

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Conception d'un logiciel de dimensionnement des réseaux
d'irrigation.

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 6-0014-17

APA Citation (APA توثيق):

Bounif, Youssra (2017). Conception d'un logiciel de dimensionnement des réseaux
d'irrigation[Thèse de master, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بنمّين الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات، مبداعات، مقالات، دوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

DépartementHydraulique Urbaine

MEMOIRE DE MASTER

Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique

OPTION : ASSAINISSEMENT

THEME :

CONCEPTION D'UN LOGICIEL DE DIMENSIONNEMENT
DES RESEAUX D'IRRIGATION

Présenté par :

M^{lle} : BOUNIF Youssra

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M ^r KHODJET KESBA OMAR	Professeur	Président
M ^r KAHLERRAS DJILLALI.	M.C.B	Examineur
M ^{me} AMMOUR FADILA	M.A.A	Examinatrice
M ^{me} SALHI CHAHRAZED	M.A.B	Examinatrice
M ^r YAHIAOUI SAMIR	M.A.A	Promoteur

Avril 2017

Remerciements

Le succès fut toujours l'enfant de l'audace. A travers cette citation, je tiens à remercier le **Dieu** pour sa clémence et sa miséricorde.

Au terme de cette thèse, je suis fière d'exprimer mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de loin ou de proche à l'élaboration de ce mémoire.

En premier lieu, je tiens à remercier très vivement mon encadreur **Monsieur Yahiaoui Samir** pour sa générosité, ses conseils, ses commentaires efficaces et son aide incessante.

Mes vives gratitude s'adressent à **Monsieur Khodjet kesba** qui a bien voulu présider mon jury, je la remercie pour sa disponibilité et pour son aide précieuse.

Mes remerciements vont également à tous les membres de jury, pour avoir accepté d'en faire partie et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire **Monsieur Kahlerras Djillali, Madame Ammour Fadila et Madame Salhi Charhrazed.**

J'aimerais bien adresser mes vifs remerciements pour **Melle Batel Sarra** pour son aide, sa générosité et sa disponibilité.

Je tiens à remercier chaleureusement **Monsieur Derradj Nidal** pour son aide précieuse, sa disponibilité, ses encouragements incessants et son soutien le long de mon parcours. Je vous dis encore une fois merci beaucoup.

Dédicaces

A ceux qui me sont les plus chers.

A ceux qui ont toujours cru en moi.

A ceux qui ont toujours m'encouragé.

Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de ma grande mère et mon grand père.

A ma très chère mère

A mon très cher père

A mes très chers frères :

ANOIR, ANIS & YAHIA.

A mes chères amies et sœurs du cœur :

DIKRA, HOUDA, DORIA & CHAIMA

A mes très chères choupinettes :

AMIRA,

CHAIMA,

RYM,

KIKI

A ma chère amie d'enfance :

BESMA HENDEI

A mon fiancé:

DERRADJ NIDAL

RESUME

Le secteur d'agriculture dans notre pays a longuement souffert du manque d'eau durant des années qui est du à la secheresse, l'explosion démographique et les changements des pratiques agricoles.

Pour atténuer ce manque dans le secteur agricole, la bonne gestion de la ressource devient de plus en plus une nécessité.

Dans ce cadre, nous allons aborder la micro irrigation en proposant d'élaborer au cours de ce sujet un code de calcul capable de dimensionner un réseau d'irrigation en goutte à goutte en se basant sur l'ancienne version qui est **Irri-Tech V2.0** qui simule les réseaux d'irrigation par aspersion en couverture mobile; qui peut permettre de gagner du temps, et de favoriser et encourager l'usage de ces techniques. Donc ce programme de calcul peut servir comme outil d'aide de prise de décision. Ce logiciel se nomme **Irri-Tech V3.0**

ABSTRACT

The sector of agriculture in our country suffered for a long time the lack of water because of drought, as well as the demographic explosion and the cause of agricultural practices. In order to find this lack the good management of the resources becomes more and more necessary.

In this setting we are going to approach the technique of irrigation while proposing a project of calculating capable to provide a network of irrigation, that allows us to win time and effort. More over this program of calculation could be a tool of decision making. This program named **Irri-Te V3.0**

ملخص

إن الفلاحة في بلادنا قد أنهكت من قلة المياه و الجفاف خلال السنوات السابقة, وهذا يرجع إلى الجفاف من جهة والى الانفجار الديموغرافي و التغيير في ممارسة التطبيقات الفلاحية من جهة أخرى.
من اجل التخفيف من هذه القلة في المجال الفلاحي فان التسيير الجيد لهذه الموارد يعتبر ضرورة ملحة .
في هذا الإطار سوف ناقشنا تقنية السقي باقتراح اعداد برنامج حساب قادر على سعة شبكة السقي بالتقطير, والذي يسمح لنا بربح الوقت كما يشجع على استعمال هذه التقنية.
كما يمكن استعمال هذا البرنامج أيضا كأداة تساعد على اخذ القرار المناسب. والذي سميناه

Irri-Tech V3.0.

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau I.1 : Répartition des surfaces équipées en micro irrigation dans le monde.....5

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

Tableau III.1: Pluviométries moyennes mensuelles.....29

Tableau III.2: Nombre moyen des jours pluvieux.....30

Tableau III.3 : Températures extrêmes et moyennes mensuelles.....30

Tableau III.4 : Nébulosité moyenne mensuelle.....30

Tableau III.5 : Vitesses moyennes mensuelles des vents (21ans).....30

Tableau III.6 : L'évaporation moyenne mensuelle (21ans).....31

Tableau III.7 : Insolations moyennes mensuelles (21ans).....31

Tableau III.8 : Humidités relatives moyennes mensuelles (18ans).....31

Tableau III.9: Pluviométries moyennes mensuelles.....34

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Figure I.1. Différentes méthodes d'irrigation pratiquées	2
---	---

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

Figure II.1. Schéma illustrant les processus de calcul des besoins en eau.....	9
Figure II.2. Schéma illustrant les différentes composantes de bilan hydrique.....	12
Figure II.3. Schéma représentant la première classe « besoin d'irrigation ».....	13
Figure II.4. Schéma représentant la deuxième classe « calcul hydraulique ».....	14
Figure II.5. Schéma représentant le dimensionnement des rampes.....	15
Figure II.6. Schéma représentant le dimensionnement des portes rampes.....	16
Figure II.7. Schéma représentant le dimensionnement de la conduite principale.....	16
Figure II.8. Schéma illustrant les différents composants d'un système d'irrigation « goutte à goutte ».....	22

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

Figure III.1. Icones de quelques outils utilisés.....	23
Figure III.2. Page illustrant la fenêtre d'accueil.....	25
Figure III.3. Page illustrant la fenêtre principale.....	25
Figure III.4. Page illustrant le calcul des besoins d'irrigation.....	26
Figure III.5. Page illustrant le calcul hydraulique.....	27
Figure III.6. Page illustrant le dimensionnement des canalisations du réseau.....	27
Figure III.7. Page illustrant quelque type des goutteurs.....	28
Figure III.8. Photo satellitaire de la parcelle d'étude.....	29
Figure III.9. Page illustrant le choix de la culture.....	33
Figure III.10. La fiche technique de la culture choisie.....	33
Figure III.11. Page illustrant les caractéristiques de la parcelle.....	33
Figure III.12. Page illustrant le calcul de la pluie mensuelle P80%.....	34
Figure III.13. Page illustrant le calcul de la pluie efficace « Méthode % fixe ».....	35
Figure III.14. Page illustrant la température moyenne mensuelle.....	35
Figure III.15. Page illustrant le calcul du coefficient climatique.....	36
Figure III.16. Page illustrant le calcul de l'ETP « méthode de Blaney-Cridle ».....	37
Figure III.17. Page illustrant le calcul de l'ETR.....	38
Figure III.18. Page illustrant le calcul de la RFU.....	38
Figure III.19. Page illustrant le calcul des besoins en eau.....	39
Figure III.20. Page illustrant le calcul des besoins fictifs en eau.....	40
Figure III.21. Page illustrant le calcul des besoins caractéristiques en eau.....	40
Figure III.22. Page récapilative des besoins en eau.....	41
Figure III.23. Page illustrant la barre de navigation pour le module goutte à goutte.....	41
Figure III.24. Page récapilative de calcul des besoins d'irrigation.....	42
Figure III.25. Page illustrant le calcul hydraulique.....	43
Figure III.26. Page illustrant le dimensionnement des rampes.....	44
Figure III.27. Page illustrant le dimensionnement des portes rampes.....	44
Figure III.28. Page illustrant le dimensionnement de la conduite principale.....	45
Figure III.29. Page récapilative de dimensionnement d'un système d'irrigation en goutte à goutte.....	46

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydraulique.

ONM : Office Nationale Météorologique.

SIMIS : Scheme Irrigation Management Information System.

BIRIZ : Logiciel de bilan d'eau et de gestion des périmètres irrigués

ETP : Evapotranspiration Potentielle (mm/mois)

T : Température moyenne mensuelle (°C).

Ig : Radiation globale mensuelle (cal/cm²/jour).

P : pourcentage d'éclairement (%).

K : coefficient climat/culture.

KC : coefficient cultural.

Kt : coefficient climatique.

ETR : Evapotranspiration Réelle (mm/jour).

Hr : L'humidité de l'air en %.

RFU : Reserve Facilement Utilisable

HCC : Humidité à la Capacité au Champ;

HPF : Humidité du sol au Point de Flétrissement ;

Z : Profondeur d'enracinement (m) ;

Da : Densité apparente ;

Qf : besoin fictif (l/s/ha).

K : coefficient d'efficience (%)

S : surface de la parcelle (ha).

Qcar : besoin caractéristique (l/s).

PE : Polyéthylène.

PN : Pression nominale (mce).

PEBD : Polyéthylène basse densité.

PEHD : Polyéthylène haute densité.

ΔH : perte de charge (m).

Cw : coefficient de perte de charge.

J : perte de charge.

SAR : coefficient d'adsorption du sodium.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction :	1
I.1 Description des systèmes ou des techniques d'irrigation :	1
I.1.1 Classification des systèmes d'irrigation	1
A. La technique d'irrigation gravitaire :	2
B. La technique d'irrigation par aspersion	3
C. La technique d'irrigation goutte à goutte	4
I.2 Historique du goutte à goutte et état des lieux en Algérie et le monde	4
I.3 Interaction des paramètres influençant le dimensionnement des réseaux d'irrigation par aspersion	5
I.3.1 La disponibilité de l'eau	5
I.3.2 La qualité de l'eau	5
I.3.3 Le climat	5
I.3.4 Type de sol	6
I.3.5 Types de cultures	6
Conclusion	6

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

Introduction	7
II.1 Etude de l'existant	7
II.2 Description de l'application à réaliser	7
II.3 Calcul des Besoins en eau d'une culture	8
II.3.1 Description des processus des calculs	8
II.4 Dimensionnement du réseau	13
II.4.1 Description des processus de calcul	13
A. Détermination des besoins d'irrigation :	17
B. Calcul hydraulique :	18
C. Dimensionnement des canalisations du réseau :	18
C.1 Les rampes :	18
C.2 Les porte rampes	20
C.3 conduite tertiaire (principale) :	21
Conclusion :	22

SOMMAIRE

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

Introduction.....	23
III.1 Méthodes et outils	23
III.1.1 Le langage de programmation C#.....	23
III.1.2 Framework DotNet	23
III.1.3 IDE Visuel studio 2010.....	23
III.1.4 Microsoft Access.....	24
III.2 Présentation de l'application développée :	24
III.2.1 Objectif du programme	24
III.2.2 Fonctionnement.....	24
III.2.3 Description	24
III.3 Exemple d'application.....	28
III.3.1 Présentation de la parcelle pilote de l'ENSH.....	28
III.3.2 Situation topographique	29
III.3.3 Climatologie.....	29
III.3.4 Etude agro-pédologique	31
III.3.5 L'application sur le logiciel	32
Conclusion :	46

CONCLUSION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'agriculture est, de loin, le secteur ayant la plus grande consommation d'eau. L'irrigation des régions agricoles représente 70% de l'eau utilisée dans le monde entier. Dans plusieurs pays en voie de développement, l'irrigation représente jusqu'à 95% de toutes les utilisations d'eau, et joue un rôle important dans la production de la nourriture et la sécurité alimentaire. Les futures stratégies de développement agricole de la plupart de ces pays dépendent de la possibilité de maintenir, d'améliorer et d'étendre l'agriculture irriguée. Et c'est le cas en Algérie.

Malheureusement, les effets de la sécheresse, de l'explosion démographique, et de l'exode vers les grandes villes rendent l'accès à la ressource très délicat. C'est la raison pour laquelle on retrouve des difficultés énormes dans la gestion des ressources dans le secteur agricole. Surtout en ce qui concerne l'efficacité des réseaux d'irrigation.

A partir de cette problématique nous avons pensé qu'il est utile de vulgariser les techniques d'irrigation ayant la plus grande efficacité, entre autres la technique par goutte à goutte.

C'est dans ce contexte qu'on propose d'élaborer au cours de ce sujet un logiciel nommé Irri-Tech V3.0 capable de dimensionner un réseau d'irrigation en goutte à goutte ainsi de calculer les besoins en eau, qui peut permettre de gagner du temps, de favoriser et d'encourager cette technique, un programme de calcul qui peut servir comme outil d'aide de prise de décision.

Pour bien mener cette étude, nous allons axer ce travail sur trois parties essentielles :

La première traite dans un premier chapitre une **recherche bibliographique** sur les techniques d'irrigation, ainsi que les avantages et les inconvénients de chaque technique.

La deuxième partie est la programmation et la conception du logiciel présenté dans chapitre intitulé **conception et modélisation**.

Tandis que la troisième partie c'est la présentation de l'application ainsi que une exécution du programme se résume dans un chapitre intitulé **présentation de l'application**

CHAPITRE I
RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

CHPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

CHPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction :

Dans le présent chapitre, on vise à donner une petite description des différents techniques d'irrigation tous en spécifiant le type de culture adopté par ces techniques.

I.1 Description des systèmes ou des techniques d'irrigation :

L'irrigation est généralement définie comme étant la pratique d'amener l'eau artificiellement sur des terres cultivées afin d'augmenter la production et permettre le développement normal dans le cas de déficit d'eau induit par un déficit de pluviométrie, un drainage excessif ou une baisse de la nappe, en particulier dans la zone arides (**GOUTTEMAN, 1939**).

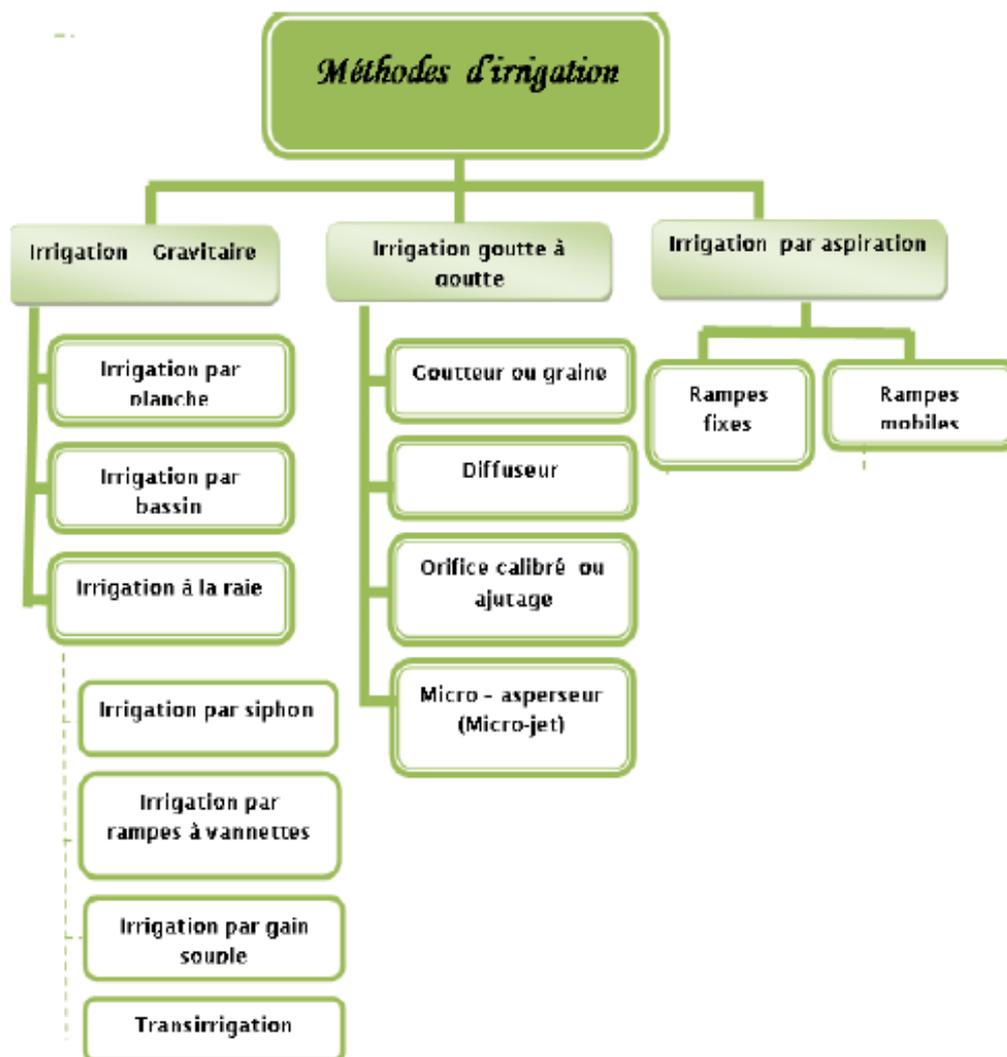
Dans ce contexte, on va citer les différents types de systèmes d'irrigation adaptés à chaque culture.

I.1.1 Classification des systèmes d'irrigation

Les systèmes d'irrigation peuvent être classés en deux grandes catégories : l'irrigation **gravitaire** et l'irrigation **sous pression**. Dans la pratique, on distingue l'irrigation gravitaire, l'irrigation goutte à goutte et l'irrigation par aspersion (**M.L.COMPOARE, 2003**)

Cette classification est bien présentée dans la figure suivante :

CHPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE



Source : www.aqua6.org , 15/09/2016

Figure I.1. Différentes méthodes d'irrigation pratiquées

A. La technique d'irrigation gravitaire :

Il s'agit de la technique d'irrigation la plus ancienne. Elle utilise un canal à ciel ouvert qui apporte l'eau par gravité à des canaux de plus en plus petits, venant irriguer les parcelles cultivées. Ce système d'irrigation utilise énormément d'eau, d'autant plus qu'une grande partie se perd par évaporation. (M.L.COMPOARE, 2003)

Et pour plus d'explication, on peut citer :

- **Les avantages de l'irrigation gravitaire**
- Techniques anciennes, bien connues ;
- Coût d'investissement faible à la parcelle pour l'agriculteur ;
- Pas d'apport énergétique extérieur ;
- Alimentation des nappes phréatiques ;
- Augmentation de la biodiversité ; (PHOCAIDE, 2008)

CHPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

• **L'inconvénient de l'irrigation gravitaire**

- Temps de main d'œuvre pour la répartition et la surveillance important ;
- Coûts importants en cas d'ouvrages d'art (aqueduc, galerie...)
- Pertes d'eau importantes dans les canaux selon la nature du sol : nécessité d'étanché les lits des branches principales ;
- Lieu de points de distribution fixe, parcellaire relativement figé ;
- Nécessite un terrain plat ou un nivellement ;
- Faible efficacité de 50% ;
- Estimation du volume réellement consommé difficile ;

- Pollution possible par déversement. (PHOCAIDE, 2008)

B. La technique d'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion utilise des canalisations souterraines où l'eau circule sous forte pression. Ces canalisations alimentent en eau à des tuyaux mobiles auxquels sont raccordés des systèmes d'aspersion (**arroseurs canons**) : les cultures sont alors arrosées par une fine pluie artificielle.

Cette technique nécessite des installations coûteuses, mais est beaucoup plus économe en eau que la précédente. Et pour plus d'explication, on peut citer :

• **Les avantages de l'irrigation par aspersion :**

- Efficacité améliorée pour l'aspersion, peut atteindre 75% ;
- Pas de pertes d'eau dans les conduites de transport (si entretien régulier) ;
- Parcellaire non figé ;
- Technique adaptée à tout type de sol ;
- Possibilité de lutte antigel ;

- Automatisation possible pour l'irrigation localisée. (PHOCAIDE, 2008)

• **L'inconvénient de l'irrigation par aspersion:**

- Investissement pour l'agriculteur important ;
- Besoins énergétiques importants en cas de pompage ;
- Technique plus récente, nécessite des compétences multiples ;
- Maintenance des installations collectives onéreuse ;
- Faible dimension des buses d'aspersion;
- Infiltrations moindres, donc alimentation des nappes phréatiques moins marquée ;

- Biodiversité faible sur le réseau de distribution. (PHOCAIDE, 2008)

CHPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

C. La technique d'irrigation goutte à goutte

Développée depuis une trentaine d'années, cette technique consiste à apporter de l'eau sous faible pression de façon intermittente et uniquement aux endroits où elle est nécessaire, dans le voisinage immédiat des racines, ce qui se réalise à l'aide de fins tuyaux posés sur le sol ou enterrés. (MOCHE, 2007)

• Les avantages de l'irrigation en goutte à goutte

- Economie de l'eau : permet d'éviter l'évaporation superficielle et le ruissellement avec une efficacité de 95%.
- Economie et amélioration de la fertilisation : application directe de l'eau et des nutriments sur le système racinaire.
- Economie du coût énergétique par rapport à l'aspersion.
- Possibilité d'utiliser les eaux marginales (saline ou/et résiduelle).
- Diminution des mauvaises herbes et parasites.
- Amélioration de la structure des sols : un sol moins compact avec une meilleure aération du terrain.
- Avantage esthétique dans le cas d'arrosage enterré n'altère pas le visuel ni l'esthétique des parcs ou jardins. (MOCHE, 2007)

• l'inconvénient de l'irrigation en goutte à goutte

- le colmatage des ajutages par des débris physiques, des éléments chimiques et du matériel biologiques.
- L'équipement spécial utilisé pour contrôler le colmatage peut augmenter fortement le coût unitaire d'une installation.
- Ce type n'humidifie qu'une partie de la zone potentielle d'enracinement de la culture, cela peut limiter le développement du système racinaire à la zone humidifiée, cela pourrait réduire la résistance de certaines cultures au vent.
- La limitation du volume de sol mouillés pourrait entraîner un stress hydrique pour la culture dans le cas de dysfonctionnement de l'installation d'irrigation. (GABRIEL, 2014)

I.2 Historique du goutte à goutte et état des lieux en Algérie et le monde

Le développement de la micro-irrigation a débuté dans les années 1960 en Israël puis en Australie, Amérique du nord et en Amérique du sud. (GABRIEL,2014)

Aujourd'hui, on peut constater que la micro irrigation s'est progressivement développée et diversifiée en occupant de vastes superficies pour s'imposer en tant que système d'irrigation techniquement avancé et hautement sophistiqué.

Les surfaces dotés de systèmes de micro irrigation occupent dans le monde (Abbott, 1988) plus de 1.082.000 ha répartis (ZELLA, SMADHI, 2007), Tel que le montre le tableau suivant :

CHPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau I.1 : Répartition des surfaces équipées en micro irrigation dans le monde

Pays	Superficie en micro irrigation en (ha)	Pays	Superficie en micro irrigation en (ha)
USA	392.000	Australie	59.000
Israël	127.000	France	51.000
Espagne	112.000	Portugal	24.000
Afrique du sud	102.000	Italie	21.000
Egypte	68.000	Brésil	20.000
Algérie	60.000		

Source : www.larhyss.net

I.3 Interaction des paramètres influençant le dimensionnement des réseaux d'irrigation par aspersion

Pour que l'agriculteur puisse choisir la méthode d'irrigation la plus adaptée à son cas particulier, il faut qu'il soit capable d'évaluer les avantages et les désavantages de chaque méthode. Il doit être capable de sélectionner la technique d'irrigation qui s'adapte le mieux aux conditions locales.

Les critères de choix d'une technique d'irrigation, (de surface, par aspersion ou au goutte à goutte,) est déterminé en fonction d'un certain nombre de facteurs, à savoir:

I.3.1 La disponibilité de l'eau

L'efficacité d'un réseau d'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est généralement supérieure à celle d'un réseau d'irrigation de surface; par conséquent ces deux méthodes sont préférables à l'irrigation de surface au cas où les ressources en eau sont limitées. Par ailleurs, il est bon de rappeler que l'efficacité d'irrigation dépend aussi bien des compétences de l'agriculteur que de la méthode utilisée. (NAIT ,2013)

I.3.2 La qualité de l'eau

Avec une eau chargée de sédiments, il est plus convenable d'utiliser la technique d'irrigation de surface que les autres techniques par aspersion ou au goutte à goutte. En effet, les sédiments peuvent provoquer l'obstruction des asperseurs ou des goutteurs. Dans le cas d'une eau saline, l'irrigation par goutte à goutte est particulièrement appropriée. En effet, comme l'eau est fournie aux pieds des plantations, la salinité de sol ne sera pas sérieusement affectée par l'irrigation à l'eau saline. Dans le cas d'une irrigation par aspersion par une eau saline ou par une eau usée épurée on risque la création de plusieurs problèmes tel que :

La production d'aérosols ceux-ci dispersés par les vents, peuvent propager les germes pathogènes vers les voies de circulation et les habitations Brulures des feuillages. (NAIT ,2013)

1.3.3 Le climat

Les vents forts peuvent déformer les trajectoires des filets liquides en irrigation par aspersion. Dans des régions à vents forts dominants, l'irrigation par goutte à goutte ou de surface est préférable. En irrigation d'appoint, les méthodes par aspersion et au goutte à goutte sont plus

CHPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

appropriées que l'irrigation de surface, puisqu'elles ont la flexibilité de s'adapter à la demande variable en eau au niveau de la ferme. Ainsi le vent a une influence majeure en irrigation par aspersion dans le calcul des écartements que ce soit entre les asperseurs ou entre les rampes. La lutte contre ce phénomène peut se faire par l'aménagement de brise-vent. (NAIT ,2013)

L'évaporation représente une contrainte très importante par le fait qu'elle entraîne des pertes d'eau importantes surtout sur les planches de ruissellement, ainsi que pour l'aspersion sur frondaison et cela est dû à la longue portée du jet d'eau.

1.3.4 Type de sol

La rétention en eau diffère suivant le type de sol, le taux d'infiltration et la capacité de rétention sont spécifiques à chaque sol, la connaissance des conditions d'humidité est importante. Les sols sableux sont caractérisés par une faible capacité de rétention et un taux d'infiltration élevé.

C'est pourquoi, en sols sableux, la dose d'arrosage est faible mais les arrosages sont moins espacés, surtout quand ces sols ne sont pas profonds. Dans ces conditions, l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est plus appropriée que l'irrigation de surface. Avec du limon ou de l'argile les trois méthodes sont utilisables, mais l'irrigation de surface est la plus courante. Les sols argileux à faible taux d'infiltration offrent des conditions idéales à l'irrigation de surface. Quand le sol est hétérogène à l'intérieur d'un périmètre d'irrigation, l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte assure une meilleure uniformité de distribution que l'irrigation de surface. (NAIT ,2013)

1.3.5 Types de cultures

La plus part des plantes sont sensibles à l'asphyxie du sol et à la stagnation de l'eau, qui peuvent favoriser le développement de certaines maladies. Les eaux d'irrigation peuvent aussi si elles sont concentrées en chlore et en sodium entraîner des risques sanitaires aux plantes. (NAIT ,2013)

C'est pour cette raison que le choix du réseau est primordiale pour la culture voici quelques exemples sur les cultures et les réseaux qu'on utilise.

Conclusion

On peut conclure que l'efficience de l'irrigation permet d'évaluer l'importance des pertes d'eau par rapport aux apports. Elle ne dépasse pas 40à60% dans le cas d'irrigation traditionnelle (gravitaire). Le système d'irrigation en goutte à goutte qui a une efficience de 95% limite les pertes d'eau (Phocaide, 2008), et assure une répartition homogène dans le temps et dans l'espace, vu la disponibilité limitée de l'eau en Algérie.

CHAPITRE II
MODELISATION ET CONCEPTION

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

Introduction

Le but de ce projet est de mettre sur pied une solution d'optimisation de dimensionnement des réseaux d'irrigation par goutte à goutte. Le souhait des utilisateurs de cette application est d'avoir une interface plus conviviale et plus facile à utiliser tout en étant plus efficace. Pour arriver à nos fins, nous avons fait un ensemble d'investigations qui seront présentées dans cette partie en deux sections. La section 1 présentera une étude de l'existant suivi de la section 2 critique de l'existant. Puis on va décrire les différents processus de calcul.

II.1 Etude de l'existant

L'étude de l'existant est une phase importante pour bien comprendre le système actuel et définir ses objectifs. Pour chaque module, il sera question d'effectuer une description précise de l'existant en énumérant les principaux acteurs impliqués, les principaux documents manipulés et les moyens de traitement utilisés.

Avant d'aborder cette étape importante, il s'avère nécessaire de circonscrire le périmètre de notre étude. Dans le cadre de ce projet, les principaux modules étudiés sont :

- 1- Calcul des besoins en eau des cultures
- 2- Dimensionnement des réseaux d'irrigation par goutte à goutte
 - a. Besoins d'irrigation
 - b. Calcul hydraulique
 - c. Dimensionnement des canalisations du réseau

II-1-1 Applications existantes :

Sur le marché international, il existe plusieurs logiciels de calcul des besoins en eau des cultures et de dimensionnement des réseaux d'irrigation tel que :

- 1- **CROPWAT** : Un logiciel de calcul des besoins en eau des cultures, sous différentes circonstances climatiques, pluviométriques, et culturaux
- 2- **SIMIS** : Un logiciel de gestion des périmètres irrigués et de calcul des besoins en eau des cultures, basé sur des données climatiques, culturelles et des données sur le sol
- 3- **BIRIZ** : Un logiciel d'estimation des besoins en eau d'irrigation d'une rizière ou d'une série rizière, sous différentes circonstances climatiques et culturelles.
- 4- **WINTERO** : Un logiciel d'estimation des besoins en eau des cultures.

Remarque :

Il faut signaler qu'il n'existe aucun logiciel à l'échelle nationale ou locale. Tandis que les logiciels disponibles sur le marché international ne répondent pas forcément aux critères fixés pour l'application que nous désirions développer.

II.2 Description de l'application à réaliser

Notre travail consiste à concevoir et à développer une application qui permettra de faire automatiquement un :

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

- 1- Calcul des besoins hydriques des cultures à partir de données de plantes, sol et climat.
- 2- Dimensionnement des réseaux d'irrigation par goutte à goutte.
- 3- Avoir des fiches techniques concernant :
 - les besoins en eau,
 - les différentes dimensions du réseau d'irrigation
 - le type de goutteur utilisé.

L'application doit répondre aux besoins suivants :

- Avoir un logiciel performant
- Avoir un logiciel qui respecte les principes des Interfaces Homme/Machine (IHM) tels que l'ergonomie et la fiabilité.
- Réduire les tâches manuelles qui nous permettraient de gagner en spatio-temporel
- Archiver les informations
- Avoir un logiciel évolutif et paramétrable

II.3 Calcul des Besoins en eau d'une culture

C'est l'estimation des besoins en eau d'une façon simple, réaliste et plus précise afin de prévoir la quantité d'eau globale nécessaire pour toute la période de végétation, qui servira le dimensionnement du réseau d'irrigation.

II.3.1 Description des processus des calculs

Les différentes classes de calcul interagissent entre elles et une partie de l'information est transmise automatiquement d'une classe à l'autre. Le schéma suivant détaille les interactions entre classes :

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

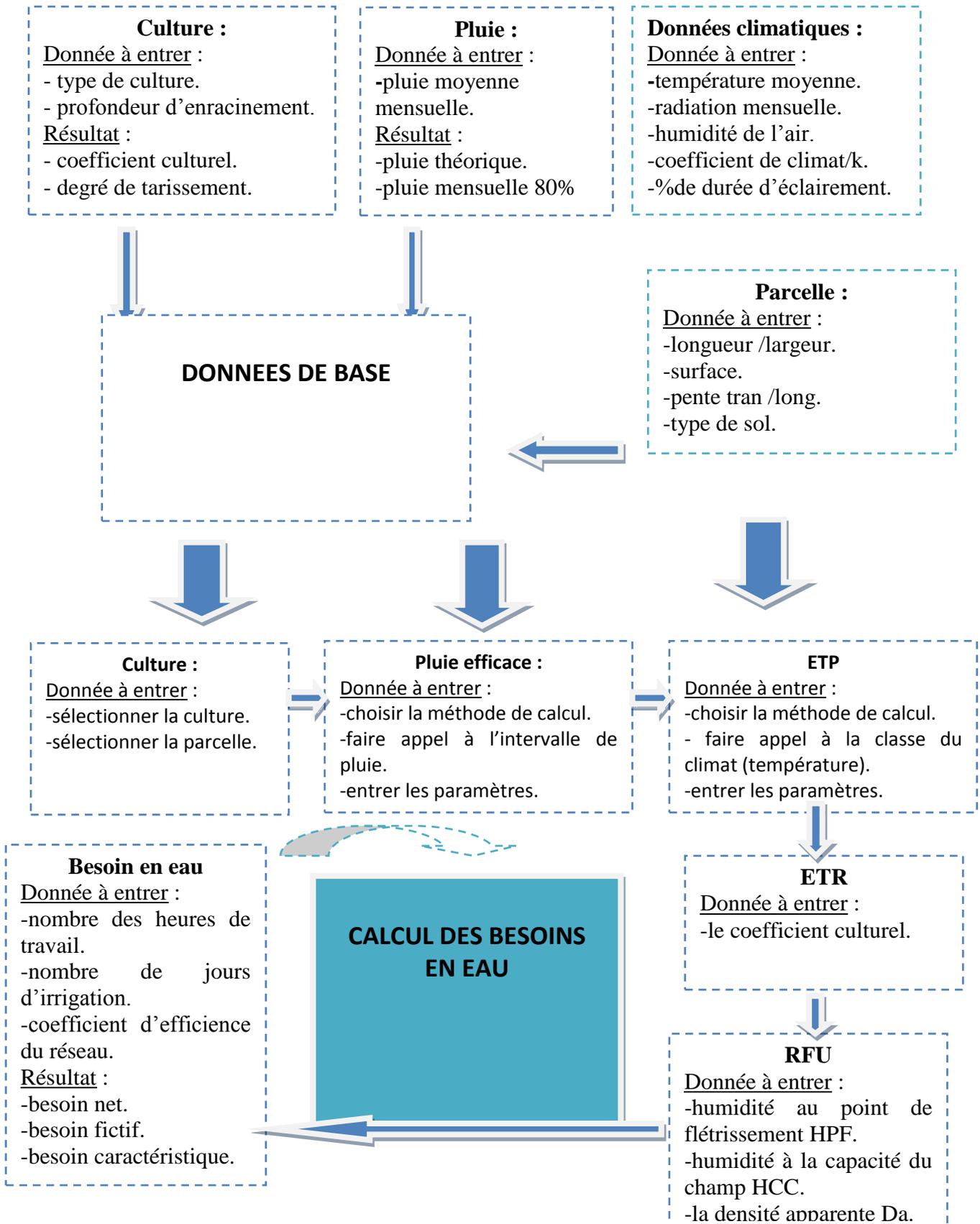


Figure II.1.Schéma illustrant les processus de calcul des besoins en eau

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

1. la Pluie efficace :

Les pluies efficaces sont exprimées en mm. Elles sont égales à la différence entre la précipitation totale et l'évapotranspiration. (VAN LAERE, 2003)

Elle se calcule par plusieurs méthodes à savoir

→ A partir un % fixe $P_{\text{eff}}=A * P_{\text{moy}}$

0.7 < A < 0.9

→ Par rapport à la zone (aride et semi-aride) $P_{\text{eff}}=0.6 * P_{\text{moy}} - 10$ si $P_{\text{moy}} \leq 70\text{mm}$

$P_{\text{eff}}=0.8 * P_{\text{moy}} - 25$ si $P_{\text{moy}} > 70\text{mm}$

→ P_{eff} USDA

$P_{\text{eff}}=P_{\text{moy}} * (1 - 0.2 * P_{\text{moy}} / 125)$ si $P_{\text{moy}} \leq 250\text{mm}$

$P_{\text{eff}}=P_{\text{moy}} * 0.1 + 125$ si $P_{\text{moy}} > 250\text{mm}$

Tel que :

P_{moy} : pluie moyenne en (mm).

P_{eff} : pluie efficace (mm).

A : le pourcentage fixe (%).

2. L'évapotranspiration potentielle (ETP)

Une partie de l'eau qui pénètre dans le sol est évaporée directement dans l'atmosphère et par l'intermédiaire des plantes, l'ensemble de ces pertes constitue l'évapotranspiration. (BOUCHY, 2011)

L'ETP ne dépend que des conditions météorologiques observées.

ETP= somme des quantités d'eau évaporées par le sol et la plante.

Différentes méthodes de calcul d ETP basées sur les données climatiques :

Ce sont les méthodes indirectes exprimées sous forme de formules, il existe plusieurs formules chacune correspond à un climat bien spécifié.

→ **Formule de Turc**

Utilisée pour les régions humides

Si $Hr > 50\%$ la formule est comme suit

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T + 15} \dots\dots\dots \text{II.1}$$

Tel que :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm/mois).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

I_g : Radiation globale mensuelle (cal/cm²/jour).

Si $Hr < 50\%$ la formule est la suivante

→ **Formule de l'ANRH**

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) * \left(\frac{T}{T + 15} \right) * \left(1 + \frac{50 - Hr}{70} \right) \dots\dots\dots \text{II.2}$$

Dans laquelle :

Hr : L'humidité de l'air en %.

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

$$I_g = I_{ga} * (0,18 + 0,62) * \frac{h}{H}$$

Avec :

I_{ga} : Radiation maximale théorique.

H : Durée astronomique de jour en (heure/mois)

h : durée d'insolation de la station considérée en heure/mois.

$\frac{h}{H}$: Insolation relative en heures.

→ **Formule de Blaney et Criddle**

$$ETP = K (0,46t + 8,13) P \dots \dots \dots \text{II.3}$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour.

t : température moyenne (en degré Celsius).

P : pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période, par rapport à la durée moyenne du jour pour l'année.

$$K = K_t * K_c$$

Avec :

K_t : coefficient climatique rattaché à la température moyenne de l'air t (en degrés Celsius) :

$$K_t = 0,031 t + 0,24$$

3. L'évapotranspiration réelle (ETR)

C'est la quantité d'eau réellement perdue sous forme de vapeur d'eau par une surface ou un couvert végétal. On l'exprime de manière usuelle en mm/jr. (VAN LAERE, 2003)

L'ETR dépend de :

- La culture considérée.
- Le stade phonologique de cette culture.
- Des conditions météorologiques observées.

Elle se calcul par la formule suivante :

$$ETR = ETP * K_c \dots \dots \dots \text{II.4}$$

Tel que :

K_c : est un coefficient cultural

4. La réserve facilement utilisable (RFU)

La réserve facilement utilisable correspond à la quantité d'eau du sol en dessous de la quelle une plante flétrit, ce qui permet de déterminer les doses d'irrigation. La RFU est exprimée en mm.

La détermination de cette réserve dépend de caractéristiques de sol et de la nature de végétal

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) * Z * d_a * Y \dots \dots \dots \text{II.5}$$

Avec :

H_{cc} : Humidité à la capacité au champ;

H_{pf} : humidité du sol au point de flétrissement ;

Z : Profondeur d'enracinement (m) ;

d_a : Densité apparente ;

Y : degré de tarissement dépend de type de culture (céréales, sensible.. autres).

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

5. Besoin en eau

a. Besoin net

Est le volume ou (la hauteur) d'eau d'irrigation théoriquement nécessaire pour obtenir une production normale sur l'ensemble de la surface cultivée. (BOUCHY, 2011)

Il est calculé par la formule suivante :

$$B = ETR - (P_{eff} + RFU) \dots \dots \dots II.6$$

b. Besoin fictif :

Si nous exprimons les valeurs des besoins (mm) en (m³/ha) et par jour, et si nous traduisons ces quantités en débit qu'il faudrait fournir tout au long 24 heures de la journée, nous obtenons des débits fictifs continus variables avec chaque mois de la période de végétation.

Les débits spécifiques sont définis par la formule suivante :

$$Q_f = \frac{B_m * 10 * 1000}{N * T * 3600 * K} \text{ (l/s/ha)} \dots \dots \dots II.7$$

Avec :

B_m : besoin mensuel maximum (mm).

N : nombre des jours d'irrigation par mois (jr).

T : le temps de travail par jour (h).

K : coefficient d'efficience.

c. Besoin caractéristique :

Le calcul des débits caractéristiques permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé par la formule suivante :

$$Q_{car} = Q_f * S \dots \dots \dots II.8$$

Avec :

Q_f : besoin fictif (l/s/ha).

S : surface de la parcelle (ha).

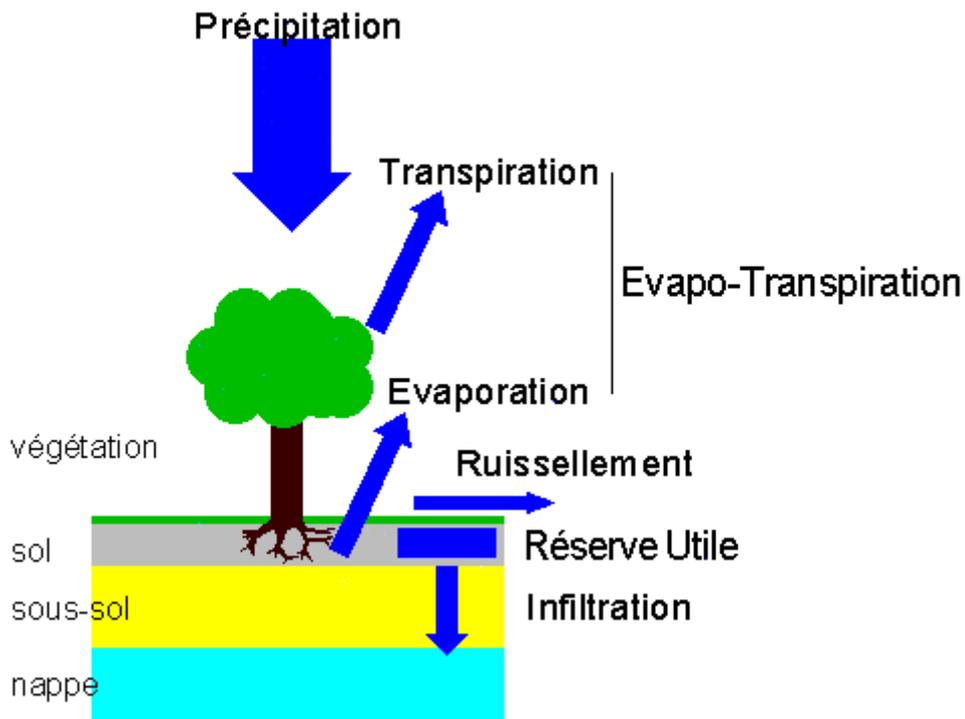


Figure II.2. Schéma illustrant les différentes composantes de bilan hydrique.

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

II.4 Dimensionnement du réseau

II.4.1 Description des processus de calcul

Les différentes classes de calcul interagissent entre elles et une partie de l'information est transmise automatiquement d'une classe à l'autre. Le schéma suivant détaille les interactions entre classes :

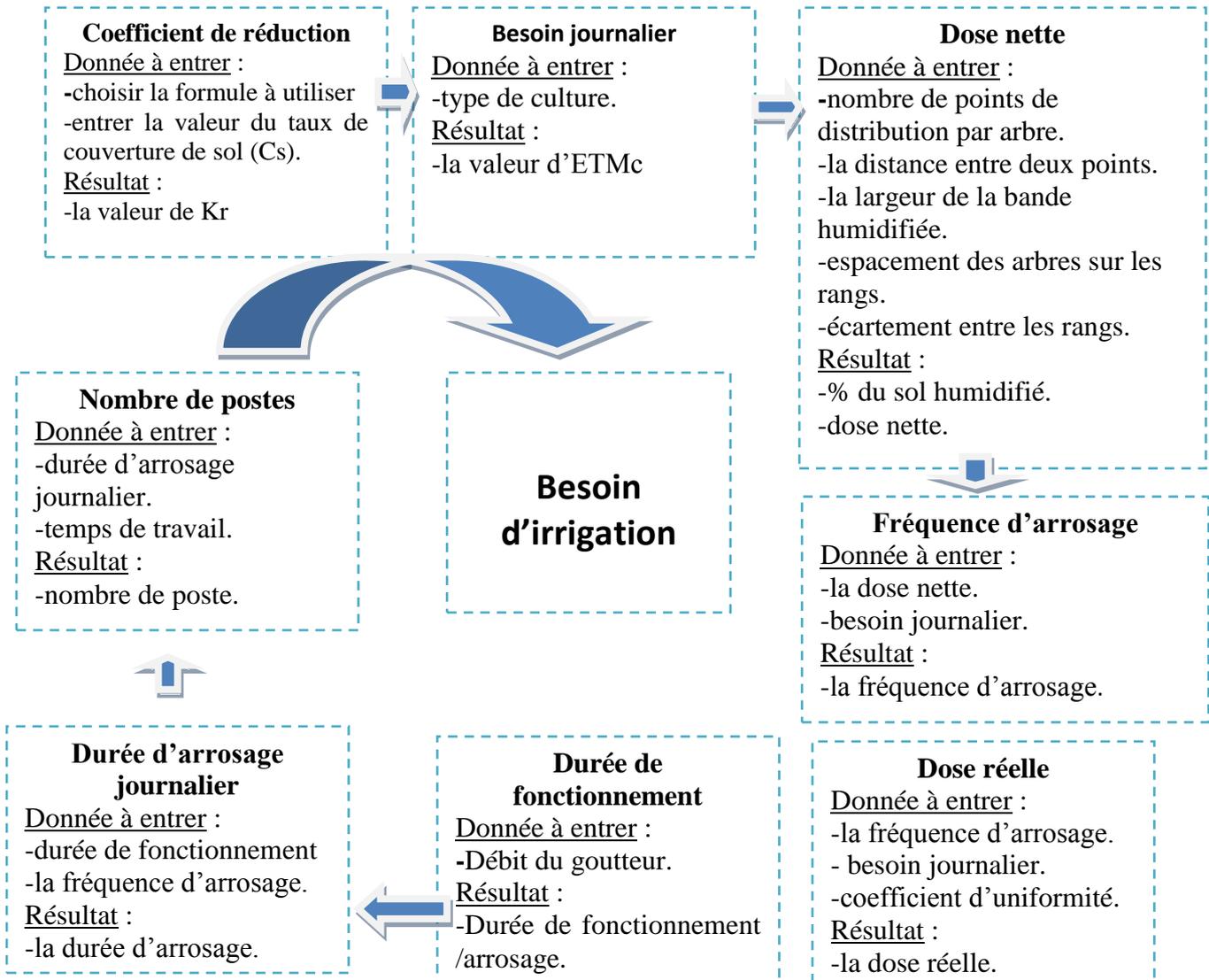


Figure II.3. Schéma représentant la première classe « besoin d'irrigation ».

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

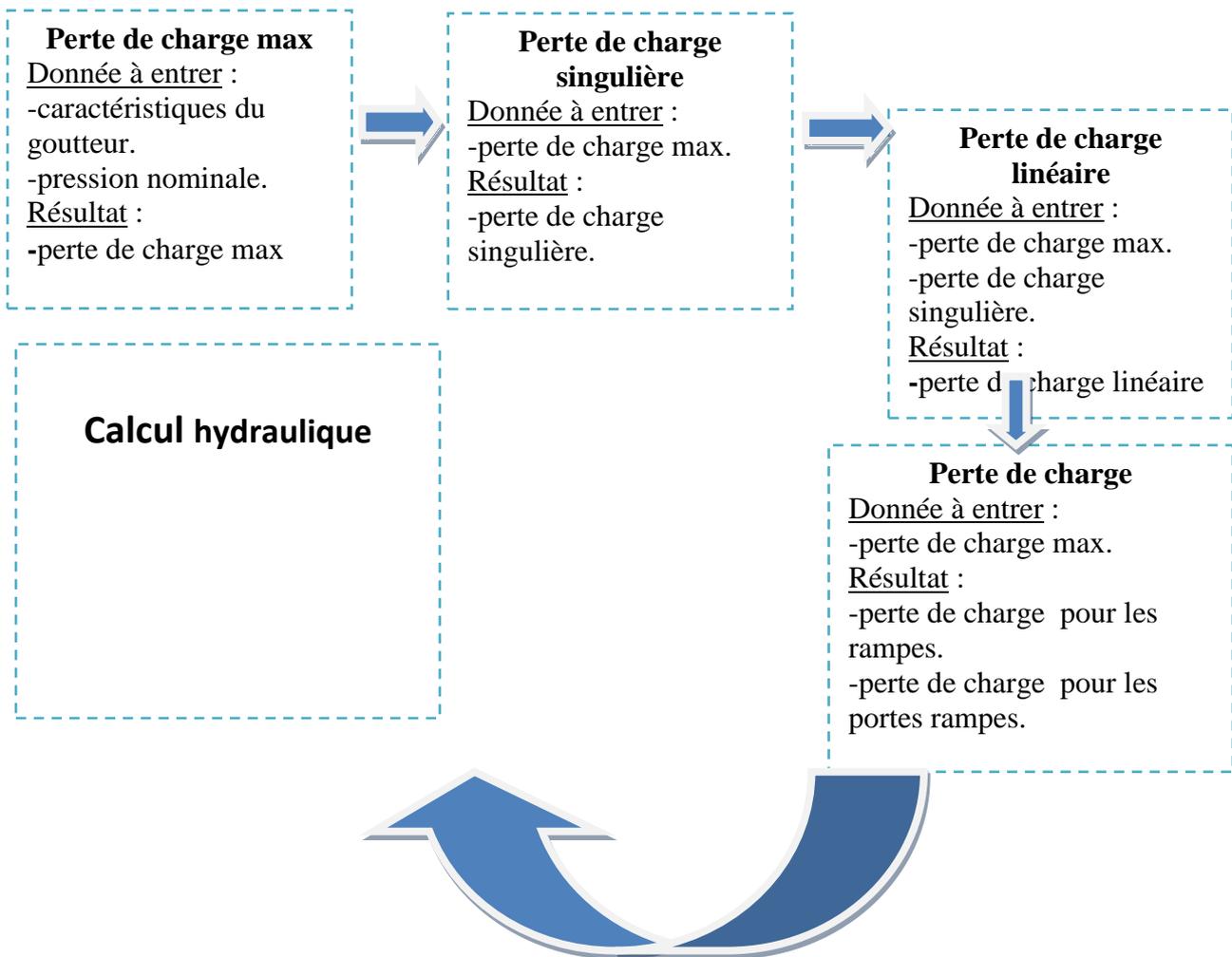


Figure II.4.Schéma représentant la deuxième classe « calcul hydraulique ».

Pour la troisième classe, on est obligé de la diviser pour trois sous classe :

- Les rampes.
- Les portes rampes.
- La conduite principale.

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

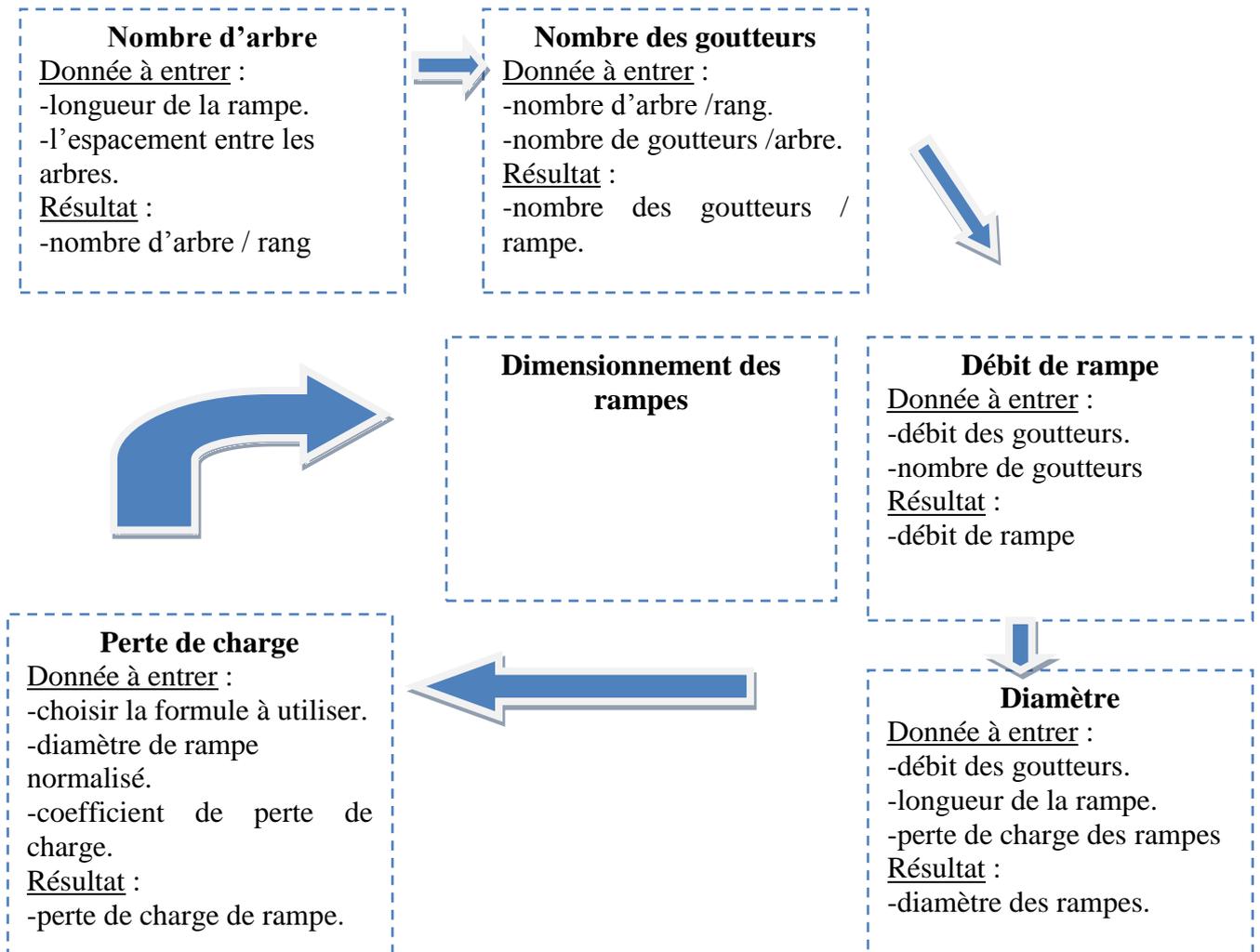


Figure II.5.Schéma représentant le dimensionnement des rampes.

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

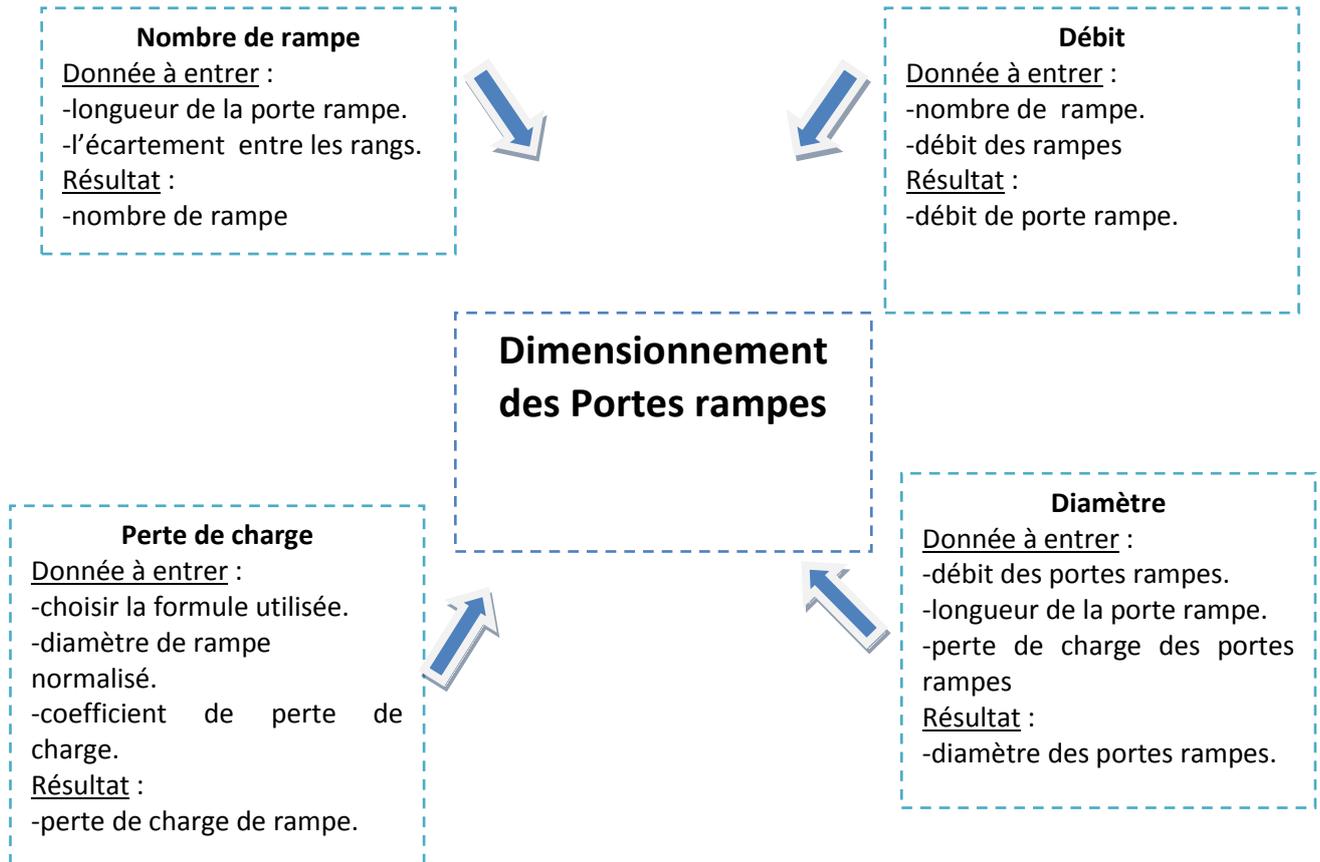


Figure II.6.Schéma représentant le dimensionnement des portes rampes.

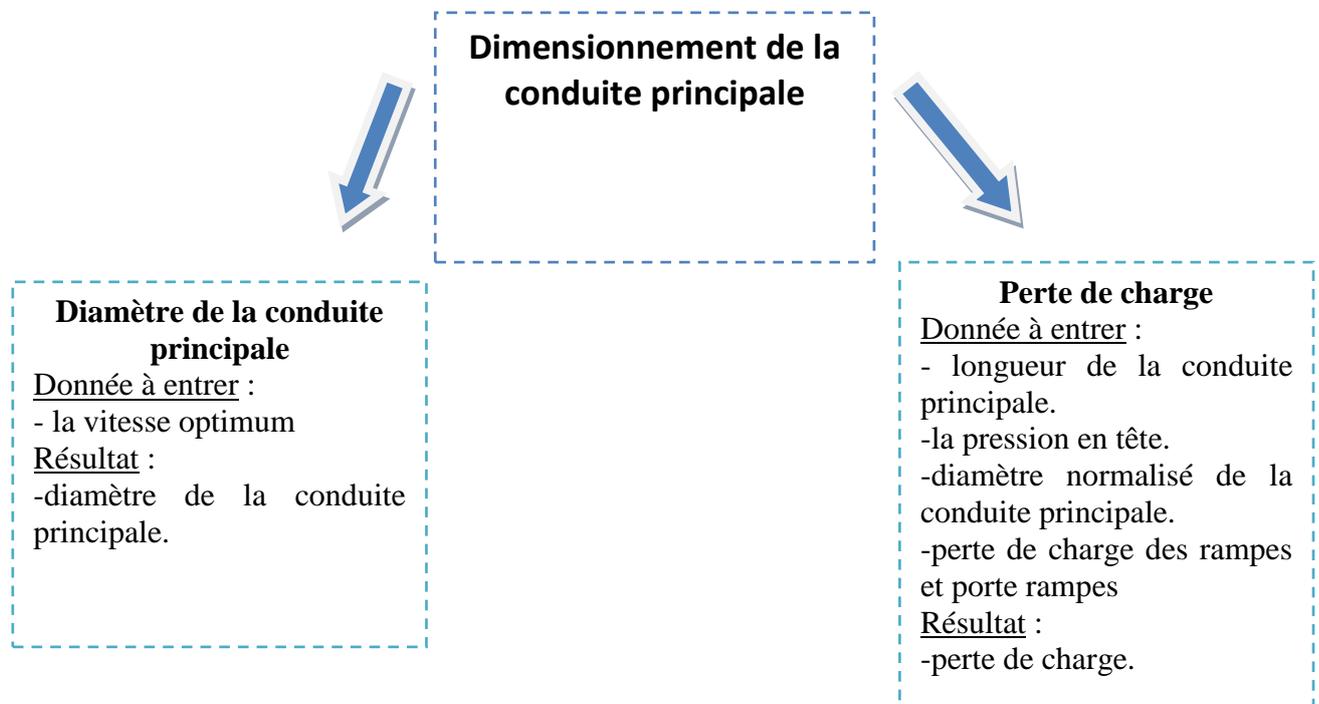


Figure II.7.Schéma représentant le dimensionnement de la conduite principale.

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

A. Détermination des besoins d'irrigation :

1. Calcul de coefficient de réduction (Kr)

Le coefficient Kr dépend du taux de couverture du sol(Cs) , et on distingue trois formules

➤ **KILLER et KARMELI (1974)**

$$Kr = \frac{Cs}{0.85} \dots \dots \dots \text{II.9}$$

➤ **La formule de FREEMAN et GAZOLI**

$$Kr = Cs + 0.5 (1 - Cs) \dots \dots \dots \text{II.10}$$

➤ **La formule de DECROIX (CTGREF)**

$$Kr = 0.1 + Cs \dots \dots \dots \text{II.11}$$

Puis on calculera les besoins journaliers (ETMc), tel que :

$$B_{ji}(\text{ETMc}) = kr * B_j \dots \dots \dots \text{II.12}$$

2. La dose nette (Dp) :

La dose nette étant définie par la formule suivante :

$$Dp = (H_{cc} - H_{pf}) * d_a * Y * Z * P\% \dots \dots \dots \text{II.13}$$

$$Dp = RFU * P\% \dots \dots \dots \text{II.14}$$

Tel que :

H_{cc} : la capacité du champ.

H_{pf} : point de filtré sèment.

D_a : la densité apparente.

Y : dépend de la culture.

Z : la profondeur racinaire.

P% : pourcentage du dol humidifié.

Sachant que :

$$P\% = \frac{n * Spd * Sh}{Sa * Sr} \dots \dots \dots \text{II.15}$$

Tel que :

P : volume du sol humidifié.

N : nombre de points de distribution par culture.

Spd : distance entre deux points distribution voisins de la même culture.

Sh : largeur de la bande humidifiée.

Sr : écartement entre rang de culture.

Sa : espacement des cultures sur les rangs.

3. La Fréquence d'arrosage (Fr) :

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{\text{ETMc}} \dots \dots \dots \text{II.16}$$

4. La dose réelle (brute) :

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

La dose réelle est calculée par la formule suivante :

$$D_{brute} = \frac{dose\ nette}{Cu * eff}$$

Avec :

Cu : coefficient d'uniformité.

Eff : efficacité du réseau d'irrigation, Eff=90%.

5. Durée de fonctionnement par arrosage (h) :

$$N = \frac{D_{br} * Spd * Sr}{n * qg} \dots\dots\dots$$

...II.17

N : nombre des goutteurs.

Qg : débit du goutteur.

Spd et Sd espacement entre rang et distributeur.

6. Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{durée\ d'arrosage}{Fr} \dots\dots\dots II.18$$

7. Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{temps\ de\ travail}{Durée\ d'arrosage\ journalier} \dots\dots\dots II.19$$

8. Surface du poste :

$$Sp = \frac{surfacetotale}{nombredeposte} \dots\dots\dots II.20$$

B. Calcul hydraulique :

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \dots\dots\dots II.21$$

La variation maximale de la pression $q = K * Hx$.avec x =caractéristique du goutteur.

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = x * \frac{\Delta H}{H(n)} \dots\dots\dots II.22$$

Avec :

$q(g)$: débit nominal du goutteur.

$H(n)$: pression nominale.

$$10\% = x * \frac{\Delta H}{H(n)} \dots\dots\dots II.23$$

Donc selon la règle de Christiansen :

ΔH singulière = 10% ΔH .

ΔH linéaire = $\Delta H - \Delta H$ singulière.

Pour les rampes = 2/3 * ΔH linéaire.

Pour les porte rampes = 1/3 * ΔH linéaire.

C. Dimensionnement des canalisations du réseau :

C.1 Les rampes :

Généralement on utilise le PEBD (Polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations ou l'on utilise du PVC rigide de petit diamètre.

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

1. Nombre d'arbre :

Le nombre d'arbre sera calculé avec la formule suivante :

$$N_{\text{arbre}} = L_r / s_a \dots \dots \dots \text{II.24}$$

Avec :

N_{arbre} : nombre d'arbre par rampe.

L_r : longueur des rampes.

s_a : espacement des cultures sur les rangs.

2. Nombre des goutteurs :

$$N_{\text{goutteurs}} = N_{\text{arbre}} * n \dots \dots \dots \text{II.25}$$

Tel que :

$N_{\text{goutteurs}}$: Nombre des goutteurs par rampes.

n : nombre des goutteurs.

3. Débit :

$$Q_r = N_{\text{goutteurs}} * Q_g \dots \dots \dots \text{II.26}$$

Avec :

Q_r : débit de rampe.

Q_g : débit du goutteur.

4. Diamètre :

Le diamètre sera calculé avec la formule suivante :

$$D_{(\text{cal})} = \left[\frac{pdc(r) * 2.75}{0.748 * Q(r)^{1.75} * L(r)} \right]^{\frac{-1}{4.75}} \dots \dots \dots \text{II.27}$$

Tel que :

$D_{(\text{cal})}$: diamètre calculé.

$Pdc(r)$: perte de charge pour les rampes.

$Q(r)$: débit des rampes.

$L(r)$: longueur des rampes.

5. Vérification des pertes de charge :

Pour la détermination des pertes de charge des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre normalisé, on calcule les pertes de charge selon :

➤ Hazen- Williams

$$\Delta H_r = \left[\frac{3.592}{C_w} \right]^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852} \dots \dots \dots \text{II.28}$$

Tel que :

ΔH : perte de charge (m).

D : diamètre intérieur de la canalisation (m).

L : longueur de la conduite (m).

Q : débit (m³/s).

C_w : coefficient de perte de charge.

Ce coefficient varie en fonction de type de matériau.

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

- Pour les tuyaux en plastique (lisse) :

Cw=130==> D<15mm.

Cw=140==> 15<D<25mm.

Cw=150==> 25< D<30mm.

- Pour les tuyaux en fonte ==> 100<Cw<130.

- Pour les tuyaux en acier neuf ==> Cw=110.

- Pour les tuyaux en acier ==> Cw=100.

- **Formule de GUYAN-Pernes :**

Cette formule est appliquée seulement pour les conduites en (PE) Polyéthylène.

$$J = 0.478 * Q^{1.75} * D^{-4.75} \dots\dots\dots \text{II.29}$$

Tel que :

J : perte de charge.

Q : débit (l/s).

D : diamètre (mm).

C.2 Les porte rampes

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul coté ou des deux cotés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

1. Nombre des portes rampes :

On va utiliser la formule suivante :

$$N_r = L_{pr} / S_r \dots\dots\dots \text{II.30}$$

Tel que :

N_r : nombre des portes rampes.

L_{pr} : longueur des portes rampes.

S_r : écartement entre rang de culture.

2. Débit :

Le débit du porte rampe sera calculé avec la formule suivante :

$$Q_{pr} = Q_r * N_r \dots\dots\dots \text{II.31}$$

Tel que :

Q_{pr} : débit de la porte rampe.

Q_r : débit des rampes.

3. Diamètre :

Le diamètre sera calculé avec la formule suivante :

$$D_{(cal)} = \left[\frac{pdc(pr) * 2.75}{0.748 * Q(pr)^{1.75} * L(pr)} \right]^{\frac{-1}{4.75}} \dots\dots\dots \text{II.32}$$

Tel que :

D_(cal) : diamètre calculé.

Pdc (pr) : perte de charge pour les porte rampes.

Q(pr) : débit des porte rampes.

L(pr) : longueur des porte rampes.

4. Vérification des pertes de charge :

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

Pour la détermination des pertes de charge des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre normalisé, on calcule les pertes de charge selon :

➤ Hazen- Williams

$$\Delta H_{pr} = \left[\frac{3.592}{C_w} \right]^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852} \dots\dots\dots \text{II.33}$$

Tel que :

ΔH : perte de charge (m).

D : diamètre intérieur de la canalisation (m).

L : longueur de la conduite (m).

Q : débit (m³/s).

C_w : coefficient de perte de charge.

➤ **Formule de GUYAN-Pernes :**

Cette formule est appliquée seulement pour les conduites en (PE) Polyéthylène.

$$J = 0.478 * Q^{1.75} * D^{-4.75} \dots\dots\dots \text{II.34}$$

Tel que :

J : perte de charge.

Q : débit (l/s).

D : diamètre (mm).

C.3 conduite tertiaire (principale) :

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur maximale 1.5 m/s) tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}} \dots\dots\dots \text{II.35}$$

Tel que :

Q : débit de la conduite considérée (m³/s)

V : vitesse d'écoulement (m/s).

1. Perte de charge :

Pour la détermination des pertes de charge des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre normalisé, on calcule les pertes de charge selon :

➤ Hazen- Williams

$$\Delta H_{\text{tertiaire}} = \left[\frac{3.592}{C_w} \right]^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852} \dots\dots\dots \text{II.36}$$

Tel que :

ΔH : perte de charge (m).

D : diamètre intérieur de la canalisation (m).

L : longueur de la conduite (m).

Q : débit (m³/s).

C_w : coefficient de perte de charge.

➤ **Formule de GUYAN-Pernes :**

Cette formule est appliquée seulement pour les conduites en (PE) Polyéthylène.

$$J = 0.478 * Q^{1.75} * D^{-4.75} \dots\dots\dots \text{II.37}$$

Tel que :

CHAPITRE II : CONCEPTION ET MODELISATION

J : perte de charge.

Q : débit (l/s).

D : diamètre normalisé de la conduite tertiaire (mm).

2. La pression en tête :

La pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$P(m) = H_n + \Delta H_r + \Delta H_{pr} + \Delta H_{tertiaire} \dots \dots \dots \text{II.38}$$

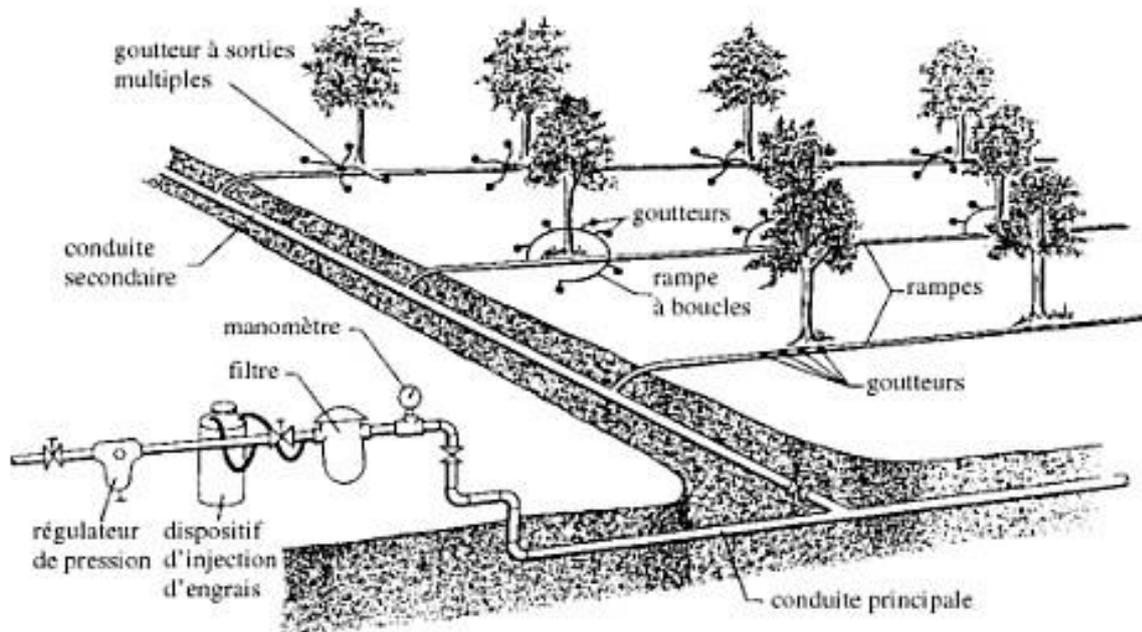


Figure II.8. Schéma illustrant les différents composants d'un système d'irrigation « goutte à goutte »

Conclusion :

Nous avons pu, au cours de ce chapitre, résumer le fonctionnement du logiciel sous forme de schémas synoptiques et d'organigrammes.

Il s'avère qu'il est impératif que l'utilisateur doit de veiller à collecter toutes les données nécessaires (qui sont présentées au cours de ce chapitre) afin de pouvoir faire une simulation et ce pour toutes les étapes du calcul.

CHAPITRE III
PRESENTATION DE L'APPLICATION

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

Introduction

Il est évident que les méthodes et les outils choisis pour concevoir et développer une application doivent être en fonction de l'environnement et du domaine d'application celle-ci.

Dans le présent chapitre, on va présenter ce logiciel et par la suite faire un test afin d'assurer la fiabilité de ce dernier.

III.1 Méthodes et outils

Pour réaliser notre application, nous avons utilisé :

- le langage de programmation C#
- Framework Dot Net
- IDE Visual studio 2010
- SGBDR (Microsoft Access)



Figure III.1. Icones de quelques outils utilisés

III.1.1 Le langage de programmation C#

Est un langage de programmation orienté objet, destiné à développer sur la plateforme Microsoft .NET., dérivé de C et C++, ressemblant au langage Java2. Il est utilisé pour développer des applications web, ainsi que des applications de bureau, des services web, des commandes, ou des bibliothèques de classes.

III.1.2 Framework Dot Net

Le Framework .NET s'appuie sur la norme Common Language Infrastructure (CLI) qui est indépendante du langage de programmation utilisé. Ainsi tous les langages compatibles respectant la norme CLI ont accès à toutes les bibliothèques installées (installables) dans l'environnement d'exécution. Il a pour but de faciliter la tâche des développeurs en proposant une approche unifiée à la conception d'applications Windows ou Web, tout en introduisant des facilités pour le développement, le déploiement et la maintenance d'applications. Il a besoin d'être installé sur la machine de l'utilisateur final, rendant les applications créées sous cet environnement impropres à un usage portable.

III.1.3 IDE Visual studio 2010

Visual Studio est un ensemble complet d'outils de développement permettant de générer des applications Web ASP.NET, des Services Web XML, des applications bureautiques et des applications mobiles. Visual Basic, Visual C# et Visual C++ utilisent tous le même environnement

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

de développement intégré (IDE), qui permet le partage d'outils et facilite la création de solutions à plusieurs langages. Par ailleurs, ces langages utilisent les fonctionnalités du .NET Framework, qui fournit un accès à des technologies clés simplifiant le développement d'applications Web ASP et de Services Web XML

III.1.4 Microsoft Access

Est un logiciel de Microsoft, servant à créer une base de données. Il appartient à un SGBDR (Système de Gestion de Bases de Données Relationnelles). De ce fait, il utilise des tables en relation

Les bases de données Access peuvent être importées et exploitées dans des logiciels de développement, comme Delphi, Visual Basic, Windev, C++.

La capacité de données pouvant être gérées par MS Access est limitée à 2 Gb

III.2 Présentation de l'application développée :

III.2.1 Objectif du programme

Le programme a été développé dans le but de la création d'un logiciel de calcul des besoins hydriques et de dimensionnement d'un système d'irrigation par goutte à goutte.

Ce programme va constituer un outil d'aide de prise de décision qui va servir les praticiens et les concepteurs des systèmes d'irrigation en général

III.2.2 Fonctionnement

Une des idées clés du programme est qu'il doit pouvoir être utilisé facilement par tous. Ainsi il peut s'installer sur n'importe quel système de Windows

III.2.3 Description

Notre application **IRRI-TECH V3.0** s'agit d'un logiciel de calcul sur mesure permettant de gérer données des cultures, ainsi que les besoins en eau de celles-ci, et le dimensionnement des réseaux d'irrigation.

Elle est développée à la base de l'ancienne version **IRRI-TECH V2.0 (2013)** où nous avons ajouté un nouveau système d'irrigation qui est le **goutte à goutte** par rapport à l'existant qui simule les systèmes d'irrigation par **aspersion en couverture mobile**. Et nous avons également rajouté le calcul des pluies mensuelles 80% et les besoins fictifs et caractéristiques.

1- Fenêtre d'accueil :

C'est la première fenêtre qui s'affiche si on exécute l'application toute personne qui veut bénéficier des services du logiciel doit s'authentifier. Après authentification une fenêtre principale s'affiche.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

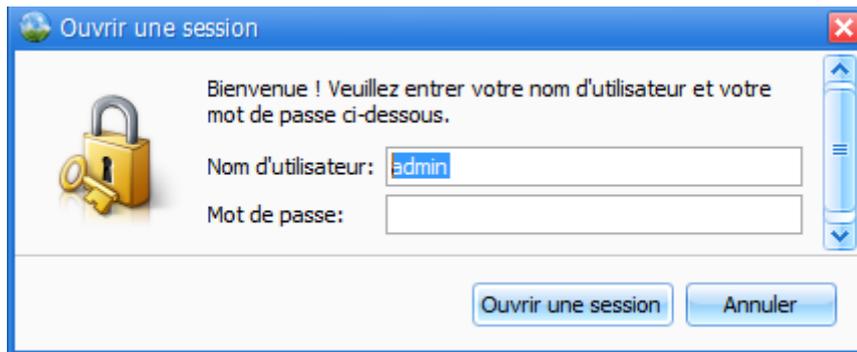


Figure III.2. Page illustrant la fenêtre d'accueil

2- Fenêtre principale

C'est une zone rectangulaire de l'écran affectée à l'affichage. Cette section nous donne un aperçu rapide sur la fonctionnalité du logiciel.

Notre fenêtre principale se compose principalement de :

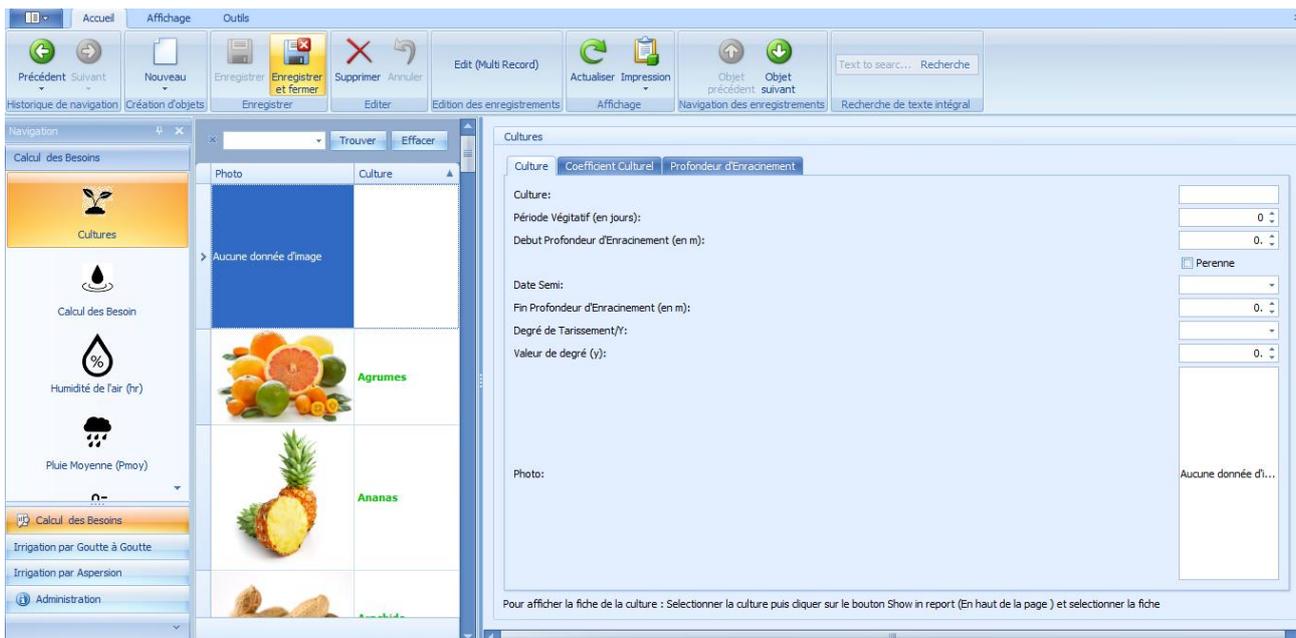


Figure III.3. Page illustrant la fenêtre principale

a. Barre de navigation

Elle comporte plusieurs classes

- Calcul des besoins.
- Irrigation par aspersion.
- Irrigation par goutte à goutte
- Administrateur.

b. Barre d'accès rapide

Elle nous permet de faire quelques opérations dans un seul clic.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

c. Zone d'affichage de détails

Cette zone nous sert à afficher les détails du chaque module.

3- Module de calcul des besoins

Ce module génère les besoins en eau de la culture sur tout le cycle cultural pour une station climatologique spécifique.

a. Cultures

L'objectif c'est d'encorder les caractéristiques des différents types de cultures pratiquées sur le périmètre irrigué.

b. données climatiques

On doit insérer les séries mensuelles pour la pluie moyenne, la température, l'humidité de l'air, coefficient climat/culture (K) et % d'éclairement (P)...etc

c. parcelle

On doit insérer tous les données concernant la parcelle tel que la surface, la larguer, la longueur

d. calcul des besoins

En utilisant les données précédentes, on peut calculer la pluie efficace, ETP, ETR, la réserve facilement utilisable (RFU) et par la suite le débit fictif et le débit caractéristique.

4- Module irrigation par aspersion

Ce module est déjà existé depuis la version précédente.

5- Module irrigation par goutte à goutte

Ce module comporte deux données :

a. Dimensionnement goutte à goutte :

Dans cette étape, on va faire un dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte. Après avoir calculé :

➤ Besoin d'irrigation : Toutes les étapes sont résumées dans la figure suivante.

The screenshot displays a software interface for irrigation calculation, divided into three main sections: 1-Besoins d'irrigation, 2-Calcul hydraulique, and 3-Dimensionnement des canalisation du réseau. The '1-Besoins d'irrigation' section is further divided into '1-Coefficient de réduction' and '2-Dose nette'. The '1-Coefficient de réduction' section includes a dropdown for 'La Methode de Kr', a text input for 'Le taux de couverture du sol (CS)', a 'CalculerKr' button, a 'Coefficient de Réduction(%)' input, a 'Besoin' section with a culture selection dropdown, 'Bilan/culture:' input, 'Besoin journalier (m/jj):' input, a 'CalculerETMC' button, and 'ETMC(mm/jj):' input. The '2-Dose nette' section includes a formula $P(\%) = (n * Spd * Sh) / (Sa * Sr)$, and inputs for 'Nombre de point de distribution par arbre (n)', 'La distance entre deux points voisins du meme arbre (spd)', 'La largeur de la bande humidifiée (sh)', 'Espacement des arbres sur les rangs (sa)', and 'Ecartement entre rangs d'arbre (sr)', with a 'CalculerP%' button. The '3-Dimensionnement des canalisation du réseau' section includes '5-Durée de fonctionnement /arrosage' with a formula $Teta(h) = Dbr * Spd * Sr / n * Qg$, 'Débit du goutteur (Qg):' input, a 'CalculerTeta' button, 'Durée de fonctionnement /arrosage (teta):' input, '6-Durée d'arrosage journalier' with a formula $Dj(h/j) = Teta / Fr$, a 'CalculerDj' button, 'Durée d'arrosage journalier (Dj):' input, '7- Nombre de poste' with a formula $Np(poste) = Temps\ de\ travail / Dj$, 'Temps de travail:' input, a 'CalculerNP' button, 'Nombre de Poste (Np):' input, and '8-Surface du poste' with a formula $Sp(Ha) = Surface\ total\ de\ parcelle / Np$, 'Parcelle:' dropdown, a 'CalculerSP' button, and 'Surface du poste(Sp):' input.

Figure III.4. Page illustrant le calcul des besoins d'irrigation.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

- Calcul hydraulique : il se résume dans la figure suivante.

The screenshot shows the '2- Calcul hydraulique' tab. It is divided into four sections:

- 1- Delta**:
 - Delta Q/ Q = 10% selon Christiansen
 - Caractéristique du goutteur(X):
 - DeltaHmax (mce) = 10% * Hn / X
 - Pression nominale (Hn):
 - Button: **CalculerHmax**
 - Perte de charge (DeltaHmax)=:
- 2- DeltaHsingulière**:
 - DeltaHsingulière (mce) = 10% * DeltaHmax
 - Button: **CalculerHsing**
 - DeltaH Singulière (Deltahsingulière)=:
- 3- DeltaHlinéaire**:
 - DeltaHlinéaire (mce) = DeltaHmax - DeltaHsingulière
 - Button: **CalculerHlineaire**
 - DeltaH Linéaire (DeltaHlinéaire)=:
- 4-Perte de charge**:
 - Button: **CalculerPerteCharge**
 - DeltaH pour les Rampes /Perte de charge:
 - DeltaH pour les Porte Rampes/Perte de charge :

Figure III.5.Page illustrant le calcul hydraulique.

- Dimensionnement des canalisations du réseau : on va dimensionner chaque du réseau d'une manière indépendante aux autres.

The screenshot shows the '3- Dimensionnement des canalisations du réseau' tab. It is divided into eight sections:

- 1-Coefficient de réduction**:
 - Selectionnez la méthode de calcul de Coefficient de réduction (Kr)
 - a- La Methode de Kr:
 - b- Le taux de couverture du sol (CS):
 - Button: **CalculerKr**
 - Coefficient de Réduction(%):
 - Besoin:
 - Veillez selectionner la culture:
 - Bilan/culture:
 - Besoin journalier (m/j):
 - Besoin journalier (ETMC) = Bj*Kr tel que Bj: besoin de la culture
 - Button: **CalculerETMC**
 - ETMC(mm/j):
- 2-Dose nette**:
 - a- $P (%) = (n * Spd * Sh) / (Sa * Sr)$
 - Nombre de point de distribution par arbre (n):
 - La distance entre deux points voisins du meme arbre (spd):
 - La largeur de la bande humidifiée (sh):
 - Espacement des arbres sur les rangs (sa):
- 5-Durée de fonctionnement /arrosage**:
 - Teta(h) = Dbr * Spd * Sr / n * Qg
 - Débit du goutteur(Qg):
 - Button: **CalculerTeta**
 - Durée de fonctionnement /arrosage (teta):
- 6-Durée d'arrosage journalier**:
 - Dj(h/j) = Teta / Fr
 - Button: **CalculerDj**
 - Durée d'arrosage journalier (Dj):
- 7- Nombre de poste**:
 - Np(poste) = Temps de travail / Dj
 - Temps de travail:
 - Button: **CalculerNP**
 - Nombre de Poste (Np):
- 8-Surface du poste**:
 - Sp (Ha) = Surface total de parcelle / Np
 - Parcelle:
 - Button: **CalculerSP**

Figure III.6.Page illustrant le dimensionnement des canalisations du réseau.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

b. goutteurs

Il représente quelques types des goutteurs, en donnant toutes les informations concernant.

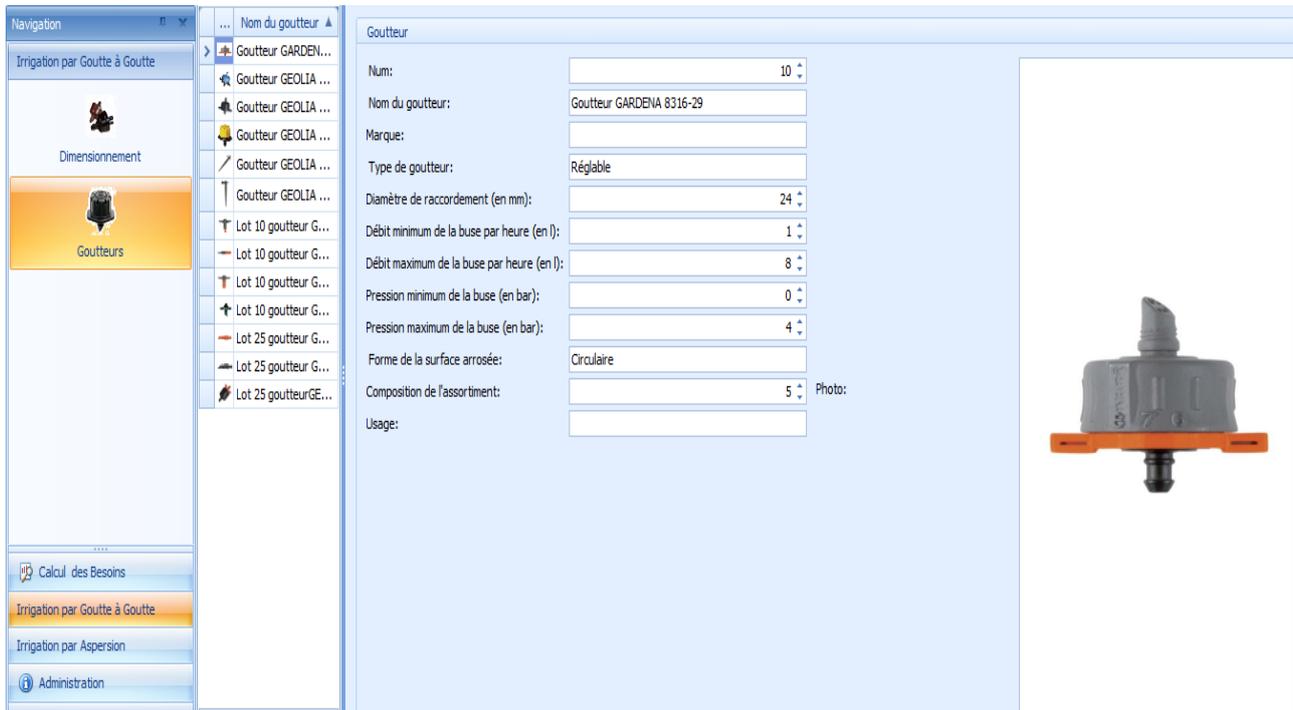


Figure III.7. Page illustrant quelque type des goutteurs.

6- Module administration

A l'aide de ce module, on peut avoir tous les fiches techniques concernant chaque étape tel que fiche de bilan hydrique, fiche de dimensionnement par asperseur ou goutte à goutte etc...

III.3 Exemple d'application

Dans le cadre, du test de l'exécution et de la mise en pratique du programme élaboré pour le calcul du réseau d'irrigation en goutte à goutte nous allons faire une exécution autrement dit le dimensionnement de la parcelle expérimentale de l'ENSH.

III.3.1 Présentation de la parcelle pilote de l'ENSH.

La station d'irrigation de l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique se trouve dans la commune de Guerrouaou wilaya de Blida, elle est située dans la pleine de la Mitidja à 5Km de la ville de Blida et de 8Km de la ville de Boufarik, elle est limitée :

- Au Sud par les classes B de l'ENSH.
- Au Nord par la route nationale N°29
- A l'Est : parking de l'ENSH.
- A l'Ouest : route de Sidi Issa.

La station s'étend entre les parallèles : $36^{\circ}30'40''$ et $36^{\circ}31'11''$ Nord et longitudes $2^{\circ}53'04''$ et $2^{\circ}53'22''$.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION



Source : google.maps

Figure III.8. Photo satellitaire de la parcelle d'étude.

III.3.2 Situation topographique

Elle est constituée d'un terrain relativement plat. Notre parcelle d'étude de forme rectangulaire, de faible pente, d'après les mesures faites, on trouve la pente longitudinale $I_{long}=0.9\%$ et une pente transversale $I_{tran}=1.4\%$ sur une surface de 0.6ha. (NAIT, 2013)

III.3.3 Climatologie

Le climat se définit comme étant l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état de l'atmosphère et de son évolution en un lieu donné.

Les différents paramètres du climat sont les précipitations, la température, l'évaporation, l'humidité relative, le ventetc.

1. La pluviométrie

Les pluviométries moyennes mensuelles sur une période d'observation de 40 ans (1970 à 2010) à la station de Soumaa sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau III.1: Pluviométries moyennes mensuelles

Moi	Jan	Fév.	Mars	Avr.	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	Nov.	Déc.	année
P (mm)	83.24	70.57	66.53	62.54	59.66	15.84	11.43	7.86	41.34	44.37	56.73	61.95	581.63

Source ANRH(Blida)

2. Nombre moyen de jours pluvieux

Le nombre moyen mensuel de jours pluvieux pour une période de 40 ans est porté dans le tableau suivant :

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

Tableau III.2: Nombre moyen des jours pluvieux

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avar.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Jours	11	9	10	6	7	6	1	4	5	9	11	10	89

Source ANRH(Blida)

3. Température

Les températures extrêmes et moyennes sur une période d'observation de 40 ans (1970 à 2010) sont illustrées dans le tableau ci-après:

Tableau III.3 : Températures extrêmes et moyennes mensuelles

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avar.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Moy
T_{emin} (°C)	8,21	8,56	9,65	11,02	13,2	16,88	19,67	21,03	18,5	15,23	12,23	9,46	13,64
T_{max} (°C)	16,28	17,8	20,4	21,02	24,32	28,92	32,97	33,26	30,86	25,43	20,1	17,02	24,03
T_{moy} (°C)	11,98	12,8	14,75	14,99	19,12	22,98	26	27,09	24,88	21,03	16,45	13,85	18,83

Source ANRH(Blida)

4. Nébulosité

La nébulosité correspond à la fraction du ciel couvert par les nuages ou la quantité de nuage qui empêche l'ensoleillement de la surface du sol.

Les valeurs moyennes mensuelles de la nébulosité pour une période de 16 ans sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau III.4 : Nébulosité moyenne mensuelle

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct	Nov	Déc.	Année
Valeur	4,7	4,3	4,5	4,6	3,5	3,0	2,1	2,4	3,1	4,0	4,7	4,5	3,8

Source ANRH(Blida)

5. Le vent

C'est le facteur important aussi bien sur un plan agronomique que du point de vue de l'aménagiste puisque il consiste élément déterminant dans le choix de type d'irrigation (aspersion ou gravitaire) ainsi que de prendre des précautions (réseau de brise-vent).

Tableau III.5 : Vitesses moyennes mensuelles des vents (21ans)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
V (m/s)	3.17	2.94	3.10	3.04	2.9	3.06	3.13	3.44	3.03	3.16	3.10	3.18

Source ANRH(Blida)

6. L'évaporation

L'évaporation se traduit par la transformation de l'eau liquide en vapeur d'eau, elle dépend généralement de la température ambiante et des mouvements de l'air.

L'évaporation est mesurée par un bac cylindrique (bac classe A).

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

Tableau III.6 : L'évaporation moyenne mensuelle (21ans)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct	Nov	Déc.	Année
Evapo (mm)	51	50.1	79.45	107.1	109.3	157.35	174.9	144.85	63.85	60.1	60	45.7	1178

Source ANRH(Blida)

7. L'insolation

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol.

Tableau III.7 : Insolations moyennes mensuelles (21ans)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc.
Insolation (heures)	4,38	6,03	7,13	7,75	9,86	10,1	11,2	10,48	9,39	7,1	5,35	4,11

Source ONM(Alger)

8. Humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air est un élément de cycle hydrologique qui contrôle l'évaporation du sol et le couvert végétal.

L'humidité relative moyenne mensuelle est représentée dans le tableau suivant :

Tableau III.8 : Humidités relatives moyennes mensuelles (18ans)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct	Nov	Déc.	Année
Hr(%)	71	68	69	65	64	60	59	56	64	66	68	70	65

Source ONM(Alger)

III.3.4 Etude agro-pédologique

La bonne connaissance du sol permet le bon choix des cultures les plus adaptées ainsi la technique d'irrigation la plus appropriée

1. Classification du sol de la parcelle

D'après la carte pédologique de la Mitidja, le sol de la station d'irrigation de l'E.N.S.H est classé comme suite :

Classe : sol peu évolue

Sous classe : non climatique

Groupe : d'apport alluvial colluvial.

Sous-groupe : modal

Famille : alluvion colluvions

Série : peu profond.

2. Qualité des eaux d'irrigation et classification:

2.1 Qualité des eaux d'irrigation:

L'école Nationale supérieure D'Hydraulique est munie parréservoirdonc de notre part on propose de faire un forage au sien de ENSH de coup on assure l'irrigation de notre zone d'étude (parcelle pilote d'ENSH).

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

Le contrôle des paramètres qualitatifs de l'eau d'irrigation est d'une importance considérable et cela pour plusieurs raisons:

- Certaines substances sont intolérantes à cause des composés chimiques véhiculées par l'eau d'irrigation. Dans le cas d'une irrigation par aspersion on évite les brûlures des feuillages

2.2 La source

Vue l'existence un réservoir au sien de l'école donc sa mise en œuvre devienne indispensable afin de satisfaire les besoins en eau des cultures

2.3 Classification des eaux d'irrigation

Les eaux d'irrigation, en fonction des dangers qui peuvent entraîner leur utilisation sont réparties sous plusieurs classes.

On peut distinguer quatre classes de risque salin :

- Classe C₁: C.E ≤ 0,25 mmhos/cmRisque faible.
- Classe C₂: 0,25 < C.E ≤ 0,75 mmhos/cmRisque moyen.
- Classe C₃: 0,75 < C.E ≤ 2,25 mmhos/cmRisque élevé.
- Classe C₄: C.E > 2,25 mmhos/cmRisque très élevé.

2.4 Le coefficient d'adsorption du sodium SAR

$$SAR = \frac{Na^+}{\frac{\sqrt{Ca^{++} + Mg^{++}}}{2}}$$

Quatre classes de risque alcalin peuvent être distinguées

- Classe S₁ : SAR ≤ 10Risque faible
- Classe S₂: 10 < SAR ≤ 18Risque moyen
- Classe S₃: 18 < SAR ≤ 26Risque élevé
- Classe S₄: SAR > 26Risque très élevé.

2.5 Les aptitudes culturales

Notre zone d'étude est caractérisée par un climat relativement humide d'une part, d'autre part l'étude pédologique montre que le sol de la station à une texture limoneuse ainsi que le problème de la salinité du sol et des eaux d'irrigation n'est pas posé.

Le choix des cultures se fait selon plusieurs facteurs qui sont:

Climat, Sol et Quantité des eaux d'irrigation

Et de ce fait nous optons pour **les oliviers**.

III.3.5 L'application sur le logiciel

a. Calcul des besoins en eau

Les données d'exécution sont présentées auparavant. Et dans ce qui suit nous allons illustrer l'une des options de notre code de calcul.

1.1 Choix de la culture

Dans notre cas la culture est l'olivier. Elle est caractérisée par :

- Culture de type pérenne.
- Enracinement de 1.2 à 2m

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

- Valeurs de degré de tarissement 0.67.

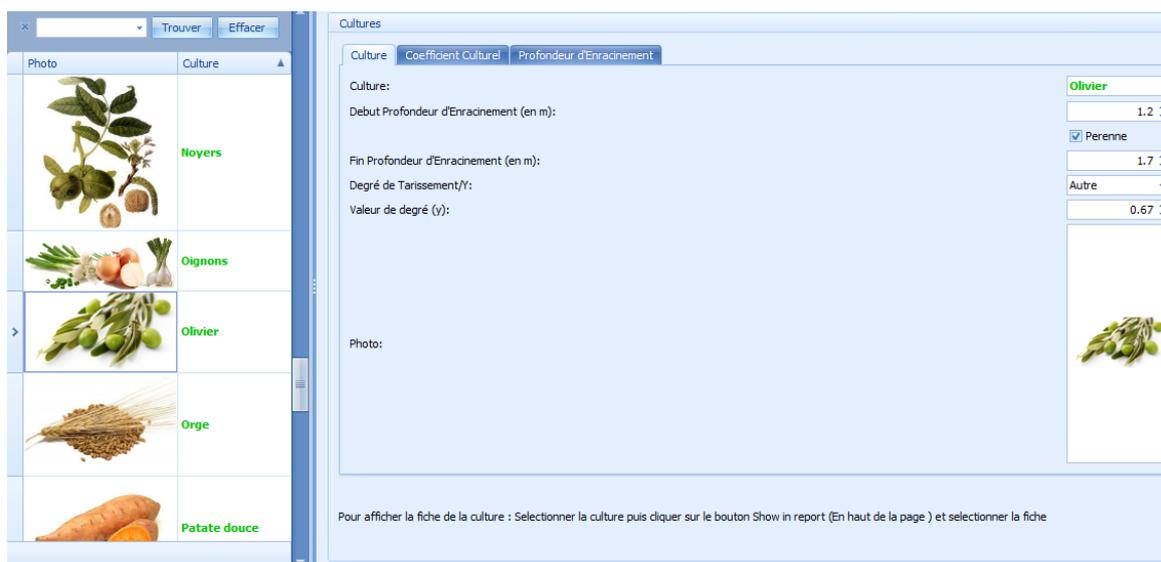


Figure III.9. Page illustrant le choix de la culture



Olivier

Type de Culture : Perenne

Date Semi : 0

Période Végétatif : 0

Profondeur d'enracinement : 1.2 / 1.7

Degré de Tarissement (Y): Autre

1- Coefficient Culturel (KC):

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
0.75	0.75	0.85	0.85	0.85	0.85	0.95	0.9	0.7	0.7	0.7	0.75

2- Profondeur d'Enracinement :

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Figure III.10. La fiche technique de la culture choisie

Remarque :

Le coefficient culturel se calcule par plusieurs méthodes que ce soit pour les cultures pérennes ou non pérennes à savoir

- Par pourcentage de la période de croissance
- Par pourcentage de nombres de jours de semi

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

Exemple : si on a une culture de 140 jours de son cycle végétatif

Par pourcentage de période de croissance donc

140 jours représente 100% donc un mois représente environ 30% et d'après les tableaux insérés dans les données de base Excel de l'application on tire les valeurs de Kc.

1.2 Evaluation des besoins

Comporte trois termes à calculer à savoir ETR et RFU et P_{eff} les résultats de chaque terme sont représentés dans les figures qui suivent :

a. Culture

On va choisir la culture et entrer la surface de la parcelle.

The screenshot shows a form titled 'Parcelle' with the following fields and values:

- Description: Parcelle ENSH
- Region: Blida
- Largeur: 44
- Longueur: 117
- Pente Long: 0.9
- Pente Trans: 1.4
- Surface: 5 148
- Type de Sol: Argilo_limoneux

Figure III.11. Page illustrant les caractéristiques de la parcelle.

b. La pluie efficace

c.

Tous d'abord on doit calculer la pluie mensuelle P80%, sachant que la pluie moyenne théorique : p50% = 508.48 et p80% = 646.62. Le tableau suivant représente la pluie moyenne utilisé pour le calcul des pluies 80%

Tableau III.9: Pluviométries moyennes mensuelles

Moi	Jan	Fév.	Mars	Avr.	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	Nov.	Déc.	année
P (mm)	83.24	70.57	66.53	62.54	59.66	15.84	11.43	7.86	41.34	44.37	56.73	61.95	581.63

Source ANRH(Blida)

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

Region :

1- Plus moyenne 2- Pluie Théorique 3- Pluie mensuelle 80%

$P_{mens80\%} = (P_{50\%} / P_{80}) * P_{moy}$

Pmens80% Janvier:	<input type="text" value="66.24"/>
Pmens80% Février:	<input type="text" value="55.49"/>
Pmens80% Mars:	<input type="text" value="52.32"/>
Pmens80% Avril:	<input type="text" value="49.18"/>
Pmens80% Mai:	<input type="text" value="46.91"/>
Pmens80% Juin:	<input type="text" value="12.46"/>
Pmens80% Août:	<input type="text" value="6.18"/>
Pmens80% Juillet:	<input type="text" value="8.99"/>
Pmens80% Septembre:	<input type="text" value="32.51"/>
Pmens80% Octobre:	<input type="text" value="34.89"/>
Pmens80% Novembre:	<input type="text" value="44.61"/>
Pmens80% Décembre:	<input type="text" value="47.14"/>

Figure III.12. Page illustrant le calcul de la pluie mensuelle P80%

La pluie efficace est calculée par la méthode de pourcentage fixe.
Avec $A\%=0.85$.

Selectionner la Parcelle:

1-Pluie Efficace 2-évapotranspiration (ETP) 3-Evapotranspiration réelle (ETR) 4

Paramètres

$Pe_{ff} = A * P_{moy}$

Méthode de Calcul Peff :

Pluie Mens 80% (mm):

Pourcentage fixe (A):

Résultat !

Peff Janvier (mm):	<input type="text" value="56.3"/>
Peff Février (mm):	<input type="text" value="47.17"/>
Peff Mars (mm):	<input type="text" value="44.47"/>
Peff Avril (mm):	<input type="text" value="41.8"/>
Peff Mai (mm):	<input type="text" value="39.87"/>
Peff Juin (mm):	<input type="text" value="10.59"/>
Peff Juillet (mm):	<input type="text" value="7.64"/>
Peff Août (mm):	<input type="text" value="5.25"/>
Peff Septembre (mm):	<input type="text" value="27.63"/>
Peff Octobre (mm):	<input type="text" value="29.66"/>
Peff Novembre (mm):	<input type="text" value="37.92"/>
Peff Décembre (mm):	<input type="text" value="40.07"/>

Figure III.13. Page illustrant le calcul de la pluie efficace «Méthode % fixe »

d. Evapotranspiration (ETP)

On doit insérer la température moyenne mensuelle.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

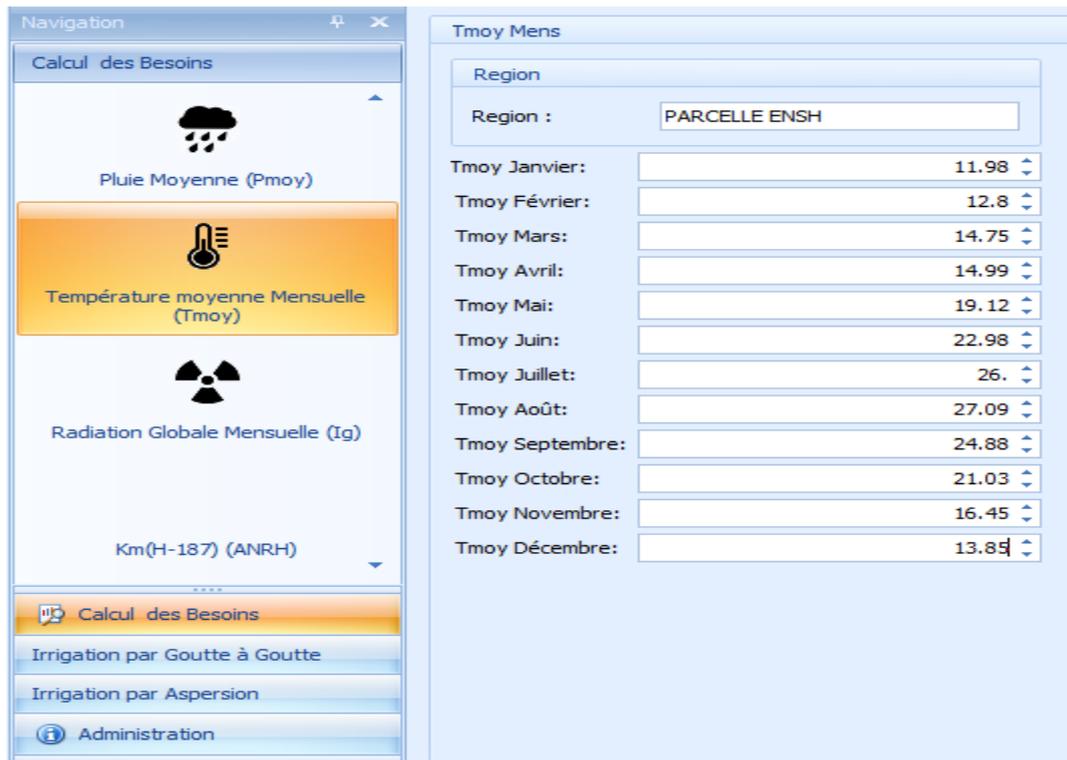


Figure III.14. Page illustrant la température moyenne mensuelle.

Le calcul du coefficient climatique K :

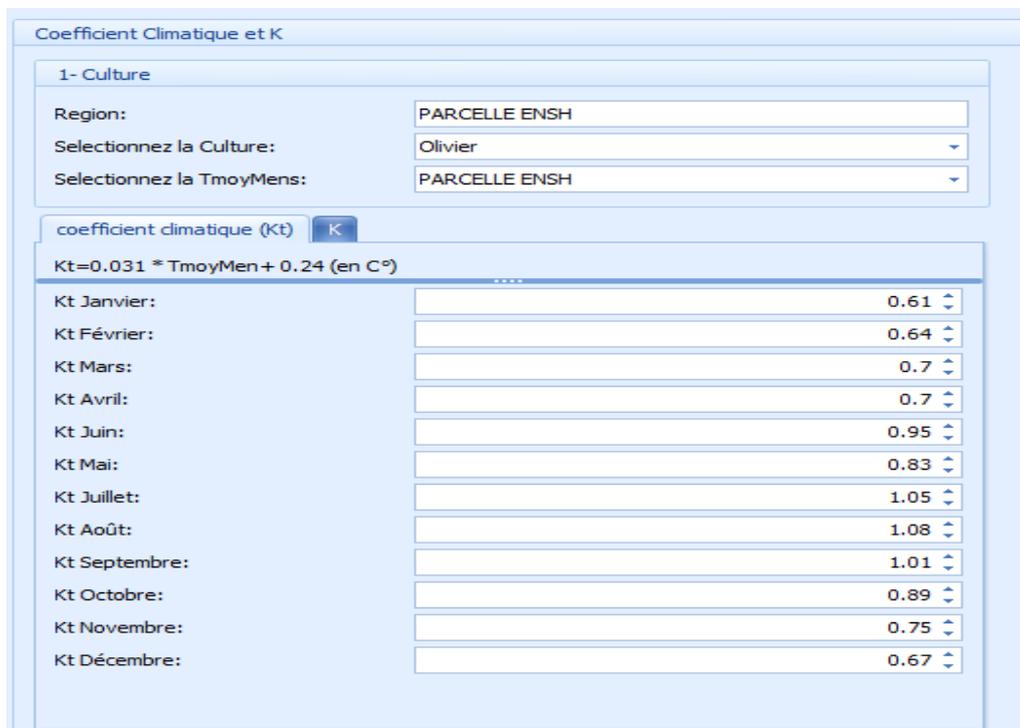


Figure III.15. Page illustrant le calcul du coefficient climatique.

Le calcul de l'ETP sera effectué par la méthode Blaney-Cridle.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

Paramètres de Calcul selon la méthode de calcul ETP

Sélectionner la Méthode de Calcul: Blaney & Criddle

Température Moyenne Mensuelle T (en C°): PARCELLE ENSH

Paramètres de BC Paramètres de Turc Paramètres de ANRH

ETP=K (0,46* T +8,13) *P

Pourcentage P(%): 6

K : PARCELLE ENSH

Résultats:

ETP Janvier(mm):	51.39
ETP Février(mm):	50.4
ETP Mars(mm):	75.62
ETP Avril(mm):	75.64
ETP Mai(mm):	104.91
ETP Juin(mm):	128.45
ETP Juillet(mm):	175.79
ETP Août(mm):	173.57
ETP Septembre(mm):	114.66
ETP Octobre(mm):	92.83
ETP Novembre(mm):	64.89
ETP Décembre(mm):	59.38

Figure III.16. Page illustrant le calcul de l'ETP « méthode de Blaney-Cridle »

e. Evapotranspiration réelle (ETR)

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

Selectionner la culture :

Selectionner la Parcelle:

1-Pluie Efficace 2-évapotranspiration (ETP) 3-Evapotranspiration réelle (ETR)

Etr

ETR=ETP*KC

Résultats :

ETR Janvier (mm):	<input type="text" value="38.54"/>
ETR Février(mm):	<input type="text" value="37.8"/>
ETR Mars(mm):	<input type="text" value="64.28"/>
ETR Mai(mm):	<input type="text" value="89.17"/>
ETR Avril(mm):	<input type="text" value="64.29"/>
ETR Juin(mm):	<input type="text" value="109.18"/>
ETR Juillet(mm):	<input type="text" value="167."/>
ETR Août(mm):	<input type="text" value="156.21"/>
ETR Septembre(mm):	<input type="text" value="80.26"/>
ETR Octobre(mm):	<input type="text" value="64.98"/>
ETR Novembre(mm):	<input type="text" value="45.42"/>
ETR Décembre(mm):	<input type="text" value="44.54"/>

Figure III.17. Page illustrant le calcul de l'ETR.

f. Reserve facilement utilisable

Avec un :

HCC(%)=27 , HPF(%)=16 et la densité apparente =1

Paramètres

1- RFU Théorique =(hcc-hpf)*Z*Y*Da (Z et y : données de la culture)
 2- RFU Réelle = Peff-ETR

Humidité du sol au point de flétrissement(hpf):

Humidité à la capacité au champ(hcc):

Densité apparente(Da):

Résultats :

RFU Théorique		RFU Réelle	
RFU Théorique Janvier (mm):	<input type="text" value="150."/>	RFU Réelle Janvier:	<input type="text" value="9.37"/>
RFU Théorique Février (mm):	<input type="text" value="150."/>	RFU Réelle Février (mm):	<input type="text" value="6.38"/>
RFU Théorique Mars(mm):	<input type="text" value="150."/>	RFU Réelle Mars (mm):	<input type="text" value="5.49"/>
RFU Théorique Avril (mm):	<input type="text" value="150."/>	RFU Réelle Avril (mm):	<input type="text" value="0."/>
RFU Théorique Mai (mm):	<input type="text" value="150."/>	RFU Réelle Mai (mm):	<input type="text" value="0."/>
RFU Théorique Juin (mm):	<input type="text" value="150."/>	RFU Réelle Juin (mm):	<input type="text" value="0."/>
RFU Théorique Juillet (mm):	<input type="text" value="150."/>	RFU Réelle Juillet (mm):	<input type="text" value="0."/>
RFU Théorique Août (mm):	<input type="text" value="150."/>	RFU Réelle Août (mm):	<input type="text" value="0."/>
Rfu Théorique Septembre (mm):	<input type="text" value="150."/>	RFU Réelle Septembre:	<input type="text" value="0."/>
Rfu Théorique Octobre (mm):	<input type="text" value="150."/>	RFU Réelle Octobre (mm):	<input type="text" value="0."/>
Rfu Théorique Novembre (mm):	<input type="text" value="150."/>	RFU Réelle Novembre (mm):	<input type="text" value="3.02"/>
Rfu Théorique Décembre (mm):	<input type="text" value="150."/>	RFU Réelle Décembre (mm):	<input type="text" value="8.29"/>

Figure III.18. Page illustrant le calcul de la RFU.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

g. Besoin en eau

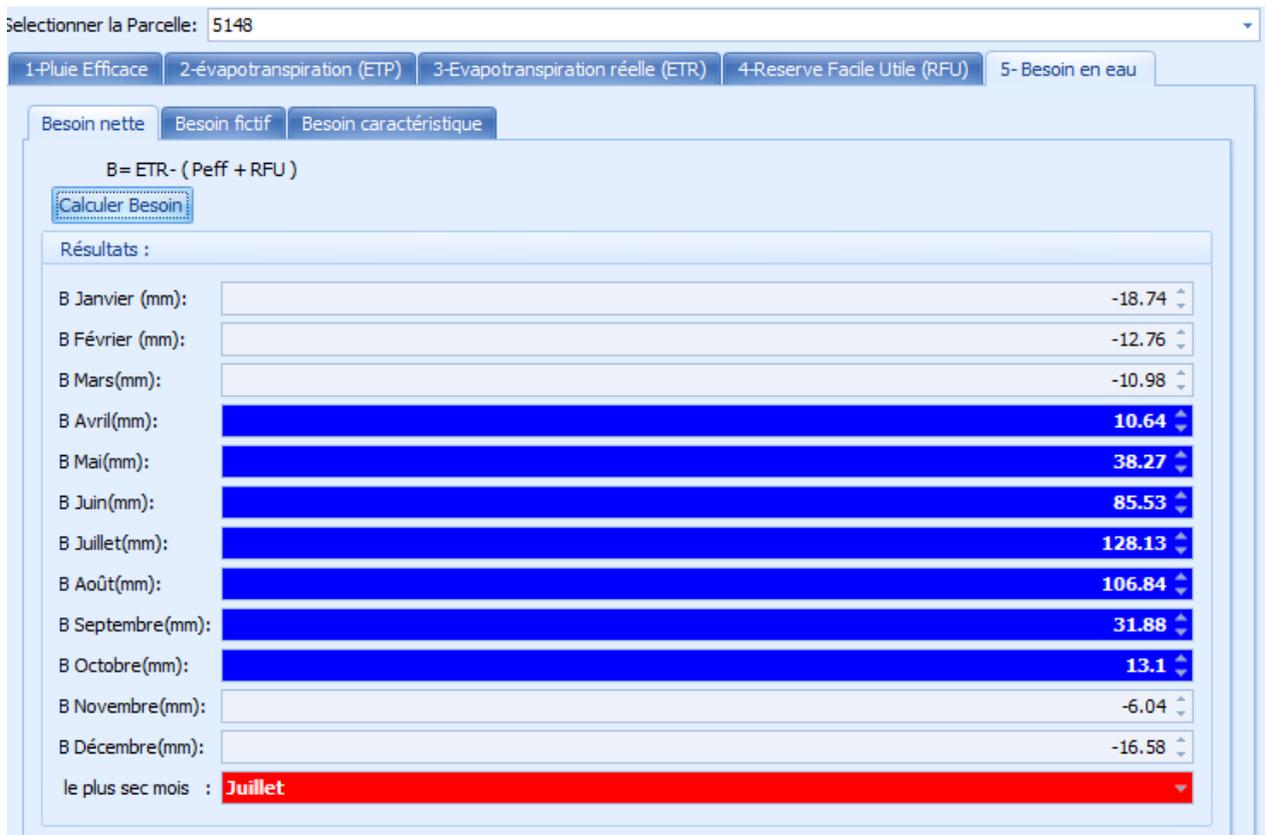


Figure III.19. Page illustrant le calcul des besoins en eau.

- **les besoins fictifs :**

Avec un :

Temps de travail par jour 20h.

Nombre de jours du mois d'irrigation 26jr.

Coefficient d'efficience 90%.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

Selectionner la culture : Olivier

Selectionner la Parcelle: 5148

1-Pluie Efficace 2-évapotranspiration (ETP) 3-Evapotranspiration réelle (ETR) 4-Reserve Facile Utile (RFU) 5- Besoin

Besoin nette Besoin fictif Besoin caractéristique

Temps de Travail/jours (en h): 20

Nombre de jours du mois d'irrigation: 26

Coefficient d'efficience du réseau : 0.9

$Q_f = \text{Besoin nette} * 10 * 1000 / (\text{temps de travail} * \text{nbre du jours} * \text{coeff efficience} * 3600)$ (en L/s/ha)

Débit Fictif Janvier: 0.

Débit Fictif Février: 0.

Débit Fictif Mars: 0.

Débit Fictif Avril: 0.05

Débit Fictif Mai: 0.17

Débit Fictif Juin: 0.39

Débit Fictif Juillet: 0.59

Débit Fictif Aout: 0.49

Débit Fictif Septembre: 0.15

Débit Fictif Octobre: 0.06

Débit Fictif Novembre: 0.

Débit Fictif Décembre: 0.

PS : Bf < 1.5 (l/s/ha) dans le cas de plusieurs culture

Figure III.20. Page illustrant le calcul des besoins fictifs en eau.

- les besoins caractéristiques :

Selectionner la culture : Olivier

Selectionner la Parcelle: 5148

1-Pluie Efficace 2-évapotranspiration (ETP) 3-Evapotranspiration réelle (ETR) 4-Reserve Facile Utile (RFU) 5- Besoin

Besoin nette Besoin fictif Besoin caractéristique

Débit carac = $Q_f * \text{surface de la parcelle}$ (en l/s)

Débit caractéristique Janvier: 0.

Débit caractéristique Février: 0.

Débit caractéristique Mars: 0.

Débit caractéristique Avril: 0.03

Débit caractéristique Mai: 0.09

Débit caractéristique Juin: 0.2

Débit caractéristique Juillet: 0.3

Débit caractéristique Aout: 0.25

Débit caractéristique Septembre: 0.08

Débit caractéristique Octobre: 0.03

Débit caractéristique Novembre: 0.

Débit caractéristique Décembre: 0.

Figure III.21. Page illustrant le calcul des besoins caractéristiques en eau.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

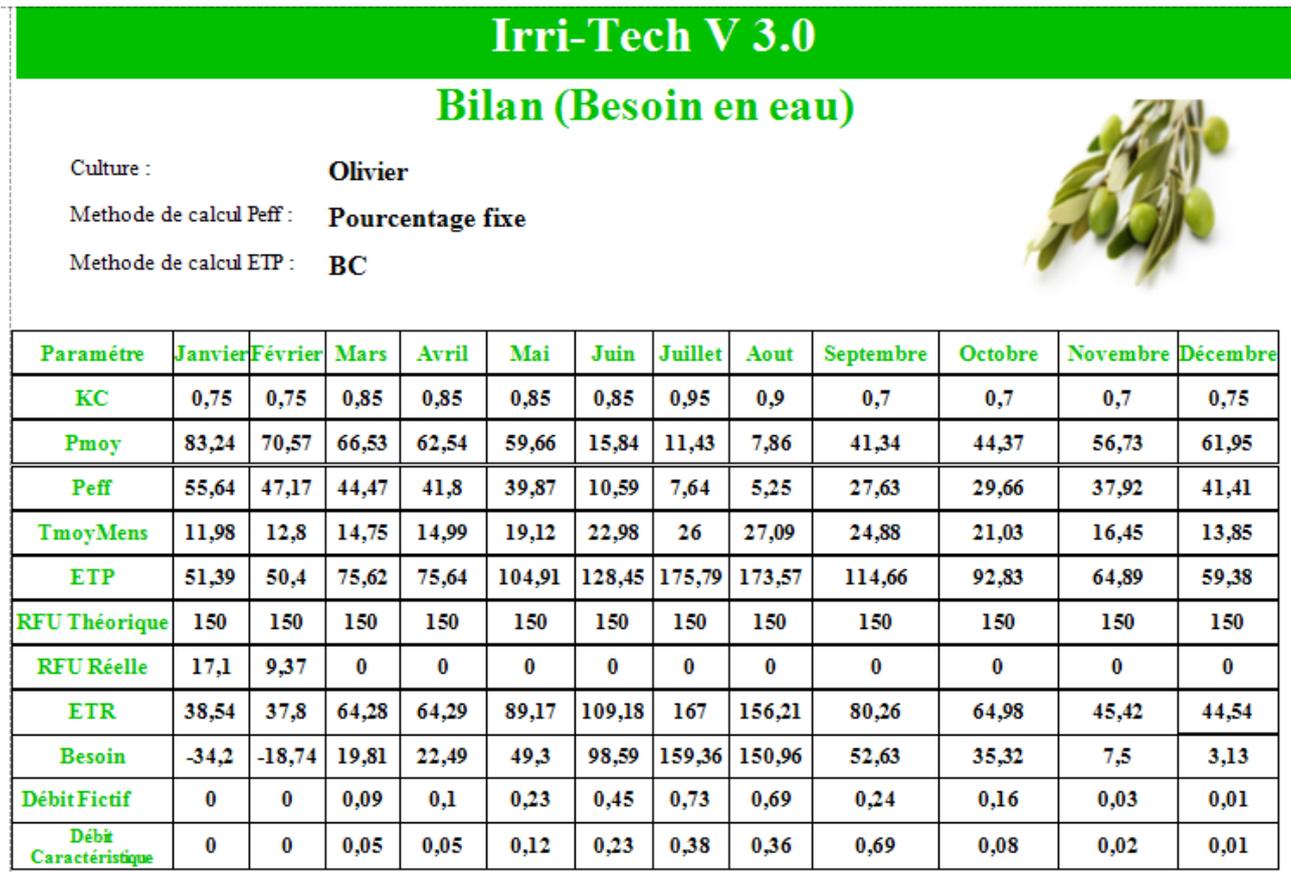


Figure III.22. Page réduplicative des besoins en eau.

1.2 Dimensionnement du réseau d'irrigation en goutte à goutte



Figure III.23. Page illustrant la barre de navigation pour le module goutte à goutte.

a. Besoin d'irrigation

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION EN GOUTTE A GOUTTE

1- Besoins d'irrigation 2- Calcul hydraulique 3- Dimensionnement des canalisations du réseau

1-Coefficient de réduction

Selectionnez la méthode du calcul de Coefficient du réduction (Kr)

a- La Methode de Kr: Keller et Karmeli ▾

b- Le taux de couverture du sol (CS): 0.7 ▾

Coefficient de Réduction(%) : 0.82 ▾

Besoin

Veuillez selectionner la culture :

Bilan/culture: Olivier ▾

Besoin journalier (m/j): 5.31 ▾

Besoin journalier (ETMC) = Bj*Kr tel que Bj: besoin de la culture

ETMC(mm/j): 4.35 ▾

2-Dose nette

a- $P (%) = (n * Spd * Sh) / (Sa * Sr)$

Nombre de point de distribution par arbre (n): 2 ▾

La distance entre deux points voisins du meme arbre (spd): 2. ▾

La largeur de la bande humidifiée (sh): 1. ▾

Espacement des arbres sur les rangs (sa): 4. ▾

Ecartement entre rangs d'arbre (sr): 4. ▾

pourcentage du sol humidifie (p) : 0.25 ▾

b- $Dp(mm) = RFU * P$

dose nette (Dp)=: 37.5 ▾

3-Fréquence des arrosages

$Fr(jours) = Dp / ETMC$

Fréquence des arrosages (Fr): 8.62 ▾

4-Dose réelle

$Dbr(mm) = ETMC * Fr / Cu * 90%$

Coefficient d'uniformité (Cu) %: 0.9 ▾

la dose brute (Dbr): 42.96 ▾

Figure III.24. Page récapitulative de calcul des besoins d'irrigation.

b. Calcul hydraulique

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

The screenshot shows a software interface for hydraulic calculations, divided into four sections:

- 1- Delta**:
 - Delta Q/ Q = 10% selon Christiansen
 - Caractéristique du goutteur (X):
 - DeltaHmax (mce) = 10% * Hn / X
 - Pression nominale (Hn):
 -
 - Perte de charge (DeltaHmax)=:
- 2- DeltaHsingulière**:
 - DeltaHsingulière (mce) = 10% * DeltaHmax
 -
 - DeltaH Singulière (Deltahsingulière)=:
- 3- DeltaHlinéaire**:
 - DeltaHlinéaire (mce) = DeltaHmax - DeltaHsingulière
 -
 - DeltaH Linéaire (DeltaHlinéaire)=:
- 4-Perte de charge**:
 -
 - DeltaH pour les Rampes /Perte de charge:
 - DeltaH pour les Porte Rampes/Perte de charge :

Figure III.25. Page illustrant le calcul hydraulique.

c. Dimensionnement de canalisation

- Pour les rampes :

Avec :

La longueur : 144m

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

1- Besoins d'irrigation | 2- Calcul hydraulique | 3- Dimensionnement des canalisations du réseau

A- Rampes

1- Arbre

$Nar(\text{arbre}) = Lr / sa;$
Longueur de Rampe(Lr):

Nombre d'arbre /Rampe(Nar):

2- Goutteurs

$Ngr(\text{goutteur}) = Nar * n;$

Nombre de goutteur /rampe(Ngr):

3- Débit

$Qr(\text{m}^3/\text{s}) = Ngr * Qg$

Débit de Rampe(Qr):

4- Diamètre

$4- Dr(\text{mm}) = (DH_{\text{rampe}} * 2.75 / (0.478 * (Qr^{1.75}) * Lr^{-1/4.75}))$

Diamètre de Rampe(Dr):

5- perte de charge

(Méthode de Calcul de Pdc):

Coefficient de perte de charge(CwR):

Vérification de perte de charge (pdc)

Diamètre Rampe normalisé (DnR):

(DeltaH /Pdc des rampes):

Figure III.26. Page illustrant le dimensionnement des rampes.

- Pour les portes rampes :

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

B-Porte rampe

1-Nombre Rampe

Nbr (rampe) = L_{pr} / S_r

Longueur de porte Rampe(L_{pr}):

Nombre de Rampe(N_{br}):

2- Débit

2- $Q_{pr}(L/h) = Q_r * N_{br}$

Débit de porte Rampe(Q_{pr}):

3-Diamètre

3- $D_{pr} (mm) = D_{HPorterampe} * 2.75 / (0.478 * (Q_{pr}^{1.75}) * L_{pr}^{-1/4.75})$

Diamètre de porte Rampe(D_{pr}):

CalculerPr

4-Perte de charge

(Méthode de Calcul de P_{dcpr}): Hazen Williams

Diamètre Porte rampe normalisé (D_{nPr}):

Coefficient de perte de charge(C_{wPr}):

CalculerPDCPR

Perte de charge des portes rampes(P_{dcpr}):

Figure III.27. Page illustrant le dimensionnement des portes rampes.

- Pour la conduite principale :

C-Conduite principale

CalculerDcp

Diamètre de la conduite principale:

Coefficient de perte de charge(C_w):

(Méthode de Calcul de P_{dcCP}): Hazen Williams

Longueur de la conduite principale (L_{cp}):

Diamètre Conduite principale normalisé (D_{nCP}):

CalculerPDCCP

(P_{dc} de la conduite principale):

Pression en tête d'installation(p_t):

Tester PDC

Figure III.28. Page illustrant le dimensionnement de la conduite principale.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'APPLICATION

1.3 La fiche technique

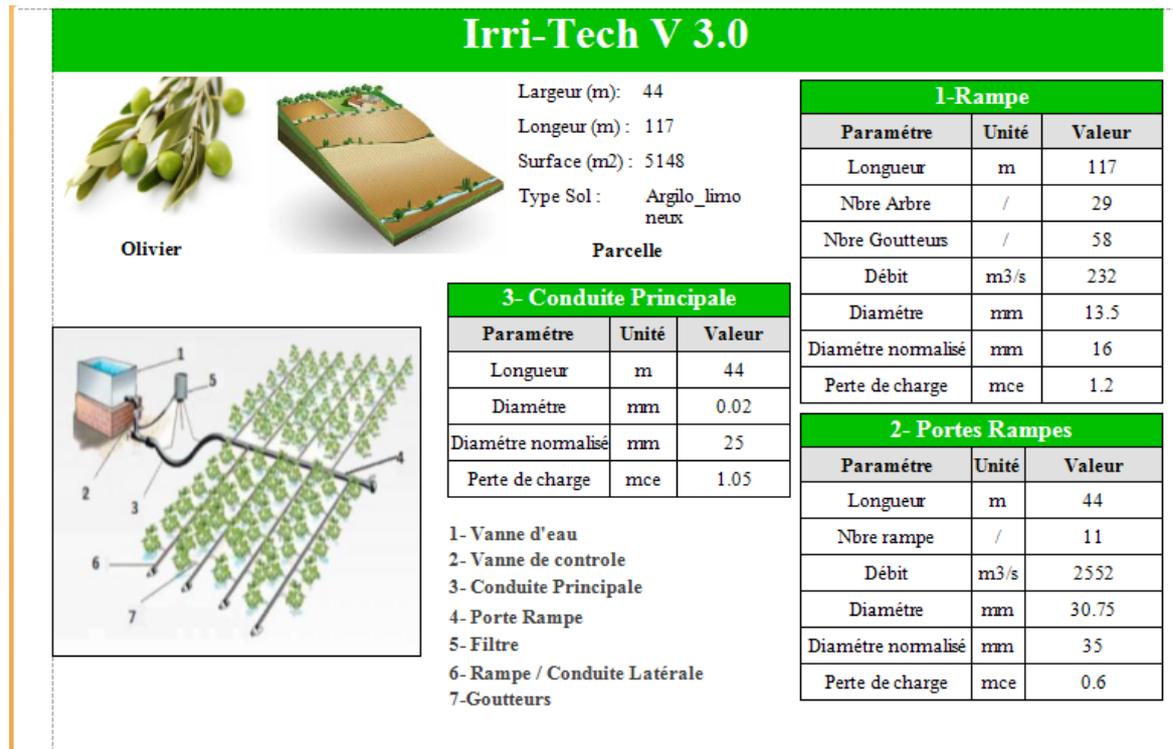


Figure III.29. Page récapitulative de dimensionnement d'un système d'irrigation en goutte à goutte.

Conclusion

Après avoir appliqué le programme **Irri-TechV3.0** sur la parcelle expérimentale de l'ENSH il s'avère qu'effectivement son usage est fiable et sans aucune crainte car les résultats issus du programme correspondent parfaitement avec ceux effectués manuellement.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Ce présent mémoire nous a permis non seulement d'améliorer nos connaissances en programmation informatique tant qu'en irrigation ce qui est l'objectif poursuivi par le contenu de nos enseignements « former des ingénieurs polyvalents ». Néanmoins il faut souligner que la tâche n'a pas été facile pour nous. Mais on peut dire que nos objectifs primordiaux sont pleinement atteints :

- Concevoir un logiciel « **IRRI-TECH V3.0** » fiable capable de calculer les besoins hydriques des cultures à partir de données de plantes, sol et climat.
- Faire un dimensionnement des réseaux d'irrigation par deux techniques : goutte à goutte ou aspersion en couverture mobile.
- Avoir des fiches techniques concernant les besoins en eau, les différentes dimensions du réseau d'irrigation et le type de goutteur ou des asperseurs utilisés.

Nous terminons la réalisation de ce document en espérant que les résultats auxquels nous sommes parvenus contribuent au maximum à la vulgarisation de ces deux techniques d'irrigation ayant les plus grandes efficacités.

ANNEXES

Annexe 01

DUREE DES PHASES DE DEVELOPPEMENT DES CULTURES

Culture	Init.	Dével	Mi	Arrière	Total	Date Plant	Région
Lin	25 30	35 40	50 100	40 50	150 220	Avril Octobre	Europe Arizona
Mais (doux)	20 20 20	20 25 30	30 25 50/30	10 10 10	80 80 90	Mars Mai/Juin Oct/Déc	Philippines Méditerranéen Climats arides
Mais (grain)	30 25 20 20 30	50 40 35 35 40	60 45 40 40 50	40 30 30 30 30	180 140 125 125 150	Avril Déc/Jan Juin Octobre Avril	Afrique de l'Est (alt.) Climats arides Nigeria (humide) Inde (sec, froid) Spain (spring, sum.)
Melon	25 30	35 45	40 65	20 20	120 160	Mai Dée/Jan	Méditerranéen Régions arides
Mil	15 20	25 30	40 55	25 35	105 140	Juin Avril	Pakistan USA (centre)
Oignon (sec)	15 20	25 35	70 110	40 45	150 210	Avril Octobre	Méditerranéen Régions arides
Oignon (vert)	25 20	30 45	10 20	5 10	70 95	Avril/Mai Octobre	Méditerranéen Régions arides
Pois	15 20	25 30	35 35	15 15	90 100	Mai Mars/Avril	Europe Méditerranéen
Poivron	25/30 30	35 40	40 110	20 30	125 210	Avril/Juin Octobre	Europe & Méditerr. Régions arides
Pomme de terre	25 25 30+15	30 30 35	30/45 45 50	30 30 30	115/130 130 145	Jan/Nov Mai Avril	Climats (semi)-arides Climat Continental Europe
Radis	10 10	10 10	15 15	5 5	40 40	Mars/Avril Hiver	Méditerr.; Europe Régions arides
Ricin	25	40	65	50	180	Mars	Climats (semi)-arides
Soja (fève)	20 20	30/35 25	60 75	25 30	140 150	Mai Juin	USA (Centre) Japon
Sorgho	20 20	35 35	40 45	30 30	130 140	Mai/Juin Mars/Avril	USA, Pakis., Méd. Régions arides
Tomate	30 35 30	40 45 40	40 70 45	25 30 30	135 180 145	Janvier Oct/Nov Avril/Mai	Régions arides Régions arides Méditerranéen
Tournesol	25	35	45	25	130	Avril/Mai	Médit.; Californie
Culture	Init.	Dével	Mi	Arrière	Total	Date Plant	Région
Lin	25 30	35 40	50 100	40 50	150 220	Avril Octobre	Europe Arizona

ANNEXES

Maïs (doux)	20 20 20	20 25 30	30 25 50/30	10 10 10	80 80 90	Mars Mai/Juin Oct/Déc	Philippines Méditerranéen Climats arides
Maïs (grain)	30 25 20 20 30	50 40 35 35 40	60 45 40 40 50	40 30 30 30 30	180 140 125 125 150	Avril Déc/Jan Juin Octobre Avril	Afrique de l'Est (alt.) Climats arides Nigeria (humide) Inde (sec, froid) Spain (spring, sum.)
Melon	25 30	35 45	40 65	20 20	120 160	Mai Dée/Jan	Méditerranéen Régions arides
Mil	15 20	25 30	40 55	25 35	105 140	Juin Avril	Pakistan USA (centre)
Oignon (sec)	15 20	25 35	70 110	40 45	150 210	Avril Octobre	Méditerranéen Régions arides
Oignon (vert)	25 20	30 45	10 20	5 10	70 95	Avril/Mai Octobre	Méditerranéen Régions arides
Pois	15 20	25 30	35 35	15 15	90 100	Mai Mars/Avril	Europe Méditerranéen
Poivron	25/30 30	35 40	40 110	20 30	125 210	Avril/Juin Octobre	Europe & Méditerr. Régions arides
Pomme de terre	25 25 30+15	30 30 35	30/45 45 50	30 30 30	115/130 130 145	Jan/Nov Mai Avril	Climats (semi)-arides Climat Continental Europe
Radis	10 10	10 10	15 15	5 5	40 40	Mars/Avril Hiver	Méditerr.; Europe Régions arides
Ricin	25	40	65	50	180	Mars	Climats (semi)-arides
Soja (fève)	20 20	30/35 25	60 75	25 30	140 150	Mai Juin	USA (Centre) Japon
Sorgho	20 20	35 35	40 45	30 30	130 140	Mai/Juin Mars/Avril	USA, Pakis., Méd. Régions arides
Tomate	30 35 30	40 45 40	40 70 45	25 30 30	135 180 145	Janvier Oct/Nov Avril/Mai	Régions arides Régions arides Méditerranéen
Tournesol	25	35	45	25	130	Avril/Mai	Médit.; Californie

Culture	bit.	Déve	Mi	Arrière	Total	Date Plant	Région
Arachide	25 35	35 45	45 35	25 25	130 140	Saison Mai/Juin	Afrique de l'Ouest Méditerranéen
Artichau	40 20	40 40	250 220	30 30	360 310	Avr (1 an) Mai (2 yr)	Californie (couper en mai)
Aubergin	30 30	40 45	40 40	20 25	130 140	Octobre Mai/Juin	Régions arides Méditerranéen
Betterav	15 25	25 30	20 25	10 10	70 90	Avr/Mai Fév/Mars	Méditerranéen Méditerr. & R. Arides
Betterav	45	75	80	30	230	Novembre	Méditerranéen

ANNEXES

sucrière	25 35	35 60	50 70	50 40	160 205	Mai Novembre	Méditerranéen Régions arides
Blé/Orge	15 20 15	25 25 30	50 60 65	30 30 40	120 135 150	Novembre Mars/Avril Juillet	Inde (Centrale) 35-45 °Lat Afrique de l'Est
Blé	30	140	40	30	240	Novembre	Méditerranéen
Carrotte	20 30	30 40	50/3 60	20 20	100 150	Oct/Jan Fév/Mars	Climats arides Méditerranéen
Cartham	20 35	35 55	45 60	25 40	125 190	Avril Oct/Nov	Californie, USA Régions arides
Céleri	25 25	40 40	95 45	20 15	180 125	Oct Avril	Climats (semi)-arides Méditerranéen
Céréales	20 25	30 35	60 65	40 40	150 165	Avril Oct/Nov	Méditerranéen Pakistan; Rég. arides
Citrouille	20 25	30 35	30 35	20 25	100 120	Mars, Juin	Méditerranéen Europe
Concom	20 25	30 35	40 50	15 20	105 130	Juin/Août Nov; Fév	Régions arides Régions arides
Coton	30 30 30	50 50 50	60 60 55	55 55 45	195 195 180	Mars;Avr/ Sept Avril	Egypte; Pakistan Yemen Texas
Courgett	25 20	35 30	25 25	15 15	100 90	Avril Mai/Juin	Médit.; R. Arides Médit.; Europe
Crucifèr	20 25 30	30 35 35	20 25 90	10 10 40	80 95 195	Avril Février Oct/Nov	Méditerranéen Méditerranéen Méditerranéen
Epinard	20 20	20 30	25 40	5 10	70 100	Avr; Novembre	Méditerranéen Régions arides
Haricots (sec)	20 15	30 25	40 35/5	20 20	110 95	Mai/Juin Juin	Climats Continental Pakistan, Calif.
Haricot (vert)	20 15	30 25	30 25	10 10	90 75	Fév/Mars Août/Sep	Calif., Méditerranéen Calif., Egypte, Liban
Laitue	20 30 25	30 40 35	15 25 30	10 10 10	75 105 100	Avril Nov/Jan Oct/Nov	Méditerranéen Méditerranéen Régions arides
Lentille	20 25	30 35	60 70	40 40	150 170	Avril Oct/Nov	Europe Régions arides

Lat	janvie r	fev	mar	avr	mai	juin	juill	A	sep	oct	NO	DEC
65	3,45	5,14	7,9	9,92	12,65	14,12	13,66	11,25	8,55	6,6	4,12	2,64
64	3,75	5,3	7,93	9,87	12,42	13,6	13,57	11,15	8,58	6,7	4,35	3,04
63	4,01	5,4	7,95	9,83	12,22	13,22	13,02	11,04	8,6	6,79	4,55	3,37
62	4,25	5,52	7,99	9,75	12,03	12,91	12,79	10,92	8,5	6,86	4,72	3,67
61	4,46	5,61	8,01	9,71	11,88	12,63	12,55	10,84	8,55	6,94	4,84	3,93
60	4,67	5,7	8,05	9,66	11,72	12,39	12,33	10,72	8,54	7	5,04	4,15
59	4,81	5,78	8,05	9,6	11,61	12,23	12,21	10,6	8,56	7,07	5,09	4,31

ANNEXES

58	4,99	5,85	8,06	9,56	11,44	12	12	10,56	8,56	7,13	5,13	4,55
57	5,14	5,93	8,07	9,51	11,32	11,77	11,81	10,47	8,51	7,19	5,27	4,69
56	5,29	6	8,1	9,45	11,2	11,67	11,69	10,4	8,52	7,25	5,44	4,89
55	5,39	6,06	8,12	9,41	11,11	11,53	11,59	10,32	8,5	7,3	5,62	5,01
54	5,53	6,12	8,15	9,36	11	11,4	11,43	10,27	8,5	7,33	5,74	5,17
53	5,64	6,19	8,16	9,32	10,88	11,31	11,34	10,19	8,52	7,38	5,83	5,31
52	5,75	6,23	8,17	9,28	10,81	11,13	11,22	10,15	8,49	7,4	5,94	5,43
51	5,87	6,25	8,21	9,26	10,76	11,07	11,13	10,05	8,48	7,41	5,97	5,46
50	5,98	6,32	8,25	9,25	10,69	10,93	10,99	10	8,44	7,43	6,04	5,65
48	6,13	6,42	8,25	9,15	10,5	10,72	10,83	9,92	8,45	7,56	6,34	5,86
46	6,3	6,5	8,25	9,09	10,37	10,54	10,66	9,82	8,44	7,61	6,38	6,05
44	6,45	6,59	8,25	9,01	10,22	10,38	10,5	9,73	8,43	7,67	6,51	6,23
42	6,6	6,66	8,28	8,97	10,1	10,21	10,37	9,64	8,42	7,73	6,63	6,39
40	6,73	6,73	8,3	8,92	9,99	10,08	10,34	9,56	8,41	7,78	6,73	6,53
38	6,87	6,79	8,34	8,9	9,92	9,95	10,1	9,47	8,38	7,8	6,82	6,66
36	6,99	6,86	8,35	8,85	9,81	9,83	9,99	9,4	8,36	7,85	6,92	6,79
34	7,1	6,91	8,36	8,8	9,72	9,7	9,88	9,33	8,36	7,9	7,02	6,92
32	7,2	6,97	8,37	8,72	9,63	9,6	9,77	9,28	8,34	7,93	7,11	7,05
30	7,3	7,03	8,38	8,72	9,53	9,49	9,67	9,22	8,34	7,99	7,19	7,14
28	7,4	7,08	8,39	8,68	9,46	9,38	9,58	9,16	8,32	8,02	7,27	7,27
26	7,49	7,12	8,4	8,64	9,37	9,3	9,49	9,1	8,32	8,06	7,36	7,35
24	7,58	7,17	8,4	8,6	9,3	9,19	9,41	9,05	8,31	8,1	7,46	7,46
22	7,66	7,22	8,41	8,57	9,22	9,12	9,31	9	8,3	8,13	7,5	7,56
20	7,73	7,26	8,4	8,52	9,14	9,02	9,25	8,95	8,3	8,19	7,58	7,89
18	7,88	7,26	8,4	8,46	9,06	8,99	9,2	8,81	8,29	8,24	7,67	7,89
16	7,94	7,3	8,42	8,45	8,98	8,98	9,07	8,8	8,23	8,24	7,72	7,5
14	7,98	7,39	8,43	8,44	8,9	8,73	8,99	8,79	8,23	8,28	7,85	8,04
12	8,08	7,4	8,44	8,43	8,84	8,64	8,9	8,78	8,27	8,28	7,85	8,05
10	8,11	7,4	8,44	8,43	8,81	8,57	8,81	8,74	8,26	8,29	7,89	8,08
8	8,13	7,41	8,45	8,39	8,75	8,51	8,77	8,4	8,25	8,31	7,89	8,1
6	8,19	7,49	8,45	8,39	8,73	8,48	8,75	8,69	8,25	8,41	7,95	8,19
4	8,2	7,58	8,46	8,33	8,65	8,4	8,67	8,63	8,21	8,43	7,95	8,2
2	8,43	7,62	8,47	8,22	8,51	8,25	8,52	8,5	8,2	8,45	8,16	8,42
0	8,49	7,67	8,49	8,22	8,49	8,22	8,49	8,49	8,19	8,49	8,22	8,49

Annexe2 (pourcentage d'insolation latitude nord -ALGERIE)

ANNEXES

Annexe 3

2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière saison	Récolte	
Banancier tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
Banancier subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
Haricot sec	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Chou	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Coton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Mais doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Mais grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
Oignon vert	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Poivron, frais	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Pomme de terre	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Riz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3-0.4	0.7-0.8	0.95-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Luzerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés sans sarclage						0.65-0.75 0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6

Premier chiffre : avec forte humidité (HRmin > 70%) et vent faible (U < 5 m/sec).
 Second chiffre : avec faible humidité (HRmin < 20%) et vent fort (> 5 m/sec).

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 33, Tableau 18.

ANNEXES

Annexe 6

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

Caractéristiques hydriques de quelques sols

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

A.PHOCAIDE ,2008. METHODE DES TECHNIQUE D'IRRIGATION SOUS PRESSION. Edition Rome- Italie.ISBN 978-92-5-205817-5.

DIFFERENTS SYSTEMES D'IRRIGATION, En ligne.[Consulté le 29 Octobre 2016].Disponible sur <http://www.aqua6.org/pages/Les-differents-systemes-d'irrigation.html> .

G.TRON, C.ISBERIE, P.CHOL. LA TENSIOMETRIE POUR PILOTER LES IRRIGATIONS.Edition Educagri. ISBN 2-84444-077-0

H.GABRIEL, Janvier 2014. LE GOUTTE A GOUTTE DE SURFACE ET ENTERRE SUR LA CULTURE DE MAIS, Edition chambre d'agriculture du Tam. En ligne. [Consulté le 20novembre2016].Disponiblesur : http://www.tarn.chambagri.fr/fileadmin/documents_ca81/DocInternet/filieres/hydraulique/Fiche_techn_GaG_V4.pdf

J.-R.TIERCELIN, TRAIT D'IRRIGATION. Edition Lavoisier.

J.GOUTTEMAN, 1939. L'irrigation, In .L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE. Volume 3, n°4. PP 153-157. DOI : 10.3406/ingeo. 1939. 4930. En ligne. [Consulté le 19 Octobre 2016].Disponible sur http://www.persee.fr/doc/ingeo_0020-0093_1939_num_3_4_4930 .

L.VERMEIN et G.A.JOBLING, 1983. L'IRRIGATION LOCALISEE. Edition FAO en ROME. ISBN 92-5-200956-8 ligne. [Consulté le 02Décembre 2016]. Disponible sur : https://books.google.dz/books?id=9Fz408knASwC&pg=PA14&lpg=PA14&dq=d%C3%A9finition+des+besoin+en+eau&source=bl&ots=EXbswr8efl&sig=QOur16-ZJxUGnci-npmt_FkRsxM&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwim88C8-NvSAhUHWRQKHTEFCzoQ6AEIKzAC#v=onepage&q=d%C3%A9finition%20des%20besoin%20en%20eau&f=false

L. ZELLA, D. SMADHI, Décembre 2007. EVOLUTION DE L'IRRIGATION. Edition Larhyss Journal. N°06, PP 65-80. ISSN 1112-3680. En ligne. [Consulté le 25 novembre 2016]. Disponible sur : <http://larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/viewFile/85/79>

L.RIEUL et P.RIEUL, IRRIGATION. Edition Cemagref. 3eme edition. ISBN 2-85362-583-3

L.ZELLA, 2013. L'IRRIGATION PAR ASPERSION. Edition office des publications universitaires. ISBN 978-9961-0-1688-6.

M.L.COMPOARE, 2003. COURS DE MICRO-IRRIGATION.

M.NAIT ,2013. ELABORATION D'UN CODE CALCUL POUR LE DIMENSIONNEMENT DES RESEAUX D'IRRIGATION PAR ASPERSSEUR EN COUVERTURE MOBILE (APPLICATION SUR LA PARCELLE PILOTE D'ENSH)

P.VAN LAERE, 2003. MEMNTO DE L'IRRIGATION.Edition Bruxelles-Belgique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

S.MOCHE, 2007. L'IRRIGATION AU GOUTTE A GOUTTE. Edition Ministère de l'agriculture et du développement rural, Centre de coopération internationale pour le développement agricole.

Z.KADIRI, 2010. GESTION DE L'EAU D'IRRIGATION ET ACTION COLLECTIVE. Editions universitaires Europeenes. ISBN 978-613-1-55349-3.

Sitographie :

https://fr.wikipedia.org/wiki/C_sharp

https://fr.wikipedia.org/wiki/Framework_.NET

https://fr.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio

https://fr.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Access

<http://www.aqua6.org/pages/Les-differents-systemes-d'irrigation.html>

<https://arrosage.ooreka.fr/comprendre/irrigation>

https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/pluies_efficaces.php4

<https://www.latelierpaysan.org/IMG/pdf/76819159.pdf>

<http://dicometeo.free.fr/dossiers/etp/index.htm>

http://www.termisti.org/rifal/PDF/tn08/tn08_Badji%20et%20Garc%C3%ADa%20Mart%C3%ADn.pdf

http://www.azud.com/fr/irrigation/enews/principaux_avantage_de_l_arrosage_par_goutte_a_goutte_enterre_rgs.aspx

www.canaux-et-territoire.info/dotclear/?2009/12/24/38-les-techniques-d-irrigation-i-irrigation-gravitaire

www.agrimaroc.ma/les-différentes-techniques-d-irrigation