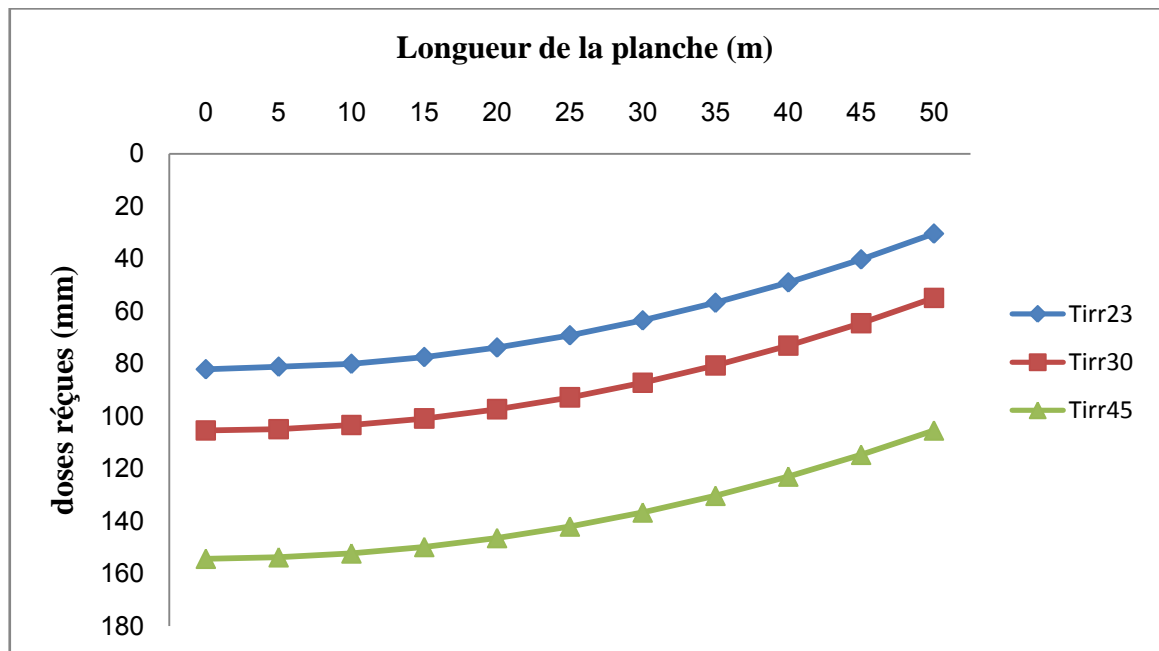
Arrosage : N° (1)

Débit : Q= 1.7 (l/s)

a = 1.03

**Tableau N° (IV-03) : planche- 01- arrosage -01-**

La longueur :x(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
Le temps d'av T <sub>a</sub> (mn)	0	1	2	3	5	7	8	9	11	13	15	<b>Tirr (mm)</b>
Humidité H(mm)	82.13	81.16	80.06	77.48	73.86	69.21	63.52	56.80	49.04	40.26	30.43	23
Humidité H(mm)	105.4	104.93	103.4	100.9	97.35	92.81	87.26	80.70	73.13	64.54	54.95	30
Humidité H(mm)	154.4	153.86	152.4	149.9	146.5	142.1	136.7	130.4	123.04	114.72	105.43	45



**Figure (IV-05) : profondeur d'infiltration d'eau (planche-1- arrosage -1-2- 3)**

**Le site: ITAS**

Planche N°: 01

L=50

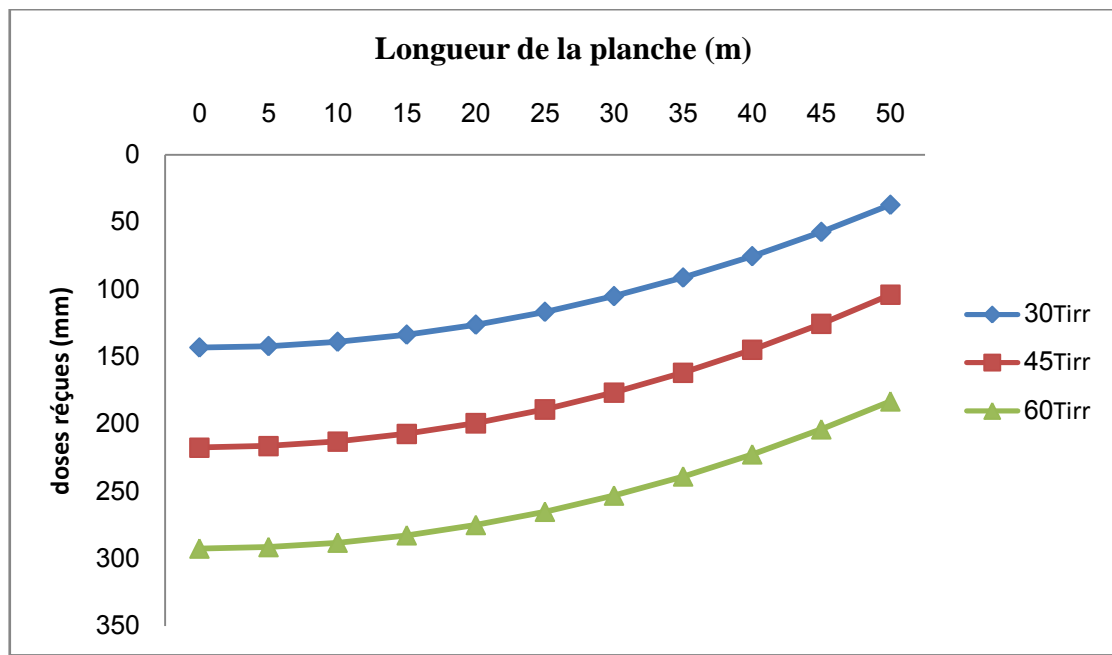
Arrosage : N° (2)

Débit : Q= 1.7 (l/s)

a = 0.94

**Tableau N° (IV-04) : planche- 01- arrosage -02-**

La longueur: x(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
Le temps d'av T <sub>a</sub> (mn)	0	1	2	5	7	10	12	15	17	20	23	<b>Tirr (mn)</b>
Humidité H(mm)	143.19	142.13	138.95	133.64	126.22	116.68	105.01	91.23	75.32	57.29	37.14	30
Humidité H(mm)	217.41	216.27	212.88	207.21	199.27	189.07	176.6	161.9	144.85	125.6	104.63	45
Humidité H(mm)	292.40	291.30	288.02	282.55	274.9	265.06	253.03	238.8	222.41	203.8	183.04	60



**Figure (IV06) : profondeur d'infiltration d'eau (planche-1- arrosage -1-2-3)**

## Le site : ITAS

Planche N°: 02

L=30

Arrosage N° (1)

Date d'irrigation : 05/03/2017

Débit Q= 0.26

Temps d'irrigation t=90 min

Tableau N° (IV-05) : planche -02- arrosage -01-

La longueur: x(m)	0	5	10	15	20	25	30
Le temps d'avancement $T_{av}(m)$	0	3.21	6.51	8.65	13.51	20.13	33.51
Le volume stocké $V_s(l)$	0	13.56	27.13	40.69	54.26	67.82	81.39
Le volume entré $V_e(l)$	0	50.08	101.56	134.94	210.76	314.03	522.76
Le volume infiltré $V_i(l)$	0	36.51	74.43	94.25	156.50	246.21	441.37
Humidité H (mm)	37.05	37.02	36.86	36.48	35.45	33.26	27.64

**a=0.63    K=2.19    r=0.51    p=4.79     $\alpha$ =14.71     $\beta$ =6.28    s=0.001    n=0.0233**



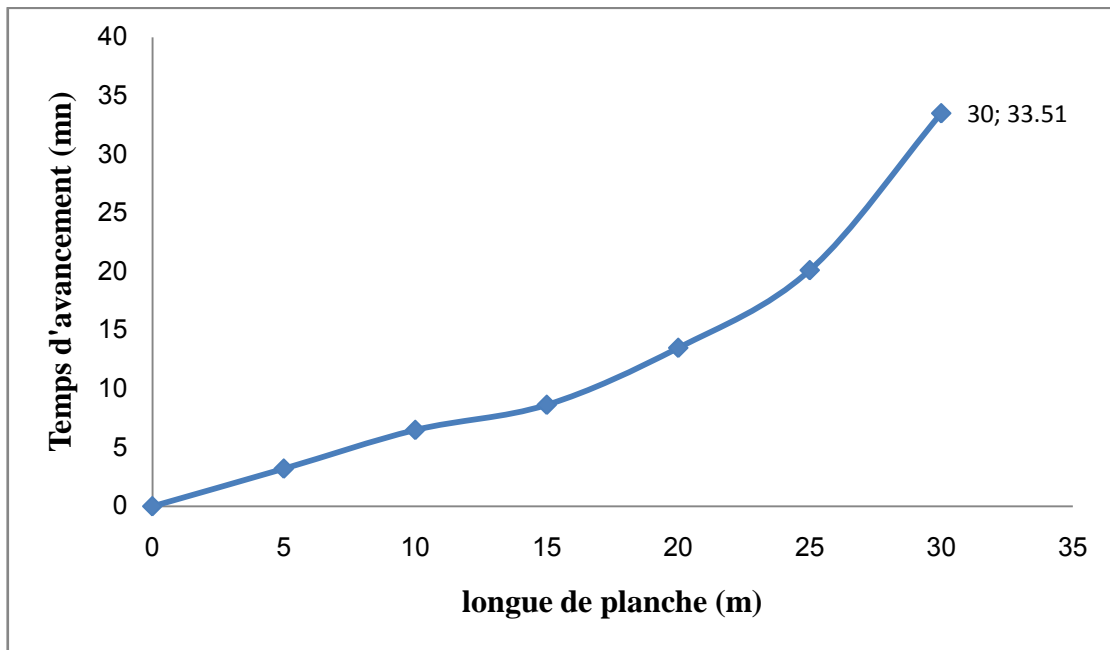


Figure (IV-07) : Avancement de l'eau (planche-2- arrosage-1-

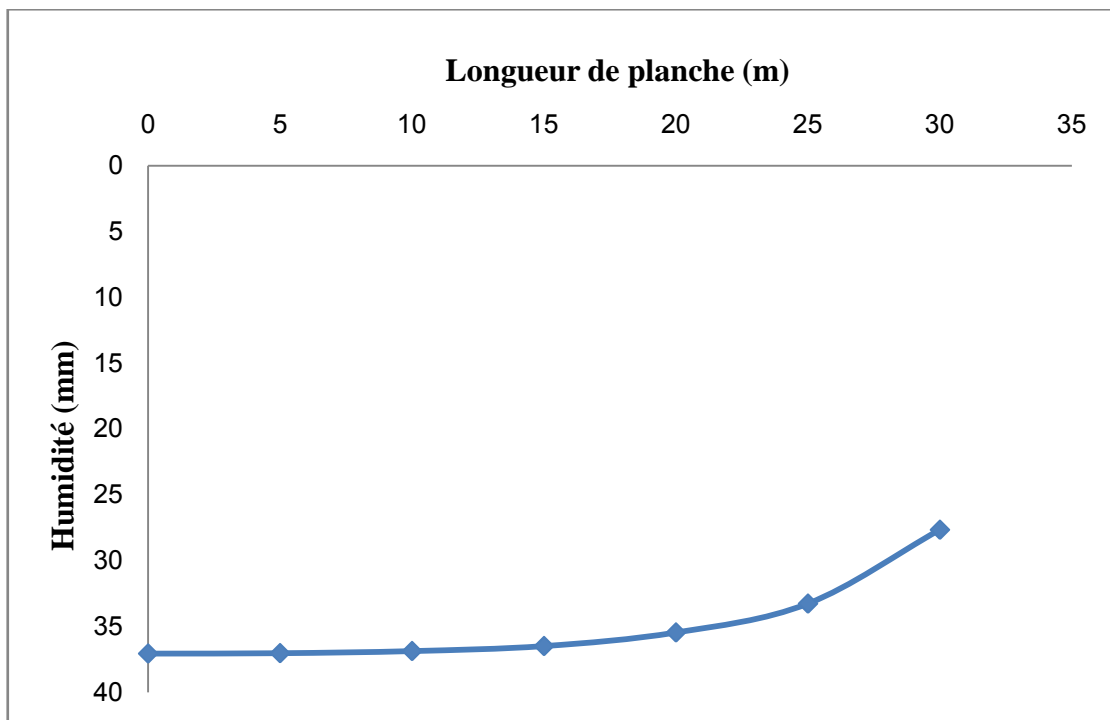


Figure (IV-08) : profondeur d'infiltration d'eau (planche-2- arrosage-1-)

## Le site: ITAS

Planche N°: 02

L=30

Arrosage N°(2)

Date d'irrigation :12/03/2017

Débit : Q= 0.52 (l/s)

Temps d'irrigation : t=60 min

Tableau N°(06) : planche -02- arrosage -02-

<b>La longueur :x(m)</b>	0	5	10	15	20	25	30
<b>Le temps d'avancement T<sub>av</sub>(m)</b>	0	2	4	12	15	26	28
<b>Le volume stocké Vs (l)</b>	0	23.10	46.21	69.31	92.42	115.52	138.62
<b>Le volume entré Ve(l)</b>	0	62.40	124.80	374.40	468.00	811.20	873.60
<b>Le volume infiltré Vi(l)</b>	0	39.30	78.59	305.09	375.58	695.68	734.98
<b>Humidité H (mm)</b>	34.56	34.55	34.51	34.15	33.62	31.75	30.11

**a=0.22 K=14.03 r=0.81 p=1.96  $\alpha$ =24.50  $\beta$ =20.34 s=0.001 n=0.0233**

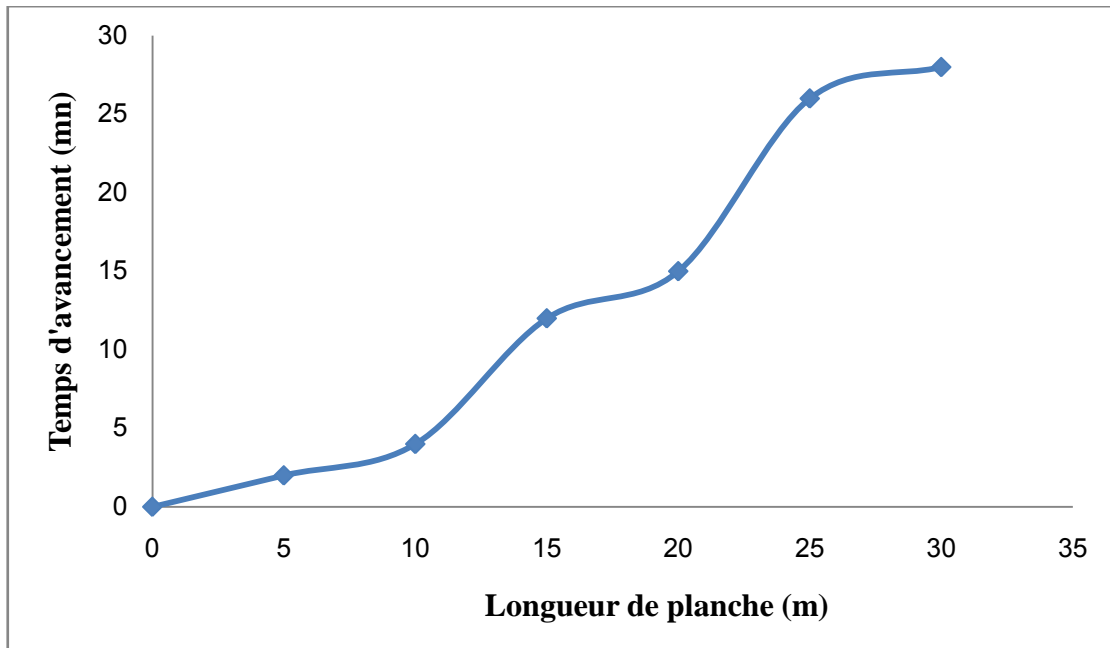


Figure (IV-09) : Avancement de l'eau (planche-2- arrosage-2-)

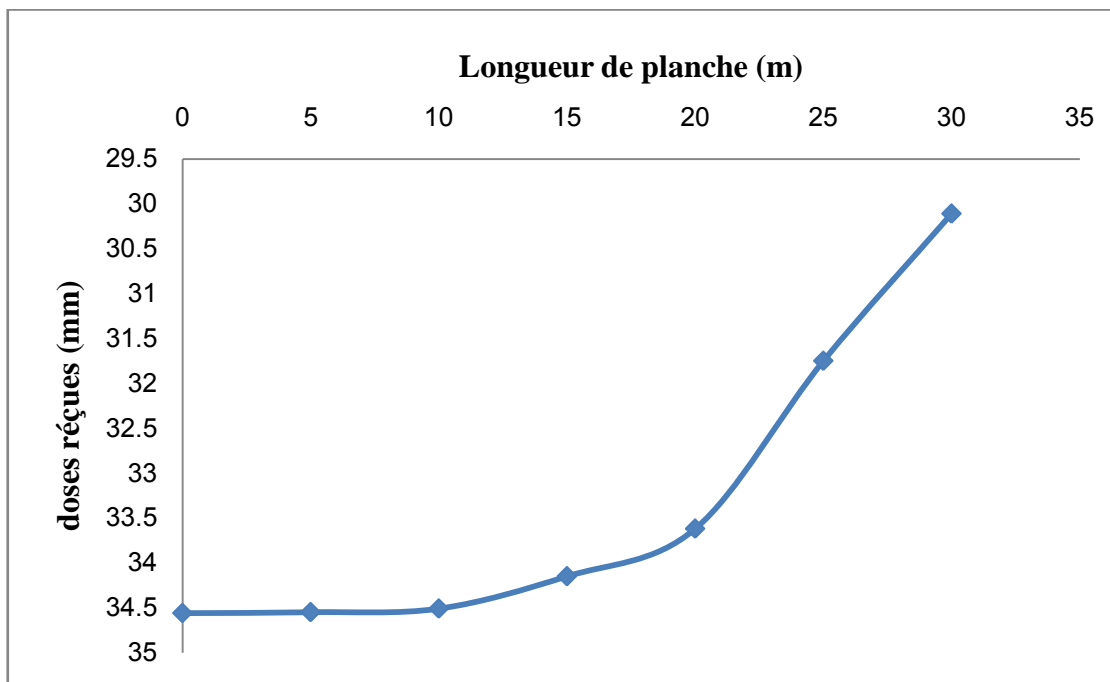


Figure (IV-10) : profondeur d'infiltration d'eau (planche-2- arrosage-2-)

**Le site: ITAS**

Planche N°: 02

L=30

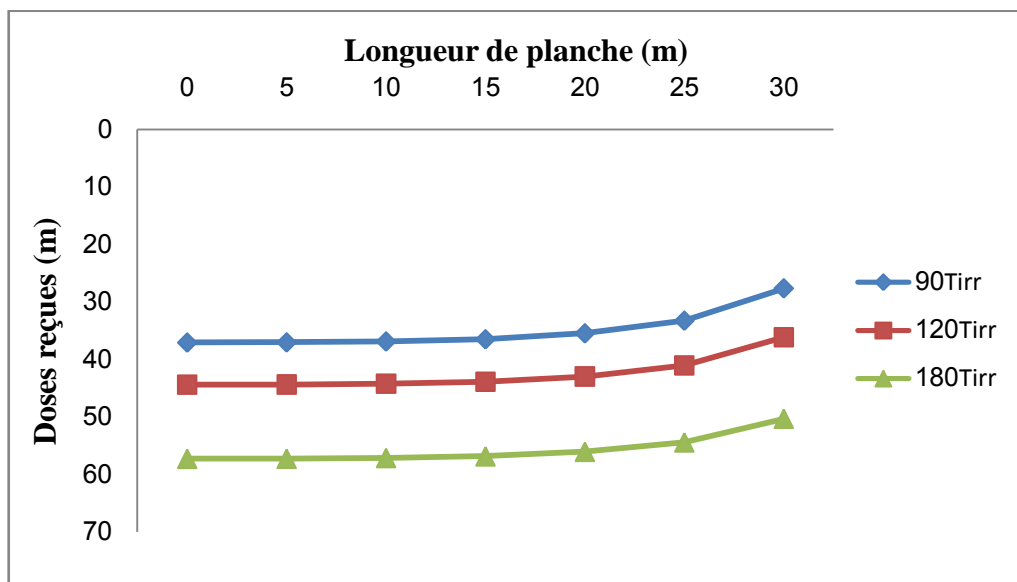
Arrosage : N° (1)

Débit : Q= 0.26 (l/s)

a = 0.32

**Tableau N° (07) : planche- 02- arrosage -01-**

<b>La longueur x(m)</b>	0	5	10	15	20	25	30	
<b>Le temps d'avancement T<sub>a</sub>(mn)</b>	0	3.21	6.51	8.65	13.51	20.13	33.51	Le temps d'avancement T <sub>a</sub> (mn)
<b>Humidité H(mm)</b>	37.05	37.02	36.86	36.48	35.45	33.26	27.65	90
<b>Humidité H(mm)</b>	44.38	44.36	44.21	43.88	42.96	41.03	36.13	120
<b>Humidité H(mm)</b>	57.26	57.24	57.12	56.83	56.04	54.41	50.31	180



**Figure (IV-11) : profondeur d’infiltration d’eau (planche-2- arrosage -1-2-3)**

**Le site: ITAS**

Planche N°: 02

L=30

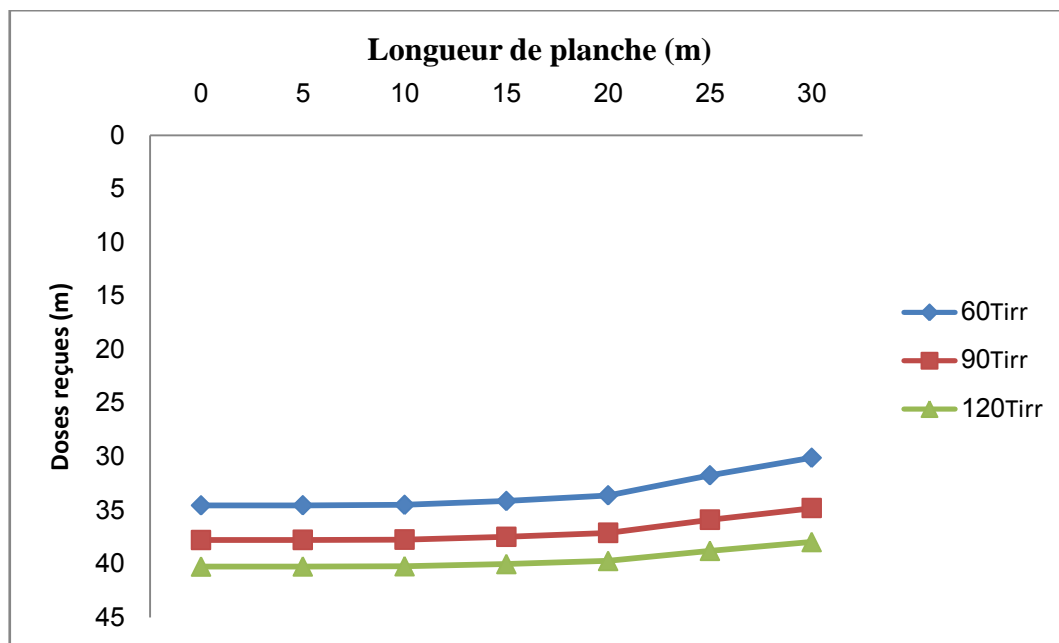
Arrosage N°= (1)

Débit Q= 0.26

a = 0.32

**Tableau N° (08) : planche 02 arrosage 1**

<b>La longueur x(m)</b>	0	5	10	15	20	25	30	
<b>Le temps d'avancement T<sub>a</sub>(mn)</b>	0	2	4	12	15	26	28	<b>Le temps D'avancement T<sub>a</sub> (mn)</b>
<b>Humidité H(mm)</b>	34.56	34.55	34.51	34.15	33.62	31.75	30.11	60
<b>Humidité H(mm)</b>	37.78	37.77	37.74	37.49	37.12	35.89	34.81	90
<b>Humidité H(mm)</b>	40.25	40.24	40.22	40.02	39.73	38.79	37.97	120



**Figure (IV-12) : profondeur d'infiltration d'eau (planche-2- arrosage -1-2-3)**

## II- L'humidité initiale dans le sol :

A l'aide d'une tarière on prélève des échantillons de sol aux profondeurs 0÷30cm, 30÷60cm et 60÷100cm avant arrosage et 48h après arrosage, puis on détermine au laboratoire l'humidité de ces échantillons pour déterminer la dose d'eau reçue pendant l'arrosage.

## III- Détermination de la réserve d'eau reçue :

Après avoir déterminé l'humidité à l'aide du modèle mathématique déterminons la expérimentalement pour cela :

La réserve d'eau reçue dans le sol est égale à la différence entre la quantité d'eau contenue dans le sol après arrosage ( $h_{fin}$ ) et la quantité d'eau contenue dans le sol avant arrosage ( $h_{ini}$ ).

$$h = h_{fin} - h_{in} \quad \text{mm} \quad (IV - 19)$$

$$D_{obs} = \sum_{i=1}^3 D_{ai} H_i (h_{fin} - h_{ini}) \quad \text{mm} (IV - 20)$$

**Da** - est la densité apparente déterminée au laboratoire pour les différents horizons  $H_i$

**H** - est l'épaisseur de la couche active du sol (mm)

Les résultats des différences des humidités avant et après arrosage et les doses reçues déterminées d'après l'équation (IV-20) sont portés sur les tableaux suivant :

Tableau (IV-09) : Valeur de profondeur d'eau dans la premier planche l'arrosage

Horizon	Avant l'arrosage			Apré l'arrosage			Q =1.7(l/s) L=50 m Tirr=45 min					
	PH	PS	Hin	PH	PS	HFIN	H <sub>FIN</sub> - H <sub>IN</sub>	Densité	H (mm)	Dose (mm)	dose totale	
0	0÷30	109.22	108.98	0.002	121.92	110.1	0.107	0.105	1.15	300	36.28	152.77
	30÷60	107.11	106.99	0.001	119.96	100.03	0.199	0.198	1.13	300	67.16	
	60÷100	108.05	107.95	0.010	119.92	107.74	0.113	0.112	1.1	400	49.33	
5	0÷30	95.52	91.63	0.042	104.42	97.31	0.073	0.031	1.27	300	11.66	150.98
	30÷60	87.75	86.65	0.013	102.44	89.48	0.144	0.132	1.28	300	50.74	
	60÷100	84.08	83.3	0.009	101.67	85.79	0.185	0.176	1.26	400	88.57	
10	0÷30	100.82	95.86	0.058	107.35	99.83	0.075	0.023	1.27	300	8.99	145.99
	30÷60	98.41	85.18	0.155	106.25	83.5	0.272	0.117	1.28	300	44.98	
	60÷100	86.49	82.49	0.048	104.15	84.6	0.231	0.182	1.26	400	92.03	
15	0÷30	98.99	97.95	0.010	104.75	91.18	0.148	0.138	1.27	300	52.66	140.45
	30÷60	99.53	98.83	0.007	104.38	94.03	0.110	0.102	1.28	300	39.55	
	60÷100	98.75	97.94	0.008	104.56	94.71	0.104	0.096	1.26	400	48.25	
20	0÷30	90.01	89.82	0.002	105.5	90.23	0.169	0.167	1.27	300	63.67	136.29
	30÷60	98.6	93.15	0.058	107.8	94.18	0.144	0.086	1.28	300	33.06	
	60÷100	91.1	84.26	0.081	110.4	95.2	0.159	0.078	1.26	400	39.56	
25	0÷30	99.01	93.89	0.054	97.87	82.05	0.192	0.138	1.27	300	52.68	131.51
	30÷60	99.11	94.87	0.045	99.75	86.12	0.158	0.113	1.28	300	43.61	
	60÷100	86.2	84.75	0.017	97.85	90.02	0.086	0.070	1.26	400	35.26	
30	0÷30	101.2	97.6	0.037	107.4	97.42	0.102	0.065	1.27	300	24.98	124.56
	30÷60	90.9	88.3	0.029	99.98	83.36	0.199	0.170	1.28	300	65.25	
	60÷100	86.5	80.1	0.080	97.88	85.26	0.148	0.068	1.26	400	34.33	
35	0÷30	101	96.5	0.047	110.8	104.02	0.065	0.018	1.27	300	7.06	115.23
	30÷60	98.8	97.8	0.010	111.6	99.8	0.118	0.108	1.28	300	41.48	
	60÷100	99.1	92.4	0.072	114.7	95.2	0.204	0.132	1.26	400	66.69	
40	0÷30	92.01	91.92	0.001	110.73	97.82	0.131	0.131	1.27	300	49.91	103.44
	30÷60	98.16	97.85	0.003	107.55	94.73	0.135	0.132	1.28	300	50.75	
	60÷100	97.11	89.94	0.080	106.18	97.84	0.085	0.005	1.26	400	2.78	
45	0÷30	102.03	98.99	0.030	104.49	95.02	0.099	0.069	1.27	300	26.27	89.21
	30÷60	101.15	99.84	0.013	103.76	96.05	0.080	0.067	1.28	300	25.79	
	60÷100	100.23	96.75	0.040	104.7	94.35	0.110	0.073	1.26	400	37.16	
50	0÷30	91.78	99.05	0.073	99.75	93.2	0.070	0.143	1.27	300	54.74	75.86
	30÷60	92.9	89.6	0.036	98.52	91.14	0.081	0.044	1.28	300	16.95	
	60÷100	89.5	85.6	0.045	97.48	92.5	0.054	0.008	1.26	400	4.17	

Tableau (IV-10) : Valeurs de profondeur d'eau dans la premier planche l'arrosage 2

Horizon	Avant l'arrosage			Apré l'arrosage			Q=1.7(l/s) L= 50 m T Irr=23 min					
	PH	PS	Hin	PH	PS	HFIN	HFIN-HIN	Densité	H(m m)	Dose (mm)	dose totale	
0	0÷30	99.22	94.94	0.045	102.93	94.72	0.087	0.041	1.15	300	14.35	80.31
	30÷60	90.1	84.24	0.069	97.56	90.25	0.081	0.011	1.13	300	3.88	
	60÷100	85.45	83.95	0.018	94.92	81.9	0.159	0.141	1.1	400	62.09	
5	0÷30	95.52	92.53	0.032	107.96	94.91	0.137	0.105	1.15	300	36.29	78.05
	30÷60	87.75	84.25	0.041	99.4	87.8	0.132	0.090	1.13	300	30.70	
	60÷100	84.08	81.3	0.034	85.7	80.9	0.059	0.025	1.1	400	11.06	
10	0÷30	98.2	94.56	0.038	103.45	92.13	0.123	0.084	1.15	300	29.11	75.32
	30÷60	88.1	85.58	0.029	95.07	83.25	0.142	0.112	1.13	300	38.15	
	60÷100	87.9	85.79	0.024	84.06	80.6	0.043	0.018	1.1	400	8.07	
15	0÷30	86	83.65	0.028	93.73	90.51	0.035	0.007	1.15	300	2.58	72.93
	30÷60	89	84.93	0.048	95.61	88.83	0.076	0.028	1.13	300	9.63	
	60÷100	91	88.84	0.024	98.46	84.71	0.162	0.138	1.1	400	60.72	
20	0÷30	90.01	88.82	0.013	104.35	98.3	0.061	0.048	1.15	300	16.61	69.31
	30÷60	98.6	95.05	0.037	105.98	98.58	0.075	0.037	1.13	300	12.79	
	60÷100	91.1	84.6	0.077	110.24	94.42	0.167	0.091	1.1	400	39.91	
25	0÷30	89.01	85.9	0.036	99.97	94.05	0.062	0.027	1.15	300	9.22	63.37
	30÷60	87.1	88.47	0.015	98.99	92.22	0.073	0.089	1.13	300	30.14	
	60÷100	86.2	84.45	0.020	97.98	91.12	0.075	0.054	1.1	400	24.00	
30	0÷30	100.2	97.6	0.027	106.4	97.42	0.092	0.065	1.15	300	22.61	55.63
	30÷60	90.9	78.3	0.160	96.48	82.36	0.171	0.010	1.13	300	3.58	
	60÷100	86.5	80.1	0.080	97.78	85.26	0.149	0.067	1.1	400	29.45	
35	0÷30	101	96.5	0.046	106.8	102.02	0.047	0.0002	1.15	300	0.07	51.38
	30÷60	98.8	97.8	0.010	105.16	93.38	0.126	0.116	1.13	300	39.30	
	60÷100	99.1	92.4	0.072	104.7	95.2	0.099	0.027	1.1	400	12.00	
40	0÷30	90.01	89.02	0.011	105.3	98.42	0.069	0.059	1.15	300	20.28	42.54
	30÷60	98.6	96.05	0.026	103.5	97.71	0.059	0.032	1.13	300	11.09	
	60÷100	89.1	84.4	0.055	104.8	96.94	0.081	0.025	1.1	400	11.17	
45	0÷30	102.03	98.9	0.032	104.89	98.42	0.068	0.034	1.15	300	11.76	34.32
	30÷60	101.65	97.4	0.043	103.66	98.45	0.053	0.009	1.13	300	3.15	
	60÷100	100	94.5	0.058	104.17	94.5	0.102	0.044	1.1	400	19.42	
50	0÷30	91	89.5	0.017	99.05	93.52	0.059	0.042	1.15	300	14.62	28.68
	30÷60	92.9	88.6	0.048	98.2	92.74	0.059	0.010	1.13	300	3.51	
	60÷100	88.5	85.6	0.033	97.8	92.45	0.058	0.024	1.1	400	10.56	



Tableau (IV-11) : Valeurs de profondeur d'eau dans la deuxième planche l'arrosage1

horizon	Avant l'arrosage			Après l'arrosage			Q=0.26 l/s L=30 Tirr =90 min					
	P <sub>o</sub> H	P <sub>o</sub> S	H <sub>IN</sub>	P <sub>o</sub> H	P <sub>o</sub> S	H <sub>FIN</sub>	H <sub>FIN</sub> - H <sub>INI</sub>	Densité	H (mm)	Dose (mm)	Dose total (mm)	
0	0÷30	102	98.8	0.03	110.4	103	0.07	0.04	1.15	300	16.57	36.60
	30÷60	89.9	80.3	0.12	96.6	83.6	0.16	0.04	1.13	300	15.42	
	60÷100	83.5	80.7	0.03	101	95.6	0.06	0.02	1.1	400	9.59	
5	0÷30	101.6	97.5	0.04	106.8	99.6	0.07	0.03	1.15	300	10.43	33.75
	30÷60	99.8	98.8	0.01	105.6	100.08	0.06	0.05	1.13	300	15.27	
	60÷100	99.1	92.4	0.07	105.7	96.9	0.09	0.02	1.1	400	8.05	
10	0÷30	101	96.5	0.05	106.8	96.6	0.07	0.03	1.15	300	8.85	33.06
	30÷60	98.8	97.8	0.01	105.6	100.08	0.06	0.04	1.13	300	15.23	
	60÷100	99.1	92.4	0.07	104.7	95.8	0.09	0.02	1.1	400	8.97	
15	0÷30	90.01	89.02	0.01	105.3	97.2	0.08	0.07	1.15	300	24.91	32.98
	30÷60	99.6	97.05	0.03	102.5	98.3	0.04	0.02	1.13	300	5.58	
	60÷100	89.1	84.4	0.06	103.8	97.8	0.06	0.01	1.1	400	2.49	
20	0÷30	90.4	87.6	0.03	105.4	97.2	0.08	0.05	1.15	300	18.08	31.61
	30÷60	100.3	97.05	0.03	104.8	98.3	0.07	0.03	1.13	300	11.06	
	60÷100	89.1	84.4	0.06	103.8	97.8	0.06	0.01	1.1	400	2.49	
25	0÷30	90	88	0.02	102.05	96.4	0.06	0.04	1.15	300	12.38	29.05
	30÷60	92.9	89.7	0.04	101.4	94.8	0.07	0.03	1.13	300	11.51	
	60÷100	88.5	84.4	0.05	100.2	94.5	0.06	0.01	1.1	400	5.17	
30	0÷30	89.05	86.02	0.04	99.05	94.9	0.05	0.02	1.15	300	6.77	27.97
	30÷60	87.6	85.6	0.02	98.02	93.4	0.05	0.03	1.13	300	8.85	
	60÷100	86.9	84.4	0.03	97.8	92.5	0.06	0.03	1.1	400	12.18	

Tableau (IV-12) : Valeurs de profondeur d'eau dans la deuxième planche l'arrosage2

horizon	Avant l'arrosage			Après l'arrosage			Q=0.52l/s L=30 Tirr =60 min					
	P <sub>o</sub> H	P <sub>o</sub> S	H <sub>IN</sub>	P <sub>o</sub> H	P <sub>o</sub> S	H <sub>FIN</sub>	H <sub>FIN</sub> - H <sub>INI</sub>	Densité	H (mm)	Dose (mm)	Dose total (mm)	
0	0÷30	62.3	57.7	0.08	63.3	57.4	0.10	0.02	1.15	300	7.96	42.81
	30÷60	58.8	53.6	0.10	60.6	55	0.10	0.00	1.13	300	1.63	
	60÷100	56.8	51.3	0.11	58.9	49.8	0.18	0.08	1.1	400	33.23	
5	0÷30	60.1	55.9	0.08	61.9	56	0.11	0.03	1.15	300	10.43	40.46
	30÷60	54.5	50.2	0.09	55.4	49	0.13	0.04	1.13	300	15.24	
	60÷100	56.4	48.1	0.17	58.5	48.5	0.21	0.03	1.1	400	14.80	
10	0÷30	56.8	52.4	0.08	58.2	53.6	0.09	0.00	1.15	300	0.64	35.34
	30÷60	46.1	44.9	0.03	54.3	50.5	0.08	0.05	1.13	300	16.45	
	60÷100	51.6	48.2	0.07	53.6	48.2	0.11	0.04	1.1	400	18.26	
15	0÷30	56.4	50.1	0.13	57.4	50.3	0.14	0.02	1.15	300	5.31	32.13
	30÷60	49.04	45.01	0.09	56.3	51.6	0.09	0.00	1.13	300	0.53	
	60÷100	42.1	38.6	0.09	54.3	47.2	0.15	0.06	1.1	400	26.29	
20	0÷30	53.7	49.5	0.08	58.2	52.6	0.11	0.02	1.15	300	7.46	30.16
	30÷60	43.1	40.5	0.06	54.3	48.3	0.12	0.06	1.13	300	20.35	
	60÷100	46.7	41.9	0.11	49.5	44.2	0.12	0.01	1.1	400	2.35	
25	0÷30	43.76	41.7	0.05	52.4	48.5	0.08	0.03	1.15	300	10.70	27.90
	30÷60	53.1	50.1	0.06	58.5	53.7	0.09	0.03	1.13	300	10.00	
	60÷100	44.9	42.3	0.06	50.55	46.9	0.08	0.02	1.1	400	7.20	
30	0÷30	43.02	40.01	0.08	52.4	47.4	0.11	0.03	1.15	300	10.44	27.64
	30÷60	53.1	50.1	0.06	58.5	53.7	0.09	0.03	1.13	300	10.00	
	60÷100	44.9	42.3	0.06	50.55	46.9	0.08	0.02	1.1	400	7.20	

Tableau (IV-13) : Résumer des résultats

Débit (l/s)	Longueur (m)	Temps $T_{AV}$ (mn)	Temps $T_{IRR}$ (mn)	$H_{am}$ (mm)	$H_{AV}$ (mm)
<b>Planche N°1</b>					
1.7	50	23	30	143.19	37.14
1.7	50	15	23	82.13	40.43
<b>Planche N°2</b>					
0.26	30	33.51	90	37.05	27.65
0.52	30	28	90	37.78	34.81

### Conclusion :

L'étude de l'avancement de l'eau le long de la planche nous a permis de déterminer la loi de l'infiltration de Kostiakov qui est nécessaire pour le développement du modèle mathématique. Par ailleurs les graphes de l'avancement montrent que le temps de l'avancement diminue après chaque arrosage.

Le développement du modèle nous a permis de déterminer les hauteurs d'eau infiltrées. Les épures de ces dernières montrent que les hauteurs d'eau diminuent de l'amont à l'aval ; la meilleure irrigation et répartition est lorsque la différence entre la hauteur d'eau infiltrée à l'amont  $H_{am}$  et la hauteur d'eau infiltrée à l'aval  $H_{av}$  est faible. Les épures montrent aussi que plus le débit est faible pour une longueur constante et plus la longueur est faible pour un débit constant mieux est la répartition de l'infiltration.

Les expérimentations sur terrain ont montré que la meilleure répartition est dans le cas des planches courtes avec un débit important.

# *Chapitre V*

---

## *Interprétation des résultats*

---

## Introduction

Comparons les résultats observés sur terrain et les résultats obtenus à l'aide du modèle mathématique, en calculant l'erreur absolue et l'erreur relative.

### I-Comparaison entre valeurs calculées et valeurs observées :

#### I-1 : Etude du stockage :

Déterminons les erreurs absolues  $AAE_i$  (mm) et les erreurs relatives  $ARE_i$  (%) des doses infiltrées pour tous les points des deux planches expérimentales.

- L'erreur absolue  $AAE_i$  pour chaque point est déterminée comme suit:

$$AAE_i \text{ (m)} = |\text{valeur observée} - \text{valeur calculée}| \quad (V-1)$$

- L'erreur relative  $ARE_i$  pour chaque point est déterminée comme suit:

$$ARE_i \text{ (\%)} = \frac{\text{valeur observée} - \text{valeur calculée}}{\text{valeur observée}} \quad (V-2)$$

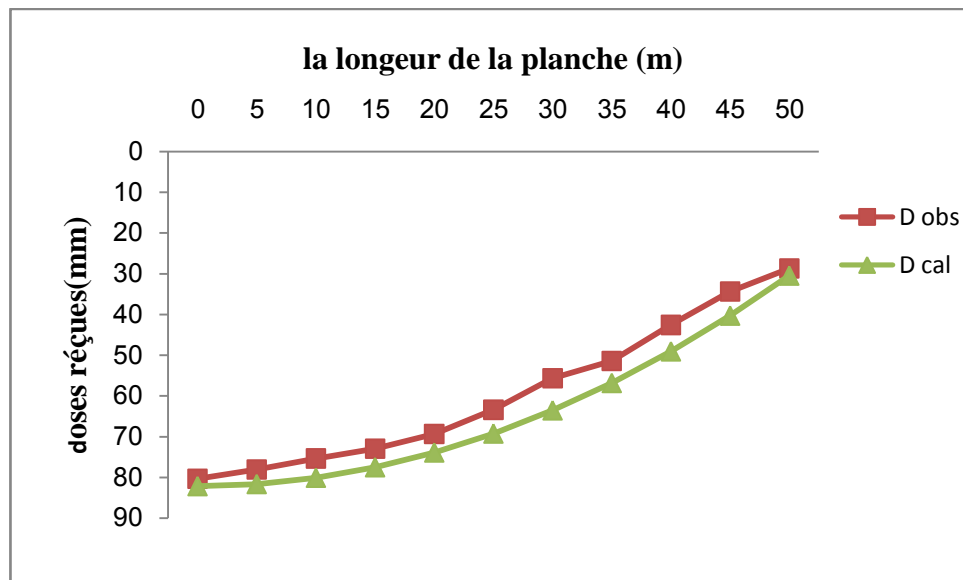
Les résultats sont donnés sur les tableaux (V-01), (V-02), (V-03), (V-04), (V-05), (V-06), (V-07) et (V-08).

Après de déterminons l'erreur absolue AAE et l'erreurs relative ARE pour chaque planche et chaque arrosage en doit calculer le moyenne de l'erreur.

**Le tableau (V-01) :** valeurs des doses infiltrées calculées et observées, et des erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-1- arrosage-1-).

Q =1.7 (l/s) T irr =30 min

Longueur (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Dobs	80.31	78.05	75.33	72.93	69.31	63.37	55.63	51.37	42.54	34.32	28.68
Dcal	82.12	81.61	80.06	77.48	73.86	69.21	63.52	56.8	49.04	40.26	30.43
AAE(m)	1.81	3.56	4.73	4.55	4.55	5.84	7.89	5.43	6.5	5.94	1.75
ARE(%)	2.25	4.36	5.91	5.87	6.16	8.44	12.42	9.60	13.25	14.75	5.75



**Figure (V-01) :** comparaison entre infiltration calculée et infiltration observe à 1m de profondeur

Donc l'erreur absolue moyenne AAE(m) et l'erreur relative moyenne ARE(%) pour de planches (1), arrosage-1- sont donc :

$$AAE = \frac{1}{11} \sum |AAE_i| = 4.78 \text{ (mm)}$$

$$ARE (\%) = \frac{1}{11} \sum |ARE_i| = 8.07 \text{ (\%)}$$

**Le tableau (V-02) :** valeurs des doses infiltrées calculées et observées, et des erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-1- arrosage-2-).

Q =17 (l/s) T irr =23 min

Longueur (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
D <sub>obs</sub> (mm)	154.35	153.60	151.32	147.54	142.25	135.45	127.13	117.31	105.98	93.13	78.77
D <sub>cal</sub> (mm)	152.77	150.97	145.99	140.45	136.25	131.51	124.56	115.23	103.44	89.21	75.86
AAE(m)	1.58	2.65	5.33	7.09	6	3.94	2.57	2.08	2.54	3.92	2.91
ARE(%)	1.03	1.75	3.75	5.26	4.88	3.63	3.04	3.24	4.53	7.44	8.27

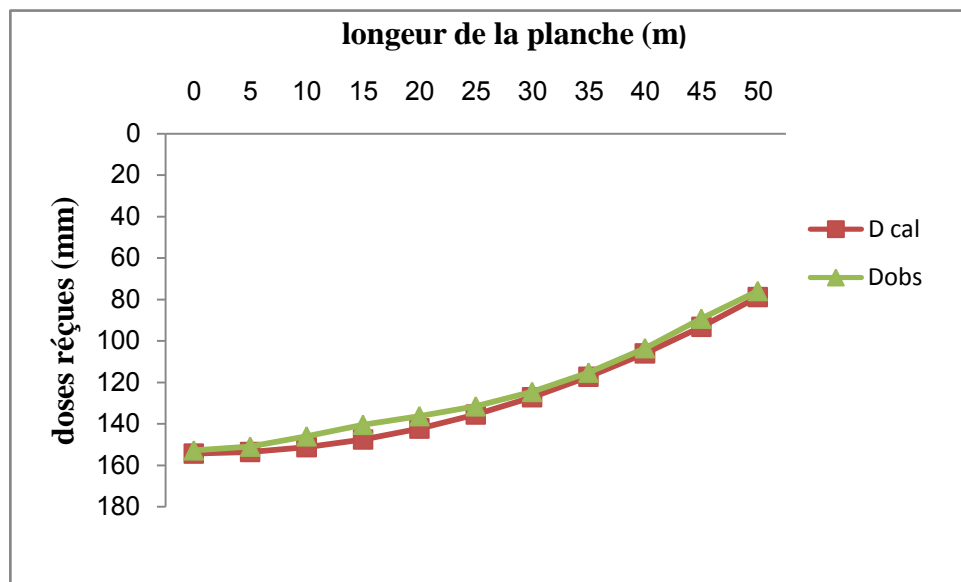


Figure (V-02) : comparaison entre infiltration calculée et infiltration observe à 1m de profondeur

Donc l'erreur absolue moyenne AAE(m) et l'erreur relative moyenne ARE(%) pour de planches (2), arrosage-2- sont donc :

$$AAE = \frac{1}{11} \sum |AAE_i| = 3.69(\text{mm})$$

$$ARE (\%) = \frac{1}{11} \sum |ARE_i| = 3.04(\%)$$

Le tableau (V-03) : valeurs des doses infiltrées calculées et observées, et des erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-2- arrosage-1-).

Q =0.26 (l/s) T irr =90 min

La longueur x(m)	0	5	10	15	20	25	30
D <sub>cal</sub> (mm)	37.05	37.02	36.86	36.48	35.45	33.26	27.65
D <sub>obs</sub> (mm)	36.6	33.75	33.06	32.98	31.63	29.05	27.79
AAE(mm)	0.45	3.27	3.8	3.5	3.82	4.21	0.14
ARE(%)	1.22	9.68	11.49	10.61	12.07	14.49	0.50

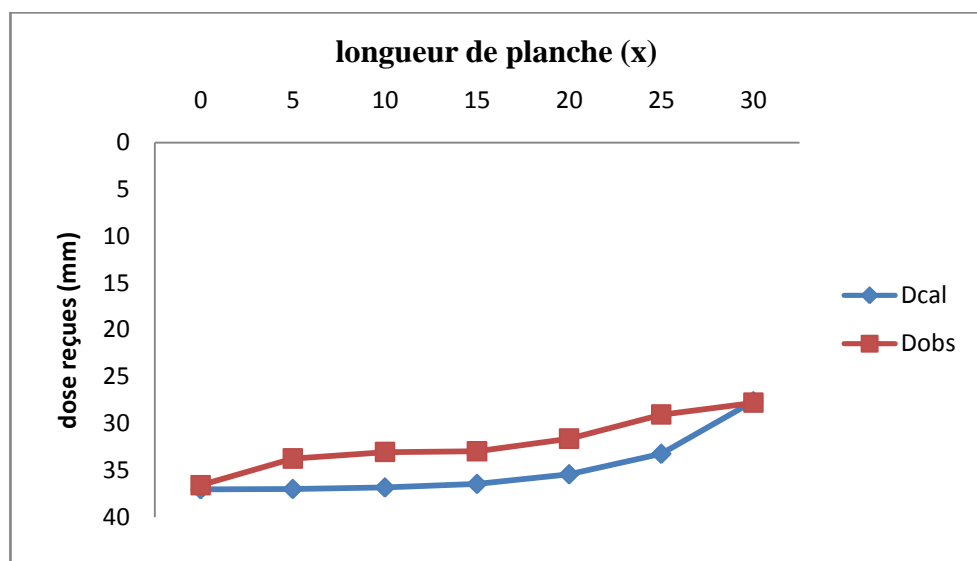


Figure (V-03) : comparaison entre infiltration calculée et infiltration observe à 1m de profondeur

Donc l'erreur absolue moyenne AAE(m) et l'erreur relative moyenne ARE(%) pour de planches (2), arrosage-1- sont donc :

$$AAE = \frac{1}{7} \sum |AAE_i| = 2.74(\text{mm})$$

$$ARE (\%) = \frac{1}{7} \sum |ARE_i| = 8.58(\%)$$



Le tableau (V-04) : valeurs des doses infiltrées calculées et observées, et des erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-2- arrosage-2-).

Q=0.52 (l/s) T irr=60 min

La longueur X(m)	0	5	10	15	20	25	30
D <sub>cal</sub> (mm)	34.56	34.55	34.51	34.15	33.62	31.75	30.11
D <sub>obs</sub> (mm)	42.81	40.46	35.34	32.13	30.16	27.9	27.64
AEE (mm)	8.25	5.91	0.83	2.02	3.46	3.85	2.47
ARE(%)	19.27	14.60	2.34	6.28	11.47	13.79	0.50

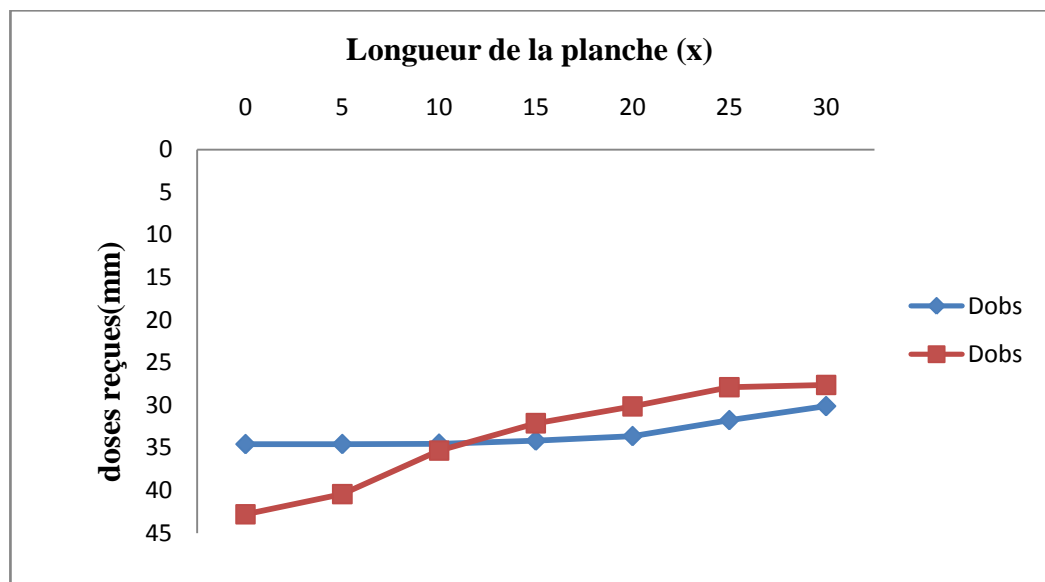


Figure (V-04) : comparaison entre infiltration calculée et infiltration observe à 1m de profondeur

Pour l'erreur absolue moyenne AAE(m) et l'erreur relative moyenne ARE(%) pour de planches (2), arrosage-2- sont donc :

$$AAE = \frac{1}{7} \sum |AAE_i| = 3.82(\text{mm})$$

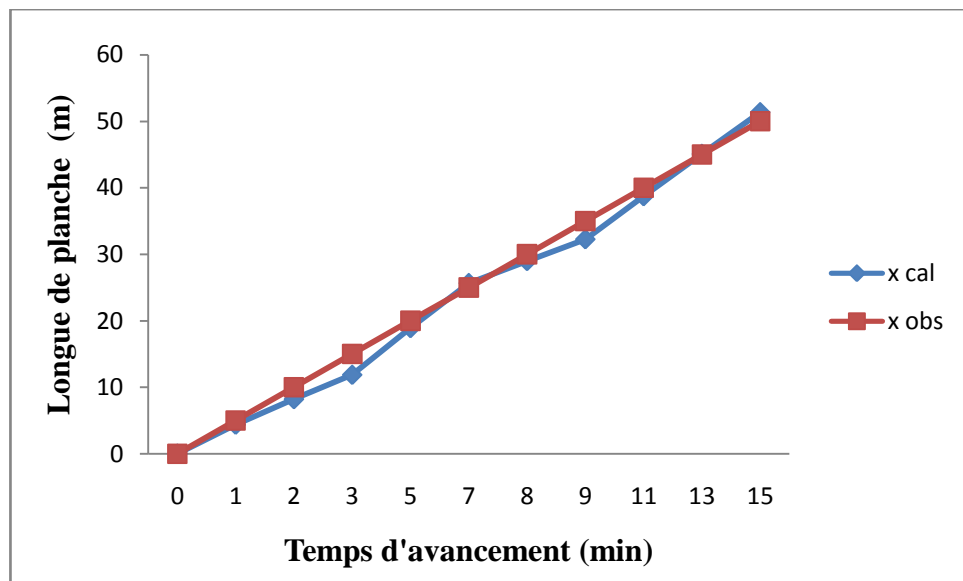
$$ARE = \frac{1}{7} \sum |AAE_i| = 10.95(\%)$$

**I-2 : Etude de l'avancement :**

Comparons les résultats observés sur terrain et les résultats obtenus à l'aide du modèle mathématique, en calculons l'erreur absolue et l'erreur relative.

**Tableau (V-05) :** valeurs de l'avancement calculées et observées, et erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-1- arrosage-1-)

<b>Tav</b>	0	1	2	3	5	7	8	9	11	13	15
<b>Xcal</b>	0	4,37	8,21	11,87	18,9	25,67	28,99	32,27	38,74	45,1	51,37
<b>Xobs</b>	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
<b>AAE(m)</b>	0	0,63	1,79	3,13	1,1	0,67	1,01	2,73	1,26	0,1	1,37
<b>ARE(%)</b>	0	12,6	17,9	20,87	5,5	2,68	3,37	7,8	3,15	0,22	2,74



**Figure (V-05) :** comparaison entre avancement calculée et avancement observée

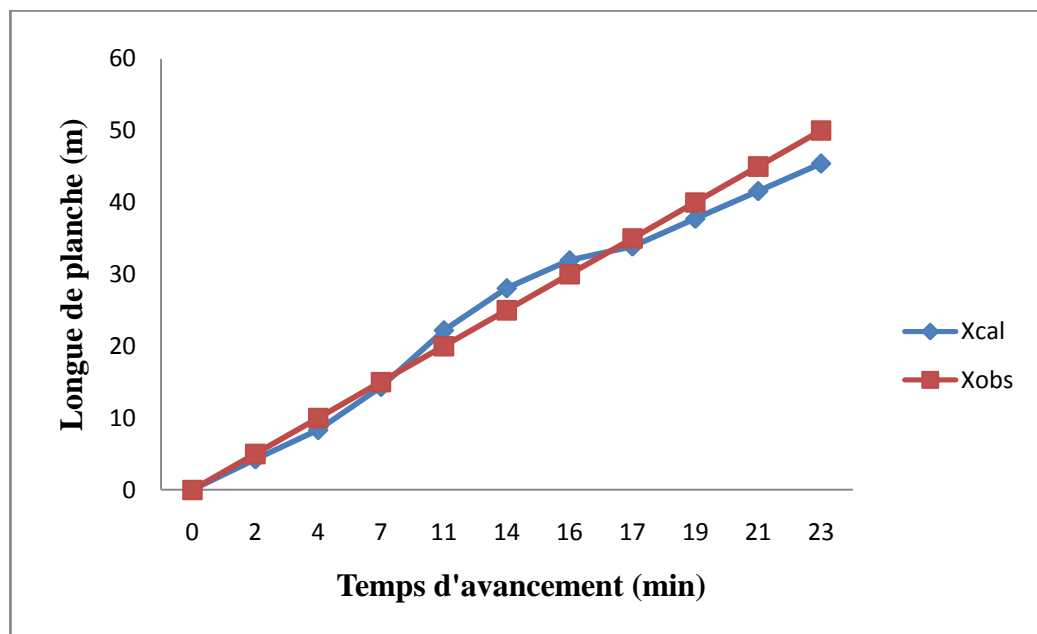
Donc l'erreur absolue moyenne AAE(m) et l'erreur relative moyenne ARE(%) pour de planches (1), arrosage-1- sont donc

$$AAE = \frac{1}{11} \sum |AAE_i| = 1.25(\text{mm})$$

$$ARE (\%) = \frac{1}{11} \sum |ARE_i| = 6.98(\%)$$

**Tableau (V-06) :** valeurs de l'avancement calculées et observées, et erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-1- arrosage-2-)

<b>Tav</b>	0	2	4	7	11	14	16	17	19	21	23
<b>Xc</b>	0	4,25	8,33	14,33	22,21	28,07	31,95	33,88	37,74	41,59	45,43
<b>Xo</b>	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
<b>AEE(m)</b>	0	0,75	1,67	0,67	2,21	3,07	1,95	1,12	2,26	3,41	4,57
<b>ARE(%)</b>	0	15	16,7	4,47	11,05	12,28	6,5	3,2	5,65	7,58	9,14



**Figure (V-06) :** comparaison entre avancement calculée et avancement observée

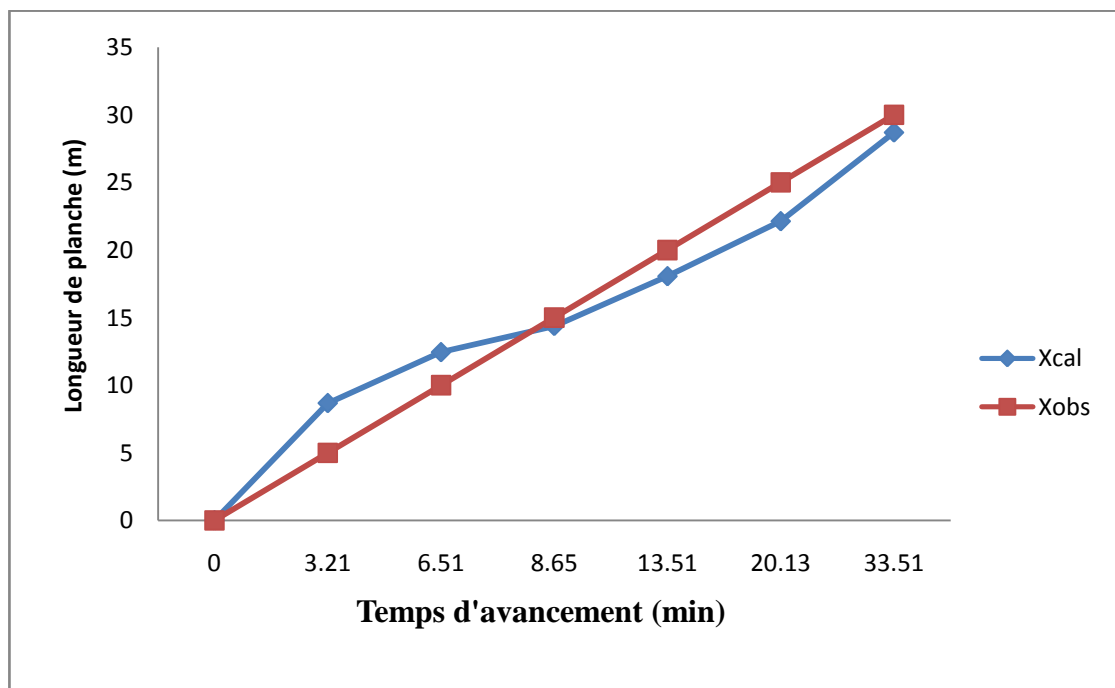
Donc l'erreur absolue moyenne AAE(m) et l'erreur relative moyenne ARE(%) pour de planches (1), arrosage-2- sont donc :

$$AAE = \frac{1}{11} \sum |AAE_i| = 1.97 \text{ (mm)}$$

$$ARE (\%) = \frac{1}{11} \sum |ARE_i| = 8.32 (\%)$$

**Tableau (V-07) :** valeurs de l'avancement calculées et observées, et erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-2- arrosage-1-)

<b>T<sub>av</sub> (min)</b>	0	3.21	6.51	8.65	13.51	20.13	33.51
<b>X<sub>cal</sub> (mm)</b>	0	8.68	12.45	14.39	18.07	22.14	28.71
<b>X<sub>obs</sub> (mm)</b>	0	5	10	15	20	25	30
<b>AEE (mm)</b>	0	3.68	2.45	0.61	1.93	2.86	1.29
<b>ARE(%)</b>	0	73.6	24.5	4.06	9.65	11.44	4.3



**Figure (V-07) :** comparaison entre avancement calculée et avancement observée

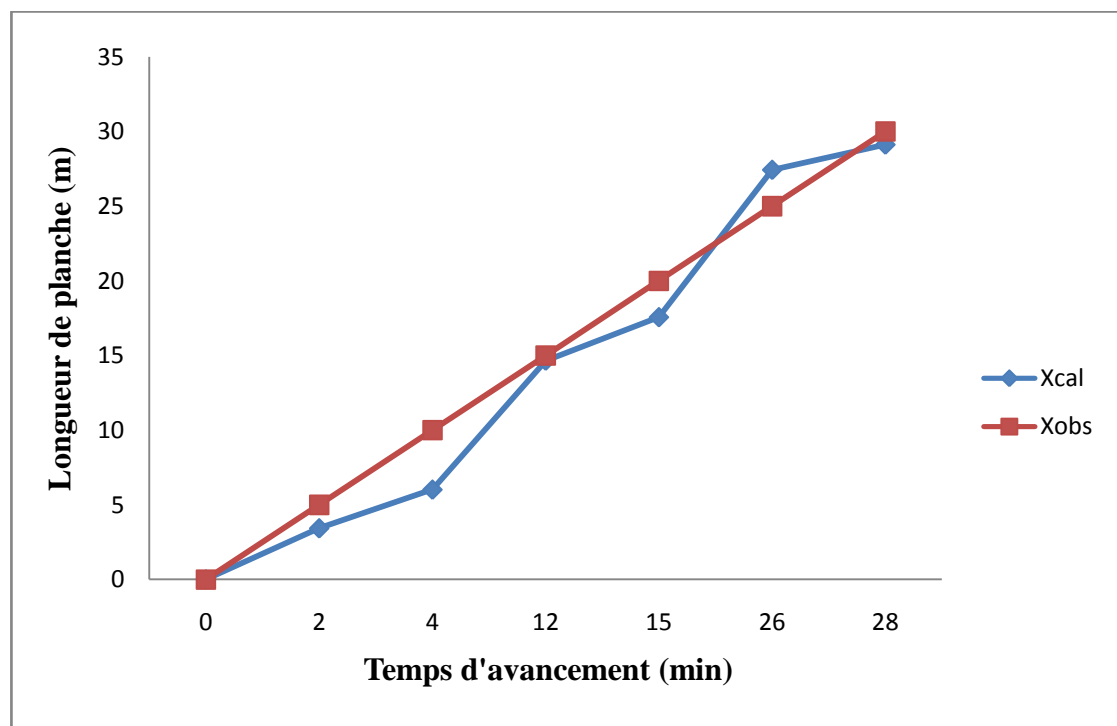
Donc l'erreur absolue moyenne AAE(m) et l'erreur relative moyenne ARE(%) pour de planches (2), arrosage-1- sont donc :

$$AAE = \frac{1}{7} \sum |AAE_i| = 1.83 \text{ (mm)}$$

$$ARE (\%) = \frac{1}{7} \sum |ARE_i| = 18.22 (\%)$$

**Tableau (V-08) :** valeurs de l'avancement calculées et observées, et erreurs absolues et relatives en chaque point (planche-2- arrosage-2-)

La longueur X(m)	0	2	4	12	15	26	28
X <sub>cal</sub> (mm)	0	3.43	6.02	14.66	17.57	27.44	29.13
X <sub>obs</sub> (mm)	0	5	10	15	20	25	30
AEE (mm)	0	1.57	3.98	0.34	2.43	2.44	0.87
ARE(%)	0	31.4	39.8	2.26	12.15	9.76	2.9



**Figure (V-08) :** comparaison entre avancement calculée et avancement observée

Donc l'erreur absolue moyenne AAE(m) et l'erreur relative moyenne ARE(%) pour de planches (2), arrosage-2- sont donc :

$$AAE = \frac{1}{7} \sum |AAE_i| = 1.66 \text{ (mm)}$$

$$ARE (\%) = \frac{1}{7} \sum |ARE_i| = 14.03 \text{ (\%)}$$

Tableau (V-09) : Comparaison entre les résultats humidité (Ham-Hav)

Débit (l/s)	Longueur (m)	Temps $t_{av}$ (mm)	Temps $T_{IRR}$ (mn)	Ham (mm)	Hav (mm)	(Ham-Hav)/Ham(%)	(Ham-Hav)/L
<b>Planche N°1</b>							
1.7	50	23	30	143.19	37.14	0.74	2.12
1.7	50	15	23	82.13	40.43	0.51	0.83
<b>Planche N°2</b>							
0.26	30	33.51	90	37.05	27.65	0.25	0.31
0.52	30	28	90	37.78	34.81	0.07	0.09

**Conclusion :**

La comparaison entre les valeurs calculées à l'aide du modèle mathématique et celle observées directement sur terrain donne une erreur faible. Nous pouvons donc conclure que le modèle mathématique choisi calcule correctement l'infiltration et que nous pouvons l'utiliser par la suite directement pour connaître l'infiltration sans recourir aux expérimentations difficiles à réaliser.

---

## *Conclusion générale*

---

## **Conclusion générale**

La pratique de l'irrigation est un aspect essentiel de l'agriculture en milieu saharien. On sait aujourd'hui calculer et prévoir les paramètres fondamentaux qui la régissent, mais il n'y a pas de recette miracle, les solutions adoptées sont toujours des compromis. De nombreux facteurs doivent intervenir dans le choix, qui tiennent compte des conditions naturelles, du savoir-faire local, du niveau de développement industriel du pays et des performances économiques de la production agricole envisagée. [11]

L'objectif de ce travail est de bien connaître le processus de l'infiltration de l'eau dans le sol dans le cas de l'irrigation par planches, c'est à dire d'essayer de déterminer exactement l'humidité dans le sol ce qui nous permet de connaître la quantité d'eau à apporter à la plante. La problématique est donc de trouver la meilleure combinaison (débit d'entrée, longueur de la planche, pente du fond et durée de l'alimentation) afin d'avoir une répartition de l'humidité uniforme et suffisante le long de la planche.

La méthode Kostiakov et l'équation type puissance de l'avancement a été retenu pour la détermination de l'infiltration pendant la phase de l'avancement et la phase de stockage. Ce modèle nécessite l'estimation des paramètres de l'équation de l'infiltration de Kostiakov  $a$  et  $K$ , que nous avons déterminé à l'aide de la méthode des deux points.

Une fois l'équation de Kostiakov déterminée, nous avons calculé l'infiltration pour chaque type de planche et tracé les graphiques de l'infiltration le long de la planche. nous avons déduit de cette étude que plus le débit est faible pour une longueur constante et plus la longueur est faible pour un débit constant moins est importante la différence entre l'infiltration à l'amont et celle à l'aval. Nous pouvons donc conclure que les planches qui donnent une bonne répartition sont les planches courtes à débit faible.

La troisième étape de notre travail a consisté à la détermination de l'infiltration expérimentalement. A cet effet, nous avons déterminé les humidités du sol avant et après chaque arrosage le long de chaque planche jusqu'à un mètre de profondeur.

Les graphiques des humidités montrent que les planches qui donnent des bons résultats sont les planches de longueur moyenne et de débit moyen.



Dans la dernière étape nous avons comparé l'avancement et les infiltrations prédits et ceux calculés pour tester la capacité du modèle choisi. Nous avons obtenu une erreur relative de 5 % pour l'avancement et 8 % pour l'infiltration. Nous avons donc conclu que le modèle prédit correctement la phase de l'avancement et celle du stockage. Nous avons aussi étudié la qualité des arrosages en déterminant le rendement hydraulique net et le coefficient d'uniformité.

Dans notre étude, nos expérimentations se sont limitées à 5 combinaisons :

- nous avons fait varier le débit (0.26 et 0.52 l/s/m) pour une longueur constante (30m), la pente (0.001).
- puis nous avons fait la longueur de la planche (50m) pour un débit constant (1.7 l/s/m), la pente (0.002).

Car il a été très difficile de trouver une source d'eau à proximité des planches à façonner. En plus les expérimentations sont très difficiles à réaliser vu les problèmes suivants :

- les planches ont été façonnées manuellement.
- n'ayant pas de sonde pour le prélèvement des humidités, nous avons été obligés de prélever des échantillons de sol jusqu'à un mètre de la planche chaque 5m le long de celle ce, avant et après chaque arrosage.
- des pannes fréquentes de pompes suivis de coupures d'eau.

Cette étude est avant tout expérimentale et a pour ambition de répondre à des applications pratiques mais pas immédiatement car il est nécessaire de poursuivre les expérimentations avec plusieurs autres combinaisons.

---

## **Références bibliographiques**

---

## Références Bibliographiques

- [1]-**A.N.R.H.**: 1994. Les ressources en eaux de la Wilaya de Ouargla. Rapports techniques.
- [2]- **Alzba. A. A**(Associate Member,ASCE), and Fangmeeir D.D ( Member, ASCE) :  
Hydrograph shape and border irrigation efficiency. (journal of irrigation and drainage Engineering, vol.121, N°6,November/December,1995.452-457)
- [3] -**Alzba.A.A**, and Strelkoff ( Member, ASCE) : Correct form of hall technique for border irrigation advance : (journal of irrigation and drainage Engineering, vol.120,N°2,Mars/April,1994. 292-307)
- [4]- **Baise Denis (directeur de recherche à l'INRA : service étude des sols et de la carte pédologique de France)** guide des analyses courantes en pedologie
- [5]- (**Benriana, Bougoffa, 2014**). . Mémoire de Gestion de ressource de l'eau de la cuvette d'Ouargla. Université KASDI Merbah de Ouargla.
- [6] **Blair.A.W**(Associate Member , ASCE) and Smerdon E.T (Member , ASCE) :  
infiltration from infiltration advance data. II: experimental ; (journal of irrigation and drainage Engineering, vol.1144 N°1, February,1988. 18-29)
- [7]- Boserup E, Evolution agraire et pression demographique. Flammarion , (paris 1970)
- [8] - **BERREGUI Asma** : mémoire les ressources en eau et leurs conséquences sur l'environnement oasiem cas région de ouargla
- [9] - **Cemagref (Eddition 1990)** : Guide pratique de l'irrigation
- [10]- **C.BROUWER** : GESTION DES EAUX EN IRRIGATION Manuel de formation n°5  
**(Méthodes d'irrigation)**
- [11]-**Direction de l'hydraulique et de l'équipement** ( service des études scientifiques : 1959)
- [12]- **Dubief Jean** : Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara ; direction de l'hydraulique
- [13]- (Dussart,1992). . Limnologie. L'étude des eaux continentales, 2éme édition, p 736.

- [14]- Fang X.YU and Vijay P.Singh (Member,ASCE) : Analytical model for border irrigation (journal of irrigation and drainage Engineering, vol.115, N°6
- [15] - **Galbiati. G and Savi. F**(Institute of Agricultural Hydraulics, University of Milan,Via Celoria 2,20133 Milano, Italy) : Evaluation of the comparative influence of soil hydraulic properties and roughness on overland at the local scale : (journal of irrigation and drainage Engineering Research 61(3) 1995 : 183-190
- [16] - **Galbiati. G and Savi. F**(Institute of Agricultural Hydraulics, University of
- [17]- (**Goudjil, Bencheikh, 2011**): Mémoire de" Etude de la pollution minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla, Sud– Est Algérien". Université KASDI Merbah de Ouargla.
- [18]- **HALILAT, 1993** Etude de la fertilisation azoté et potassique sur le blé dure(variété aldura , en zone saharienne (région de Ouargla)  
(JEAN T, 1989)
- [19]- **Hartley.D.M (Member,ASCE)** :Interpretation of kostiakov infiltration parameters for border : (journal of irrigation and drainage Engineering 118(1) : 56-165)
- [20]- **Hollzapfel. E A,M.A,Chavez—Morales.J** :Border irrigation model selection (Transactions of the Asaf American Society of Agricultural Engineering 1984 27(6) : 811-1816)
- [ 21]- Le livre, 1969 CADIROU, 1968 et LAHMAR ,1992. In EDDOUD, 2003)
- [22] - **Luis Santos Pereira**: Pedro Leao de Souza : Irrigation de surface : (traité d'irrigation :coordonnateur : jean tiercelin ; 450-459)
- [23]- **Messahel El Mekki** : Méthodes de travail et de calcul pour la détermination de la loi d'infiltration(Institut génie-rural : Université de Blida)
- [24]- **Milan,Via Celoria 2,20133 Milano, Italy** ) : Evaluation of the comparative influence of soil hydraulic properties and roughness on overland at the local scale : (journal of irrigation and drainage Engineering Research 61(3) 1995 : 183-190
- [25]- (**MUNIER, 1973** Le palmier dattier. Techniques agricoles et productions tropicales. Pari

- [26] -**Nader2013**: Septembre 2013.Mémoire de « Apport de télédétection en hydrogéologie. (Etude comparative - cas de Oued Righ et Oum Teboul) ». Université KASDI Merbah de Ouargla.
- [27]- **Rebour.H et Deloye. M** : Méthodes modernes des irrigations de surface et par aspersion1971.
- [28]- (**Rezzag, Naami, 2015**) : Mémoire d'Approche de la gestion des ressources en eau de la région Ghardaia (Cas Zelfana). Université KASDI Merbah de Ouargla, 2015.
- [29] - (**ROUVILLOIS- BRIGOL ,1975**) : le pays de ouargla (Sahara algérien); variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique publication du département de géographie de l'université de paris-sorbonne (2) ; 389p.
- [30]- **Station météorologique de Ouargla**, 2015 : Donnée de le climat
- [31]- **TOUTAIN, 1973**: Element d'agronomie saharienne de la recherche au developement
- [ 32] -**Touchart L** : (Bulletin de l'association de géographes français CNRS, vol. 4, p. 320. wikimedia.

---

## *Annexes*

---

**Annexe N°-01- Les matérielles utilisé**



**-L'appareil de mesure la perméabilité-**



**- Echantillons du sol -**



**- Le tarière-**





**-La planche après d'arrosage-**



**-la planche avant arrosage-**



**-La planche pendant d'arrosage-**





L'appareil de mesure la densité-



-balance numérique-



- Agitateur -



-L'appareil granulométrique-

## Annexe N°-02-

**Analyses des eaux des forages du Moi-pliocène et du Sénonien au niveau de  
l'exploitation de l'université de Ouargla (ex. ITAS)**

**Tableau :** résultats d'analyses d'eau de la nappe du Moi-pliocène :

CE à 25°C (ds/m)	PH	Les anions (meq/l)			Les cations (meq/l)			
		$HCO_3^-$	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$	$Na^+$	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$
5.2	7.1	2.2	32	27.1	31.3	0.9	12	15.9

**Tableau :** résultats d'analyses des eaux des forages :

	CE à 25°C (ds/m)	PH	Les anions (meq/l)			Les cations (meq/l)			
			$HCO_3^-$	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$	$Na^+$	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$
<b>Forage Moi- pliocène</b>	5.3	7.3	0.5	20.5	21.6	26.3	1.1	6	22.9
<b>Forage Sénonien</b>	3.7	8.1	1.5	31	43.2	40.1	1.1	7.6	13.2

## ملخص :

إن استعمال المياه في المجال الزراعي في المناطق الصحراوية لا يزال تقليديا والذي يتمثل في توجيه مياه السقي عن طريق الجاذبية (الري السطحي بواسطة المصاطب)، وبالنسبة لمنطقة الدراسة وبالرغم من أنها تتوفر على مؤهلات تقنو اقتصادية تساهم في تطوير طرق الري الزراعي. فالمنطقة و بالمقارنة مع مناطق أخرى لما تحتويه من إمكانيات التقديرات للمياه الموجهة للزراعة ذات مردودية ضعيفة، و لذلك يجب التفكير في الأهمية الاقتصادية من أجل تحقيق التطور و التقدم في الإنتاج، و منه هدفنا من هذه الدراسة التي قمنا بها هو تحديد و إعطاء المقادير المناسبة و اللازمة (التدفق الداخل إلى المصطبة Q، زمن السقاية t<sub>irr</sub>، ميل المصطبة S<sub>0</sub> و طول المصطبة L) للوصول إلى زمن السقاية المناسبة t<sub>irr</sub> لتحديد الرطوبة الواجب توفيرها للتربة. نعتمد على طريقتين من أجل دراسة تركيز ترشيح الماء خلال عمق 1م في التربة مع قياس الرطوبة قبل و بعد السقي. - النموذج الرياضي المتمثل في طريقة KOSTIAKOV من أجل تقدير الترشيح و تقديم الماء اعتمادا على الحساب. - النموذج العلمي من أجل تحديد الرطوبة الحقيقية خلال 1م في التربة و تقدم الماء أثناء عملية السقي. و في الأخير نقوم بالمقارنة بين النموذجين . و من أجل تحديد النتائج الميدانية قمنا بانجاز مصطبتين مختلفتي الطول و تتغذى بتدفقات متغيرة، حيث كانت النتائج المحصلة عليها مقبولة و يمكننا اعتماد النموذج الرياضي للتجارب المستقبلية لتحديد خصائص الرطوبة دون اللجوء إلى إعادة التجارب نظرا لصعوبة تحقيق ذلك. الكلمات الدالة: المصطبة، السقي، الترشيح، الرطوبة.

## Résumé :

L'utilisation de l'eau par l'agriculture dans la région saharienne reste encore traditionnelle de par la technique dominante employée (gravitaire-irrigation par planche), et même la région d'étude malgré l'extension récente des techniques économes. L'eau encore très mal valorisée puisque les rendements sont faibles par rapport à ce qui est obtenu dans notre pays, on peut penser que d'importantes économies d'eau peuvent être réalisées à l'avenir tout en augmentant les productions, pour ce la ; l'objectif de notre étude est l'obtention de la meilleure combinaison (débit d'entrée, longueur de la planche, et temps d'irrigation) afin d'avoir temps d'irrigation une répartition de l'humidité plus ou moins uniforme,

Pour étudier l'humidité dans le sol nous avons utilisé deux méthodes suivantes ;

- La première analytique à l'aide du modèle mathématique de KOSTIAKOV.

- La seconde expérimentale pour déterminer la dose réelle d'eau reçue jusqu'à 1m de profondeur, en mesurant l'humidité de sol avant et après chaque arrosage.

On compare les résultats qui trouvent par le modèle mathématique et le modèle expérimental,

Nous avons comparé les résultats expérimentaux et ceux prédits par le mm.

Pour les résultats pratiques nous réalisons deux planches de différentes longueurs alimentées de débits différents. Le but et l'avantage de ce travail est que l'on peut déterminer l'infiltration le long des planches par calcul vu la difficulté à l'avoir expérimentalement.

Mode clés : Planches, Irrigation, Infiltration, Humidités

## Summary

The use of water by agriculture in the area Sahara remains still traditional form the dominant technique employed (gravitaient irrigation by board), and even the study in spite of the recent extension of the technique treasurers. Water encor very badly developed since the outputs are weak compared to what is obtained in our country , one can think that important savings in water can be to realize in the future while increasing the production, for this ;the objective of our study is obtaining best the combiantion (flow of entry, length of the board, and time of irrigation )in oder to have time of irrigation a repair of more or less uniform moisture for this .

For study moisture in the ground we used two methods following : Methode of KOSTIAKOV the mathematical model to determine the infiltration and advance.

The experimental method to determine the amount réelle received water jusqu with 1m of depth ,its with measuring the moisture of ground before and after each watering and measuring advance hang irrigation .

For the results carries out us tow board different length practces to feed form the different flows . The goal and the advantage of this word is the one can determine the infiltration along the boards by calculation considering the difficulty of having it in expérimentes.

Key words: Poards, Irrigation, Infiltration, Moisture.