

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

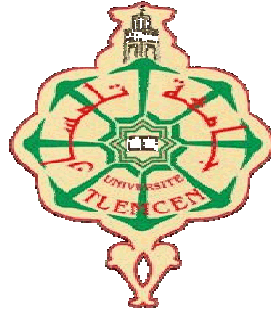
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen -

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : HYDRAULIQUE

Spécialité : HYDRAULIQUE URBAINE

Par :

Mlle. Sarra MOUSSAOUI

&

Mlle. Fatima Zohra ZAHY

Sujet

**LES TECHNIQUES D'IRRIGATION UTILISEES DANS LA
REGION D'AIN TEMOUCHENT**

Soutenu publiquement, le / /2018, devant le jury composé de :

M ^r . M. BOUMDIENNE	MCB	Univ. Tlemcen	Président
M ^{me} . I. MAROK- GUASMI	MCB	Univ Tlemcen	Directrice de mémoire
M ^{me} . F. BOUCHELKIA	MAA	Univ Tlemcen	Examinatrice 1
M ^{me} . C. BOUKLI HACENE	MCA	Univ Tlemcen	Examinatrice 2



Remerciements



Nous remercions dieu tout puissant de nous avoir données le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce travail.

*Nos remerciements vont tout particulièrement à notre encadreur :
M^{me} Imen MAROK-GUASMI, enseignante au département d'Hydraulique de
l'Université de Tlemcen, pour l'aide précieuse qu'elle nous à apportée, pour ses
conseils, ses éclaircissements, sa patience et ses encouragements tout au long de
notre travail.*

*Nos remerciements vont également à tous les membres du jury qui nous ont
fait l'honneur de juger ce travail.*

*On tient à exprimer notre reconnaissance à nos enseignants de la faculté de
technologie au Pole de Chetouane, Tlemcen, et surtout les enseignants du
département d'hydraulique.*

*Nous exprimons nos remerciements à tous les cadres des services de la DSA et
de l'ADE de la wilaya d'Ain Témouchent.*

*Enfin, bien qu'il soit difficile de nommer toutes les personnes qui de près ou de
loin ont permis la réalisation de ce travail, on tiens cependant à remercier nos
belle famille respectives, particulièrement nos parent, frères, sœur et son oublié
nos ami(e)s et à tous qui nous ont aidées de prêt ou de loin, à réaliser ce
travail.*



Fatima Zohra & Sarah



Dédicace



Au terme de toutes ses années d'étude et de recherche,

Je dédis ce travail en signe de respect, de reconnaissance et de remerciement :

A Mon très cher père Mohammed grâce à qui tous mes efforts aboutissent,

A Ma belle mère Mansouria rabi yarhamha qui ma donnée l'espoir pour terminer mes études.

Que cette thèse soit pour eux l'expression de ma profonde gratitude et mon affection la plus absolue.

A mes frères et sœurs : Mohamed, Abdallah, Zinedine, Karima et Nassima.

A tous la famille Zahi et Mosteghanemie.

A tous mes sincères ami(e)s sincères.



Fatima Zohra



Dédicace



Au terme de toutes ses années d'étude et de recherche,

Je dédis ce travail en signe de remerciement, de respect et de reconnaissance:

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A mes chères sœurs Karima, Soumia et Salha pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.

A mon frère Zakaria pour son appui et son encouragement

A mes nièces Arwa, Yara et Joudi, ainsi que mon neveu Jad.

Aux personnes qui m'ont accompagnées durant mon chemin d'études et spécialement à Mr Réda BENYOUNIS

A mon binôme Fatima Zohra et tout la famille Zahi

A mes aimables ami(e)s et collègues d'étude spécialement Fatima et Meriem



Sarah

Résumé

La wilaya d'Ain Témouchent est une région à vocation essentiellement agricole, très réputée pour sa production tant végétale, qu'animale, quasiment toute son économie repose sur l'agriculture, néanmoins, pour améliorer la rentabilité, une irrigation efficace reste au centre des préoccupations des responsables du secteur agricole, ainsi que tous les acteurs concernés.

Face aux objectifs visés, aux défis actuels et futurs, vu l'importance qu'accorde l'état pour le secteur agricole dans l'économie algérienne. La DSA s'était contrainte d'augmenter ses ressources en eau pour l'irrigation, diversifier ses modes d'irrigations, moderniser ses procédés de récupération des eaux usées épurées, et œuvrer à réaliser plus d'extension de terres irrigables.

L'objectif de ce travail est démontré qu'une irrigation maîtrisée, accorde à l'agriculteur la possibilité de rentabiliser sa production et offrir aux consommateurs un produit de meilleure qualité à bon prix.

Mots clés : Ain Témouchent, Techniques, Irrigation, ressources hydriques, périmètre irrigué.

Abstract

The wilaya of Ain Témouchent is a predominantly agricultural region, well known for its vegetable and animal production, almost all of its economy is based on agriculture, however, to improve profitability, effective irrigation remains at the center of concerns of the agricultural sector, as well as all relevant stakeholders.

In view of the objectives, the current and future challenges, given the importance that the state gives to the agricultural sector in the Algerian economy. The DSA had to increase its water resources for irrigation, diversify its irrigation methods, modernize its processes for the recovery of treated wastewater, and work to achieve more extension of irrigable land.

The objectives of this work is that controlled irrigation gives the farmer the possibility of making his production profitable and offering consumers a better quality product at a good price.

Key words: Ain Témouchent, Techniques, Irrigation, water resources, irrigated area.

ملخص

تعتبر ولاية عين تموشنت منطقة زراعية في الغالب ، تشتهر بإنتاجها النباتي والحيواني ، ويستند كل اقتصادها تقريباً على الزراعة ، و من أجل تطوير الاستثمار الفلاحي ، يبقى الري الفعال في مركز اهتمامات القطاع الزراعي ، وكذلك جميع أصحاب المصلحة المعنيين.

في ضوء الأهداف ، التحديات الحالية والمستقبلية ، بالنظر إلى الأهمية التي توليها الدولة للقطاع الزراعي في الاقتصاد الجزائري. اضطر قسم مديرية مصلحة الزراعة إلى زيادة موارده

المائية لأغراض الري ، وتنوع أساليب الري لديه ، وتحديث عملياته من أجل استعادة المياه العادمة المعالجة ، والعمل على تحقيق المزيد من التوسع في الأراضي المروية. وتتمثل أهداف هذا العمل في أن الري المسيطر يمنح المزارع إمكانية جعل إنتاجه مربحًا ويقدم للمستهلكين منتجًا أفضل جودة بسعر جيد.

الكلمات المفتاحية: عين تموشنت ، تقنيات ، ري ، موارد مائية ، منطقة مروية.

Table des matières

TABLE DES MATIERES

Pages

REMERCIEMENTS	
DEDICACES	
RESUME	
TABLE DES MATIERES	
INTRODUCTION GENERALE	i

Chapitre 1 : GENERALITES SUR L'EAU D'IRRIGATION

I. CADRE GENERAL	1
1. OBJECTIF DE L'ETUDE	1
2. INTRODUCTION	1
II. GENERALITES	1
1. L'EAU POTABLE	1
1.1. Définition	1
1.2. Potabilité de l'eau	2
1.3. Caractéristiques d'une eau potable	2
1.3.1. Paramètres physiques et chimiques	2
1.3.1.1. La température	2
1.3.1.2. Conductivité	3
1.3.1.3. Le pH	3
1.3.1.4. Turbidité	3
1.3.1.5. Oxygène dissous	4
1.3.1.6. DBO ₅ , DCO et Oxydabilité	4
1.3.2. Ions majeurs	4
1.3.2.1. Calcium et Magnésium	4
1.3.2.2. Sodium et potassium	5
1.3.2.3. Sulfate	5
1.3.2.4. Chlorures	5
1.3.3. Paramètres microbiologiques des eaux potables	5
1.3.3.1. Escherichia-Coli	5
1.3.3.2. Salmonella	5
1.3.3.3. Vibrio	5
1.3.3.4. Clostridium	5
1.3.3.5. Streptococcus	6
1.4. Qu'est-ce qu'une norme ?	6
III. L'EAU D'IRRIGATION	6
1. DEFINITIONS	6
2. QUALITE DE L'EAU D'IRRIGATION	7
2.1. Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation	7
3. CHOIX DES TECHNIQUES D'IRRIGATION	7
4. LES TYPES D'IRRIGATION	8
4.1. Irrigation de surface	8
4.2. Irrigation par bassins	8
4.3. Irrigation par sillons/a la raie	8
4.4. Irrigation par planches	9
4.5. Irrigation par aspersion	9

4.6. Irrigation par goutte à goutte (localisé)	10
4.7. La ferti-irrigation	10
5. POURQUOI IRRIGUER?	11
5.1. La maîtrise de l'irrigation	11
5.1.1. Quand faut-il irriguer ?	11
5.1.2. Combien d'eau faut-il apporter?	11
5.1.3. Comment l'apporter ?	11
6. EXPLOITATION DES RESEAUX D'IRRIGATION	12
6.1. Matériels d'irrigation	12
6.2. Intérêts et limite d'irrigation	13
6.2.1. Pérennité de l'irrigation	13
6.2.2. Facteurs d'irrigation	14
6.2.1.1. Le sol	14
6.2.1.2. Topographie	14
6.2.1.3. Propriétés physiques	14
a. Perméabilité et capacité du sol pour l'eau	14
b. Cohésion	14
6.2.1.4. Propriétés chimiques	14
a. Matières organiques	14
b. Matières minérales	14
c. L'eau	14
6.2.3.	15
7. DETERMINATION DES BESOINS EN EAU	16
7.1. La disponibilité et la nature de la ressource en eau	16
8. CONCEPTION D'UN PROJET D'IRRIGATION	18
8.1. Dans le temps	18
8.2. En débit	18
8.3. En pression	18
8.4. Le type de sol et les caractéristiques des parcelles à irriguer	19
8.4.1. Le type de sol	19
8.4.2. Humidité du sol	19
8.4.3. Saturation	19
8.4.4. Capacité aux champs	19
8.4.5. Point de flétrissement permanent	19
8.4.6. Les caractéristiques des parcelles à irriguer	20
8.4.7. La pente	20
8.5. Les cultures	20
8.5.1. Nature des cultures	20
8.5.2. Besoins des plantes	21
8.5.3. Le type de cultures à irriguer et leurs besoins en eau.	21
8.5.3.1. Evapotranspiration (ETP)	21
8.5.3.2. La zone racinaire	21
IV. CONCLUSION	22

Chapitre 2 : CADRE GENERAL

I. INTRODUCTION	23
II. PRESENTATION DE LA WILAYA D'AIN TEMOUCHENT	23
1. SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE	23
2. TOPOGRAPHIE ET RELIEF DE LA REGION D'ETUDE	25
2.1. Le climat	25
2.2. Le relief	26
2.2.1. Les plaines intérieures	26
2.2.2. La bande littorale	26
2.2.3. Zone montagneuse	26
2.2.4. Ressources Naturelles et humaines	26
2.2.4.1. Ressources Naturelles	26
2.2.4.2. Ressources Humaines	27
2.2.4.3. Les potentialités économiques de la wilaya	27
a/ Secteur de l'Agriculture	27
3. LES BESOIN D'EAU EN IRRIGATION	28
4. QUALITE D'EAU D'IRRIGATION	29
4.1. Analyse laboratoire de l'eau d'irrigation	29
4.2. Les nutriments essentiels pour les plantes	29
4.3. Les principaux critères pour évaluer la qualité d'eau	30
4.3.1. Le risque de salinité	30
4.3.1.1. La tolérance en sel des différentes récoltes	31
4.3.1.2. Les procédures de gestion pour irriguer des eaux salines	31
ou sodiques	
4.3.2. Risque du sodium	32
4.3.2.1. Sodium et Récoltes	32
4.3.2.2. Qu'est ce que le SAR?	32
4.3.2.3. Relation entre le SAR et l'indice de salinité	33
4.3.2.4. Les solutions aux problèmes de SAR dans les sols	34
III. LES RESSOURCES EN EAU DE LA WILAYA D'AIN TEMOUCHENT	35
1. LES RESSOURCES SUPERFICIELLES	35
2. LES RESSOURCES SOUTERRAINES	36
3. L'UTILISATION DES EAUX USEES EPUREE POUR L'IRRIGATION	36
4. L'EXTENSION DE LA SUPERFICIE IRRIGUEE PAR POTENTIALITES	37
HYDRIQUE	
5. LA PRECIPITATION ET L'IRRIGATION	37
IV. CONCLUSION	37

Chapitre 3 : CHOIX D'UN SYSTEME D'IRRIGATION

I. INTRODUCTION	38
II. CONCEPTION D'UN PROJET D'IRRIGATION D'APRES LA DSA	38
D'AIN TEMOUCHENT	
1. IRRIGATION PAR GOUTTE A GOUTTE	39
1.1. Caractéristiques d'un système d'irrigation	39
1.2. Région concernée	40
1.3. Mise en œuvre	40
1.4. La répartition de l'eau dans le sol	41

1.5. Les avantages de système d'irrigation goutte à goutte	41
2. L'IRRIGATION PAR ASPERSION	42
2.1. Conditions d'utilisation	44
2.1.1. Cultures recommandées	44
2.1.2. Pentes adéquates	44
2.1.3. Types de sol appropriés	44
2.1.4. Qualité de l'eau	45
2.2. Les avantages d'irrigation par aspersion	45
3. IRRIGATION GRAVITAIRE	45
3.1. Les différents modes d'irrigation gravitaire	46
3.1.1. Arrosage par ruissèlement (par planches ou par calant)	46
3.1.2. Arrosage par submersion (ou inondation)	46
3.1.3. Arrosage par infiltration (à la raie)	46
3.1.4. Arrosage par cuvette (ou bassin)	46
3.2. Les avantages d'irrigation par gravitaires	47
3.3. Inconvénients	47
III. CONCLUSION	47

**Chapitre 4 : CHOIX D'UNE METHODE D'IRRIGATION POUR LA REGION
D'AIN TEMOUCHENT**

I. INTRODUCTION	48
II. LES CONDITIONS DU MILIEU ET LE PILOTAGE DES IRRIGATIONS	48
III. LA MAITRISE DE L'IRRIGATION	49
1. LE BILAN HYDRIQUE	50
1.1. L'évapotranspiration potentielle «ETP»	50
1.2. Estimation des pluies	51
1.3. Estimation de la contribution du sol «R»	51
1.4. Exemple de calcul de la région d'Ain Témouchent pour le mois de juillet (mois de pointe)	51
1.5. Pour quel système d'irrigation opter ?	52
1.6. Les cultures les plus adaptées en fonction des systèmes d'irrigation	53
1.7. Les techniques d'irrigation les plus adaptées en fonction de la topographie du terrain	53
2. LES PRINCIPAUX SYSTEMES D'IRRIGATION ECONOMISATEURS D'EAU	54
2.1. Les systèmes d'irrigation par aspersion	54
2.1.1. L'aspersion classique	54
2.1.2. L'aspersion avec les machines d'arrosage	55
2.1.2.1. Les rampes pivotantes (systèmes pivot) et la rampe frontale	55
2.1.2.2. L'enrouleur	55
a/ Pluies	57
b/ Contribution du sol	57
c/ Les pertes	57
i. Consommation des plantes au mois de pointe	57
ii. Apport naturel par les pluies	58
iii. Contribution du sol	58
iv. Pertes	58

v. Débit d'équipement nécessaire	58
2.2. Les systèmes d'irrigation localisée existants en Algérie	59
2.2.1. Les gaines poreuses ou suinteuses	59
2.2.1.1. Les gaines poreuses ou suinteuses	59
2.2.1.2. Les gaines perforées	59
2.2.2. Les rampes	59
2.2.3. Avantages de l'irrigation localisée	60
2.2.3.1. L'efficacité de l'eau	60
2.2.3.2. Avantages agronomiques	60
2.2.3.3. Avantages économiques	61
2.2.3.4. Avantages culturels	61
2.2.4. Choix des techniques d'irrigation localisée	61
2.2.5. Comment choisir les distributeurs	62
2.2.5.1. Le milieu	62
i. Le type de sol	62
ii. La nature des cultures	63
iii. La qualité de l'eau	64
iv. La configuration de la parcelle	65
2.2.5.2. Caractéristiques des goutteurs	65
2.2.5.3. Coût de l'installation	65
2.2.6. Choix de variantes pour l'équipement d'une parcelle	66
2.2.6.1. Le choix du type de pompe	67
2.2.6.2. Gestion du réseau d'irrigation localisée	67
i. Filtration	67
ii. Traitement des eaux	68
iii. La surveillance	68
IV. CONCLUSION	68
CONCLUSION GENERALE	69
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

Liste des Tableaux

Liste des tableaux

<i>Tabl. 01</i>	<i>Normes de Conductivité</i>	<i>3</i>
<i>Tabl. 02</i>	<i>Le pH</i>	<i>3</i>
<i>Tabl. 03</i>	<i>Turbidité</i>	<i>3</i>
<i>Tabl. 04</i>	<i>DBO, DCO et oxydabilité</i>	<i>4</i>
<i>Tabl. 05</i>	<i>Paramètres pour le recyclage de l'eau avec la signification agronomique</i>	<i>16</i>
<i>Tabl. 06</i>	<i>Mesures effectués pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation</i>	<i>17</i>
<i>Tabl. 07</i>	<i>Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation</i>	<i>17</i>
<i>Tabl. 08</i>	<i>Caractéristiques physiques des sols</i>	<i>19</i>
<i>Tabl. 09</i>	<i>Les pentes caractéristiques pour l'irrigation.</i>	<i>20</i>
<i>Tabl. 10</i>	<i>Les facteurs influençant sur l'évapotranspiration d'un type culture</i>	<i>21</i>
<i>Tabl. 11</i>	<i>Profondeur d'enracinement</i>	<i>22</i>
<i>Tabl. 12</i>	<i>Liste des dairas et communes de la wilaya d'Ain Témouchent.</i>	<i>24</i>
<i>Tabl. 13</i>	<i>Superficie agricole totale, utilisable et irriguée de chaque commune</i>	<i>25</i>
<i>Tabl. 14</i>	<i>Estimation de la population à travers les différents secteurs.</i>	<i>27</i>
<i>Tabl. 15</i>	<i>Degré de salinité des eaux réutilisées pour l'irrigation</i>	<i>30</i>
<i>Tabl. 16</i>	<i>Tolérance en sel des différentes cultures</i>	<i>31</i>
<i>Tabl. 17</i>	<i>Tolérance du SAR pour les récoltes (Source: Extrait à partir des directives australiennes de qualité de l'eau pour les eaux fraîches et marines)</i>	<i>32</i>
<i>Tabl. 18</i>	<i>Risque du SAR dans l'eau d'irrigation</i>	<i>33</i>
<i>Tabl. 19</i>	<i>SAR/Risque de salinité pour l'eau d'irrigation</i>	<i>33</i>
<i>Tabl. 20</i>	<i>L'extension de la superficie irriguée par potentialités Hydriques</i>	<i>36</i>
<i>Tabl. 21</i>	<i>Situation de l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation</i>	<i>36</i>
<i>Tabl. 22</i>	<i>Quantité d'eau à la disposition des agrumes dans le cas d'une profondeur d'enracinement (m)</i>	<i>51</i>
<i>Tabl. 23</i>	<i>Les différents types des systèmes d'irrigation et les cultures adéquates.</i>	<i>53</i>

<i>Tabl. 24</i>	<i>Les différentes techniques d'irrigation en fonction de la topographie du terrain</i>	<i>53</i>
<i>Tabl. 25</i>	<i>Contraintes d'utilisation des techniques d'irrigation modernes (La note maximale étant attribuée au degré de contrainte maximal)</i>	<i>53</i>
<i>Tabl. 26</i>	<i>Avantages des différents systèmes d'irrigation (La note maximale étant attribuée à l'avantage le plus important)</i>	<i>54</i>
<i>Tabl. 27</i>	<i>Temps Effectif d'irrigation Consommation des plantes: $ETP * Kc$</i>	<i>56</i>
<i>Tabl. 28</i>	<i>Estimation de la contribution des sols à l'alimentation des plantes au mois de pointe</i>	<i>57</i>
<i>Tabl. 29</i>	<i>Période des besoins en eau maximum des cultures à irriguer.</i>	<i>57</i>
<i>Tabl. 30</i>	<i>Consommation en eau des cultures</i>	<i>58</i>
<i>Tabl. 31</i>	<i>Situation en fonction de deux hypothèses différentes.</i>	<i>58</i>
<i>Tabl. 32</i>	<i>Besoins en eau d'irrigation au mois de pointe</i>	<i>58</i>
<i>Tabl. 33</i>	<i>$Q(m^3)$=Besoins en eau d'irrigation au mois de pointe /Temps effectif d'irrigation</i>	<i>59</i>
<i>Tabl. 34</i>	<i>Quantité d'eau apportée par heure en irrigation localisée selon la culture.</i>	<i>63</i>
<i>Tabl. 35</i>	<i>Choix des filtres en fonction des conditions locales.</i>	<i>64</i>
<i>Tabl. 36</i>	<i>Exemple d'équipement d'une parcelle de pommier de 1,5 hectare.</i>	<i>66</i>

Liste des Figures

Liste des Figures

<i>Fig. 1</i>	<i>Carte de délimitation administrative de la wilaya d'Ain Témouchent</i>	<i>23</i>
<i>Fig. 2</i>	<i>Carte de situation de la wilaya d'Ain Témouchent</i>	<i>24</i>
<i>Fig. 3</i>	<i>Carte de découpage administrative de la wilaya d'Ain Témouchent</i>	<i>24</i>
<i>Fig. 4</i>	<i>Répartition de la population par secteur d'activité. (Source : Direction de l'emploi)</i>	<i>27</i>
<i>Fig. 5</i>	<i>Répartition des potentialités en agriculture.</i>	<i>27</i>
<i>Fig. 6</i>	<i>Répartition du pourcentage des zones agronomique.</i>	<i>28</i>
<i>Fig. 7</i>	<i>Diagramme de représentation du SAR par rapport à la salinité.</i>	<i>34</i>
<i>Fig. 8</i>	<i>Diagramme de classification des eaux d'irrigation</i>	<i>35</i>
<i>Fig. 9</i>	<i>Le système s'irrigation par goutte à goutte</i>	<i>41</i>
<i>Fig. 10</i>	<i>Le système d'irrigation par goutte à goutte</i>	<i>44</i>
<i>Fig. 11</i>	<i>Représentation d'un enrouleur</i>	<i>56</i>
<i>Fig. 12</i>	<i>Schéma récapitulatif du système d'irrigation localisée.</i>	<i>60</i>
<i>Fig. 13</i>	<i>Quelques types de goutteurs</i>	<i>61</i>
<i>Fig. 14</i>	<i>Goutteur en tige</i>	<i>62</i>
<i>Fig. 15</i>	<i>Goutteur à circuit long</i>	<i>62</i>
<i>Fig. 16</i>	<i>Micro asperseur sur arboriculture</i>	<i>63</i>
<i>Fig. 17</i>	<i>Schéma de fonctionnement d'un système d'irrigation de goutte à goutte</i>	<i>63</i>
<i>Fig. 18</i>	<i>Filtre à tamis</i>	<i>64</i>
<i>Fig. 19</i>	<i>Filtre à sable à couches superposées</i>	<i>65</i>
<i>Fig. 20</i>	<i>Irrigation goutte à goutte des vergers</i>	<i>66</i>

Liste des Photos

Liste des Photos

<i>Photo. 1 Irrigation par bassin</i>	8
<i>Photo. 2 Irrigation a la raie</i>	9
<i>Photo. 3 Irrigation par planches</i>	9
<i>Photo. 4 Irrigation par aspersion</i>	9
<i>Photo. 5 Irrigation par goutte à goutte</i>	10
<i>Photo. 6 La ferti-irrigation</i>	10
<i>Photo. 7 Matériels utilisés dans la ferti-irrigation</i>	11
<i>Photo. 8 Système d'irrigation gravitaire</i>	47

Liste des Abréviations

LISTE DES ABREVIATIONS

ABREVIATIONS	SIGNIFICATIONS
OMS	<i>Organisation Mondiale de la Santé</i>
mS	<i>Mico siemens</i>
°C	<i>Degré Celsius</i>
pH	<i>Potentiel d'Hydrogène</i>
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
DBO	<i>Demande Biochimique en Oxygène</i>
DCO	<i>Demande Bhimique en Oxygène</i>
O ₂	<i>Oxygène</i>
mg/L	<i>Milligramme par litre</i>
MO	<i>Matière Oxydable</i>
Ca ²⁺	<i>Calcium</i>
Mg ²⁺	<i>Magnésium</i>
Na ⁺	<i>Sodium</i>
K ⁺	<i>Potassium</i>
<i>E.coli</i>	<i>Escherichia-Coli</i>
Cl ⁻	<i>Chlore</i>
mm	<i>Millimètre</i>
SAR	<i>Coefficient d'adsorption du sodium</i>
h	<i>Heure</i>
PVC	<i>Polychlorure de vinyle</i>
%	<i>Pourcentage</i>
Cd	<i>Cadnium</i>
Ni	<i>Nickel</i>
Hg	<i>Mercure</i>
Zn	<i>Zinc</i>
CO ²⁻	<i>Carbonates</i>
HCO ₃ ⁻	<i>Bicarbonates</i>
SO ₄ ²⁻	<i>Sulfates</i>
NO ₃ ⁻	<i>Nitrites</i>
NH ₄ ⁻	<i>Ammoniac</i>
PO ₄ ⁻	<i>Phosphate</i>
B	<i>Bore</i>
me/L	<i>Milliéquivalent par litre</i>
Q	<i>Débit</i>
B	<i>Besoins</i>
m	<i>Mètre</i>
kg	<i>Kilogramme</i>
j	<i>Jour</i>
DSA	<i>Direction des Services Agricoles</i>
km ²	<i>Kilomètre carré</i>
Ha	<i>Hectare</i>
SAT	<i>Superficie agricole totale</i>
SAU	<i>Superficie agricole utile</i>
SAI	<i>Superficie agricole irriguée</i>

PME	<i>Petite Moyenne Entreprise</i>
PMI	<i>Petite Moyenne Industrie</i>
P	<i>Pluviométrie</i>
ETP	<i>Evapotranspiration</i>
FAO	<i>Organisation pour l'alimentation et l'agriculture</i>
Hm ³	<i>Hectomètre cube</i>
m ³ /j	<i>Mètre cube par jour</i>
PNDA	<i>Plan National de Développement de l'Agriculture</i>
RU	<i>Réserve Utile</i>
CC	<i>Capacité au champ</i>
RFU	<i>Réserve Facilement Utilisable</i>
ETP	<i>Evapotranspiration potentielle</i>
ETM	<i>Evapotranspiration Maximum</i>
Kc	<i>Coefficient Cultural</i>
ETR	<i>Evapotranspiration réelle</i>
D	<i>Drainage</i>
I	<i>Infiltration</i>
R	<i>Ruissellement</i>
ONM	<i>Office National de la Météorologie</i>

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

Sans eau, pas de vie. L'eau a de tout temps accompagné la vie des êtres vivants. Patrimoine commun de l'humanité et au même titre que l'air.

La desserte adéquate en eau est essentielle pour la croissance ou le développement végétatif des cultures. Lorsque les précipitations sont insuffisantes, l'irrigation serait nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures.

Il existe actuellement plusieurs méthodes d'irrigation pour la desserte en eau des cultures. Chaque méthode présente en même temps des avantages et des désavantages, qui doivent être pris en considération lors de la sélection de la méthode qui s'adapte le mieux aux conditions locales.

La méthode d'irrigation la plus élémentaire consiste à transporter l'eau à partir de la source d'alimentation, à chaque plante. Avec l'irrigation, l'agriculteur dispose d'un puissant levier pour accroître et régulariser la production de ses cultures, à condition de pouvoir maîtriser celle-ci, afin de satisfaire les objectifs techniques et économiques visés.

La performance d'une installation d'irrigation dépendra du bon choix de la technique et du système d'irrigation et de la bonne mise en place des équipements sur la base de la parfaite connaissance des informations liées aux conditions de l'exploitation.

Pour la conception d'un projet d'irrigation, l'agriculteur et le concepteur devront disposer de suffisamment de renseignements sur :

- A. La disponibilité et la nature de la ressource en eau;
- B. Le type de sol et les caractéristiques des parcelles à irriguer;
- C. Le type de cultures à irriguer et leurs besoins en eau;
- D. Choix de la technique et du système d'irrigation.

Certes, les méthodes sont multiples. Malheureusement, dans bien des cas, il n'existe pas une unique bonne solution car toutes les méthodes ont leurs avantages et leurs inconvénients, et cela en fonction du site et des facteurs de situation.

La wilaya d'Ain Temouchent s'étale sur une superficie de 2 377 km², elle est caractérisée par une destination paysanne d'une superficie totale de 504 584 hectares, dont 180 994 hectares sont propices à la culture d'environ 89% de la superficie totale.

Le présent travail est subdivisé en cinq (04) chapitres :

➤ Le premier chapitre comprend les différents types d'irrigation et leurs propriétés, le matériel d'irrigation, ainsi que les facteurs élémentaires de l'irrigation.

➤ Les besoins et la qualité d'eau d'irrigation, sont parfaitement détaillés dans le chapitre 02, illustré par des tableaux, comprenant les analyses du laboratoire, selon les critères d'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation.

➤ Le second, comprend tous ce qui concerne la zone d'étude d'Ain Témouchent (pédologie, relief, analyse et structure de sol, les besoins en eau d'irrigation, la qualité d'eau irriguée, le périmètre irrigué et les différents types de cultures.

➤ Le troisième, où nous sommes focalisées sur la Conception d'un projet d'irrigation, y compris le choix de système correspondant. Les différents systèmes ont été cités, décortiqués, leurs caractéristiques, leurs avantages, ainsi que les conditions d'utilisation.

➤ En fin, le quatrième chapitre enrichi par des images réelles, des tableaux et des interprétations, vient éclaircir plus notre étude, il s'intéresse à la maîtrise d'irrigation, l'optimisation de l'utilisation des eaux d'irrigation, l'établissement des bilans hydriques, affiche les calculs, les estimations des précipitations, les cultures recommandées pour chaque technique choisie et les performances techniques des matériels.

*Chapitre 1 :
Généralités sur
l'eau et l'irrigation*

Premier Chapitre : **GENERALITES SUR L'EAU ET L'IRRIGATION**

I. CADRE GENERAL

1. OBJECTIF DE L'ETUDE

En irrigation, l'agriculteur dispose d'un puissant levier pour accroître et régulariser la production de ses cultures, à condition de pouvoir maîtriser son irrigation, afin de satisfaire les objectifs techniques (rendements) et économiques (au coût optimal) visés. La performance d'une installation d'irrigation dépendra du bon choix de la technique et du système d'irrigation et de la bonne mise en place des équipements sur la base de la parfaite connaissance des informations techniques et économiques liées aux conditions d'exploitation.

Afin de mener parfaitement notre travail, on a essayé de cerner l'objectif de cette étude en quelques questions.

Ces questions ont données naissance à des informations assez suffisantes pour cerner pratiquement tout le problème d'irrigation en milieu semi aride et spécifiquement dans la région d'Ain Témouchent.

Les questions posées sont :

- La disponibilité et la nature de la ressource en eau;
- Le type de sol et les caractéristiques des parcelles à irriguer;
- Le type de cultures à irriguer et leurs besoins en eau;
- Choix de la technique et du système d'irrigation.

2. INTRODUCTION

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal, en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides.

- D'après la direction des services agricoles, Une irrigation consiste en un apport artificiel d'eau douce sur des terres à des fins agricoles, c'est donc une forme de précipitation artificielle, souvent automatisée avec une irrigation par aspersion mais aussi manuelle. L'irrigation est utilisée pour favoriser la croissance des cultures agricoles, l'entretien des paysages, la revégétalisation des sols dans les zones arides et pendant les périodes de pluies insuffisantes. Le terrain irrigué devient plus fertile [www.dsa-aintemouchent.dz].

II. GENERALITES

1. L'EAU POTABLE

1.1. Définition

- Une eau potable est une eau douce chimiquement et biologiquement saine, conforme pour un usage lié à la consommation humaine pour éviter toute maladie. Les normes appliquées à une telle eau ne devraient pas être inférieures à celles proposées dans la dernière édition de "Normes internationales pour l'eau potable" publiée par

l'Organisation mondiale de la santé OMS (Annexe.1) [<https://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.html>]. L'eau du robinet est très utilisée par les ménages car son niveau de potabilité est élevé [<https://www.aquaportail.com/definition-7160-eau-potable.html>].

1.2. Potabilité de l'eau

La potabilité d'une eau comme l'eau potable, peut intervenir après un processus de potabilisation. La potabilité des eaux, typiquement une eau de source ou l'eau du robinet, est encadrée et définie par des normes variables selon les pays ou les continents, mais dont le critère commun concerne la santé publique.

- Concernant l'eau potable, elle fait souvent appel à l'eau Osmosée pour rendre l'eau valable et sans risque bactériologique [<https://www.aquaportail.com/definition-7160-eau-potable.html>].

Dans la plupart des pays développés, l'eau fournie aux ménages, au commerce et à l'industrie, se conforme aux normes de potabilité de l'eau, même si seule une très faible proportion est effectivement consommée ou utilisée dans la préparation des aliments. Les utilisations typiques, à des fins autres que potables, comprennent les chasses d'eau, le lavage, l'irrigation et les arrosages.

Dans de vastes parties du monde, les êtres humains ont un accès insuffisant à l'eau potable et les sources d'utilisation sont contaminées par des vecteurs de maladies, des agents pathogènes, ou à des niveaux inacceptables de toxines ou de solides en suspension. Boire ou d'utiliser cette eau non potable dans la préparation des aliments conduit à des maladies aiguës et chroniques répandues, et est une cause majeure de décès et de la misère dans de nombreux pays. La réduction des maladies d'origine hydrique est un important objectif de santé publique dans les pays en développement. En France, un site regroupe l'ensemble des points d'eau potable avec les sources d'eau buvable à accès libre et gratuit.

- Dans les zones à usage agricole intensif, il est de plus en plus difficile de trouver des puits dont l'eau est conforme aux exigences des normes. En particulier, les valeurs des nitrates et nitrites en plus des concentrations des composés pesticides, souvent, dépassent les seuils autorisés. La raison est généralement l'utilisation massive d'engrais minéraux ou filtration des purines. L'azote appliqué de cette façon, non absorbé par les plantes, est transformé par les microorganismes du sol en nitrates, puis lavé par l'eau de pluie vers la nappe phréatique [<https://www.aquaportail.com/definition-7160-eau-potable.html>].

1.3. Caractéristiques d'une eau potable

1.3.1. Paramètres physiques et chimiques

Tout élément physique ou chimique constitutif de la structure naturelle d'une eau et que l'on doit prendre en compte lors de l'analyse de l'eau [(terminalf.scicog.fr/cfm/fich-1.php?IDChercher=3728...eau.mdb consulté le 10 mars 2018).]

1.3.1.1. La température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température

de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.

La température doit être mesurée in situ. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré [(www.watersanitationhygiene.org/.../Water%20Quality/Water%20Quality consulté le 10 mars 2018.).]

1.3.1.2. Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. La procédure est facile, et permet d'obtenir une information très utile pour caractériser l'eau à 25°C :

1 Siemens (S) = 1000 milisiemens (mS) = 1000000 micro siemens (µS)

Tabl. 1: Normes de Conductivité

C = 0,005 mS/cm	Eau déminéralisée
10 < C < 80 mS/cm	Eau de pluie
30 < C < 100 mS/cm	Eau peu minéralisée, domaine granitique
300 < C < 500 mS/cm	Eau moyennement minéralisée, domaine des roches carbonatées (karst)
500 < C < 1000mS/cm	Eau très minéralisée, saumâtre ou saline
C > 30000 mS/cm	Eau de mer.

1.3.1.3. Le pH

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau:

Tabl. 2: Le pH

pH < 5	- Acidité forte, pH Coca Cola = 3, pH Jus d'orange = 5 - Présence d'acide minéral ou organique dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée, majorité des eaux de surfaces
5,5 < pH < 8	Eaux souterraines
pH > 8	Alcalinité

1.3.1.4. Turbidité

Elle permet de préciser les informations visuelles de la couleur de l'eau. La turbidité est causée par les particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Elle se mesure sur le terrain à l'aide d'un tube plastique transparent.

Unités:

1 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) = 1 JTU (Jackson TU) = 1 FTU (Formazin TU).

Les classes de turbidités usuelles sont définies dans le tableau suivant:

Tabl. 3: Turbidité

NTU < 5	Eau incolore
5 < NTU < 30	Eau légèrement colorée
NTU > 50	Eau colorée
NTU > 200	Eau de surface "Africaine"

1.3.1.5. Oxygène dissous

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que la pression partielle d'oxygène dans le liquide et l'air soit en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau: la saturation en O₂ diminue lorsque la température et l'altitude augmente.

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

1.3.1.6. DBO₅, DCO et Oxydabilité

La DBO (Demande Biochimique en Oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro-organismes, dans des conditions données. Les conditions communément utilisées sont 5 jours (on peut donc avoir une dégradation partielle) à 20°C, à l'abri de la lumière et de l'air: on parle alors de DBO₅.

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant: le bichromate de potassium.

Cette méthode donne donc une image plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon (certains hydrocarbures ne sont par exemple pas oxydés dans ces conditions). L'objectif de la DCO est donc différent de celui de la DBO. La DCO peut être réalisée plus rapidement que la DBO ("oxydation forcée"), et donne une image de la matière organique présente même si le développement de micro-organismes est impossible (présence d'un toxique par exemple). Le résultat s'exprime en mg/L d'O₂.

Les échelles de valeur fréquemment rencontrées sont exprimées dans le tableau suivant:

Tabl. 4: DBO, DCO et oxydabilité

Situation	DBO ₅ , en mg/L d'O ₂
Eau naturelle pure et vive	< 1
Rivière légèrement polluée	1 < C < 3
Égout	100 < C < 400
Rejet station d'épuration	20 < C < 40

Généralement, la DCO = 2 à 1,5 x DBO₅. La relation empirique suivante lie la DBO₅, DCO et la matière organique de l'échantillon (MO):

$$MO = (2DBO_5 + DCO)/3$$

1.3.2. Ions majeurs

1.3.2.1. Calcium et Magnésium

Le calcium Ca²⁺ et le magnésium Mg²⁺ sont présents dans les roches cristallines et les roches sédimentaires. Ils sont très solubles et sont donc largement représentés dans la plupart des eaux.

1.3.2.2. Sodium et potassium

Le cation sodium (Na^+) est très abondant sur la terre. On le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sables, argiles, évaporites). La roche Halite (évaporite NaCl) et le potassium (K^+) est assez abondants sur terre, mais peut fréquent dans les eaux. Le potassium est dans les roches cristallines (mais dans des minéraux moins altérables que ceux qui contiennent du sodium), les évaporites (sylvinite KCl) et les argiles.

1.3.2.3. Sulfate

Les origines des sulfates dans les eaux sont variées. Les origines naturelles sont l'eau de pluie.

1.3.2.4. Chlorures

L'ion Cl^- est présent en petite quantité sur la terre. La source principale de chlorure dans les eaux est due à la dissolution de roches sédimentaires.

1.3.3. Paramètres microbiologiques des eaux potables

1.3.3.1. Escherichia-Coli

Appelé également colibacille ou *E.coli*, est une bactérie intestinale des mammifères très commune chez l'humain. La recherche de l'*Escherichia-coli* dans l'eau d'alimentation est faite pour apprécier sa potabilité, et sa présence dans l'eau est le témoin d'une contamination fécale récente et la rend impropre à la consommation, elle se développe en 24 heures à 37°C sur les milieux gélosés, en donnant de colonies rondes, lisse, à bord régulier de 2 à 3mm de diamètre [Irrigation Principles and Practices. 3rd Edition, Wiley International Edition, New York.].

1.3.3.2. Salmonella

C'est une entérobactérie responsable de gastro-entérite, toxi-infection alimentaire et des fièvres typhoïde et paratyphoïde (*S. typhi* et *S. paratyphi*). La transmission de ces deux derniers se fait surtout par l'eau potable lors des épidémies étendues. Mais le contact direct ou les aliments peuvent également être en cause dans la propagation. Le contrôle bactériologique strict des eaux de consommation ainsi que la surveillance du réservoir de germes (porteurs) expliquent la diminution spectaculaire des fièvres typhoïdes et paratyphoïdes dans les pays à hygiène développée [Prevalence of *Salmonellaspp.* in Oysters in the United States. Applied and environmental microbiology journal. DOI: 10.1128/AEM.71.2.893-897.2005. February 2005, vol. 71, N°: 2893-897.].

1.3.3.3. Vibrio

Ce sont des petits bacilles, de formes fréquemment incurvées dites "en virgule", l'espèce la plus connue du genre *Vibrio* est *Vibrio cholerae*: agent responsable du choléra.

La transmission se fait par voie orale à partir du milieu extérieur (eaux ou aliments) souillé par les selles, le vibron cholérique à une extraordinaire capacité de multiplication [1].

1.3.3.4. Clostridium

Ce sont des bactéries très répandues dans la nature, elles se trouvent dans les intestins des animaux, elles peuvent provoquer des maladies mortelles. La plupart des espèces de *Clostridium* sont des bactéries telluriques, mais sont également isolées dans l'intestin et les selles de l'homme et de divers animaux. Ainsi la présence de *clostridium* dans les eaux ou les aliments par exemple signe en général, une contamination fécale

[Alimentation, processus technologiques et contrôles. Microbiologie et toxicologie des aliments, 4e ed., Doin Éditions. (<https://books.google.dz/books?isbn=2844447201>).)]

1.3.3.5. Streptococcus

Sont des bactéries fécales trouvés dans l'eau, l'air et le sol; Parmi les types qui provoquent des maladies on peut citer Streptococcus pyogènes, qui sont responsables de l'inflammation septique des amygdales, des glandes lymphatiques et des angines.

[44.]

1.4. Qu'est-ce qu'une norme ?

Un paramètre est un élément dont on va rechercher la présence et la quantité .La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser, ou une limite inférieure à respecter.

Un critère donné est rempli, lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné.

Un paramètre ne devient un critère qu'à partir du moment où il est choisi pour établir une norme.

La norme fixe pour chacun des paramètres retenus comme critères une valeur chiffrée, qui définit soit un maximum à ne pas dépasser, soit une quantité minimum, soit encore une fourchette comprise entre un minimum et un maximum [www.wikiterritorial.cnfpt.fr/xwiki/wiki/econnaissances/view/Notions-Cles]. consulté le 10 Mars 2018.].

On a deux types de normes comme référence :

- Les normes Européennes parmi ses normes les normes de (OMS), 2006 (voir Annexe. 1),
- Les normes Algériennes 2011 (voir Annexe. 2).

Les seuils de ces deux types de normes sont bien démontrés en Annexes (1 et 2)

III. L'EAU D'IRRIGATION

1. DEFINITIONS

L'irrigation est le procédé dans lequel l'eau douce est fournie aux plantes à intervalles réguliers pour leur culture. Que ce soit une irrigation de surface, une irrigation localisée, une irrigation souterraine, ou par un système de goutte à goutte, tous ces systèmes contribuent à apporter de l'eau aux plantes. L'irrigation s'accompagne parfois d'un apport de nutriments mélangés à l'eau.

L'irrigation est encore exploitée en production agricole dans la protection des plantes contre le gel, la suppression des mauvaises herbes dans les champs de céréales, la prévention de l'érosion du sol par consolidation. En revanche, l'agriculture qui repose uniquement sur les précipitations directes est appelée agriculture pluviale.

L'irrigation est souvent étudiée en même temps que le drainage, lequel consiste en l'élimination naturelle ou artificielle de l'eau de surface et de l'eau du sous-sol à partir d'une zone donnée.

L'irrigation traditionnelle est construite sur un système de canaux à travers lesquels l'eau est distribuée en ruisselets dans des zones agricoles. Dans ses extrémités, les ruisselets atteignent des puits qui sont une porte pour la sortie du surplus d'eau. Cette ancienne méthode tombe en désuétude dans le monde développé et des terres irriguées, encourageant les gouvernements à passer à d'autres systèmes.

- Actuellement, l'irrigation a surtout lieu par aspersion, ou au goutte à goutte, traitée avec des systèmes informatisés qui régulent la quantité, l'humidité et la fertilisation des sols. Le système goutte à goutte est très approprié pour les endroits où il y a un manque d'eau. Pour mettre en œuvre un système d'irrigation efficace, les relations eau-plante et eau-sol doivent être soigneusement examinées, y compris par des moyens faisant appel à la biophysique moléculaire [<https://www.aquaportail.com/definition-12892-irrigation.html>].

2. QUALITE DE L'EAU D'IRRIGATION

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

[<https://www.lenntech.fr/applications/irrigation/qualite/irrigation/qualite-eau-irrigation.htm#ixzz59Qe2hYjd>].

La qualité de l'eau d'irrigation peut être mieux déterminée par une analyse chimique en laboratoire. Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont les suivants:

- pH,
- Risque de Salinité,
- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR),
- Carbonate et bicarbonates en relation avec les teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} ,
- Autres traces d'éléments,
- Anions toxiques,
- Aliments,
- Chlorures libres,

2.1. Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation

Pourquoi des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation ? En Algérie, l'agriculture représente le plus gros consommateur des ressources en eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent, et leur contact éventuel avec des sources de pollution ont des caractéristiques très diversifiées. De plus, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies, les agriculteurs, notamment dans les régions continentales, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées. C'est ainsi que des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation (voir Annexe 3) ont été établies afin de:

- Protéger le public et les ouvriers agricoles;
- Protéger les consommateurs des produits agricoles;
- Protéger les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols;
- Protéger le matériel d'irrigation;
- Maintenir des rendements acceptables.

3. CHOIX DES TECHNIQUES D'IRRIGATION

- Le choix repose sur un ensemble de critères et de contraintes. On tient compte de la topographie des ressources en eau (qualités, quantités et pression), de la nature du sol (perméable ou non, argileux ou à texture plus grossière), des facteurs sociologiques et culturels, des facteurs économiques et de la rentabilité de l'opération cours d'irrigation [www.fao.org/3/a-s8684f.pdf].

4. LES TYPES D'IRRIGATION

4.1. Irrigation de surface

- L'irrigation de surface consiste à amener l'eau au point le plus haut du terrain et à la laisser s'écouler par gravité. L'eau est ensuite distribuée au champ, soit par submersion (irrigation par bassins), soit dans des sillons en terre (irrigation par sillons) ou bien par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage (irrigation par planches) [www.fao.org/3/a-s8684f.pdf].

4.2. Irrigation par bassins

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, à fond à peu près plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou levées. Ces levées sont conçues pour empêcher le passage de l'eau aux champs adjacents. Cette technique est utilisée, d'une façon générale, pour l'irrigation des rizières sur terrain plat, ou des terrasses à flanc de coteau.

- La méthode par bassins est aussi utilisée pour l'irrigation des arbres fruitiers; dans ce cas une petite cuvette (bassin) est aménagée autour de chaque arbre. En général, cette technique d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent tolérer la submersion par les eaux pour une longue durée (e.g. 12-24 heures) [www.fao.org/3/a-s8684f.pdf].



Photo. 1: Irrigation par bassin dans la wilaya d'Ain Temouchent.

4.3. Irrigation par sillons/a la raie

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

- Généralement, les plantes sont cultivées sur les billons séparant les sillons. Cette technique est valable pour l'irrigation de toutes les cultures en lignes et pour toutes les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux de leur feuillage ou de leur collecte pour une longue durée (e.g. 12-24 heures). Les sillons sont alimentés par des prises d'eau aménagées sur les berges du canal d'amenée. Ces ouvrages de prise peuvent être soit de simples ouvertures aménagées sur les berges du canal d'amenée, soit des siphons, ou bien des tuyaux d'alimentation passant à travers la berge du canal d'amenée [www.fao.org/3/a-s8684f.pdf].



Photo. 2: Irrigation à la raie

4.4. Irrigation par planches

- Les planches sont des bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes. Elles sont aussi appelées calant ou planches d'arrosage. L'alimentation en eau des planches est faite de plusieurs façons: soit à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal d'amenée et équipées d'une vannette, soit par des siphons, ou bien par des tuyaux d'alimentation passant à travers les berges du canal d'amenée. La lame d'eau introduite ruisselle en descendant la pente de la planche, guidée par les diguettes des deux côtés [www.fao.org/3/a-s8684f.pdf].



Photo. 3: Irrigation par planches [19].

4.5. Irrigation par aspersion

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



Photo. 4: Irrigation par aspersion

4.6. Irrigation par goutte à goutte (localisé)

L'irrigation par goutte à goutte consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisation, généralement en PVC.

Cette eau est ensuite distribuée en gouttes au champ par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations.

La zone humidifiée du sol est celle située au voisinage immédiat des racines des plantes. Par conséquent, cette méthode d'irrigation a un haut degré d'efficacité de distribution d'eau.

L'irrigation au goutte à goutte est aussi appelée micro-irrigation.



Photo. 5: Irrigation par goutte à goutte

4.7. La ferti-irrigation

La ferti-irrigation est la combinaison des termes fertilisation et irrigation. Elle consiste à appliquer conjointement de l'eau et des nutriments sur une récolte.



Photo. 6: La ferti-irrigation

Elle peut être adaptée à tous les types de récoltes mais est le plus souvent utilisée dans les cultures spéciales, plutôt que dans les cultures extensives.



Photo. 7 : Matériels utilisés dans la ferti-irrigation

5. POURQUOI IRRIGUER?

On irrigue pour avoir de meilleurs rendements d'où l'irrigation se fait pour les raisons suivantes:

- ✓ Pré-irrigation : Elle sert à préparer la campagne agricole et la mise en place des cultures dans de bonnes conditions.
- ✓ Lutte, contre les gelées en cas de risque de gel : Une irrigation permet d'éviter les dégâts qui peuvent être causées par un maintien de la température ambiante au-dessous de 0°C, particulièrement lorsque l'eau est relativement chaude.
- ✓ Irrigation de loisir : Utilisée pour les activités de loisir comme l'irrigation des parcs, les surfaces gazonnées, les terrains des stades et les jardins.
- ✓ Irrigation de lessivage des sols : Elle doit être pratiquée à chaque fois qu'il y a un risque d'accumulation des sels.

5.1. La maîtrise de l'irrigation

L'introduction des techniques d'irrigation économisatrices d'eau permet une meilleure maîtrise de l'irrigation au meilleur coût, par :

- ✓ La régularisation des productions,
- ✓ L'amélioration de la qualité des produits,
- ✓ L'accroissement des rendements,
- ✓ La diversification des cultures.

Ces résultats peuvent être atteints en sachant :

- Quand faut-il irriguer?
- Combien d'eau faut-il apporter ?
- Comment l'apporter ?

5.1.1. Quand faut-il irriguer ?

Il faut prendre en compte :

- ✓ Les besoins en eau des plantes ;
- ✓ Les réserves en eau dont elles peuvent disposer ;
- ✓ Les incidences du déficit en eau.

5.1.2. Combien d'eau faut-il apporter?

Afin de déterminer les doses d'irrigation qu'il faut apporter en complément en régions pluvieuses et celle à apporter pour couvrir tous les besoins en eau de la culture en régions arides.

5.1.3. Comment l'apporter ?

Il faut l'apporter en fonction :

- ✓ Du mode d'irrigation ;
- ✓ Des types de sol ;
- ✓ De la nature des cultures.

La plante puise l'eau dont elle a besoin dans le sol qui fonctionne comme un réservoir, ce dernier est alimenté par :

- ✓ La pluie 'efficace' ;
- ✓ Les irrigations ;
- ✓ L'alimentation par les nappes phréatiques ou par remontées capillaires.

Le surplus du «réservoir sol» est évacué par ruissèlement et par percolation profonde.

La plante consomme l'eau qu'elle rejette dans l'atmosphère par évapotranspiration grâce au continuum sol-plante-atmosphère.

6. EXPLOITATION DES RESEAUX D'IRRIGATION

Quelle que soit la technique d'irrigation utilisée, le but final est d'avoir une récolte de qualité supérieure et une productivité élevée.

Pour cela la bonne conception du réseau, sa bonne exécution et la pratique judicieuse des irrigations sont de première importance. Les travaux d'entretien qui ont pour objectifs de garder l'infrastructure du réseau et les ouvrages en bon état de fonctionnement sont souvent négligés. Ce fait a toujours amené la baisse du rendement (efficience) de distribution d'eau et a conduit à la réduction du profit qu'on peut tirer des techniques d'irrigation. Les canaux, les ouvrages et les réseaux de distribution doivent faire l'objet d'un contrôle régulier. La réparation immédiate des ouvrages endommagés et le remplacement des équipements défectueux doivent être les premiers résultats de ce contrôle régulier. L'entretien des canaux et des ouvrages est expliqué dans les Volumes traitant ces composantes de l'infrastructure [<https://www.lenntech.fr/.../irrigation/qualite/irrigation/qualite-eau-irrigation.html>].

6.1. Matériels d'irrigation

On peut distinguer deux catégories de matériels ou d'installations nécessaires à l'irrigation:

- Ceux servant à amener l'eau depuis les sources disponibles (cours d'eau, lacs ou retenues, nappe phréatique);
- Ceux servant à l'irrigation proprement dite, c'est-à-dire à distribuer l'eau aux plantes.

Dans la première catégorie, on trouvera: les forages, les pompes, les réseaux d'irrigations, les canaux, les norias, etc.

Dans la seconde catégorie: les asperseurs, les canons d'arrosage, les arroseurs automoteurs, les goutteurs. Il existe par exemple un système d'irrigation à pivot central [20].

6.2. Intérêts et limite d'irrigation

L'irrigation est une assurance de revenu pour de nombreux agriculteurs, en particulier pour des cultures spéciales (fruits, légumes...). Elle est alors une contrainte dans le processus de production.

- Une irrigation inadaptée ou mal conçue peut être source de propagation de pathogènes (Pseudomonas, kystes d'amibes, larves d'anguillules et œufs de parasites (dont némathelminthes, plathelminthes, trichomonas, trichocéphales, etc.)), de polluants (résidus de médicaments, de biocides, etc.) dans les cultures; c'est le cas avec l'utilisation d'eaux grises ou résiduaires, en particulier dans certains pays arides. En zone aride, le risque de salinisation est élevé [<https://www.aquaportail.com/definition-7160-eau-potable.html>].

L'irrigation peut aussi affecter les écosystèmes, le paysage ou l'agriculture en amont ou en aval, à cause des volumes d'eau détournés des cours d'eau. On cite souvent l'exemple de la mer d'Aral polluée et en partie vidée à cause de l'irrigation du coton en amont.

L'inconstance des ressources en eau météorique est l'une des caractéristiques les plus marquantes du climat méditerranéen. À un hiver relativement pluvieux succède la sécheresse d'un été torride.

Comme les besoins des végétaux suivent une courbe inverse aggravée encore par les fortes températures estivales, l'eau intervient presque toujours comme facteur limite des rendements.

Aucune parcelle ne devrait recevoir l'eau avant que ne soient entièrement résolus les trois problèmes suivants: Où l'irrigation est-elle opportune? Quand doit-on l'appliquer? Comment employer l'eau?

Pour répondre, il est indispensable de procéder à des mesures sur le terrain, à des analyses au laboratoire, à des travaux sur plan, qui se traduisent finalement par des projets financiers.

Le choix de la méthode d'irrigation se complique du fait de la liaison étroite existant entre ces facteurs de base. Dès que l'on tente de modifier l'un deux, tous les autres subissent par répercussion des changements plus ou moins profonds, qui peuvent imposer une nouvelle technique.

- Une étude attentive des données théoriques sur lesquelles repose la détermination du meilleur mode d'arrosage et donc indispensable avant d'aborder cette question [<https://www.aquaportail.com/definition-7160-eau-potable.html>].

6.2.1. Pérennité de l'irrigation

Pour la pérennité de l'irrigation l'agriculture irriguée peut faire appel à:

- De l'eau des rivières, lacs, réservoirs, terres humides,
- De l'eau de pluie temporairement stockée dans le sol,
- De l'eau non renouvelable ou lentement renouvelable (eaux souterraines des nappes phréatiques).
- De l'eau recyclée et non potable

6.2.2. Facteurs d'irrigation

Parmi les facteurs élémentaires de l'irrigation, nous citons:

6.2.1.1. Le sol

Le caractère d'ordre général qui doit retenir tout spécialement l'attention réside dans la grande hétérogénéité du sol, il est donc indispensable de chiffrer certaines propriétés de sol

6.2.1.2. Topographie

Examiner la pente (facteur capital de l'irrigation) qui conditionne la vitesse de circulation de l'eau en surface, ainsi que le parcellement. Les parcelles à pente uniforme et de faible amplitude (zones desservies par les grands barrages, se prêtent bien à l'irrigation car elles réduisent les coûteux travaux de terrassement

6.2.1.3. Propriétés physiques

a. Perméabilité et capacité du sol pour l'eau

Plus la perméabilité est grande, plus la capacité du sol est faible

b. Cohésion

Le maintien des particules entre elle. La force d'érosion de l'eau est d'autant plus élevée que la vitesse du liquide est plus grande cohésion. En outre l'imbibition du sol réduit par elle-même la force de cohésion en dispersant les agrégats.

Les terres lourdes, possèdent un degré de cohésion élevé, peuvent donc utiliser des masses d'eau importantes sur des pentes relativement prononcées. Les sols sablonneux se laissent volontiers, car ils sont peu cohérents, aussi de grandes précautions doivent être prises pour les mettre en eau.

Les terres sableuses sont les plus difficiles à irriguer par l'eau La cohésion peut présenter, pour un même sol, d'importantes variations durant l'assolement, selon l'état d'ameublissement, la nature et l'âge des plantes cultivées [<https://www.lennotech.fr/.../irrigation/qualite/irrigation/qualite-eau-irrigation.html>].

6.2.1.4. Propriétés chimiques

a. Matières organiques

En apportant au sol une humidité permanente, elle réalise les conditions de milieu idéales pour une rapide transformation des matières organiques. En accélérant la décomposition de la matière organique, l'eau d'arrosage tend à gêner le sol

b. Matières minérales

L'excès d'eau entraîne dans les couches profondes du sol où les substances sont définitivement perdues, il est évident qu'il ne serait guère avantageux d'appliquer des arrosages très suivis sur les terres maigres

c. L'eau

L'utilisateur doit se préoccuper de l'origine de l'eau, de ses qualités et de son débit. Les besoins en eau domestique étant prioritaires, et vu le rôle central de l'eau pour de nombreux autres secteurs d'activités (tourisme, industrie, hydroélectricité, refroidissement des centrales nucléaires), l'agriculture irriguée, même si elle reste la principale utilisatrice

de l'eau douce (70 % des volumes prélevés) doit respecter les dispositifs de contrôle pour l'accès à l'eau et les arbitrages entre les différents usages.

Mais l'adéquation entre les demandes croissantes pour l'eau et la disponibilité des ressources en eau n'est pas toujours contrôlée

6.2.3. Critères de qualité de l'eau

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

La qualité de l'eau d'irrigation peut être mieux déterminée par une analyse chimique en laboratoire. Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont les suivants:

- Le pH,
- Le risque de Salinité,
- Le risque de sodicité ou de Sodium (degré d'adsorption du sodium ou SAR),
- Carbonates et Bicarbonates en relation avec les teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} ,
- Autres traces d'éléments,
- Anions toxiques,
- Aliments.
- Chlore libre

- **Tabl. 5** : Paramètres pour le recyclage de l'eau avec la signification agronomique [www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=3464]

Paramètre	Signification pour l'irrigation avec de l'eau réutilisée	Gamme dans les effluents secondaires et tertiaires	But du traitement de l'eau réutilisée
Solides en Suspension Turbidité	Des mesures de particules peuvent être liées à la pollution microbienne: elles peuvent perturber la désinfection, obstruer des systèmes d'irrigation ou générer des dépôts.	5-50 mg/L	<5-35TSS/L
		1-30 NTU	<0,2-35NTU
DBO ₅ DCO	Substrat organique pour la croissance microbienne ; peut apporter l'encrassement microbien et le redéveloppement bactérien dans les systèmes de distribution.	10-30mg/L	<5-45mgDBO ₅ /L
		50-150mg/L	<20-200mgDCO/L
Coliformes totaux	Mesure du risque d'infection due à la présence potentielle de microbes pathogènes; peuvent apporter un bio-encrassement des arroseuses et des becs dans les systèmes d'irrigation.	<10-10 ⁷ cfu/100mL	<1-200cfu/10mL
Métaux lourds	Certains sels de minerais dissous sont identifiés comme aliments et sont salutaires pour la croissance de plantes, alors que d'autres peuvent être phytotoxiques ou peuvent le devenir à concentration élevée. Les éléments spécifiques (Cd, Ni, Hg, Zn, etc..) sont toxiques pour les récoltes, et des limites maximum de concentration existent pour l'irrigation.		< 0,001mgHg/L <0,01mgCd/L <0,02-0,1mgNi/L
Inorganique	La salinité élevée et le bore sont nocifs pour l'irrigation de certaines récoltes sensibles.		<450- 4000mgTDS/L <1mgB/L
Chlore résiduel	Recommandé pour empêcher le développement bactérien; la quantité excessive de chlore libre (> 0,05mg/L) peut endommager certaines récoltes sensibles.		0,5->5mgCl/L
Azote	Engrais pour irrigation; peut contribuer à la croissance des algues et à l'eutrophisation dans des réservoirs de stockage, la corrosion (N-NH ₄), ou la formation de tartre (P).	10-30mgN/L	<10-15mgN/L
Phosphore		0,1-30mgP/L	<0,1-2mgP/L

7. DETERMINATION DES BESOINS EN EAU

Les besoins en eau des plantes dépendent de plusieurs facteurs, intrinsèques ou extrinsèques à la culture: nature des plantes cultivées (espèce, variété), stade de végétation, nature et état d'humidité du sol, données climatiques (précipitations, insolation, vent...). Il convient de tenir compte des réserves en eau du sol, de l'évaporation au niveau du sol, de la transpiration des plantes, de l'évapotranspiration qui cumule les deux phénomènes.

7.1. La disponibilité et la nature de la ressource en eau

L'eau d'irrigation doit être considérée selon sa nature, sa quantité et sa qualité. Pour sa nature, la ressource peut être souterraine exploitée à partir de puits ou de forages, ou

bien une source d'eau superficielle à partir des lâchées, d'un écoulement ou un captage de source.

Tabl. 6 : Mesures effectuées pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation.

Paramètre de l'eau	Symbole	Unité	Teneur habituelle dans l'eau d'irrigation	
Salinité				
Teneur en sel				
Conductivité électrique (ou)	ECw	dS/m	0 – 3	dS/m
Total des matières solides dissoutes	TDS	mg/L	0 - 2000	mg/L
Cations et Anions				
Calcium	Ca ²⁺	me/L	0 – 20	me/L
Magnésium	Mg ²⁺	me/L	0 – 5	me/L
Sodium	Na ⁺	me/L	0 – 40	me/L
Carbonates	CO ²⁻	me/L	0 – 0,1	me/L
Bicarbonates	HCO ₃ ⁻	me/L	0 – 10	me/L
Chlorure	Cl ⁻	me/L	0 – 30	me/L
Sulfate	SO ₄ ²⁻	me/L	0 - 20	me/L
Eléments nutritifs				
Azote nitrique	NO ₃ N	mg/L	0 – 10	mg/L
Azote ammoniacal	NH ₄ N	mg/L	0 – 5	mg/L
Phosphate phosphoreux	PO ₄ P	mg/L	0 – 2	mg/L
Potassium	K ⁺	mg/L	0 – 2	mg/L
Divers				
Bore	B	mg/L	0 – 2	mg/L
Acidité	pH		6,0 – 8,5	
Coefficient d'adsorption du sodium	SAR	(me/L) ^{1,2}	0 - 15	

A ce propos, l'agriculteur doit s'assurer de sa disponibilité au moment voulu pour irriguer, car la connaissance de la quantité d'eau disponible en période de pointe permet de déterminer la superficie à irriguer; Et en qualité (bonne, médiocre ou mauvaise) pour savoir le niveau de traitement et de filtration nécessaires à son utilisation.

Tabl. 7 : Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation [S. BOUAROUJ, (2012)].

Nature du problème	Unité	Restriction pour l'irrigation		
		Aucune	Légère à modérée	Forte
Salinité (influe sur l'eau disponible pour la plante)				
Conductivité électrique ECw (ou)	dS/M	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
Total des matières solides dissoutes TDS	mg/L	< 450	450 - 2000	> 2000
Infiltration (influe sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol : utiliser la fois ECw et SAR)				
Sar = 0 – 3 et ECw =		> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
Sar = 3 – 6 et ECw =		> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
Sar = 6 – 12 et ECw =		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
Sar = 12 – 20 et ECw =		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
Sar = 20 – 40 et ECw =		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicité de certains ions (affecte les cultures sensibles)				
Sodium (Na) ⁴				
Irrigation de surface	SAR	< 3	3 – 9	> 9
Irrigation par aspersion	me/L	< 3	> 3,0	
Chlore (Cl) ⁴				
Irrigation de surface	me/L	< 4	4 – 10	> 10
Irrigation par aspersion	me/L	< 3	> 3,0	
Bore (B) ⁵	me/L	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
Effets divers (affecte les cultures sensibles)				

Azote (NO ₃ N) ⁶	me/L	< 5	5 – 30	> 30
Bicarbonates (HCO ₃) (seulement pour l'aspersion sur frondaison)	me/L	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH		Zone normale 6,5 – 8,4		

8. CONCEPTION D'UN PROJET D'IRRIGATION

La disponibilité de l'eau dans le temps, en débit et en pression, conditionne la conception d'un projet d'irrigation:

8.1. Dans le temps

Si l'eau est disponible en permanence au niveau de l'exploitation, l'agriculteur n'aura aucune restriction dans la gestion de l'irrigation, suivant les postes qu'il aura à déterminer dans son projet.

Si l'eau n'est pas disponible en permanence au niveau de l'exploitation, l'agriculteur aura des restrictions dans la gestion de l'irrigation, imposées par le tour d'eau.

8.2. En débit:

C'est la quantité d'eau dont on dispose en un temps donné, par l'arrosage d'une propriété, il s'exprime en litres par seconde, litres par minute ou mètres cubes par heure.

Le débit total, ou module général pour une propriété, se calcule en fonction des besoins de pointe des cultures dans le cours d'une année. On doit tenir compte des pertes en cours de route, s'il ya lieu et se ménager une petite marge de sécurité en cas d'accident.

Le volume d'eau distribué dans chaque élément, ou par hectare, prend le nom de dose, on a donc :

- Dose = débit * temps d'écoulement [A.B. SEBAIBI, Cours d'irrigation, Licence 3 hydraulique. Institut des Sciences et Technologie – Département du Génie de l'Eau et de l'Environnement.].

Du débit (Q) disponible pour l'irrigation et des besoins (B) en période de pointe dépendent :

- La surface maximale (S) des postes d'irrigation : $S = Q/B$
- Le choix du type de distributeur : goutteur, diffuseur, ajutage, micro-asperseur, asperseurs ;
- Le nombre de postes d'arrosage.

8.3. En pression

En irrigation sous pression, la pression de fonctionnement d'un distributeur doit être proche de la pression nominale indiquée par le fabricant. Les ordres de grandeur (pour l'irrigation Goutte à Goutte) sont les suivants :

- 1 à 3 bars (10 à 30 m de colonne d'eau) pour les goutteurs auto-régulants,
- 1 bar (10 m de colonne d'eau) pour les goutteurs non auto régulants,
- 0,6 bar (6 m de colonne d'eau) pour les gaines.

Ne pas oublier de tenir compte des pertes de charge dans les conduites d'amenée d'eau jusqu'aux réseaux de distribution. Lorsque la pression dans les rampes est supérieure à celle de la limite de la plage de tolérance du distributeur, il est nécessaire d'installer des régulateurs de pression.

En irrigation localisée, la qualité de l'eau est un élément essentiel dont dépendent les risques de colmatage des distributeurs. La qualité de l'eau est d'autant moins bonne qu'elle contient des éléments susceptibles de boucher les distributeurs. Ces éléments sont de nature chimique, physique ou biologique. Une analyse de l'eau est nécessaire pour mieux cerner les risques. Lorsque les eaux sont de qualité médiocre ou mauvaise, on portera une attention particulière à la sensibilité des distributeurs à l'obstruction.

Si l'on doit utiliser des distributeurs auto-régulants, on choisira ceux qui sont à chicane avec une longueur de cheminement la plus grande possible.

8.4. Le type de sol et les caractéristiques des parcelles à irriguer

8.4.1. Le 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.

- **Tabl. 8:**Caractéristiques physiques des sols [O.W. ISRAELSEN & V.E. HANSEN, (1962): Irrigation Principles and Practices. 3rd Edition, Wiley International Edition, New York.]

Texture du sol	Perméabilité cm.h ⁻¹	Porosité %	Masse volumique Kg.dm ⁻³	Capacité de rétention % vol	Point de flétrissement % vol	Réserve utile mm.m ³ Profondeur
Sablonneux	5	38	1,65	15	7	80
Sablo-limoneux	2,5	43	1,50	21	9	120
Liloneux	1,3	47	1,40	31	14	170
Argilo-limoneux	0,8	49	1,35	36	17	190
Limono-argileux	0,25	51	1,30	40	19	210
Argileux	0,05	53	1,25	44	21	230

8.4.2. Humidité du sol

L'humidité du sol est la quantité d'eau contenue dans le sol. Elle s'exprime communément comme la quantité d'eau (hauteur d'eau en mm) présente sur une profondeur d'un mètre de sol. L'humidité peut être exprimée en % de volume.

Une humidité du sol de 100 mm/m correspond à une humidité du sol de 10% en volume. La quantité d'eau stockée dans le sol n'est pas une constante mais peut varier dans le temps.

8.4.3. Saturation

A la saturation il n'y a pas d'air dans le sol et les plantes peuvent en souffrir par manque d'air. L'eau drainée à partir des pores est remplacée par de l'air.

Dans des sols à texture grossière (sol sableux), le drainage prend fin après une période de quelques heures. Dans des sols à texture fine (sols argileux), le drainage peut durer quelques jours (2 à 3 jours).

8.4.4. Capacité aux champs

Après la fin du drainage, les plus grands pores contiennent de l'eau et de l'air. A ce stade on dit que le sol est à la capacité aux champs, où le sol est dans les conditions idéales pour la croissance des plantes.

8.4.5. Point de flétrissement permanent

L'eau contenue dans le sol va être absorbée par les racines ou s'évaporer. Si aucune eau supplémentaire n'est fournie au sol, celui-ci va graduellement s'assécher. Plus le sol devient sec, mieux l'eau restante est retenue et plus il sera difficile aux racines de l'extraire.

A un certain stade, la quantité d'eau absorbée par la plante n'est plus suffisante pour lui assurer ses besoins. La plante perd alors de sa fraîcheur et se flétrit.

Quantité d'eau disponible dans le sol = Quantité d'eau à la capacité au champ – Quantité d'eau au point de flétrissement permanent.

8.4.6. Les caractéristiques des parcelles à irriguer

Pour concevoir un projet d'irrigation, il est nécessaire de disposer d'un plan détaillé à grande échelle (1/500 ou 1/1000), sur lequel seront reportés les points cotés, les courbes de niveau, le point d'alimentation en eau, le sens des lignes de cultures et toutes autres indications jugées utiles.

Les éléments essentiels à considérer sont la forme, les dimensions et la topographie des parcelles à irriguer, les caractéristiques pédologiques, les cultures pratiquées. Ceux qui conditionnent:

- Le choix des distributeurs,
- La longueur et le choix des rampes (conduites principales et secondaires),
- La disposition et le diamètre des conduites.

8.4.7. La pente

La pente d'un terrain s'exprime comme un taux. C'est la distance verticale, considérée comme la différence d'altitude entre deux points d'un terrain, divisée par la distance horizontale entre ces deux points :

$$\text{Pente (\%)} = [\text{différence d'altitude (m)} / \text{distance horizontale (m)}] * 100$$

Le tableau suivant montre une série de pentes caractéristiques pour l'irrigation :

Tabl. 9 : Les pentes caractéristiques pour l'irrigation.

Pente	%
Horizontale	0 – 0,2
Très faible	0,2 – 0,5
Faible	0,5 – 1
Modérée	1 – 2,5
Forte	Plus de 2,5

8.5. Les cultures

- Influent sur le mode d'irrigation soit par nature qui ne s'allie pas avec tous les systèmes, soit par leurs besoins en eau qui peuvent modifier la rotation des arrosages [A.B. SEBAIBI, Cours d'irrigation, Licence 3 hydraulique. Institut des Sciences et Technologie – Département du Génie de l'Eau et de l'Environnement.]

8.5.1. Nature des cultures

- La nature des cultures impose un système d'irrigation. Il faut évidemment que les conditions naturelles conviennent à la fois à la plante et à son système d'arrosage. Si le milieu impose un mode d'irrigation, le choix des cultures se restreint. Ainsi une pente supérieure à 10 % nécessite les sillons ou l'arrosage en pluie. On ne peut songer à y installer économiquement des rizières. L'assolement peut amener à modifier le système d'irrigation au cours des années. Pour que ces changements ne surprennent pas le cultivateur, ils doivent être prévus avant l'établissement du réseau d'arrosage, afin qu'il soit agencé en conséquence [A.B. SEBAIBI, Cours d'irrigation, Licence 3 hydraulique. Institut des Sciences et Technologie – Département du Génie de l'Eau et de l'Environnement.].

8.5.2. Besoins des plantes

Ils varient avec le climat et avec les espèces et selon le degré d'évolution de la végétation. Les modifications dues aux facteurs climatiques sont essentiellement variables d'une année à l'autre suivent le régime des températures, de la pluviométrie, des vents, de l'hygrométrie.

- Les besoins sont variables suivant les espèces, principalement en raison de la durée de végétation en période estivale, certaines spéculations comme les cultures maraîchères, de primeur ne nécessitant que quelques arrosages au printemps, tandis que d'autres, comme la luzerne, le dattier réclament de l'eau sur la plus grande partie de l'année. Quelques espèces fruitières peuvent se contenter d'un arrosage de loin en loin (Abricotier, olivier), tandis que certaines nécessitent des irrigations suivies (agrumes) [A.B. SEBAIBI, Cours d'irrigation, Licence 3 hydraulique. Institut des Sciences et Technologie – Département du Génie de l'Eau et de l'Environnement.].

8.5.3. Le type de cultures à irriguer et leurs besoins en eau.

8.5.3.1. Evapotranspiration (ETP)

* **La Transpiration:** La transpiration des plantes survient essentiellement au cours de la journée, et peut être exprimée en mm d'eau/Jour.

* **Evaporation:** l'évaporation d'eau de la surface du sol. L'évapotranspiration d'une culture est la somme de l'eau utilisée par les plantes pour la transpiration et de l'évaporation du sol qui les entoure exprimée en mm d'eau utilisée par jour (mm/J) ou par mois (mm/mois).

Le tableau suivant montre les facteurs qui influencent l'évapotranspiration d'une culture :

Tabl. 10 : Les facteurs influençant sur l'évapotranspiration d'un type culture.

Facteur	Effet sur l'ETP d'une culture	
	Forte	Faible
Climat	Chaud	Frais
	Sec	Humide
	Venteux	Sans vent
	Sans nuages	Nuageux
Culture	Tardive	Précoce
	Dense	Peu dense
Humidité du sol	Humide	Sec

8.5.3.2. La zone racinaire

Elle devra être prise en considération suivant le type de culture à irriguer (Tableau. 11).

Tabl. 11 : Profondeur d'enracinement

Cultures	Profondeurs (cm)	Cultures	Profondeurs (cm)	Cultures	Profondeurs (cm)
Agrumes	100 – 120	Fraises	30 – 45	Pomme de terre	60
Arachides	45	Haricots	60	Légumes (général)	30 – 60
Baies (cannes)	90	Luzerne	90 – 180	Salade	30
Betteraves	60 – 90	Mais	75	Sorgho	75
Céréales	60 – 75	Melons	75 – 90	Soya	60
Carottes	45 – 60	Noix	90 – 180	Tabac	75
Choux	45 – 60	Oignons	45	Tomates	30 – 60
Concombres	45 – 60	Patates douces	90	Vigne	90 - 180
Coton	120	Pois	75		
Arbres fruitiers feuilles caduques	100 - 200	Paturages (graminées)	45	Paturages (avec trèfle)	60

IV. CONCLUSION

Dans ce chapitre on peut conclure que l'irrigation serait nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures et l'agriculture irriguée doit produire plus de nourriture pour répondre à la croissance des demandes et des besoins des consommateurs.

La qualité d'eau d'irrigation joue un rôle très important pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

Afin de déterminer la qualité d'eau, il suffit de faire une analyse physico-chimique et cette analyse se fait dans un laboratoire.

Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont comme suit :

- Le pH, le risque de salinité et de sodium (degré d'adsorption 'SAR'), les carbonates et les bicarbonates (en relation avec les teneurs en Ca et en Mg), des éléments en traces, les anions toxiques, les aliments et le chlore libre.

Enfin cette analyse a pour but de protéger non seulement l'agriculture mais aussi la santé des consommateurs en parallèle.



*Chapitre 2 :
Cadre Général*

Deuxième Chapitre : CADRE GENERAL

I. INTRODUCTION

Disposer d'eau de qualité et en quantité suffisante est un enjeu majeur, que soit pour l'irrigation ou la consommation.

Vu sa situation région agricole par excellence, la DSA de la Wilaya d'Aïn Témouchent a mis récemment en place, une nouvelle politique de mobilisation de la gestion des ressources en eau d'irrigation, pour faire face aux défis d'avenir.

Elle a pu, multiplier ses ressources hydriques, diversifier les modes d'irrigations, moderniser les procédés de récupération des eaux usées épurées, et œuvrer à réaliser plus d'extension de terres irrigables.

Pour les précipitations et la pluviométrie, elles sont quasiment satisfaisantes ces dernières années, et la rentabilité a affiché de bons résultats en parallèle.

II. PRESENTATION DE LA WILAYA D'AIN TEMOUCHENT

1. SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE

La wilaya d'Aïn Témouchent est située dans le Nord-Ouest de l'Algérie entre les wilayas d'Oran, Tlemcen et Sidi-Bel-Abbès. C'est une collectivité publique territoriale et une circonscription administrative de l'état algérien dont le chef-lieu est la ville d'Aïn Témouchent.



Fig. 1 : Carte de délimitation administrative de la wilaya d'Aïn Témouchent

Elle occupe une superficie d'environ 2 377 km², caractérisée par une destination paysanne d'une superficie totale de 504584 hectares, dont 180 994 hectares sont propices à la culture d'environ 89% de la superficie totale.

Elle est délimitée territorialement selon la Loi N° 84/09 du 04 Février 1984 portant Organisation Territoriale des Wilayates comme suit :

- ✓ Au Nord par la mer Méditerranée.
- ✓ A l’Ouest par la wilaya de Tlemcen.
- ✓ A l’Est par la wilaya d’Oran.
- ✓ Au Sud par la wilaya de Sidi Bel Abbès.



Fig. 2 : Carte de situation de la wilaya d’Ain Témouchent

La wilaya d’Ain Temouchent compte 08 daïras. Le tableau.13, donne la liste des daïras de et les communes qui les composent [O.W. ISRAELSEN & V.E. HANSEN, (1962): Irrigation Principles and Practices. 3rd Edition, Wiley International Edition, New York].

Tabl. 12 : Liste des daïras et communes de la wilaya d’Ain Témouchent.

Daïra	Nombre de communes	Communes
Aïn El Arbaa	4	Aïn El Arbaa, Tamzoura, Sidi Boumedienne, Oued Sebbah
Ain Kihal	4	Aïn Kihal, Aghlal, Aïn Tolba, Aoubellil
Aïn Témouchent	2	Aïn Témouchent, Sidi Ben Adda
Beni Saf	3	Beni Saf, Sidi Safi, El Emir Abdelkader
El Amria	5	El Amria, Bou Zedjar, Ouled Boudjemaa, M’Said, Hassi El Ghella
El Malah	4	El Malah, Terga, Chaabat El Leham, Ouled Kihal
Hammam Bou Hadjar	4	Hammam Bou Hadjar, Oued Berkeche, Chentouf, Hassasna
Oulhaça	2	Oulhaça , Sidi Ouriache

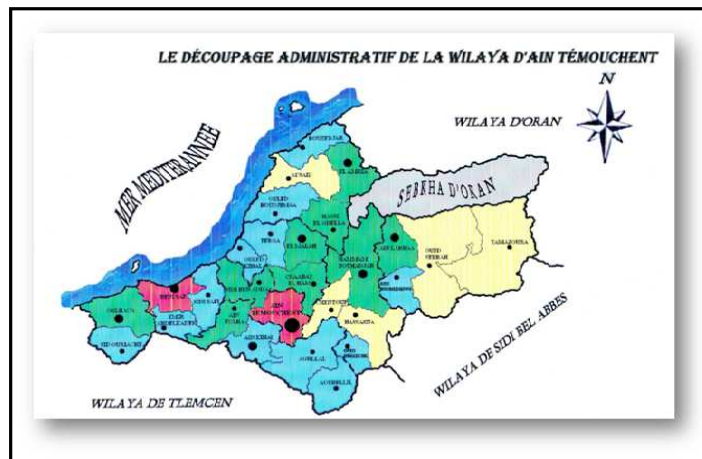


Fig. 3 : Carte de découpage administrative de la wilaya d'Ain Témouchent

La région est principalement à vocation agricole, elle dispose de grandes superficies de terre arables.

- Superficie agricole totale (SAT) : 204 584 ha,
- Superficie agricole utile (SAU) : 180 994 ha soit (88%) de la SAT
- Superficie agricole irriguée (SAI°) : 9 493

Le tableau. 13, démontre la répartition des superficies agricoles totaux, ainsi que les superficies utilisables et celles irriguées par commune.

Tabl. 13 : Superficie agricole totale, utilisable et irriguée de chaque commune.

Commune	SAT	SAU	SAU irriguée
Ain Temouchent	8023,5	7629,5	738
Sidi Ben Adda	6615	6090	1602
El Malah	5845	5798	206
Terga	5236	4791	432
Chaabat	6827	6238	501
Ouled Kihal	3066	2931	335
El Amria	8397	75331	224
Bouzedjar	2960	2752	30
Ouled Boudjemaa	4964	4577	485
M'Said	6794	5132	172
Hassi El Ghella	5496	4939	190
Hammam Bouhdjar	17072	16563	418
Oued Berkeche	4120,55	3559,55	30
Chentouf	3532	3524	252
Hassasna	7496	6058	28
Ain Arbaa	6521	6186	63
Tamazoura	15978,2	13034,2	25
Sidi Boumediene	4523	3966	14
Oued Sebbah	15978,2	14491,2	82
Beni Saf	3061	2655	228
Sidi Safi	4326	3946	481
Amir Abdelkader	6150	4754	230
Oulhaça	5435	5205	610
Sidi Ouriache	6367,75	6337,75	722
Ain Kihal	9588	8454	585
Aghlal	13302	10549	370
Ain Tolba	6603,8	5669,8	440
Aoubellil	8452	7633	0
Total Wilaya	204584	180994	9493

2. TOPOGRAPHIE ET RELIEF DE LA REGION D'ETUDE

2.1. Le climat

La wilaya d'Ain Témouchent a un climat méditerranéen caractérisé par un été chaud et un hiver tempéré. Le régime climatique se caractérise par des vents qui n'apportent généralement que peu d'humidité (vents de direction Nord - Ouest, Sud - Est), lors de leur passage sur le relief Marocain et Espagnol, ces vents perdent une grande partie de leur humidité. Par ailleurs, les reliefs méridionaux (Sebaa Chioukh, Tessala, Monts de

Tlemcen) ont une influence favorable en entravant l'arrivée des vents continentaux secs et chauds du Sud (SIROCCO). La répartition moyenne des précipitations se présente comme suit :

- Le long du littoral une moyenne de 300 mm/an.
- Les plaines sub-littorales : 400 à 500 mm/an.
- Les hauteurs de TESSALA : Plus de 500 mm/an.
- La faiblesse et l'irrégularité des précipitations influent directement sur le milieu physique.
- L'activité économique basée essentiellement sur l'agriculture [O.W. ISRAELSEN & V.E. HANSEN, (1962): Irrigation Principles and Practices. 3rd Edition, Wiley International Edition, New York].

La pluie au niveau d'Aïn Témouchent tombe surtout en hiver, avec relativement peu de pluie en été. Aïn Témouchent affiche une température annuelle moyenne de 17,4°C. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 485 mm.

2.2. Le relief

Le relief de la Wilaya d'Aïn Témouchent se compose de 03 unités morphologiques définies dans le cadre du plan d'aménagement de la Wilaya à savoir:

2.2.1. Les plaines intérieures

Ces plaines regroupent :

- *La plaine d'Aïn Témouchent – El Amria* : Constituée de plaines et coteaux, d'une altitude moyenne de 300m.
- *La plaine de M'Leta*: Qui se situe entre la Sebkhia d'Oran et le versant septentrional de Tessala, d'une altitude moyenne variant entre 50 et 100m.

2.2.2. La bande littorale

Qui fait partie de la chaîne tellienne, elle est composée:

- *Du Massif côtier de Beni Saf* dont l'altitude moyenne est de 200m. Le point culminant atteint 409m à Djebel Skhouna.
- *Du Plateau d'Ouled Boudjemaa* d'une altitude moyenne de 350m légèrement incliné vers la Sebkhia.
- *De la baie de Bouzedjar.*

2.2.3. Zone montagneuse

Dont l'altitude moyenne varie entre 400 et 500m, elle regroupe:

- *Les traras orientaux* qui se caractérisent par un relief très abrupt.
- *Les hautes collines des Berkeches* qui se prolongent jusqu'aux monts de Sebaa - Chioukh constituant une barrière entre les plaines intérieures et le bassin de Tlemcen.
- *Les monts de Tessala* d'une altitude moyenne de 600m, où le point culminant atteint 923m à Djebel Bouhaneche [MONOGRAPHIE DE LA WILAYA D'AIN T'EMOUCHENT, (2015). Edition Mars 2016.].

2.2.4. Ressources Naturelles et humaines

2.2.4.1. Ressources Naturelles

La wilaya dispose d'une gamme diversifiée de substances utiles et de ressources minières pouvant être valorisées par un tissu de la P.M.E et de la P.M.I.

2.2.4.2. Ressources Humaines

La population occupée de la wilaya est estimée à 168 118 habitants. Le secteur de l'agriculture emploie le plus de main d'œuvre avec 18% du total. Quant au secteur de l'administration, il est en seconde position avec (15%).

Tabl. 14 : Estimation de la population à travers les différents secteurs.

Secteur d'activité	Pop. Occupée	Taux (%)
Agriculture	30,357	18
Pêche	6,949	4
Forets	8,649	5
Administration fonction publique	24,979	15
Bâtiment et TP	23,308	14
Industrie	7,0	4
Transport	8,450	5
Commerces	17,263	10
Services	21,283	13
Forme particulière de l'emploi	19,880	
Total	168,118	100

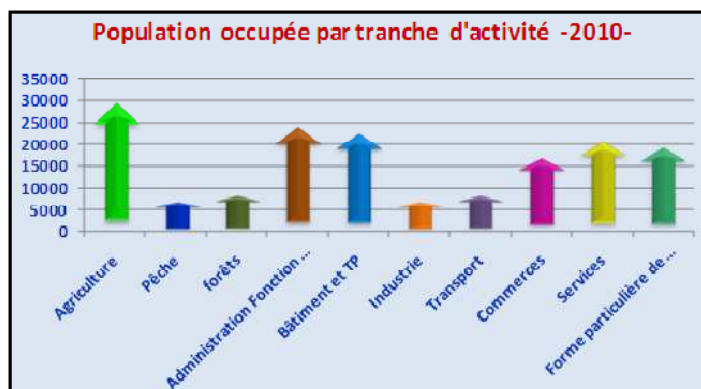


Fig. 4 : Répartition de la population par secteur d'activité. (Source : Direction de l'emploi)

2.2.4.3. Les potentialités économiques de la wilaya a/ Secteur de l'Agriculture

Ain Témouchent est une wilaya à caractère essentiellement agricole avec une SAU de 180 184Ha couvrant plus de 70% de son territoire, et occupant plus de 32% de la population active, dispose d'un patrimoine viticole relativement réduit, suite aux arrachages massifs de la vigne de cuve opérés dans le cadre de la politique de reconversion à partir de 1980.

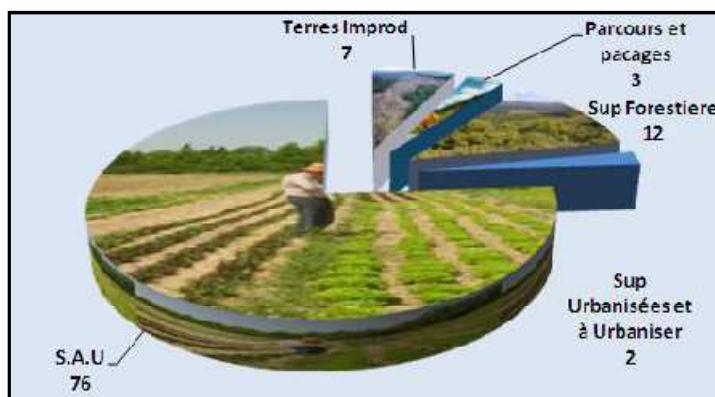


Fig. 5 : Répartition des potentialités en agriculture.

❖ Les zones agronomiques

Globalement les terres agricoles de la wilaya peuvent être subdivisées en trois grandes zones :

- Zone du littoral: 25 226 Ha, soit 14% de la S.A.U.
- Plaines intérieures: 100 900 Ha, soit 56% de la S.A.U.
- Zone des piémonts: 54 055 Ha, soit 30% de la S.A.U.

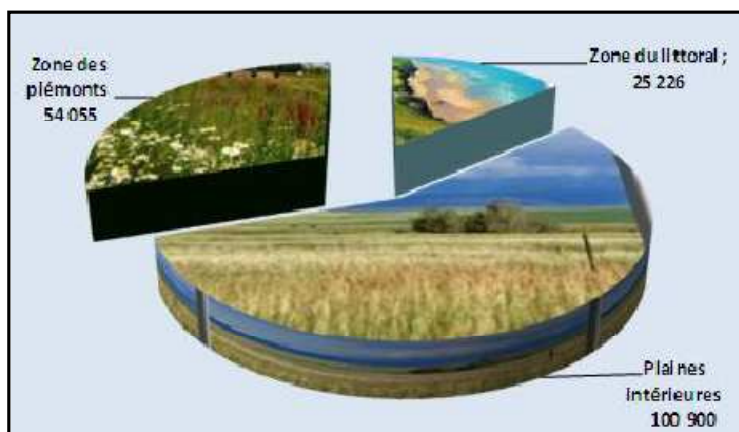


Fig. 6 : Répartition du pourcentage des zones agronomique.

La valorisation des potentialités agricoles du secteur offre dans l'immédiat des opportunités aux investisseurs qui se présentent comme suit:

➤ Dans le domaine des productions végétales

- La Viticulture,
- La Production de Pois Chiche.

➤ Dans le domaine des productions animales

- La production laitière.

La wilaya d'Ain Témouchent dispose de quatre (04) fermes pilotes, dont les activités sont orientées beaucoup plus vers les productions viticoles:

1. La ferme pilote Sekrane Houari (chaabat el ham),
2. La ferme pilote Bendouma Ahmed (Ain-Kihal),
3. La ferme pilote Bentata Madani (Ain-Kihal),
4. La ferme pilote Saïm Kaddour (Aoubellil).

3. LES BESOIN D'EAU EN IRRIGATION

Les besoins en eau d'irrigation d'une culture dépendent des pluies, de la capacité du sol absorbé et restituer l'eau. La consommation d'eau pour l'irrigation est définie comme étant le volume d'eau nécessaire pour compenser le déficit entre d'une part l'évaporation potentielle et d'autre part les pluies efficaces pendant la période de croissance des cultures et le changement dans la teneur en eau du sol.

Elle varie considérablement en fonction des conditions climatiques, des saisons, des cultures et des types de sol. Pour un mois donné, le bilan hydrique des cultures peut s'exprimer d'après la FAO comme suit :

$$ICU = ETc - P - DS$$

Où :

- ICU est la consommation d'eau pour l'irrigation nécessaire pour satisfaire la demande des cultures (mm),
 - ETc est l'évapotranspiration potentielle de la culture (mm),
 - P est la pluie efficace (mm),
- DS étant le changement dans l'humidité du sol (mm) [<https://www.agrimaroc.ma/besoins-eau-irrigation>].

4. QUALITE D'EAU D'IRRIGATION

- La connaissance de la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un élément essentiel en agriculture pour le suivi des cultures en fonction de leurs besoins, mais aussi pour son impact sur l'environnement et le risque de salinisation des sols [www.laboratoireldm.com/eaux-environnement/eau-dirrigation].

Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation. La qualité de l'eau d'irrigation peut être mieux déterminée par une analyse chimique en laboratoire [<https://www.lenntech.fr/applications/irrigation/analyse/irrigation/irrigation-eau-lab-analyse.htm#ixzz59Tgy7Wou>].

Les normes de la qualité d'eau ont pour objectif de :

- ✓ protéger le public et les ouvriers agricoles ;
- ✓ Protéger les consommateurs des produits agricoles ;
- ✓ Protéger les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols ;
- ✓ Protéger le matériel d'irrigation ;
- ✓ Maintenir des rendements acceptables.

4.1. Analyse laboratoire de l'eau d'irrigation

Avant de fournir l'eau recyclée dans le but d'effectuer une irrigation, une analyse de la qualité de cette eau, une interprétation des résultats, une recherche des solutions et une surveillance devraient être exécutées.

Par exemple, une eau de faible qualité avec une forte concentration de sel peut exiger un système de traitement d'osmose inverse. Alors qu'une eau avec seulement des problèmes mineurs de qualité peut nécessiter que de simples traitements [<https://www.lenntech.fr/applications/irrigation/analyse/irrigation/irrigation-eau-lab-analyse.htm#ixzz59Tgy7Wou>].

4.2. Les nutriments essentiels pour les plantes

Ce sont des substances nécessaires pour le métabolisme et la photosynthèse des plantes comprenant les macronutriments (N, P, K, Ca, Mg et S) et les micronutriments (Fe, Mn, B, Cu, Mo, Zn et Si).

Les macronutriments représentent normalement une concentration de 1000ppm dans les plantes tandis que les micronutriments sont trouvés au maximum à des taux de 500ppm. Des concentrations élevées de ces micronutriments peuvent être toxiques pour la plante.

La gestion nutritive des récoltes inclut souvent la fertilisation de certains de ces nutriments. La plupart des producteurs ne prennent pas en compte les concentrations nutritives de l'eau d'irrigation dans leur programme de fertilisation. Cette source d'aliments est importante et peut économiser l'argent des producteurs et empêcher la toxicité due à une quantité élevée ces éléments dans les domaines. Par conséquent, la concentration de ces nutriments dans l'eau d'irrigation devrait être examinée et prise en considération.

Excepté le nitrate-azote ($\text{NO}_3^- \text{N}$), les concentrations de la plupart des minerais/nutriments en eaux souterraines ne changent pas nettement d'année en année. Ainsi, pour des aliments autres que $\text{NO}_3^- \text{N}$, l'analyse de l'eau d'irrigation approximativement tous les 10 ans est suffisante.

Cependant, la concentration de $\text{NO}_3^- \text{N}$ peut changer d'année en année dans le même puits ou parmi des puits dans le même domaine. Cette variation dépendra de beaucoup de facteurs tels que les procédures de gestion d'irrigation, le type de sol (par exemple sols arénacés, sols imperméables, etc.), la profondeur de la table de l'eau et la gamme de précipitation. Par exemple, la concentration de $\text{NO}_3^- \text{N}$ dans l'eau d'irrigation peut varier de 10 ppm ou plus sur de courtes distances. Par conséquent, le contrôle du taux de $\text{NO}_3^- \text{N}$ dans l'eau d'irrigation doit être fait annuellement.

4.3. Les principaux critères pour évaluer la qualité d'eau

Les principaux facteurs qui peuvent dégradé la qualité des eaux destinées à l'irrigation se résument donc à la concentration en sels dissous, exprimés par le résidu sec ou la conductivité électrique, la salinité potentielle, la concentration relative en sodium et la quantité des éléments toxiques (Bore et Chlore) présents dans l'eau [A.E.K. ROUABHIA & L. DJABRI, (2010) : L'irrigation et le risque de pollution saline : Exemple des eaux souterraines de l'aquifère Miocène de la plaine d'el ma el Abiod. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 08, pp. 55-67].

4.3.1. Le risque de salinité

L'excès de teneur en sel est l'un des soucis principaux avec l'eau utilisée pour l'irrigation. L'utilisation d'une eau salée pour l'irrigation dépendra de plusieurs facteurs:

- ✓ La tolérance en sel de la récolte,
- ✓ Les caractéristiques du sol sous l'irrigation,
- ✓ Les conditions climatiques. La qualité de l'eau d'irrigation joue un rôle essentiel dans les secteurs arides affectés par des taux d'évaporation élevés entraînant une accumulation importante de sel dans les sols.

- ✓ Les procédures de gestion des sols et de l'eau [<https://www.lenntech.fr/applications/irrigation/salinite/irrigation/salinite-risque-irrigation.htm#ixzz59Tp6EcUf>].

La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg/L ou, plus couramment, par la conductivité électrique. La conductivité électrique est exprimée en millisiemens/centimètre (mS/cm).

En général, l'eau réutilisée pour l'irrigation doit avoir un degré faible ou moyen de salinité. (Conductivité électrique de 0,6 à 1,7 dS/m). (Voir tableau. 15).

Une grande attention doit être prise pour les zones côtières où l'infiltration d'eau de mer pose un risque important de salinité de l'eau d'irrigation qui est alors pompée depuis des puits. Par exemple en Espagne, la surexploitation des ressources souterraines pour l'agriculture a provoqué une baisse des niveaux d'eau et, par conséquent a provoqué l'intrusion d'eau de mer dans le littoral.

Tabl. 15 : Degré de salinité des eaux réutilisée pour l'irrigation.

Risque	TDS (ppm ou mg/L)	dS/m ou mmhos/cm
Nul	< 500	< 0,75
Légers	500 – 1000	0,75 – 1,5
Modéré	1000 – 2000	1,5 – 3,0
Sévère	> 2000	> 3,0

Une eau avec un *taux modéré de salinité* peut être utilisée si une filtration modérée est effectuée.

Une eau contenant un *haut degré de salinité* ($EC_i > 1,5$) et une grande quantité de sodium ($SAR > 6$) ne devrait pas être utilisée pour l'irrigation. Néanmoins, dans certains endroits en manque d'eau, l'eau très saline peut être utilisée en tant que supplément pour d'autres sources. Un bon contrôle et une bonne gestion deviennent alors essentiels.

Si l'eau avec un *très haut degré de salinité* est utilisé (circonstance extrême de manque d'eau) le sol doit être perméable, le drainage doit être suffisant, l'eau doit être en excès pour fournir une meilleure lixiviation et les récoltes doivent être bien choisies (relativement résistante à la salinité). On estime qu'environ 21% de la totalité des terres irriguées sont endommagées par le sel (voir le tableau. 16).

4.3.1.1. La tolérance en sel des différentes récoltes

Les signes les plus distincts des dommages dus à la salinité sont une mauvaise croissance des récoltes et une baisse des rendements. Les récoltes peuvent tolérer la salinité jusqu'à certains niveaux sans perte mesurable dans leurs rendements (seuil de salinité). Quand le seuil de salinité est dépassé, le rendement des récoltes réduit linéairement à mesure que la salinité augmente.

Tabl. 16 : Tolérance en sel des différentes cultures.

Nom commun	Seuil moyen de salinité (EC_{se})	Seuil d' EC_i pour des récoltes		
		Sable	Terre	Argile
Culture de plein champ				
- Coton	7,7 (+)	12,1	6,9	4,0
- Blé	6	9,4	5,3	3,1
- Tournesol	5,5	7,5	4,3	2,5
- Riz	3	4,8	2,7	1,6
- Grain de Mais	1,7	3,2	1,8	1,1
- Canne à sucre	1,7 (-)	4,3	2,5	1,4
Fruits				
- Olive	4 (+)	5,1	2,9	1,7
- Pêche	3,2	4,7	2,7	1,6
- Pamplemousse	1,8	3,0	1,7	1,0
- Orange	1,7	2,9	1,7	1,0
- Raisin	1,5	3,3	1,9	1,1
- Pomme	1 (-)	2,0	1,2	0,7
Légumes				
- Courgette	4,7 (+)	7,3	4,2	2,4

- Brocoli	2,8	4,9	2,8	1,6
- Pois	2,5	3,2	1,8	1,1
- Tomate	2,3	3,5	2,0	1,2
- Patate	1,7	3,2	1,8	1,1
- Oignon	1,2 (-)	2,3	1,3	0,8

4.3.1.2. Les procédures de gestion pour irriguer des eaux salines ou sodiques

Les considérations suivantes devraient s'appliquer:

- Un drainage interne adéquat. Cette mesure est prévue pour éviter la libre circulation de l'eau au niveau des racines.
- Les conditions appropriées de lixiviation, selon les niveaux de tolérance des récoltes spécifiques, devraient s'appliquer pour éviter l'accumulation du sel. Par exemple si un drainage naturel n'est pas adéquat, une canalisation doit être installée.
- Une disponibilité plus élevée de l'eau dans le sol. Une grande quantité de sel empêchera un bon approvisionnement en eau pour les récoltes.
- Gestion et contrôle approprié de la salinité et de l'indice SAR. Ex: ajouter le calcium soluble tel que le gypse (sulfate de calcium) pour diminuer le SAR à une valeur sûre. Le moniteur du sel et du sodium avec le test sol salin-alkalin se fait tout les 1 ou 2 ans.

4.3.2. Risque du sodium

Une grande quantité d'ions sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Ceci est dû au fait que le sodium présent dans le sol en forme échangeable remplace les calcium et les magnésium adsorbés sur les argiles de sol et cause la dispersion des particules dans le sol (c'est-à-dire, si le calcium et le magnésium sont les cations prédominants adsorbés sur le complexe d'échange du sol, le sol tend à être facilement cultivé et a une structure perméable et granulaire).

Cette dispersion a comme conséquence l'altération des agrégats des sols. Le sol devient alors dur et compact (lorsqu'il est sec) réduisant ainsi les vitesses d'infiltration de l'eau et d'air, affectant ainsi sa structure.

Ce problème est également relié avec plusieurs facteurs tels que le taux de salinité et le type de sol. Par exemple les sols sableux ne subiront pas de dommage si facilement en comparaison aux plus lourds quand ils sont irrigués avec de l'eau à haut SAR.

4.3.2.1. Sodium et Récoltes

Les hautes teneurs en sodium deviennent un problème lorsque la vitesse d'infiltration est réduite à un tel taux que la récolte n'a pas assez d'eau disponible ou lorsque la conductivité hydraulique du profil de sol est trop basse pour fournir un drainage adéquat. D'autres problèmes, pour les récoltes, provoqués par un excès de Na, sont la formation de lit de croûte de graines, une saturation temporaire à la surface du sol, un pH élevé et une possibilité accru de présence de maladies, des herbes, d'érosion des sols, de manque d'oxygène et de disponibilité nutritive insatisfaisante.

L'eau recyclée peut être une source d'excès en Na dans le sol par rapport à d'autres cations (Ca, K, Mg) et donc elle devrait être convenablement contrôlée.

Tabl. 17 : Tolérance du SAR pour les récoltes (Source: Extrait à partir des directives australiennes de qualité de l'eau pour les eaux fraîches et marines)

Tolérance	SAR de l'eau d'irrigation	Récolte
Très sensible	2 – 8	Fruits, noix, citron, avocat
Sensible	8 – 18	Haricot
Résistance modérée	18 – 46	Trèfle, avoine, riz
Résistant	46 - 102	Blé, orge, tomates, betteraves

4.3.2.2. Qu'est ce que le SAR?

L'index utilisé est le rapport d'adsorption du sodium (SAR) qui exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium.

Le SAR est défini par l'équation suivante :

$$\text{SAR} = [\text{CNa}] / [\sqrt{(\text{CCa} + \text{CMg})/2}]$$

Ou :

(C): concentration en ion en mol/m³.

Na: Sodium.

Ca: Calcium

Mg: Magnesium

Si les unités sont en meq/L, la somme de CCa + de CMg doit être divisée par deux avant de prendre la racine carrée

Tabl. 18 : Risque du SAR dans l'eau d'irrigation

	SAR	Notes
Nul	< 3,0	Pas de restriction sur l'utilisation d'eau
Léger à modéré	3,0 – 9,0	Entre 3 et 6, une attention particulière doit être portée sur les récoltes sensibles. Entre 6 et 8 du gypse doit être utilisé. Récoltes non sensibles. Des échantillons de sol doivent être prélevés et examinés tout les 1 ou 2 jours pour déterminer s'il ya une augmentation des teneurs en sodium.
Elevé	> 9,0	Domage sévère.

La valeur du SAR_{adj} (SAR ajusté) peut être calculée pour l'eau contenant de forte teneur en carbonates et bicarbonates.

Par exemple, quand l'eau d'irrigation contient de la chaux libre (sol calcaire). De forte teneur en carbonate et bicarbonate dans l'eau peut causer la précipitation du calcium et du magnésium et augmenter la concentration relative en sodium (augmentant l'indice SAR). La quantité de sodium peut être aussi indiquée par le Carbonate Sodium Résiduel (RSC).

4.3.2.3. Relation entre le SAR et l'indice de salinité

À un SAR donné, le taux d'infiltration augmente avec certaines conditions comme, notamment, la salinité. Donc le SAR et le ECi devraient être utilisés en combinaison pour évaluer des problèmes potentiels.

Tabl.19 : SAR/Risque de salinité pour l'eau d'irrigation

SAR	0 - 3	3 - 6	6 - 12	12 - 20	20 - 40
EC (dS/m)					
Nul	>0,7	>1,2	>1,9	>2,9	>5,0

Léger	0,7	1,2	1,9	2,9	5,0
Modéré	0,2	0,3	0,5	1,3	2,9
Sévère	<0,2	<0,3	<0,5	<1,3	<2,9

Comme on peut le voir dans le tableau, pour une eau très faiblement salée, une eau avec, pourtant, un SAR faible doit être évitée. Mais, une eau très salée (EC 1,5 – 3,0) avec un SAR au-dessus de 4, doit être soigneusement gérés.

Il est recommandé que, une fois par an, les sols doivent être soumis à des tests afin de détecter d'éventuel problème dû au sodium.

Plus la salinité sera élevée, plus l'indice SAR pourra poser des problèmes d'infiltration. Mais, plus la salinité sera basse, plus les problèmes d'infiltration seront indépendant de la valeur du SAR [<https://www.lenntech.fr/.../irrigation/qualite/irrigation/qualite-eau-irrigation.html>].

Les averses de pluie peuvent réduire la salinité des sols et, par conséquent, augmenter l'indice SAR et affecter la pénétration d'eau dans ces sols.

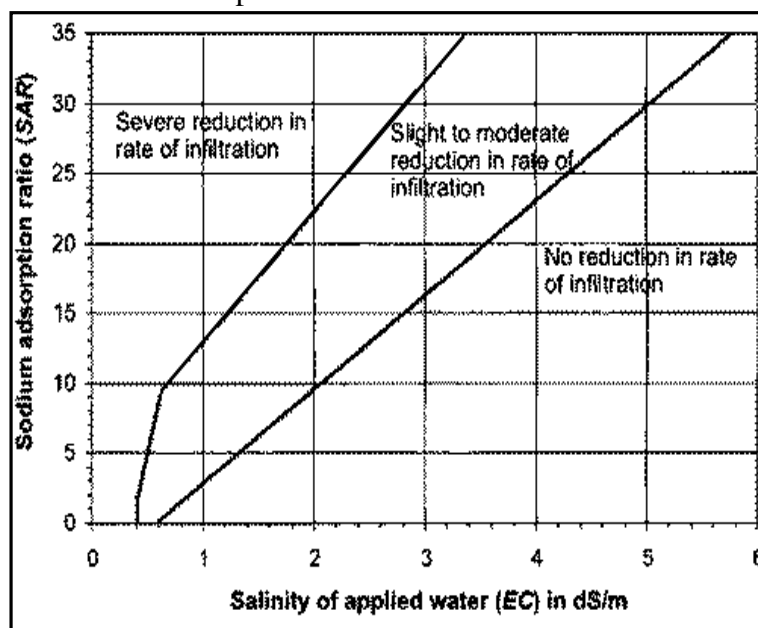


Fig. 7 : Diagramme de représentation du SAR par rapport à la salinité.

4.3.2.4. Les solutions aux problèmes de SAR dans les sols

Les solutions suivantes s'appliquent pour des problèmes de SAR dans les sols:

- ✓ Changer les sources d'irrigation,
- ✓ Mélanger l'eau d'irrigation avec une eau à faible teneur en sodium,
- ✓ Augmenter l'aération,
- ✓ Ajouter des injections de sulfure, de gypse, ou d'acide sulfurique.

Il existe aussi différentes solutions technologiques:

- ✓ Dessalement par Osmose inverse,
- ✓ Conception des systèmes des installations de dessalement,
- ✓ Prétraitement dessalement,
- ✓ Technologie par membrane.

- Les solutions suivantes s'appliquent pour des problèmes de SAR dans les sols:
- ✓ Changer les sources d'irrigation,
 - ✓ Mélanger l'eau d'irrigation avec une eau à faible teneur en sodium,
 - ✓ Augmenter l'aération,
 - ✓ Ajouter des injections de sulfure, de gypse, ou d'acide sulfurique

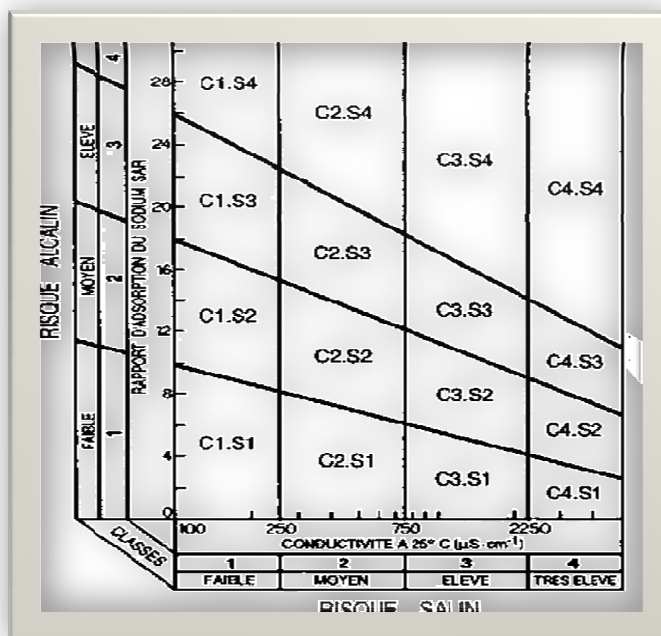


Fig. 8 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

III. LES RESSOURCES EN EAU DE LA WILAYA D'AIN TEMOUCHENT

1. LES RESSOURCES SUPERFICIELLES

Les ressources superficielles se présentent en 08 petits barrages et 03 retenues collinaires.

Les petits barrages emmagasinent actuellement huit (08) millions de mètres cubes, répartis notamment entre :

- Les petits barrages de Mekhaissia, situé dans la commune de Sidi Safi (5 km d'Ain Temouchent) et qui est mis en service en 2006 avec une capacité actuelle de $1,2\text{Hm}^3$,
- Sidi Ameer à Ouled Kihal, avec $0,3\text{Hm}^3$,
- Oued Sekkane dans la commune d'Ain Tolba, avec $0,2\text{Hm}^3$.

L'était-ce l'envasement de ces réceptacles, hormis celui de Mekhaissia, Ouled Azzouz et Oued Bouguada.

Le volume retenu en titre de cette campagne agricole 2016-2017 aurait été plus important, a indiqué le responsable de la DSA, signalant un taux d'envasement entre 20 et 70% de ces ouvrages hydrauliques.

Ces retenues collinaires servent à l'irrigation d'une superficie globale de terres agricoles estimée à un millier d'hectares. Des opérations de dés-ensablement sont nécessaires pour exploiter ces retenues à plein rendement et permettre au secteur agricole de disposer de quantités plus importantes d'eau.

2. LES RESSOURCES SOUTERRAINES

Dans la wilaya d'Ain Témouchent et d'après l'année 2017, les ressources souterraines se présentent en 404 forages, 800 puits et 23 sources.

Tabl. 20: L'extension de la superficie irriguée par potentialités Hydriques

Wilaya		Eau Superficielle			Eau non conventionnelle	Eau Souterraine			Total
Année 2010	Nombre	7	3	188	-	167	714	17	-
	Volume exploité (Hm ³ /an)	0,96	0,1	5,630	-	4,17	7,76	0,25	
	Superficie irriguée (Ha)	186	15	1124	-	833	1551	49	3758
Année 2015	Nombre	8	3	223	1	217	707	20	
	Volume exploité (Hm ³ /an)	2,935	0,055	7,14	0,675	9,65	11,68	0,27	31,73
	Superficie irriguée (Ha)	587	11	1427	135	1929	2335	54	6343
Année 2016	Nombre	8	3	255	1	230	727	21	-
	Volume exploité (Hm ³ /an)	3,22	0,07	7,11	0,675	16,71	10,02	0,96	44,1
	Superficie irriguée (Ha)	644	14	1423	135	3343	3204	192	8820
Année 2017	Nombre	8	3	267	Non opérationnelle (dépassement Dans les normes d'irrigation)	404	800	23	-
	Volume Exploité (Hm ³ /an)	2,92	0,02	7,885		21,95	14,151	0,545	47,465
	Superficie irriguée (Ha)	584	4	1577		4390	2829	109	9493

3. L'UTILISATION DES EAUX USEES EPUREE POUR L'IRRIGATION

Pour l'épuration des eaux usées et leur exploitation pour l'irrigation des terres agricoles, la wilaya d'Ain Temouchent compte :

✓ Six (06) lagunes : Emir AEK, A. Larbaa, Sidi Safi, El Amria, Hassi El ghella et El Maleh avec une capacité total de 9 215m³/j,

✓ Trois (03) stations d'épuration : Ain Temouchent, Ain Tolba et Bouzedjar avec une capacité de 11 354m³/j.

La superficie irrigable équivalente totale est de 1 289Ha.

Tabl. 21 : Situation de l'utilisation des eaux usées épurés pour l'irrigation.

Localisé	Procédé d'épuration	Capacité m ³ /j	Superficie irrigable équivalente (Ha)	Organisme gestionnaire	Mise en service
Emir AEK	Lagunage naturel	290	16	ONA	2005
Ain Larbaa	Lagunage naturel avec station de relevage	1 696	78	ONA	2005
Sidi Safi	Lagunage naturel	870	60	ONA	2007
El Amria	Lagunage naturel avec station de relevage	2 690	150	ONA	2007
Hassi El Ghella	Lagunage naturel avec station de relevage	1 440	120	ONA	2007
El Maleh	Lagunage naturel avec station de relevage	2 229	125	ONA	2007
Ain Temouchent	Epuration par boues activées a faible charge	10 854	500	ONA	2013
Ain Tolba	Epuration par boues activées a faible charge	200	100	ONA	2013
Bouzedjar	Epuration par boues activées a faible charge	300	140	ONA	2013
Total		20 569	1 389		

4. L'EXTENSION DE LA SUPERFICIE IRRIGUEE PAR POTENTIALITES HYDRIQUE

D'après les dernières années et à partir d'une année de base de 2010 la superficie irriguée par les eaux superficielles de la wilaya d'Ain Temouchent varie de 186Ha jusqu'à 584Ha en 2017 par l'utilisation des petits barrages et aussi par les fils d'eau de 1 124Ha jusqu'à 1 577Ha.

Pour les eaux souterraines il y'a 404 forage, 800 puits, et 23 source d'eau avec une superficie irriguée total de 9 493Ha.

Pour les eaux non conventionnelle, il existe une seul STEP a Ain Temouchent qui été fonctionnelle dans la période allons de 2015 à 2016. Cette même station est tombée en arrêt en 2017 à cause du dépassement dans les normes d'irrigation.

5. LA PRECIPITATION ET L'IRRIGATION

La wilaya d'Ain Temouchent et une zone de climat méditerranée, elle reçoit une précipitation très fortement variable d'une année à l'autre. Les moments de sécheresse affecte de manière négative les deux exigences de base de l'espèce humaine, l'eau et la nourriture (voir Annexe. 7)

IV. CONCLUSION

Au terme de ce chapitre, nous pouvons dire que Aïn Témouchent dispose d'importantes ressources hydriques, réparties moyennement équitable sur toute la région, et assurent une irrigation totale de toutes les surfaces agricoles, toutes cultures confondues.

Afin de garantir les objectifs fixés par la DSA, elle a décidé désormais, de s'orienter vers la modernisation des ses modes d'irrigation, de la bonne récupération des eaux usées épurées, de pousser encore plus l'extension des superficies irrigables et surtout l'optimisation de l'utilisation des ressources en eaux.

*Chapitre 3:
Choix d'un système
d'irrigation*

Troisième Chapitre : CHOIX D'UN SYSTEME D'IRRIGATION

I. INTRODUCTION

Le manque d'eau et l'accroissement constant des besoins en eau en agriculture, conjugués aux conflits d'usage avec les autres secteurs, tels que l'industrie et la consommation en eau potable, nous amènent constamment réfléchir sur les économies de cette source vitale. Ceci passera forcément par une gestion efficace de l'irrigation ainsi que par la maîtrise de l'utilisation et le choix des systèmes d'irrigation.

A Ain Témouchent, l'agriculture consomme entre 70 et 80% des ressources en eau. Les données disponibles montrent que les performances des systèmes d'irrigation actuels s'améliorent. Toutefois, Les pertes existent encore, elles sont de l'ordre de 15 à 20%, aussi, l'uniformité des irrigations peut influencer négativement sur la production. La maîtrise de l'utilisation de l'eau d'irrigation devient donc nécessaire pour une wilaya complètement agricole.

Avec l'irrigation, l'agriculteur dispose d'un puissant levier pour accroître et régulariser la production de ses cultures, à condition de pouvoir maîtriser son irrigation, afin de satisfaire les objectifs techniques (rendements) et économiques (au coût optimal) visés.

En effet, il existe 3 systèmes d'irrigation a la wilaya d'Ain Témouchent et chaque système a des caractéristiques bien spécifiques. Le choix du système d'irrigation doit être fait en croisant plusieurs critères, et doit s'envisager sur le long terme. Dans ce chapitre on va voir les 3 différents systèmes d'irrigation dans la wilaya d'Ain Témouchent et aussi les avantages et les inconvénients de chaque système.

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.

L'irrigation par aspersion représente environ 50% de la superficie des grands périmètres irrigués, par conséquent, les deux autres modes restent quasiment identiques. L'utilisation des techniques d'irrigation adéquates, s'avère nécessaire, pour répondre à la demande en eau d'irrigation qui sera plus importante dans les années à venir.

II. CONCEPTION D'UN PROJET D'IRRIGATION D'APRES LA DSA D'AIN TEMOUCHENT

Le choix de technique d'irrigation se faire en prenant en compte des divers paramètres, tels que le sol, le climat, le genre de plante, permettant une mise en place et maîtrise de l'irrigation, il est utile de procéder comme suit:

- Connaître la source d'eau et le débit à extraire, le type de sol et le choix de la culture,
- Connaître la topographie de la parcelle et les vents dominants,
- Calcul des besoins en eau de la culture,

- Faire le choix de la technique et le système d'irrigation à utiliser (goutte à goutte, l'aspersion, ou le gravitaire).
- Dimensionnement du réseau d'irrigation adopté,
- Connaître les possibilités de drainage de la parcelle [M. KESSIRA, INSID, Encadrement PNDA. Conseils pratiques pour l'investissement en Irrigation. insid.dz/realisation/did/D5.pdf.].

1. IRRIGATION PAR GOUTTE À GOUTTE

1.1. Caractéristiques d'un système d'irrigation

Un système goutte à goutte élémentaire est composé d'éléments qui assurent et surtout contrôlent le transport de l'eau depuis la source d'eau : forage, puits, réservoir, rivière jusqu'aux racines des plantes ; même l'eau de récupération peut être utilisée (avec des filtres ad hoc) [MEMENTO DE L'AGRONOME, (1980) : Ministère de la Coopération française, Paris 1980.].

Ces différents éléments sont :

- Une pompe dont le débit conditionne la surface à irriguer. La pression à assurer au niveau des "goutteurs" est peu élevée (0,5 à 1 kg/cm², ou encore 5 à 10 m de colonne d'eau) de sorte qu'il est possible de se passer de pompe en surélevant simplement le réservoir de stockage d'eau à 7 ou 8 mètres du sol, tenant compte d'une perte de charge de 200 à 300 gr dans le filtre; il faudra dans ce cas lutter contre les algues et les micro-organismes qui se développent dans un tel réservoir, notamment en couvrant celui-ci ou en assurant la désinfection à l'eau de javel.
- Un filtre à sable : élément nécessaire seulement si l'eau est chargée en matière organique (cas de l'eau de récupération ou de réservoir).
- Un filtre à tamis, ou plus souvent, à lamelles : filtre indispensable pour éliminer les particules inertes risquant d'obturer les "goutteurs", la qualité de filtrage plus ou moins grande dépend du type de goutteur.
- Un ou plusieurs régulateurs de pression : appareil assurant, grâce à un clapet à ressort ou tout autre système mécanique, une pression d'entrée. On ajoute un manomètre pour vérifier le bon fonctionnement du système.
- Un ou plusieurs tuyaux secondaires : ces tuyaux amènent l'eau à l'entrée des parcelles à irriguer et alimentent les tubes goutte à goutte ; le diamètre doit être suffisamment grand pour éviter de fortes variations de pression entre les différents tubes tertiaires (tubes goutte à goutte), il est calculé en fonction du débit et de la longueur.
- Un réseau de tubes goutte à goutte (tubes tertiaires) : Ces tubes sont accouplés sur un tube secondaire par un raccord et ils amènent l'eau au pied de chaque plant; l'arrosage est assuré par les goutteurs insérés à distance régulière dans le tuyau. Les caractéristiques essentielles en sont l'écartement des goutteurs, le débit nominal de ceux-ci à une pression donnée et l'homogénéité exigée pour ce débit entre le début et la fin du tube: à ces paramètres définis par la culture, on ajoute la longueur et la pente du terrain pour calculer le diamètre du tube.
- Les goutteurs : initialement, il s'agissait de fins capillaires ou d'ajutages courts se greffant sur le tuyau tertiaire. Ces systèmes sophistiqués sont coûteux (l'équivalent de 300F CFA (1994)/m linéaire aux Canaries) et ne peuvent être amortis que sur 8 ou 9 ans; en conséquence ils réclament soins et entretiens scrupuleux ainsi que des manipulations soigneuses afin de garantir une durée de vie aussi longue.

Depuis quelques années, les fabricants proposent des systèmes moins coûteux où les goutteurs sont montés en série sur des tuyaux plus légers et moins durables, mais surtout moins chers. Le goutteur comprend toujours trois éléments : un micro-filtre suivi d'un système de chicanes de réduction de pression puis d'une chambre de sortie. La qualité d'un goutteur repose sur sa faible sensibilité à l'obstruction et sur l'homogénéité de son débit même en cas de faible variation de pression.

❖ *Contraintes*

- **Le Climat:** Le principe de l'irrigation est de s'affranchir des contraintes climatiques qui conditionnent l'alimentation hydrique des cultures.

- **Le Sol:** Les caractéristiques du sol vont déterminer la fréquence des arrosages. Le système goutte à goutte, grâce à la précision de son pilotage, est plus efficace dans les situations difficiles que les autres systèmes d'irrigation. Il convient particulièrement bien aux sols sableux où les pertes d'eau par percolation sont grandes.

- **Quantité d'eau:** L'efficacité de l'irrigation goutte à goutte est de 90% à 95% contre 50% à 65% à la raie. L'irrigation traditionnelle contrôle peu l'arrosage au long du cycle des cultures, l'économie d'eau par irrigation localisée atteint 50% permettant donc d'irriguer deux fois plus de surface et de produire deux fois plus, avec la même disponibilité d'eau (de 10 à 35 m³/ha et par jour selon le stade de la culture, soit une moyenne de 25 m³ en goutte à goutte contre 50 m³ en traditionnel).

- **Qualité de l'eau:** Le goutte à goutte peut s'adapter à diverses qualités d'eau, mais cela réclame des filtres bien adaptés à la qualité physique et biologique de l'eau et surtout un entretien soigneux de tout le matériel. La technique peut supporter une certaine teneur en sel ou en calcaire en fonction des espèces ou des cultivars.

- **Main d'œuvre:** Le calcul des éléments du système et leur installation demandent une certaine compétence facile à acquérir par les services techniques. Les paysans peuvent être formés à l'utilisation et à l'entretien de l'installation, ainsi qu'au pilotage des irrigations.

- **Pente du terrain:** En plaçant les tertiaires dans le sens de la pente, le système supporte une pente maximale de 2%. Il est possible de dépasser cette limite en nivelant le terrain et en plaçant un réseau séparé avec un régulateur de pression sur chaque niveau. Une autre solution, plus coûteuse, consiste à utiliser des goutteurs "auto-compensant".

- **Surface du terrain:** Plus que les tuyaux sont longs et plus il y a perte de charge. Pour un tuyau tertiaire de 16 mm et 5 goutteurs au mètre linéaire, la longueur maximale sur terrain plat n'excède pas 100 m (en se donnant une tolérance d'homogénéité des débits aux goutteurs de 85 pour cent) pour un tuyau de 22 mm et un écartement entre les goutteurs de 60 cm, la longueur peut dépasser 300 m (avec la même tolérance).

La wilaya d'Ain Témouchent s'occupe de 2 123Ha de superficie irriguée par cette méthode et la commune qui utilise beaucoup plus ce système est Ouled Boudjemaa avec une superficie de 278 Ha par contre la commune de Chentouf n'utilise guère cette méthode.

1.2. Région concernée

La technique convient à toutes les régions soumises à un climat aride et surtout où les ressources en eau sont rares.

1.3. Mise en œuvre

Le calcul d'un système goutte à goutte doit être confié à un technicien. Ces calculs sont relativement simples et tiennent compte du climat et du type de culture (besoins en

eau ainsi que densité et débit des goutteurs), de la disponibilité et de la qualité de l'eau, de la forme de la parcelle.

L'installation est aisée : les tubes tertiaires sont coupés à la longueur choisie ; ils sont fermés à leur extrémité par un «clip» et raccordés de l'autre par une prise simple à monter sur le tuyau secondaire. Le système est ensuite mis sous pression pour vérifier l'absence de fuite et l'arrivée d'eau à tous les goutteurs.

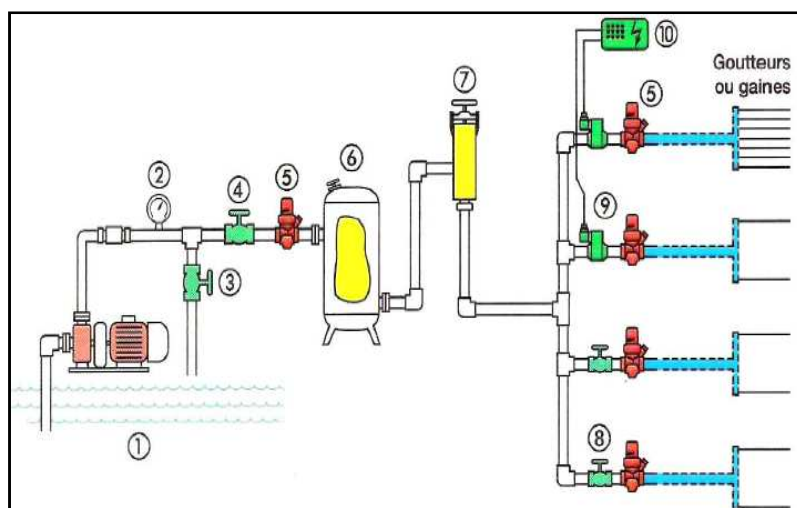
Selon les cultures et le sol, les tubes tertiaires sont espacés entre eux de 60 à 120 cm et les plants sont placés à une distance variant de 5 à 40 cm du goutteur selon l'espèce, pour un sol très sablonneux on réduit cette distance.

1.4. La répartition de l'eau dans le sol

Le mouvement de l'eau et sa répartition dans le sol en système de goutte-à-goutte est différent de celui obtenu par les autres techniques d'irrigation. L'eau est déposée à partir d'un point ou d'une ligne source. Les points sources sont des goutteurs distincts humectant chacun un volume de sol distinct. Les lignes sources sont des canalisations latérales munies de goutteurs rapprochés.

L'eau coule le long de ces canalisations de façon telle que les volumes humectés par des émetteurs adjacents se superposent pour créer une bande irriguée. En goutte-à-goutte superficiel, la surface du sol arrosé constitue une fraction de la surface totale du sol. Un bulbe est formé sous chaque émetteur. Les dimensions du bulbe dépendent du type de sol et du débit de l'émetteur.

En terrain sableux, le bulbe est réduit et à peine discernable. Dans des sols de texture lourde, le diamètre du bulbe est plus grand. La distribution de l'eau dans le sol suit un schéma à trois dimensions, à mettre en parallèle avec le modèle de percolation verticale uni dimensionnelle typique de l'irrigation par submersion ou par aspersion, qui humecte la totalité de la surface du sol [B. DELAITTE : Conseiller Technique Principal du projet. DFS. Expert du projet FAO GCP/CVI/030/NET, Cap-Vert].



Légende:

1/ Pompe, 2/ Manomètre, 3/ Vanne de dérivation de débit, 4/ Vanne de réglage de débit, 5/ Réglage de la pression, 6/ Filtre à sable, 7/ Filtre à tamis $\leq 150\mu\text{m}$, 8/ Régulateur manuel de débit, 9/ Electrovanne, 10/Programmeur.

Fig. 9 : Le système s'irrigation par goutte à goutte

1.5. Les avantages de système d'irrigation goutte à goutte

Le système d'irrigation goutte à goutte à plusieurs avantages. On cite quelques uns:

- ✓ S'installe sur de petites superficies de 250 m², 500 m², 1000 m²,
- ✓ S'installe sur terrain plat ou en pente modérée et quel que soit le type de sol,
- ✓ Permet une agriculture intensive et donc réduit la déforestation,
- ✓ Permet une meilleure gestion de l'utilisation de l'eau par une optimisation de la consommation de l'eau (réduction des pertes par évaporation et absence des risques d'érosion ou de ruissellement),
- ✓ Permet au paysan de dégager du temps pour les autres travaux champêtres,
- ✓ Améliore la distribution uniforme d'eau et d'engrais (fertigation ou irrigation fertilisante),
- ✓ Réduit le travail manuel et les efforts physiques dû à l'arrosage manuel et au désherbage,
- ✓ Réduit la croissance des mauvaises herbes sur la parcelle,
- ✓ Elimine le mouillage du feuillage, la réduction des champignons et maladies.
- ✓ Facilite la production en contre-saison,
- ✓ Ce système nécessite une faible pression d'utilisation : de 0,5 à 1 bar,
- ✓ Une meilleure valorisation de l'eau (système le plus économe en eau) si le pilotage est maîtrisé,
- ✓ Absence de mouillage du végétal : limite le développement de certaines maladies cryptogamiques,
- ✓ La ferti-irrigation facilitée,
- ✓ Une adaptation aux conditions ventées,
- ✓ L'automatisation possible et même conseillée.

Toutefois, il faut faire attention car le matériel utilisé en goutte-à-goutte fonctionne à faible débit. Il est sensible au colmatage et demande une installation parfaitement contrôlée, entretenue régulièrement et avec une filtration performante. Sa durée de vie en dépend [www.pa.chambagri.fr/fileadmin/documents_ca64/AgricultureBio/...].

2. L'IRRIGATION PAR ASPERSION

L'irrigation par aspersion est différente dans son principe car elle n'utilise pas la gravité mais des canalisations enterrées où l'eau circule sous forte pression. Elle peut être efficace dans des conditions de sols ou de topographies pour lesquelles les méthodes d'irrigation de surface ne le sont pas. En général les systèmes sont définis selon le type de déplacement des rampes sur lesquelles sont fixés différents types d'asperseurs. Les rampes sont fixes ou mobiles.

Dans ce dernier cas elles sont déplacées manuellement ou mécaniquement. Cette forme d'irrigation est adaptée à toutes les configurations et natures de terrains, ainsi qu'à toutes les cultures, mise à part celle du riz pour lequel il n'y a pas de meilleur mode d'irrigation que la submersion.

L'irrigation par aspersion a une efficacité élevée mais pose des problèmes dus aux exigences en main d'œuvre et aux coûts d'investissement [www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/usages/multSys.html].

Cette méthode est utilisée dans la wilaya d'Ain Temouchent et occupe en général 3599Ha. La commune qui adopte de plus en plus ce système est Sidi Ben Adda avec une superficie de 535Ha. Par contre les communes d'El Amria, Bouzedjar, Aoubellil, O.Sebbah et Tamazourah n'utilisent pas cette méthode.

L'arrosage par aspersion peut se réaliser :

- * Soit à **haute pression** (cas général) : Consiste à reproduire, à l'aide de **jets d'eau**, un arrosage semblable à l'arrosage de la pluie.

Les avantages de ce système sont :

- Arrosage uniforme d'une parcelle.
- Technique parfaite pour les grandes surfaces uniformes, en particulier les pelouses.
- Accessoirement, fait le bonheur des enfants qui aiment jouer avec l'eau !

- * Soit à **basse pression** : on parle alors de micro-aspersion qui est produit une **pluie très fine**, qui arrose sur une distance de 1 à 3 mètres de rayon [<https://arrosage.ooreka.fr/comprendre/arrosage-par-aspersion>].

Les principaux avantages de ce système d'arrosage :

- N'endommage ni les fleurs ni les végétaux fragiles.
- Offre une plus grande couverture d'arrosage que le goutte-à-goutte.
- Système économe en eau.
- Le système peut être couplé avec un programmeur afin d'être automatisé, ce qui permet d'arroser aux heures où il n'y a pas de pertes par évaporation (la nuit), ou encore de partir en vacances l'esprit tranquille.

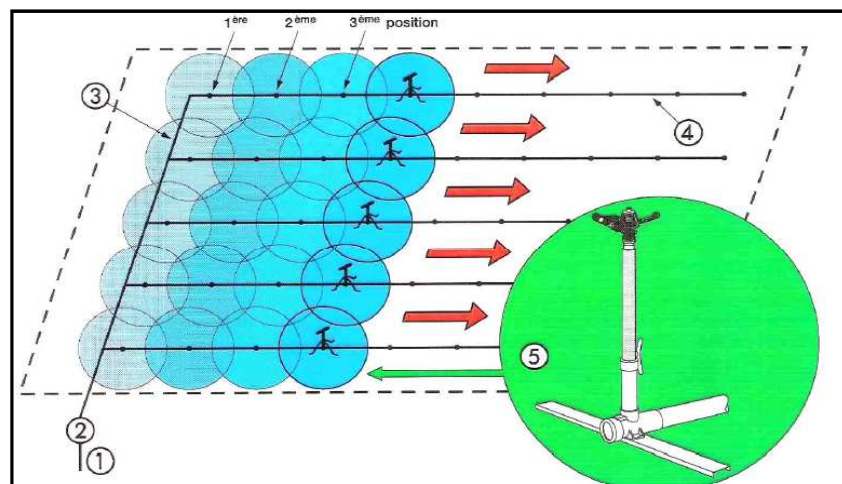
Les caractéristiques d'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion est recommandée dans les cas suivants:

- Sols de faible profondeur, ne pouvant être correctement nivelés pour une irrigation de surface, tout en conservant une profondeur suffisante;
- Sols trop perméables, qui ne permettent pas une répartition uniforme de l'eau dans le cadre d'une irrigation avec ruissellement en surface
- Terrains à pente irrégulière avec micro relief accidenté, ne permettant pas l'établissement d'une desserte gravitaire à surface libre.
- Par contre, elle est à écarter dans les régions très régulièrement ventées (les vents supérieurs à 4 ou 5 m/s dégradent considérablement l'homogénéité de l'arrosage) et aussi lorsque l'irrigation se fait avec l'eau salée sur des plantes au feuillage sensible au sel.
- Une installation d'irrigation sous pression est généralement composée d'un équipement fournissant la pression nécessaire à son fonctionnement, d'appareils de mesure et de contrôle de débit, et d'une conduite principale amenant l'eau jusqu'aux conduites secondaires et tertiaires. D'autres éléments peuvent être utilisés, notamment un filtre ou une batterie de filtres et un dispositif d'adjonction d'éléments fertilisants.

La considération des facteurs suivants est nécessaire à la conduite d'un projet de dimensionnement de tout système d'irrigation sous pression:

- a) La dimension et la forme de la surface à irriguer, sa topographie et le type du sol,
- b) les sources d'eau disponibles ou potentielles et leurs caractéristiques,
- c) Les conditions climatiques dans la région, l'accessibilité à la parcelle et la culture à irriguer [www.aqua6.org/pages/Les-differents-systemes-d-irrigation.html].



Légende :

1/ Conduite primaire, 2/ Borne d'irrigation, 3/ Conduite secondaire, 4/ Rampe de distribution, 5/ Asperseur rotatif.

Fig. 10: Le système d'irrigation par goutte à goutte.

2.1. Conditions d'utilisation

L'irrigation par aspersion consiste à fournir l'eau nécessaire aux cultures sous une forme analogue à la pluie naturelle. L'eau est mise sous pression, généralement par pompage, pour être ensuite distribuée au moyen d'un réseau de canalisations.

La distribution d'eau est faite au moyen de rampes d'arrosage équipées d'asperseurs. L'eau sort sous la forme d'un jet et se répartit en gouttelettes d'eau qui tombent sur le sol.

Le choix du dispositif de pompage, des asperseurs et la bonne gestion de l'eau doivent garantir la distribution uniforme de l'eau d'irrigation.

2.1.1. Cultures recommandées

L'irrigation par aspersion convient aux cultures en lignes, de plein champ et à l'arboriculture. La distribution de l'eau peut se faire sur ou sous frondaison.

Pendant, les asperseurs géants sont à éviter dans le cas des cultures délicates telles que la salade, car les grosses gouttes d'eau risquent de provoquer le dépérissement des plantes.

2.1.2 Pentés adéquates

L'irrigation par aspersion s'adapte à toutes les pentes de terrain cultivable, qu'elles soient uniformes ou irrégulières. Les rampes d'arrosage portant les asperseurs doivent suivre autant que possible les courbes de niveau.

Cette disposition a l'avantage de minimiser les variations de pression le long de la rampe et de garantir un arrosage uniforme.

2.1.3 Types de sol appropriés

La technique d'irrigation par aspersion est la meilleure pour les sols sableux à taux d'infiltration assez fort, sans pour autant ignorer qu'elle s'adapte parfaitement à la plupart

des types du sol. La pluviométrie moyenne des asperseurs (en mm/h) doit être inférieure au taux d'infiltration permanent du sol, pour éviter le ruissellement des eaux en surface.

Cette technique est à écarter pour l'irrigation des cultures sur des sols à encroûtement rapide.

Au cas où on ne peut pas recourir à d'autres techniques d'irrigation, les asperseurs doivent être choisis de sorte que la distribution de l'eau soit en pluie fine. On doit éviter l'emploi des asperseurs à fortes pressions délivrant une forte pluie (grosses gouttes).

2.1.4. Qualité de l'eau

L'eau d'irrigation doit être propre, exempte de matières solides en suspension, pour éviter l'obstruction des buses et le dépôt des matières solides sur frondaison [www.fao.org/3/a-s8684f.pdf].

2.2. Les avantages d'irrigation par aspersion

Ses avantages peuvent se résumer ainsi :

- Tout nivellement de sol est supprimé.
- C'est la seule méthode permettant d'arroser convenablement, les sols trop perméables pour être irrigués par ruissellement.

- Elle permet un dosage précis, d'où économie d'eau.

- L'eau pulvérisée est plus oxygénée.

- L'arrosage antigel est possible.

- Elle permet une économie de main d'œuvre

[www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/usages/multSys.html].

- La remarquable **économie de main d'œuvre** : Une installation de couverture totale moyennement automatisée peut être contrôlée par 1 personne sur des centaines d'hectares.

- Un autre avantage important est sa **rapidité d'installation**, spécialement les équipements portables permettent d'exécuter des transformations dans l'irrigation en peu de temps [www.aluminiumirrigation.com/fr/71808/Questions-frequentes-FAQ...].

Par contre elle a trois principaux inconvénients:

- Le coût élevé des installations.

- La mauvaise répartition de l'eau par temps agité.

- Le mouillage des feuilles

[www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/usages/multSys.html].

- L'inconvénient le plus commun de ce système est qu'il nécessite une main-d'œuvre importante pour le déplacement des rampes et des asperseurs d'un poste à un autre à travers le champ [www.fao.org/3/a-s8684f.pdf].

3. IRRIGATION GRAVITAIRE

- La technique de l'irrigation gravitaire consiste à arroser les cultures en faisant ruisseler l'eau à la surface du sol [om.ciheam.org/om/pdf/c01-1/94001218.pdf].

L'écoulement de l'eau se fait selon la pente naturelle du sol. S'il peut faire appel à des ouvrages de type siphon, aucune force extérieure n'est utilisée pour amener l'eau aux endroits désirés [www.canaux-et-territoire.info/d2/index.php?post/2009/12/24/38].

Il existe trois modes de distribution de l'eau:

✓ **Partition:** l'eau est partagée au prorata des surfaces de manière fixe. Il y a réglage initial de toutes les prises qui sont alimentées simultanément. Le système est simple mais très rigide.

✓ **Tour d'eau:** le réseau est découpé en quartier, d'une cinquantaine d'hectares en général.

Chaque quartier est alimenté en continu pendant une période de temps déterminée, chaque agriculteur, à l'intérieur du quartier dispose de tout le débit à tour de rôle. Le débit d'alimentation du quartier peut être fixe (débit et durée) ou variable (débit ou durée ou les deux).

✓ **Demande:** mode de distribution très rare en irrigation gravitaire car il est impossible à mettre en œuvre, sauf quand le débit disponible est toujours supérieur à la demande.

- Le rendement du réseau est alors très faible [<https://www.canal-de-provence.com/Portals/0/files/pdf/Publications/>]. Cette méthode d'irrigation gravitaire s'occupe une superficie irriguée de 3 771 Ha, et la commune qui l'utilise beaucoup c'est Sidi Ben Adda avec une superficie de 1 044Ha. Par contre il existe 03communes qui utilisent pas ce système d'irrigation (Bouzedjar, Aoubell il etTamzourah).

3.1. Les différents modes d'irrigation gravitaire

3.1.1. Arrosage par ruissèlement (par planches ou par calant)

Consiste à faire couler une mince couche d'eau sur un sol incliné de 0,2 à 3%, Qui s'infiltrera verticalement jusqu'à l'humidification de cette tranche de sol, le débit à déverser est en fonction de la pente, de la largeur et de la longueur de la planche.

3.1.2. Arrosage par submersion (ou inondation)

Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse séjourner le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre en réserve l'eau indispensable au développement des cultures.

3.1.3. Arrosage par infiltration (à la raie)

C'est une méthode qui consiste à faire distribuer l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement grand (5 à 10 L/s) comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol reçoit directement l'eau, le reste est humecté infiltration latérale.

3.1.4. Arrosage par cuvette (ou bassin)

Arrosage par cuvette est le plus connu de l'irrigation gravitaire. L'eau est apportée sous forme d'une nappe dans un bassin (qui peut être cloisonné) aménagé sur un sol nivelé (pente de 0,1 à 1%). C'est une technique traditionnelle de montagne qui a été adaptée aux zones irriguées.

L'irrigation est faite par le découpage de la sole en plusieurs bassins (ou média) élémentaires dont les dimensions moyennes sont 40 m².



Photo. 8 : Système d'irrigation gravitaire.

3.2. Les avantages d'irrigation par gravitaires

- 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.

3.3. Inconvénients

- 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,
- Estimation du volume réellement consommé difficile,
- Pollution possible par déversement [<https://eau-agro-1.wikispaces.com/Irrigation.>].

III. CONCLUSION

Les techniques d'irrigation sont des méthodes pour apporter de l'eau aux cultures et sont classifiées en irrigation gravitaire, irrigation par aspersion et goutte à goutte.

Le choix de technique d'irrigation se fait en prenant en compte plusieurs paramètres et les économies en eaux augmentent lorsque l'on passe de l'irrigation gravitaire à l'aspersion et de l'aspersion au système de goutte à goutte.

Cependant, le succès d'une technique d'irrigation sera très dépendant du site, de facteurs de situation ainsi que du niveau de gestion utilisé. La technique d'irrigation existante doit être évaluée très précisément avant de passer à une autre technique.

Pour choisir une méthode d'irrigation, l'agriculteur doit connaître les avantages et les inconvénients des différentes méthodes.

*Chapitre 4 :
Choix d'une méthode
d'irrigation pour la
région d'Ain Témouchent*

Quatrième Chapitre : CHOIX D'UNE METHODE D'IRRIGATION POUR LA REGION D'AIN TEMOUCHENT

I. INTRODUCTION

L'utilisation rationnelle de l'eau en agriculture implique la connaissance des besoins en eau des cultures à travers la bonne évaluation des paramètres régissant les conditions du milieu, notamment le continuum sol-plante-atmosphère, mais surtout à travers une utilisation efficace de cette eau par le choix des systèmes d'irrigation les plus adéquats en fonction des paramètres climatiques, édaphiques culturales et autre, intimement liés à la parcelle à équiper.

Les conditions climatiques très défavorables ayant sévis cette dernière décennie ont inhibés chez les agricultures le besoin de rechercher une alternative pour pallier à la problématique liée à la rareté de la ressource en eau, très compromettante pour la réussite de la campagne agricole.

Dans ce contexte, le plan national de développement de l'agriculture (P.N.D.A), mis en œuvre par le ministère de l'agriculture et du développement rural, prend en charge cette préoccupation puisqu'il consacre l'irrigation comme alternative incontournable en vue de la stabilisation et de l'amélioration de la production et de l'utilisation rationnelle des ressources naturelles dans le cadre d'une agriculture durable.

Cette nouvelle démarche du ministère de l'agriculture et du développement rural a suscité un engouement chez les agriculteurs pour l'introduction des techniques d'irrigation qui économise l'eau.

Cependant, devant la diversité des méthodes et techniques d'irrigation existantes et la panoplie d'équipement à la parcelle disponibles sur le marché.

L'agriculteur, en l'absence de critères de choix bien déterminés se trouve désarmé et n'opte pas toujours pour la technique ou l'équipement le plus adapté aux conditions réelles de son exploitation.

II. LES CONDITIONS DU MILIEU ET LE PILOTAGE DES IRRIGATIONS

La programmation des irrigations ou le pilotage ne peut se faire sans la connaissance des conditions du milieu de l'exploitation agricole ou mieux encore de la parcelle à équiper en matériel d'irrigation.

La plante utilise le sol comme support, mais surtout comme un réservoir et milieu de transfert pour son alimentation en eau et pour puiser les différents éléments nutritifs indispensables à son développement.

De par ses caractéristiques physiques, le sol peut avoir une capacité de rétention de l'eau importante, faible ou moyenne.

Cette disponibilité en eau représente la réserve utile du sol (R.U) qui se situe entre «la capacité au champ» (C.C) lorsque le sol est théoriquement plein sans être engorgé et le «point de flétrissement permanent» ou l'eau existante dans le sol n'est pas disponible pour la plante.

Une fraction de la RU est dite réserve facilement utilisable (RFU) et qui est accessible sans difficulté pour la plante (Schéma1). Cette eau est puisée du sol par la plante dans le but de répondre à une demande climatique matérialisée par l'évapotranspiration (E.T).

III. LA MAITRISE DE L'IRRIGATION

L'introduction des techniques d'irrigation économisatrices d'eau permet une meilleure maîtrise des irrigations au meilleur cout, par :

- ✓ La régularisation des productions,
- ✓ L'amélioration de la qualité des produits,
- ✓ L'accroissement des rendements,
- ✓ La diversification des cultures.

Ces résultats peuvent être atteints en sachant :

- ✓ Quand faut-il irriguer ?
- ✓ Combien d'eau faut-il apporter ?
- ✓ Comment l'apporter ?

Quand faut-il irriguer ?en tenant compte :

- ✓ Des besoins en eau des plantes,
- ✓ Des réserves en eau dont elles peuvent disposer,
- ✓ Des incidences du déficit en eau.

Combien d'eau apporter ?

Afin de déterminer les doses d'irrigation qu'il faut apporter en complément en régions pluvieuses et celles à apporter pour couvrir tous les besoins en eau de la culture en régions arides.

Comment l'apporter ?en fonction :

- ✓ Du mode d'irrigation,
- ✓ Du type de sol,
- ✓ De la nature des cultures

La plante puise l'eau dont elle a besoin dans le sol qui fonctionne comme un réservoir ce dernier est alimenté par :

- ✓ La pluie efficace;
- ✓ Les irrigations,
- ✓ L'alimentation par les nappes phréatiques ou par remontées capillaires. Le surplus du «réservoir sol» est évacué par ruissellement et par percolation profonde.

La plante consomme l'eau qu'elle rejette dans l'atmosphère par évapotranspiration grâce au continuum sol, plante, atmosphère.

En effet, la combinaison des facteurs climatiques (température, humidité, vitesse du vent, ensoleillement), engendre une demande potentielle en eau appelée «évapotranspiration potentielle» (ETP).

Chaque culture, en fonction de sa nature et de son stade de développement végétatif a une évapotranspiration maximum (ETM), lorsque toutes les conditions sont réunies pour que les racines absorbent toute l'eau dont a besoin la plante dans la réserve facilement utilisable [IRRIGATION, (1992): Réseau National Expérimentation, Démonstration hydraulique agricole .France 1992.].

On appelle coefficient cultural «Kc» le rapport $Kc = ETM / ETP$

- Lorsque la réserve facilement utilisable est épuisée, les racines absorbent avec difficulté l'eau qui reste dans la réserve utile ; cependant ce n'est pas la totalité des besoins qui sont fournis aux feuilles. Pour faire face à cette réalité, la plante diminue son activité pour survivre, son évapotranspiration réelle (ETR) est réduite;
- Lorsque le seuil inférieur de la réserve utile c'est-à-dire le point de flétrissement est dépassé, l'eau n'est plus disponible à la plante, car les racines ne peuvent plus la pomper, alors la plante flétrit et meurt.

La connaissance des besoins en eau de la plante aux différents stades végétatifs et de la situation des réserves en eau du sol détermine le pilotage de l'irrigation, c'est pourquoi l'établissement d'un bilan hydrique est indispensable.

1. LE BILAN HYDRIQUE

- La demande en eau : -Due au climat : ETP
 - Propre à la culture ETM : ETR
- L'offre en eau :
 - Par la pluie : P
 - Par le sol : R
(Réserve du sol, remontée capillaire)
- Les pertes :
 - Ruissellement, drainage D
- Pour en déduire:
 - L'irrigation
 - Apport d'eau : I

$$I = P + R - ETR - D$$

Pour calculer l'ETR, on doit connaître le coefficient cultural «Kc» qui est variable selon le stade végétatif de la culture et des conditions du milieu.

$$ETR = ETP * Kc$$

1.1. L'évapotranspiration potentielle «ETP»

Elle est calculée selon plusieurs formules empiriques que nous ne développerons pas dans cette partie. Le choix de la formule la plus adéquate est fonction de la disponibilité des paramètres climatiques nécessaires et valables pour la zone de projet (proximité et représentativité de la station climacique).

Retenons que la formule la plus proche de la réalité du terrain demeure celle de «Penman Monteith modifiée par Smith» et utilisée par la F.A.O, les valeurs de l'E.T.P sont également données par l'Office National de la Météorologie (O.N.M) dans les bulletins météorologiques publiés mensuellement.

Et par les méthode de l'évapotranspiration ETP on trouve :

Formule de Turc :

$$ETP = 0,013 J (Rg + 50) \left(\frac{T}{T + 15} \right)$$

$$ETP = 0,013 J (Rg + 50) \left(\frac{T}{T + 15} \right) \left(1 + \frac{50 - hr}{70} \right)$$

La première formule est valable pour une humidité relative (hr) $\geq 50\%$ (sur le mois), la deuxième formule pour $hr < 50\%$.

Avec:

- ETP : évapotranspiration en mm/mois,
- J: nombre de jours dans le mois,
- T: température moyenne sur le mois ($^{\circ}\text{C}$),
- hr: humidité relative moyenne (%),
- Rg: rayonnement solaire moyen (ici mesuré) en $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{j}$

<https://www.google.com/search?source=hp&ei=q2w3W8K7LsXasAf>

1.2. Estimation des pluies

On prend la pluviométrie du mois de pointe sur la série climatique la plus longue possible et la plus récente (au moins les 20 dernières années)de la station météorologique la plus proche et la plus représentative de l'exploitation .on retient alors la valeur la plus faible observée à la fréquence de 2 années sur 10.

Si on ne dispose pas d'un échantillon de 20 ans, on prend les 5 valeurs la plus faible pour évaluer les pluies efficaces, les pluies inférieures à 10/mm décade et elles supérieures ou égales à 30 mm/heure sont éliminées, ceci afin d'éliminer les quantités de pluies évaporées et celles ruisselées.

1.3. Estimation de la contribution du sol «R»

La quantité d'eau disponible pour la plante est fonction du type de sol et de la profondeur d'enracinement de a culture.

La réserve en eau disponible correspond à ce que la plante peut extraire du sol sans qu'il y ait chute de rendement, on l'évalue en prenant :

- Les 2/3 de la réserve utilisable de 0 à 60 cm de profondeur d'enracinement.
- Le 1/2 de la RU de 60 à 90 cm de profondeur d'enracinement.
- Le 1/3 de la RU au-delà de 90 cm de profondeur d'enracinement.

Tabl. 22: Quantité d'eau à la disposition des agrumes dans le cas d'une profondeur d'enracinement (m)

Profondeur d'enracinement	Sols sableux (réserve utilisable =1,3 mm/cm)	Autre sols (réserve utilisable =2 mm/cm)	Type de sol réserve utilisable
0 - 60 cm	$60 * 1,3 * 1 = 78 \text{ mm}$	$60 * 2 * 2/3 = 80 \text{ mm}$	$---- * ---- * 2/3 = (a)$
60 - 90 cm	$30 * 1,3 * 1/2 = 19,5 \text{ mm}$	$30 * 2 * 1/2 = 30 \text{ mm}$	$---- * ---- * 1/2 = (b)$
90 cm et plus	$30 * 1,3 * 1/3 = 13 \text{ mm}$	$30 * 2 * 1/3 = 20 \text{ mm}$	$---- * ---- * 1/3 = (c)$
Quantité d'eau disponible pour les agrumes (mm)	84,5 mm - 85 mm	130 mm	(a)+(b)+(c)=

L'apport du sol sera d'autant plus important que se réserve est bonne. On peut considérer que la contribution du sol à l'alimentation des plantes pendant le mois de pointe est :

- ✓ Nul, si la RU est inférieur à 50 mm (sols légers à faible réserve),
- ✓ De 1/3 de la RU, si celle-ci est supérieure à 50 mm.

Cette estimation sera faite par groupe de parcelles de quantité d'eau disponible comparable. Pour une plus grande précision, il faut établir le bilan hydrique, sur la base duquel sera calculé le débit [IRRIGATION, (1992): Réseau National Expérimentation, Démonstration hydraulique agricole .France 1992.].

1.4. Exemple de calcul de la région d'Ain Témouchent pour le mois de juillet (mois de pointe)

- Culture : Agrumes situées dans Ain Témouchent ; Sol à réserve utile de 110 mm,
- Profondeur d'enracinement de 1,20 m,
- Teneur en eau du sol : on considère que le sol est à la capacité au champ en début avril (fin de la période pluvieuse) $E_{to} = 5,60 \text{ mm/jour}$.
- Coefficient cultural (Kc) des agrumes au mois de juillet = 0,60
- Superficie = 5 Ha
- Besoins des agrumes en période de pointe = $5,60 \text{ mm/j} * 0,60 * 31 \text{ jours} = 104 \text{ mm}$,
- Pluie efficace du mois de juillet = 0 mm
- Apport du sol au mois de juillet : $1/3 * 110 \text{ mm} = 36,66 \text{ mm}$.
- Déficit hydrique en juillet = 61 mm.
- La quantité d'eau à apporter au mois de juillet au pied des arbres sera de : $61 \text{ mm} * 10 * 5 \text{ Ha} = 3050 \text{ m}^3$.
- Le débit d'installation sera fonction de l'efficience totale de chaque système d'irrigation.

Pour avoir la réserve utilisable au mois de juillet, on calcul le bilan hydrique du début avril à fin juin La réserve en eau disponible dans le sol en début juillet = R.U en début avril (sol à capacité au champ) - [(Kc avril * E_{to}) - P efficace avril] - [(Kc mai * E_{to}) - P efficace mai] - [Kc juin * E_{to}] - P efficace juin].

1.5. Pour quel système d'irrigation opter ?

Le choix d'une technique d'irrigation par aspersion, goutte à goutte ou en surface est conditionné par un certain nombre de facteurs, à savoir :

✓ Les conditions naturelles

- Le sol, (réserve utilisable et vitesse d'infiltration de l'eau),
- La topographie,
- Le climat,
- La disponibilité de l'eau en quantité et en qualité :
 - * Les types de cultures,
 - * La technologie de fabrication,
 - * Les traditions des irriguants,
 - * Les besoins en main d'œuvre,
 - * Le coût d'investissement et de fonctionnement de l'installation,
 - * Les caractéristiques techniques des équipements : débit, pression, ...etc.

1.6. Les cultures les plus adaptées en fonction des systèmes d'irrigation

Tabl. 23 : Les différents types des systèmes d'irrigation et les cultures adéquates.

Techniques d'irrigation	Cultures recommandées
Aspersion classique	- Maraichage, - Arboriculture, - Grande culture (néanmoins les cultures hautes gênent le déplacement de l'équipement).
Rampe pivotante	- Grandes cultures: blé, orge, maïs, etc
Enrouleur	- Convient à toutes les cultures, y compris les hautes comme le maïs
Irrigation localisée	- Maraichage - Cultures industrielles, - Cultures sous serres, - Pépinières arboricoles, - Arboriculture fruitière, - Phoéniciulture, - Viticulture, - Plantes ornementales, etc.

1.7. Les techniques d'irrigation les plus adaptées en fonction de la topographie du terrain

Tabl. 24 : Les différentes techniques d'irrigation en fonction de la topographie du terrain.

Technique d'irrigation	Topographie du terrain
Aspersion :	
Rampes mobiles	Tout type de terrain
Rampes pivotantes	3 à 5% de pente
Enrouleurs	Tout type de terrain
Irrigation localisée	Tout type de terrain
Irrigation gravitaire	Terrain plat

Dans le but de comparer l'adaptabilité des systèmes d'irrigation en fonction des contraintes et des avantages majeurs rencontrés sur le terrain, l'I.N.S.I.D a établi le système de notation suivant expliqué dans les tableaux. 25 et 26.

Tabl. 25: Contraintes d'utilisation des techniques d'irrigation modernes (La note maximale étant attribuée au degré de contrainte maximal)

Contraintes	Notation (10 – 0)		
	Gravitaire	Aspersion	Localisée
1/ Changement climatiques	04	08	00
2/ Disponibilité en eau	10	05	02
3/ Changement de la qualité de l'eau	01	06	10
4/ Salinisation	02	04	06
5/ Inexistence d'encadrement perfectionné et maîtrisant les systèmes d'irrigation	02	0,7	09
6/ Indisponibilité de pièces de rechange ou difficulté de leur acquisition	01	09	08
7/ Faible efficacité des infrastructures de base des réseaux et systèmes d'irrigation	05	09	03
8/ Les systèmes de culture	05	02	08
9/ Difficulté d'entretien du système d'irrigation	02	08	10
10/ Source d'énergie limitée	02	10	05
11/ Faiblesse de recettes agricoles	08	05	03
12/ Insuffisance du financement nécessaire	02	10	08

13/ Hydromorphie	08	02	00
------------------	----	----	----

Tabl. 26: d'après la direction des service agricole : Avantages des différents systèmes d'irrigation (La note maximale étant attribuée à l'avantage le plus important)

Avantages	Notation (10 – 0)		
	Gravitaire	Aspersion	Localisée
1/ Economie d'eau	04	08	10
2/ Augmentation des rendements et amélioration de la qualité du produit	02	09	10
3/ Economie de main d'ouvre et d'énergie	03	06	10
4/ Economie dans l'utilisation des engrais	03	08	10
5/ Lutte contre les mauvaises herbes et les maladies cryptogamiques	05	04	10
6/ Utilisation des eaux à forte salinité	02	05	08
7/ Limitation des problèmes de drainage	02	05	10

2. LES PRINCIPAUX SYSTEMES D'IRRIGATION ECONOMISATEURS D'EAU

Les systèmes d'irrigation économisateurs d'eau peuvent être définis comme étant des systèmes qui permettent à la fois d'économiser sur les quantités d'eau à distribuer, sur la main d'ouvre à mobiliser, sur l'énergie et surtout d'améliorer la production en quantité et en qualité [INSID, (2003): Comment choisir votre équipement d'irrigation. DFRV2003 : Document tiré en 3000 exemplaires distributions gratuites.].

Ces systèmes peuvent être résumés en :

- * Systèmes d'irrigation par aspersion,
- * Systèmes d'irrigation localisée.

2.1. Les systèmes d'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est une technique qui consiste à amener à la plante, l'eau pulvérisée sous forme de fines gouttelettes, grâce à un réseau de distribution sous pression. Par le type d'installation et d'équipement utilisé, on distingue:

- * L'aspersion classique
- * L'aspersion avec les machines d'arrosage.

2.1.1. L'aspersion classique

C'est le système le plus répandu et vulgarisé en Algérie, il fonctionne à une pression de 2,5 à 5 bars et on le retrouve sous deux formes :

* *Installation classique mobile*

Consiste à mettre en place un réseau de canalisations déplaçables d'une parcelle à l'autre. On remarque que cette technique permet une grande économie de matériel, mais en contrepartie elle est exigeante en main d'œuvre.

Le réseau d'irrigation par rampes mobiles est formé par des conduites de 6 ou 9 mètres en alliage léger ou en polyéthylène, il est constitué d'une conduite d'amenée appelée *conduite principale*, sur laquelle sont raccordées les conduites d'alimentation appelées *conduites secondaires* à l'aide des raccords rapides étanches.

A ces derniers, sont raccordés par *tés – vannes*, les conduites de distribution appelées *conduites tertiaires*. Les asperseurs sont maintenus à une certaine hauteur du sol par une allonge qui est reliée à la rampe de distribution par une prise à clapet.

*** Installation classique fixe (Quadrillage totale)**

Elle est constituée d'un équipement ou l'ensemble des canalisations sont fixes (mis en place pour la compagne). Seuls les asperseurs sont déplacés de clapet en clapet à chaque position d'arrosage.

Un seul asperseur fonctionne en même temps par tertiaire, les implantations les plus courantes sont : 24m*24m et 18m*24m.

Cette technique est exigeante en équipement mais permet une économie de main d'œuvre et limite les dommages dus aux déplacements.

*** La couverture intégrale**

Le réseau de canalisations et d'asperseurs est mis en place en début de compagne. Tous les asperseurs d'un tertiaire fonctionnent en même temps [INSID, (2003): Comment choisir votre équipement d'irrigation. DFRV2003 : Document tiré en 3000 exemplaires distributions gratuites.].

A chaque changement de position d'arrosage, il suffit d'ouvrir et de fermer des vannes à l'entrée du tertiaire ; les asperseurs sont fixes .c'est une techniques très exigeante en équipement, mais permet une grande économie de main d'œuvre.

2.1.2. L'aspersion avec les machines d'arrosage

2.1.2.1. Les rampes pivotantes (systèmes pivot) et la rampe frontale

Il s'agit de rampes d'aspersion géantes munies d'arroseurs tournant autour d'un point d'arrivée d'eau (cas du pivot), ou à déplacement linéaire puis circulaire en bout de champs (cas de la rampe frontale).

Les rampes sont constituées de plusieurs travées articulées entre elles et équipées de moteurs hydrauliques ou électriques. La vitesse de rotation est réglable selon la dose d'irrigation.

2.1.2.2. L'enrouleur

Il est composé d'un canon monté sur un traineau mobile et alimenté par un tuyau en Polyéthylène qui s'enroule sur une bobine, actionnée grâce à la pression de l'eau.

Le canon effectue un déplacement continu pendant toute la durée de l'arrosage, la vitesse d'avancement est réglable .le canon est trainé le long de la parcelle d'un poste à un autre. L'enroulage de la rampe est réalisé depuis le bord de la parcelle à l'aide d'un tracteur, ce qui le rend plus économique de point de vue de la main d'œuvre [INSID, (2003): Comment choisir votre équipement d'irrigation. DFRV2003 : Document tiré en 3000 exemplaires distributions gratuites.].

L'enrouleur est souvent considéré à tort comme un matériel d'irrigation médiocre, ceci en raison notamment de la méconnaissance des utilisateurs de comment:

- Choisir leur équipement,
- L'implanter correctement dans le parcellaire,
- Effectuer les réglages nécessaires à un bon arrosage,

- Les éléments de base nécessaire au bon choix et à la bonne utilisation



Fig. 11 : Représentation d'un enrouleur

❖ *Les éléments de base nécessaire au bon choix et à la bonne utilisation de l'enrouleur*

Pour réaliser un choix optimal de l'équipement d'irrigation, il est indispensable de déterminer les performances nécessaires de l'installation d'arrosage en fonction:

- ✓ Des besoins en eau des cultures à irriguer,
- ✓ Des conditions climatiques locales,
- ✓ Des caractéristiques des sols,
- ✓ Des disponibilités en eau, etc.

Il est indispensable de connaître les performances du matériel d'irrigation, car :

- ✓ Les performances d'une installation d'irrigation prévues au départ sont très difficilement extensibles par la suite,
- ✓ L'irriguant doit disposer d'éléments d'appréciation simples afin de choisir le matériel d'irrigation le plus adapté à son cas,
- ✓ Il faut rentabiliser l'investissement consenti (ni sous équiper, ni sur équiper).

❖ *Le principe de calcul*

Le débit horaire nécessaire d'une installation est fonction:

- ✓ De la sole arrosée,
- ✓ Des disponibilités en eau.

L'installation permettra de répondre aux besoins en eau des cultures à arroser durant la période de pointe, lorsque les besoins en eau des cultures au mois ou les apports naturels sont les plus élevés [ZAREB & B. OUMID: Evaluation des systèmes d'irrigation dans les pays Arabes. (INSID/OADA).].

Débit horaire d'équipement = Consommation des plantes – pluies – contribution du sol + pertes.

Tabl.27 : Temps Effectif d'irrigation Consommation des plantes: ETP * Kc

Cultures	M	J	J	A	S
Mais	0,5	0,8	1,15	1	0,6
Sorgho	0,5	0,65	0,9	1	
Soja	0,4	0,7	1	1	0,8
Tournesol	0,4	0,9	0,9	0,8	

a/ Pluies

Il est pris en considération les pluies efficaces ayant une probabilité de retour de 08 années sur 10.

b/ Contribution du sol

L'apport du sol sera d'autant plus important que sa réserve soit bonne. Connaissant la sécheresse qui caractérise notre climat surtout en période de pointe (en été), il est plus judicieux de considérer la contribution du sol nulle.

On peut considérer que la contribution du sol à l'alimentation des plantes pendant le mois de pointe est :

- Nul si la RU n'est inférieur à 50 mm (sols légers à faibles réserves),
- De 1/3 de la RU si celle-ci est supérieure à 50 mm.

Tabl.28 : Estimation de la contribution des sols à l'alimentation des plantes au mois de pointe

Type de sol	Profondeur moyenne d'enracinement	RU totale (mm)	Contribution du sol
Sol à faible réserve peu profond	< 40 cm	< 50 mm	Néant
Sol à réserves moyennes	60 à 80 cm	75 à 90	25 à 30 mm
Sol profond à bonnes réserves	100 cm et plus	120 à 150	40 à 50 mm

c/ Les pertes

Estimées de 10 à 15% de l'apport d'eau nécessaire (par évaporation et par le vent), le temps effectif d'irrigation : 400 à 500 heures pour le mois de pointe (à titre indicatif).

Il est influencé par :

- La configuration du parcellaire,
- L'importance de vent.

*** Exemple d'application**

Calcul du débit d'équipement nécessaire d'une installation d'arrosage destinée à arroser :

- 12 ha de maïs,
- 4 ha de luzerne,
- 3ha de tournesol,
- 3ha de Soja.

Total = 22 ha à arroser

i. Identification du mois de pointe

Tabl. 29. Période des besoins en eau maximum des cultures à irriguer.

Cultures	Juin	Juillet	Aout
	5 10 15 20 25	5 10 15 20 25	5 10 15 20 25
Mais			
Luzerne			
Tournesol			

Soja			
------	--	--	--

ii. Consommation des plantes au mois de pointe

- ETP Moyenne juillet = 210 mm,
- Consommation = $K_c * ETP$

Tabl. 30 : Consommation en eau des cultures

Besoins des cultures en Juillet	Hectars	Moyenne Totaux
Mais : $210 * 1,15 = 242$ mm	12	28 980
Luzerne : $210 * 1 = 210$	4	4800
Tournesol : $210 * 0,9 = 189$	3	5670
Soja : $210 * 1 = 210$	3	6300

La consommation en eau au mois de Juillet des cultures à irriguer est égale à 49350m^3 .

iii. Apport naturel par les pluies

Les relevés pluviométriques locaux font apparaître, pour le mois de Juillet, une pluie à prendre en compte de 6 mm (8 année sur 10), soit $60\text{ m}^3/\text{ha}$.

On peut donc compter sur un apport naturel de :

$$60 * 22\text{ha} = 1320\text{ m}^3 \text{ au mois de juillet}$$

iv. Contribution du sol

Dans les conditions de cet exemple, on suppose que la contribution du sol est nulle, néanmoins, et dans les zones plus humides, il convient d'en tenir compte et ce en fonction de la RU du sol.

Dans le tableau. 31, on donne deux situations différentes en fonction de deux hypothèses.

Tabl. 31 : Situation en fonction de deux hypothèses différentes.

Hypothèses	Réserve utile	Contribution du sol à l'alimentation des plantes au mois de pointe
Hypothèse 1 : L'ensemble du sol arrosé à été implanté en sol léger et peu profond.	30 mm	Néant
Hypothèse 2 : L'ensemble du sol arrosé à été implanté en sol assez profond à réserve moyenne.	90 mm	30 mm

v. Pertes

Il est supposé ici que les pertes sont de 15% par rapport à l'apport d'eau nécessaire et les besoins en eau d'eau nécessaire.

Tabl. 32 : Besoins en eau d'irrigation au mois de pointe

Type de sol	Sol léger peu profond (RU = 30mm)	Sol à réserve moyenne (RU = 90mm)
- Connaissance des plantes,	$49\ 350\text{ m}^3$	$49\ 350\text{ m}^3$
- Pluie,	$1\ 320\text{ m}^3$	$1\ 320\text{ m}^3$
- Contribution du sol,	Néant	$6\ 600\text{ m}^3$
- Apport d'eau nécessaire,	$48\ 030\text{ m}^3$	$41\ 430\text{ m}^3$
- Pertes (15%)	$7\ 205\text{ m}^3$	$6\ 215\text{ m}^3$
Besoins totaux en irrigation	$40\ 825\text{ m}^3$	$35\ 215\text{ m}^3$

au mois de pointe		
-------------------	--	--

vi. Débit d'équipement nécessaire

Tabl. 33 : $Q(m^3)$ =Besoins en eau d'irrigation au mois de pointe /Temps effectif d'irrigation

Types d'équipement	Temps effectif d'irrigation mois de pointe	Débit d'équipement nécessaire	
		Sol léger	Sol à réserve
- Enrouleur,	450 h	91 m ³ /h	78 m ³ /h
- Pivots.	600h	68 m ³ /h	59 m ³ /h

2.2. Les systèmes d'irrigation localisée existants en Algérie

L'irrigation localisée peut se définir comme un apport d'eau enrichi ou non d'éléments fertilisants. En des points de la surface du sol à fréquence élevée et en absence de charge [ZAREB & B. OUMID: Evaluation des systèmes d'irrigation dans les pays Arabes. (INSID/OADA).].

En chaque point, la distribution est assurée par un ajutage relié à un réseau fermé. Il existe deux grands systèmes d'irrigation localisée :

- ✓ Les gaines souples, poreuses ou perforées fixées en surface du sol,
- ✓ Les rampes enterrées ou en surface du sol pouvant assurer une distribution de l'eau par points, par lignes ou par petites zones.

2.2.1. Les gaines poreuses ou suinteuses

2.2.1.1. Les gaines poreuses ou suinteuses

La paroi de gaines est constituée de polyéthylène fibreux ou poreux (porosité de quelques microns), elle est plate au repos et prend sous pression (0,3 à 0,5 bars) une forme à peu près circulaire, l'eau s'échappe de toute la surface de la paroi.

Ce type de gaines est utilisé en surface ou dans certains cas enterrés à une profondeur variable selon le type de culture et de terrain, il s'agit de gains introduits en Algérie à des fins d'expérimentation, mais leur utilisation n'est pas généralisée.

2.2.1.2. Les gaines perforées

Ce sont des gaines en polyéthylène noir, mince à perforations latérales. Elles sont plates au repos, elles se gonflent en service pour prendre une forme ellipsoïdale.

Elles ont des largeurs à plat et des espacements entre perforations variables. On retrouve :

- Les gaines à simple paroi,
- Les gaines perforées à double paroi.

Ces diverses gaines sont relativement bon marché mais fragiles, d'où nécessité de les remplacer assez fréquemment (par rapport aux rampes) [D. ZAREB, (2002) : Equipement de parcelles agrumicoles en Irrigation localisée dans l'E.A.C.N° 3.Mitidja Est. I.N.S.I.D 2002.].

2.2.2. Les rampes

Elles peuvent être en surface ou enterrées. Ce sont des rampes en P.E résistantes à des pressions de 2 à 4 bars, sur lesquelles sont fixées par vissage ou par serrage des organes de distribution de l'eau.

La distribution peut se faire soit :

- ✓ Par point d'eau, tel que le système goutte à goutte dont le débit varie de là 12 L/h,
- ✓ Par lignes, ou les distributeurs sont des ajutages en laiton débitants de 30 à 120 L/h,
- ✓ Par petites zones (systèmes de mini -diffuseurs ou micro-jets).

Constituées d'ajutage en laiton ou en matière plastique, débitant 30 à 150 L/h et plus [D. ZAREB, (2002) : Equipement de parcelles agrumicoles en Irrigation localisée dans l'E.A.C.N° 3.Mitidja Est. I.N.S.I.D 2002.].

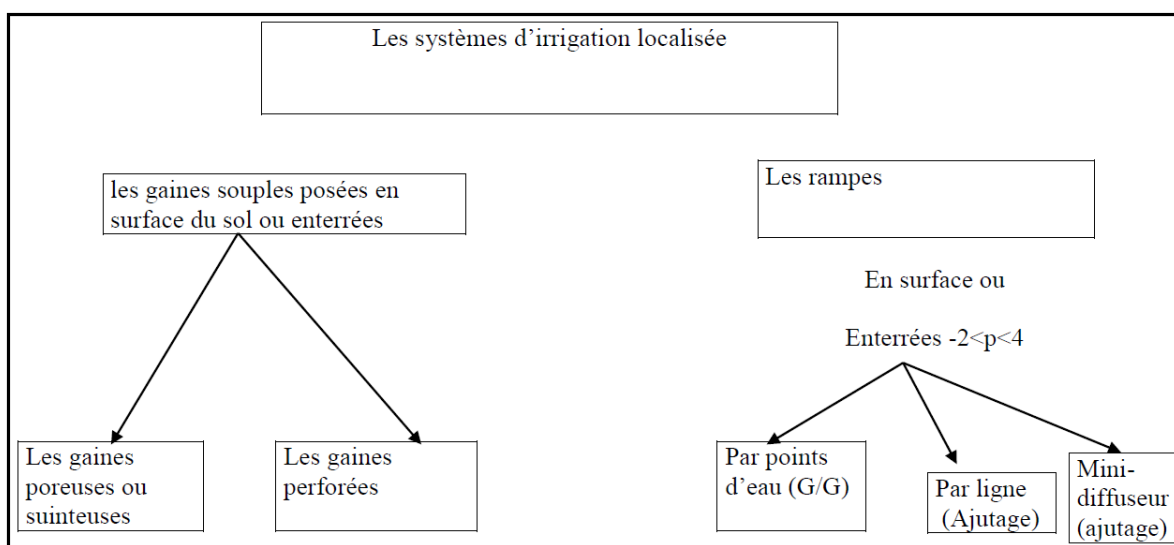


Fig. 12 : Schéma récapitulatif du système d'irrigation localisée.

2.2.3. Avantages de l'irrigation localisée

- Les principaux critères de choix entre systèmes d'irrigation demeurent les avantages techniques et économiques que présente chacun des systèmes par rapport aux contextes agronomiques, pédologiques et climatiques ou se trouve l'exploitation agricole [VESCAMBRE & P. VAYSSE : Mémento goutte à goutte.].

2.2.3.1. L'efficience de l'eau

Pertes d'eau considérablement réduites en raison de:

- ✓ La réduction des pertes par évaporation, par ruissèlement et par percolation,
- ✓ L'absence de concurrence des mauvaises herbes,
- ✓ Des conditions du milieu (vents, températures élevées) qui n'influencent pas beaucoup le rendement du système.

2.2.3.2. Avantages agronomiques

- ✓ Consiste du degré d'humidité du sol, due à la continuité relative des apports d'eau dans le temps,
- ✓ Bonne aération du sol,
- ✓ Pas de brûlures de feuillage en cas de salinité de l'eau d'irrigation,
- ✓ Les maladies cryptogamiques sont considérablement réduites,
- ✓ Les insectes ne sont pas attirés au voisinage des cultures en raison de la sécheresse relative de l'air,
- ✓ Développement des mauvaises herbes très réduites,
- ✓ Grande efficacité de la fertilisation (fustigation),

✓ Possibilité d'utiliser les eaux salées en veillant sur la fréquence et la continuité des arrosages, afin de maintenir l'humidité du sol élevée, de façon à ce que la teneur en sel du sol n'atteigne pas un seuil préjudiciable à la plante.

2.2.3.3. Avantages économiques

Du point de vu économique, les avantages de l'irrigation localisée sont multiples et autant de facteurs pouvant influencer fortement le prix de revient :

- ✓ Main d'œuvre,
- ✓ Eau,
- ✓ Fertilisation,
- ✓ Temps,
- ✓ Augmentation des rendements des cultures.

2.2.3.4. Avantages cultureux

Le gêne et l'encombrement du matériel lors de travaux du sol sont diminués du fait que les rampes portes goutteurs soient confondues avec les rangées des arbres (cas de l'arboriculture et de la phoénici-culture).

2.2.4. Choix des techniques d'irrigation localisée

Une fois convaincu des avantages techniques et économiques que peut procurer l'adoption d'un système d'irrigation localisée, il sera opportun de choisir au sein de ces systèmes les techniques la plus appropriée aux conditions intrinsèques de l'exploitation agricole [INSID, (2003): Comment choisir votre équipement d'irrigation. DFRV2003 : Document tiré en 3000 exemplaires distributions gratuites.].

A cet effet, il faut prendre en considération les particularités et caractéristiques de ce système afin de titrer un maximum de profit des avantages qu'il peut offrir.



Fig. 13 : Quelques types de goutteurs

❖ Les caractéristiques de l'irrigation localisée

- N'arrose qu'une fraction du sol,
- Utilise de faibles débits avec de faibles pressions,
- Met en œuvre des équipements fixes et légers,
- Ne mouille pas le feuillage,
- Convient bien à l'irrigation fertilisante,
- Est totalement indépendante vis-à-vis des autres interventions sur la culture.
 - ✓ Ce qui est nécessaire en irrigation localisée c'est d'avoir un système adapté :
 - Au type de sol,
 - A la nature des cultures,
 - A la qualité de l'eau,
 - A la configuration de la parcelle à irriguer,
 - ✓ D'où la nécessité de bien étudier le projet, car c'est une installation fixe en raison de :
 - Sa mise en place pour toute la durée de la culture,

- Sa difficile modification si cela n'a pas été prévu au départ,
 - Son cout élevé,
 - L'impossibilité de la réaliser sans calculs techniques et économiques préalables.

Pour être adaptée aux besoins de l'exploitation : **un devis doit forcément résulter d'une étude.**

Il faut savoir qu'une installation qui n'assure pas le service attendu n'est pas rentable à l'usage [VESCAMBRE & P. VAYSSE : Mémento goutte à goutte].

On ne peut arriver au meilleur choix de 'équipement d'irrigation localisée qu'en :

- Définissant les besoins et la disponibilité en eau de l'exploitation,
- Raisonnant la disposition et les dimensions des équipements,
- Choisisant des matériels adaptés et performants.

2.2.5. Comment choisir les distributeurs

• Le choix des distributions conditionne l'uniformité de la répartition de l'eau sur la parcelle, le niveau de filtration de l'eau et le type de maintenance à assurer la pérennité des équipements. Pour être objectif, ce choix doit tenir compte de trois éléments [INSID, (2003): Comment choisir votre équipement d'irrigation. DFRV2003 : Document tiré en 3000 exemplaires distributions gratuites.]:

1. Le milieu à irriguer
2. Les caractéristiques et aptitudes des distributeurs disponibles.
3. Le cout global de l'installation.



Fig. 14 : Goutteur en tige.



Fig. 15 : Goutteur à circuit long

2.2.5.1. Le milieu

Le Système choisi doit être adapté à:

- i. Type de sol,
- ii. La nature des cultures,
- iii. La qualité de l'eau d'irrigation,
- iv. La configuration de la parcelle à irriguer.

i. Le type de sol

- Dans les sols à perméabilité moyenne ($K = 5 - 10$ m/s ou L m/j), assurant une bonne diffusion latérale de l'eau, des goutteurs de 02 conviennent et induisent des investissements moindres par rapport aux diffuseurs à plus fortes débits. Dans les sols moyennement ou peu perméables l'eau diffuse latéralement le bulbe s'étale.

- Dans les sols à forte perméabilité ($K = 3 - 10$ m/s), comportant des matières grossières, ainsi que dans certains sols argileux gonflants ;(dont la dessiccation provoque la formation de grosses fentes de retrait), l'eau à tendance a percoler en profondeur, sans diffuser latéralement .dans ce cas, on choisira des mini diffuseurs qui arrosent une surface de sol de 1 à quelques m 2 .Dans les sols très perméables, l'eau descend en profondeur [9].

ii. La nature des cultures

* **Cultures annuelles:** Déroulement en enroulement des rampes lors de la mise en place de la culture et pour la récolte:

- Utiliser des goutteurs en lignes,
- Utiliser des goutteurs intégrés dans la rampe des gains,
- Il faut éviter les goutteurs en dérivation.

* **Cultures pérennes:** Arbres fruitiers, phonéniculture et vigne: Installation fixe.

- Tous les types de distributeurs peuvent êtres utilisés si la nature du Sol le permet,
- Les goutteurs de 41 L/h sont les plus employés [D. ZAREB : Introduction de l'irrigation localisée sur Agrumes. Mémoire d'ingénieur Agronome, Option hydraulique Agricole.].

* **Cultures maraichères**

- Goutteurs de 2 L/h,
- Gaines souples



Fig. 16 : Micro asperseur sur arboriculture.

Tabl. 34 : Quantité d'eau apportée par heure en irrigation localisée selon la culture.

	Nombre de distributeurs/ha	Débit moyen du distributeur (L/h)	Apport horaire (mm/h)
- Arboriculture,	1 500 à 2 000 goutteurs	4	0,6 à 0,8
- Maraichage,	400 à 1 000 diffuseurs	20	0,8 à 2
- Plein champs	10 000 à 20 000 goutteurs	2	2 à 4
- Sous Serres	Jusqu'à 50 000 goutteurs	2	Jusqu'à 10
- Grandes cultures	10 000 à 20 000 goutteurs	2	2 à 4

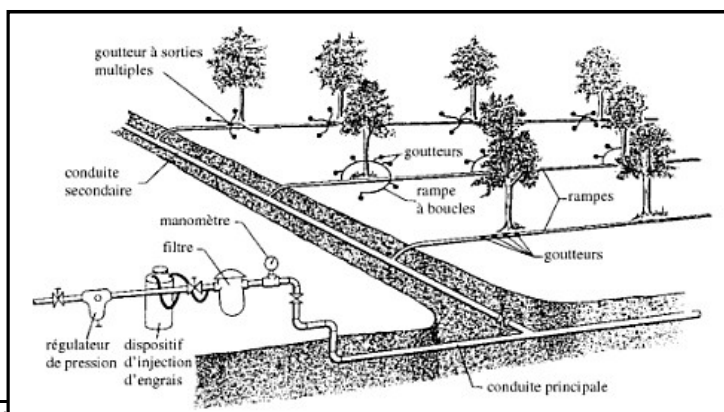


Fig. 17 : Schéma de fonctionnement d'un système d'irrigation de goutte à goutte**iii. La qualité de l'eau**

Les risques de colmatage dépendent de la qualité de l'eau. La qualité de l'eau est d'autant moins bonne qu'elle contient des éléments susceptibles de boucher les distributeurs. Ces éléments sont de nature chimique, physique ou biologique.

Pour des eaux de qualité médiocre ou mauvaise, il faut porter une attention particulière à la sensibilité des distributeurs à l'obstruction et il est recommandé d'utiliser des goutteurs à circuit long non uniformes.

Si l'on doit utiliser des distributeurs auto régulant, il est préférable de choisir ceux qui sont à chicanes avec une longueur de cheminement la plus grande possible [IRRIGATION, (1992): Réseau National Expérimentation, Démonstration hydraulique agricole .France 1992.].

- **Raisonnement de la filtration**

C'est l'origine de l'eau et sa qualité qui déterminent le choix des filtres.

Tabl. 35 : Choix des filtres en fonction des conditions locales.

Origine de l'eau	Natures des impuretés	Filtration	Option
Eau de surface Rivière Canaux Lacs Retenues collinaires	Argiles Limons Algues Bactéries Particules grossières	Filtres à sable + Filtres à tamis	Filtres flottant (crépine filtrante)
Eau souterraine Puits Forages	Limons Sables Fer	Filtres à sable + Filtres à tamis Filtres à tamis seul (si peu de limons)	Séparateur (si particules denses) Déferrisation (cout élevé)

**Fig. 18** : Filtre à tamis



Fig. 19 : Filtre à sable à couches superposées

iv. La configuration de la parcelle

❖ *Cas d'un terrain à topographie peut marquée (assez plante)*

Il y a possibilité d'implanter des rampes de longueur limitée, donc il est préférable d'utiliser des goutteurs non autorégulant, car ils sont moins sensibles au bouchage et moins chers que les goutteurs autorégulant et pour assurer une bonne répartition de l'eau au niveau de la parcelle, il est conseillé d'utiliser des goutteurs à chicanes car ,ils sont peu sensibles aux variations de pression.

❖ *Cas d'un terrain à topographie marquée*

Dans ce cas et pour des parcelles de formes très irrégulières et de grande dimension ou il n'est pas possible de limiter la longueur des rampes, il est plus judicieux d'utiliser des goutteurs autorégulant ou des capillaires.

2.2.5.2. Caractéristiques des goutteurs

Ce qui est recherché dans un distributeur, c'est la régularité et la stabilité des débits, qui sont fonction de:

- L'homogénéité de fabrication,
- La tolérance aux variations de pression,
- La sensibilité au bouchage.

2.2.5.3. Cout de l'installation

- ✓ Cout global de l'installation = Equipements + charges annuelles Compte tenu de:
 - La durée de vie qui varie d'une compagne d'irrigation jusqu'à 10-15 ans,
 - La main d'œuvre nécessaire à la mise en œuvre de l'installation.
- ✓ Cout du matériel, qui est en fonction de:
 - L'organe de distribution,
 - Type de filtration nécessaire,
 - Dispositif choisi pour l'implantation du porte rampe et des rampes.

Pour une même parcelle, ce cout peut varier de 20 à 30%.

Cout de la main d'œuvre, qui est fonction du type de distribution pour lequel le temps de mise en place est plus au moins important par ordre de temps croissant:

- Les gaines,
- Les goutteurs en ligne,
- Les goutteurs en dérivation,
- Les capillaires,

- Les mini-diffuseurs.

2.2.6. Choix de variantes pour l'équipement d'une parcelle

Une parcelle peut être équipée de différentes manières. C'est une fois l'étude réalisée (équipement à la parcelle et dimensionnement du réseau) que les critères de choix deviennent quantifiables et le choix de la solution optimale peut être fait [D. VESCAMBRE & P. VAYSSE : Mémento goutte à goutte.].

Tabl. 36 : Exemple d'équipement d'une parcelle de pommier de 1,5 hectare.

Type d'installation	q (L/h)	Nombre de distributeur/arbre	P (%)	Dose net (mm)	Dose brute (mm)	I (jours)	T (heure)	N	Q (L/s)	Σe à la parcelle
Goutteurs en dérivation (équipement en queue de cochon)	04	02	34	7,80	9,12	02	5,93	02	2,23	2006
Goutteurs en dérivation (équipement en queue de cochon)	08	02	40	9,18	10,74	02	4,56	02	4,46	2006
Diffuseurs	20	01	37,5	7,70	09	02	3,60	02	5,57	1003
Diffuseurs	40	01	37,5	7,70	09	0,2	1,80	02	11,14	1003
Diffuseurs	60	01	37,5	7,70	09	0,2	1,20	02	16,72	1003

Avec :

q = Débit moyen des goutteurs ou diffuseurs (L/h),

P = Pourcentage de sol humidifié (%),

T = Temps de fonctionne par arrosage (Heure),

N = Nombre de poste d'arrosage,

Q = Débit en tête de parcelle (L/s),

e = Nombre distributeurs (goutteurs ou diffuseurs) au niveau de la parcelle.

I = Fréquence d'irrigation (Jour).

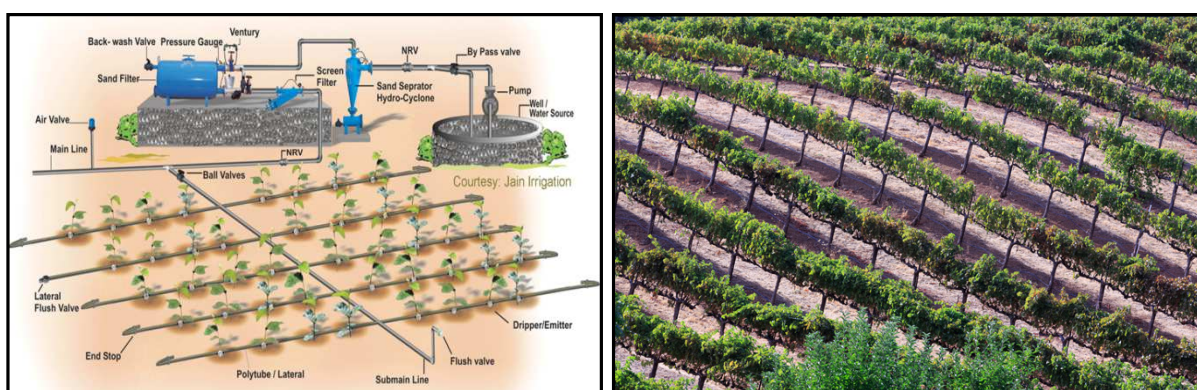


Fig. 20 : Irrigation goutte à goutte des vergers

Le choix de la meilleure option parmi les cinq variantes étudiées, dépend des conditions du milieu dans lesquelles se trouvent l'exploitation agricole et la situation financière de l'agriculteur.

En effet les principaux critères issus de l'étude de l'équipement à la parcelle (voir Annexe.11) vont aider l'agriculteur dans le choix de la variante la plus adéquate.

Parmi les deux hypothèses d'équipement étudiées, on opte pour l'équipement avec diffuseurs en raison de:

- La nature du sol argileuse qui présente un risque,
- Percolation profonde de l'eau d'irrigation sans diffusion latérale,
- Nombre de distributeurs réduits par rapport à l'équipement avec goutteurs,
- La faiblesse du temps d'arrosage qui se répercutera sur le cout d'énergie,
- La limitation des risques de colmatage en raison de la section de passage des diffuseurs qui est plus importante que celle des goutteurs.

Parmi les trois variantes de diffuseurs étudiées, c'est celui qui assure un débit de 20L/h est le plus indiqué en raison de:

- * La faiblesse du débit à mobiliser en tête de parcelle, ce qui va se répercuter positivement sur le diamètre de conduite, donc sur le cout d'équipement,
- * Temps d'arrosage proche de l'optimum en irrigation localisé (continuité de l'apport),
- * Cout des distributeurs qui sera plus faible que les distributeurs à plus fort débit.

2.2.6.1. Le choix du type de pompe

Le choix du type de pompe dépendra du débit à assurer et de la hauteur manométrique totale (H.M.T), le débit que devra délivrer la pompe sera fonction de la surface à irriguer et du débit fictif de pointe.

$$H.M.T=H.G.T + J \text{ total} + P$$

La H.M.T est la hauteur de fonctionnement que devra assurer la pompe avec le débit demandé, elle est déterminée en fonction de la somme des paramètres suivants:

- La différence de niveau entre le point d'aspiration et le point d'utilisation de l'eau (H.G.T),
- Les pertes de charge dans les canalisations et les accessoires (J),
- La pression nécessaire en têt de parcelle (P)

2.2.6.2. Gestion du réseau d'irrigation localisée

Compte tenu de l'importance de l'investissement consenti pour l'installation d'un réseau d'irrigation localisée, il faut veiller à l'entretenir régulièrement et à surveiller son fonctionnement car la rentabilisation de l'investissement en dépend.

Pour l'entretien, il s'agit de trois opérations principales, qui sont :

1. La filtration,
2. Le traitement des eaux,
3. La surveillance.

i. Filtration

Son raisonnement est fonction de l'origine de l'eau et de sa destination .en irriguant avec une eau souterraine (forage) un filtre à tamis peut suffire, ce qui n'est pas le cas avec les eaux de surface ou une double filtration à sable et à tamis est nécessaire. Selon le type de distributeurs, il faut des finesses de filtration des filtres différentes.

Le nettoyage régulier des filtres est la meilleure façon d'éviter le colmatage et les dépôts dans les réseaux d'irrigation.

On considère qu'il faut dé-colmater quand la différence de pression de l'eau entre l'entrée et la sortie de l'ensemble des filtres dépasse 0,300 Kg.

ii. Traitement des eaux

Cette opération n'est pratiquée qu'en cas d'installation très élaborée (type hydroponique ou culture sur substrat) elle est nécessaire que dans les cas suivants :

- Eaux très calcaires,
- Eaux chargées en algues microscopiques,
- Eaux contenant du fer sous diverses formes.

- *Eau très calcaire*

En injectant de l'acide nitrique pour redresser le pH, on neutralise le calcaire par l'Héxamétaphosphate de sodium; comme on peut procéder à une oxygénation et une décantation.

- *Eau chargée en algues microscopiques*

A jonction d'une légère dose de chlore ou de javel si la culture le supporte ou de sulfate de cuivre à la dose moyenne de 04 p.p.m.

- *Eaux contenant du fer sous diverses formes*

Injection de permanganate de potasse 0,6 p.p.m pour 01 p.p.m de fer ou mieux, oxydation du fer ferreux en fer ferrique par forte aération des eaux et filtration du fer floclé.

iii. La surveillance

Pour prévoir les colmatages graves, une surveillance continue de l'installation de tête, du réseau et des distributeurs est indispensable.

On veillera particulièrement:

- ✓ Au contrôle de la qualité de filtration en vérifiant la perte de charge entre l'entrée et la sortie de l'ensemble des filtres et au contrôle de débit des distributeurs les plus défavorisés,
- ✓ A la surveillance particulière des bouts de lignes qui est indispensable puisque c'est dans ce zones, que les sédimentations de particules fines sont les plus à craindre,
- ✓ Au nettoyage par chasse d'eau en fin de saison de tous les bouts de lignes primaires, secondaires et des rampes, en ouvrant les purges pour faire un lessivage des sédiments, la même opération sera faite à la remise en route, ainsi que pendant la campagne d'arrosage dans le cas d'eau chargée .cette opération est indispensable.

VI. CONCLUSION

Choisir son équipement d'irrigation, revient en fin de compte à faire un compromis raisonné entre plusieurs exigences, d'abord techniques puis économiques, par ailleurs, il faut surtout veiller à être bien informé :

- ✓ Des performances techniques des matériels existants sur le marché,
- ✓ Des caractéristiques imposées par la nature du sol et de la culture,
- ✓ Des pratiques culturelles,
- ✓ De la qualité de l'eau d'irrigation,

- ✓ De la configuration de la parcelle.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Cette étude porte sur l'évaluation des performances d'un système irrigué. Elle s'inscrit dans le cadre du développement agricole, qui a pour objectif de développer, tester et évaluer des approches innovantes en matière d'irrigation.

Elle a été réalisée sur le périmètre irrigué d'Aïn Témouchent, connu comme un ancien périmètre qui a été irrigué principalement à partir des ressources en eau souterraine, et dont les agriculteurs disposent d'une bonne maîtrise de la gestion d'eau.

Notre approche s'est basée sur l'introduction de l'agriculteur en tant qu'un élément clé pour la compréhension des facteurs qui limitent les performances du périmètre. La première partie a concerné la description et la compréhension du fonctionnement du système.

Les principales conclusions tirées sont les suivantes:

L'irrigation est utilisée pour favoriser la croissance des cultures agricoles, l'entretien des paysages et la revégétalisation des sols au niveau des zones arides et cela pendant les périodes de pluies insuffisantes.

Il existe trois (03) systèmes d'irrigation dans la wilaya d'Aïn Temouchent, qui sont : l'irrigation gravitaire, l'irrigation par aspersion et l'irrigation par goutte à goutte.

Il existe beaucoup de ressources d'eau qui sont destinée pour l'irrigation dans la wilaya d'Aïn Temouchent.

La qualité d'eau d'irrigation joue un rôle très important pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement.

Afin de déterminé la qualité de cette eau, il suffit de faire une analyse, d'où les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont comme suit :

- pH,
- Risque de salinité,
- Risque de sodium (degré d'adsorption du sodium ou SAR)
- Carbonates et bicarbonates en relation avec les teneurs en Ca et Mg.
- Autres traces d'élément,
- Anions toxiques,
- Aliments,
- Chlore libre

Le choix d'une technique d'irrigation se fais en tenant en compte des divers paramètres, tels que : le sol, le climat et la plante.

La performance d'une installation d'irrigation dépendra du bon choix de la technique et du système d'irrigation et de la bonne mise en place des équipements sur la base de la parfaite connaissance des informations techniques et économiques liées aux conditions de l'exploitation.

Bibliographie

Références Bibliographiques

- [1] **A. LARBI, F. MEKKAOUI, (2011)** : Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de ville de Djelfa. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'État en Biologie. Université Djelfa 87P.
- [2] **A.B. SEBAIBI**, Cours d'irrigation, Licence 3 hydraulique. Institut des Sciences et Technologie – Département du Génie de l'Eau et de l'Environnement.
- [3] **A.E.K. ROUABHIA & L. DJABRI, (2010)** : L'irrigation et le risque de pollution saline : Exemple des eaux souterraines de l'aquifère Miocène de la plaine d'el ma el Abiod. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 08, pp. 55-67
- [4] **B. DELAITTE** : Conseiller Technique Principal du projet. DFS. Expert du projet FAO GCP/CVI/030/NET, Cap-Vert
- [5] **C.T.G.R.E.F** : Evaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations. Ministère de l'agriculture .France.
- [6] **D. A. BRANDS, & al, (2005)**: Prevalence of *Salmonella* spp. in Oysters in the United States. Applied and environmental microbiology journal. DOI: 10.1128/AEM.71.2.893-897.2005. February 2005, vol. 71, N°: 2893-897.
- [7] **D. VESCAMBRE & P. VAYSSE** : Mémento goutte à goutte.
- [8] **D. ZAREB & B. OUMID**: Evaluation des systèmes d'irrigation dans les pays Arabes. (INSID/OADA).
- [9] **D. ZAREB** : Introduction de l'irrigation localisée sur Agrumes. Mémoire d'ingénieur Agronome, Option hydraulique Agricole.
- [10] **D. ZAREB, (2002)** : Equipement de parcelles agrumicoles en Irrigation localisée dans l'E.A.C.N° 3.Mitidja Est. I.N.S.I.D 2002.
- [11] **INSID, (2003)**: Comment choisir votre équipement d'irrigation. DFRV2003 : Document tiré en 3000 exemplaires distributions gratuites.
- [12] **IRRIGATION, (1992)**: Réseau National Expérimentation, Démonstration hydraulique agricole .France 1992.
- [13] **ITCF** : L'irrigation du maïs, ITCF (France).
- [14] **MEMENTO DE L'AGRONOME, (1980)** : Ministère de la Coopération française, Paris 1980.
- [15] **MONOGRAPHIE DE LA WILAYA D'AIN T'EMOUCHENT, (2015)**. Edition Mars 2016.
- [16] **N. LONG, K. GUENNADI, & G. KALLE, (2008)**: Structure of *Escherichia coli* tetrahydrodipicolinate *N*-succinyl transferase reveals the role of a conserved C-terminal helix in cooperative substrate binding. FEBS Journal, DOI: 10.1016/j.febslet.2008.01.032, Volume 582, Issue 5, March 2008, pages 623–626.
- [17] **O.W. ISRAELSEN & V.E. HANSEN, (1962)**: Irrigation Principles and Practices. 3rd Edition, Wiley International Edition, New York.

- [18] **S. BOUAROUDJ, (2012)** : Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magistère en Écologie, Option: Gestion des déchets évaluation et solution environnementales.

Web Site :

- [19] **Anonyme** : http://irrigazette.com/sites/default/files/styles/image_details/public/field/image/INTERNET%20-3-%20UTILISEE%20150_0.jpg?itok=XLuopIqi.
- [20] **Anonyme** : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Irrigation>
- [21] **Anonyme** : <https://www.aquaportail.com/definition-12892-irrigation.html>.
- [22] **Anonyme** : <https://www.aquaportail.com/definition-7160-eau-potable.html>
- [23] **Anonyme** : <https://www.lenntech.fr/.../irrigation/qualite/irrigation/qualite-eau-irrigation.html>.
- [24] **Anonyme** : <https://www.lenntech.fr/applications/irrigation/qualite/irrigation/qualite-eau-irrigation.htm#ixzz59Qe2hYjd>.
- [25] **Anonyme** : <https://www.lenntech.fr/applications/irrigation/salinite/irrigation/salinite-risque-irrigation.htm#ixzz59Tp6EcUf>
- [26] **Anonyme** : www.dsa-aintemouchent.dz
- [27] **Anonyme** : www.dsa-aintemouchent.dz/?page_id=52
- [28] **Anonyme** : www.fao.org/3/a-s8684f.pdf.
- [29] **Anonyme** : www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=3464
- [30] **Anonyme** : <https://arrosage.ooreka.fr/comprendre/arrosage-par-aspersion>.
- [31] **Anonyme** : <https://www.agrimaroc.ma/besoins-eau-irrigation>.
- [32] **Anonyme** : <https://www.lenntech.fr/applications/irrigation/analyse/irrigation/irrigation-eau-lab-analyse.htm#ixzz59Tgy7Wou>
- [33] **Anonyme** : <https://www.lenntech.fr/applications/irrigation/sar/irrigation/sar-risque-pour-eau-irrigation.html>.
- [34] **Anonyme** : om.ciheam.org/om/pdf/c01-1/94001218.pdf
- [35] **Anonyme** : www.aluminiumirrigation.com/fr/71808/Questions-frequentes-FAQ...
- [36] **Anonyme** : www.aqua6.org/pages/Les-differents-systemes-d-irrigation.html.
- [37] **Anonyme** : www.canaux-et-territoire.info/d2/index.php?post/2009/12/24/38
- [38] **Anonyme** : www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/usages/multSys.html.
- [39] **Anonyme** : www.laboratoireldm.com/eaux-environnement/eau-dirrigation
- [40] **Anonyme** : www.pa.chambagri.fr/fileadmin/documents_ca64/AgricultureBio/...
- [41] **Anonyme** : <https://eau-agro-1.wikispaces.com/Irrigation>.
- [42] **Anonyme** : <https://www.canal-de-provence.com/Portals/0/files/pdf/Publications/>

- [43] **FRENCH ACF. 1.** *Qualité de l'eau.* Doc en ligne. (www.watersanitationhygiene.org/.../Water%20Quality/Water%20Quality. consulté le 10 mars 2018.
- [44] **G. LEYRAL, E. VIERLING, (2007) :** Alimentation, processus technologiques et contrôles. Microbiologie et toxicologie des aliments, 4e ed., Doin Éditions. (<https://books.google.dz/books?isbn=2844447201>).
- [45] **L. AUBRIL CARHON, (2013) :** Eau potable: Normes. (www.wikiterritorial.cnfpt.fr/xwiki/wiki/econnaissances/view/Notions-Cles). consulté le 10 Mars 2018.
- [46] **M. KESSIRA, INSID, Encadrement PNDA.** Conseils pratiques pour l'investissement en Irrigation. insid.dz/realisation/did/D5.pdf.
- [47] **OMS, (2006) :** <https://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.html>.
- [48] **TERMINALF.** *Paramètres physico-chimiques.* Doc en ligne : (terminalf.scicog.fr/cfm/fich-1.php?IDChercher=3728...eau.mdb. consulté le 10 mars 2018.

Annexes

Annexes

Annexe.1 : LES NORMES DE L'OMS POUR L'EAU POTABLE

(Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable).

PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES

Groupe de parametre	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physiques	pH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5
	Conductivité		pas de norme
	Température		acceptable
	Turbidité	NTU (1NTU pour la désinfection)	5
Paramètres organoleptiques	Couleur		Pas de valeur guide
	Goût et odeur		acceptable

PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES

Groupe de paramètre	Paramètres	Unités	VALEURS LIMITES (CMA)
Eléments toxiques	Arsenic (As)	mg/L	0,01
	Cadmium (Cd)	mg/L	0,003
	Chrome Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	mg/L	chrome total : 0,05
	Cyanure (CN ⁻)	mg/L	0,07
	Mercure (Hg)	mg/L	inorganique: 0,006
	Sélénium (Se)	mg/L	0,01
	Plomb (Pb)	mg/L	0,01
	Antimoine (Sb)	mg/L	0,02
	Fer (Fe)		Pas de valeur guide
	Manganèse (Mn)	mg/L	0,4
Eléments indésirables	Aluminium(Al)	mg/L	0,2
	Cuivre (Cu ²⁺)	mg/L	2
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/L	0,5
	Argent		Pas de valeur guide
	Fluorures	mg/L	1,5
	Zinc(Zn)	mg/L	3
	Bore(B)	mg/L	0,5
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires C ₂ H ₃ N ₁ O ₅ P ₁ 3	µg/L	0,1
THM (Trihalométhanes) C Cl ₄	µg/L	4	
Minéralisation globale	Calcium Ca ²⁺	mg/L	100
	Chlorures(Cl)	mg/L	250
	Magnésium Mg ²⁺	mg/L	50
	Dureté mg/L CaCO ₃	Ppm	200
	Sodium (Na)	mg/L	20

	Potassium (K⁺)	mg/L	12
	Sulfates (SO₄)	mg/L	500

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

Groupe de paramètre	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres microbiologiques	Coliformes totaux	nb/100ml	0
	Coliformes fécaux	nb/100ml	0
	Streptocoques fécaux	nb/100ml	0
	Clostridium Sulfito-Réducteurs	nb/100ml	0
	Staphylocoques pathogènes	nb/100ml	0
	Spores des bactéries	nb/20ml	0
	Vibrions cholériques	nb/10ml	Absence
	Salmonelles	nb/5L	Absence

Annexe.2 : LES NORMES ALGERIENNES DU MINISTRE DES RESSOURCES EN EAU (DEPUIS 22 MARS 2011)

(L'Algérie s'est basée sur les normes internationales, pour établir ses propres normes, on peut dire que c'est une combinaison de différentes normes qui existe sur le plan international).

PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE

PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES

Groupe des paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	pH	Unité pH	$\geq 6,5$ et $\leq 9,5$
	Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2800
	Température	°C	25
	Dureté	mg/L en CaCO ₃	200
	Alcalinité	mg/L en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/L en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/L	500
	Potassium	mg/L	12
	Résidu sec	mg/L	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/L	400
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/L Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur 12°C	Taux dilution	4
	Saveur 25°C	Taux dilution	4

PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES

Groupe des paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/L	0,2
	Ammonium	mg/L	0,5
	Baryum	mg/L	0,7
	Bore	mg/L	1
	Fer total	mg/L	0,3
	Fluorures	mg/L	1,5
	Manganèse	$\mu\text{g}/\text{L}$	50
	Nitrates	mg/L	50
	Nitrites	mg/L	0,2
	Oxydabilité	mg/L O ₂	5
	Phosphore	mg/L	5
	Acrylamide	$\mu\text{g}/\text{L}$	0,5
	Antimoine	$\mu\text{g}/\text{L}$	20
	Argent	$\mu\text{g}/\text{L}$	100
	Arsenic	$\mu\text{g}/\text{L}$	10
	Cadmium	$\mu\text{g}/\text{L}$	3
Chrome total	$\mu\text{g}/\text{L}$	50	

	Cuivre	mg/L	2
	Cyanure	µg/L	70
	Mercure	µg/L	6
	Nickel	µg/L	70
	Plomb	µg/L	10
	Sélénium	µg/L	10
	Zinc	mg/L	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/L	0,2
	Phénols	µg/L	0,5
	Pesticides (Totaux)	µg/L	0,5
	Bromates	µg/L	10
	Chlore	mg/L	5
	Chlorite	mg/L	0,07
	Trihalométhanes (THM) (Total)	µg/L	100
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/L	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/L	100
	Uranium	µg/L	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0,1

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	nb /100ml	0
	Entérocoques	nb /100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	nb/20ml	0

Annexe.3 : LES NORMES MAROCAINE POUR LES EAUX DESTINEES A L'IRRIGATION

PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES

Paramètres	Valeurs limites
Coliformes fécaux	1000/100 ml
Salmonelle	Absence dans 5 L
Vibron cholérique	Absence dans 450 ml

PARAMETRES PARASITOLOGIQUES

Parasites pathogènes	Absence
Œufs, Kystes des parasites	Absence
Larves d'Ankylostomides	Absence
Fluococercaires de Schistosoma hoematoblum	Absence

PARAMETRES TOXIQUES (1)

Mercure (Hg) en mg/L	0,001
Cadmium (Cd) en mg/L	0,01
Arsenic (AS) en mg/L	0,1
Chrome total (Cr) en mg/L	1
Plomb (Pb) en mg/L	5
Cuivre (Cu) en mg/L	2
Zinc (Zn) en mg/L	2
Sélénium (Se) en mg/L	0,02
Fluor (F) en mg/L	1
Cyanures (CN) en mg/L	1
Phénols en mg/L	3
Aluminium (Al) en mg/L	5
Béryllium (Be) en mg/L	0,1
Cobalt (Co) en mg/L	0,5
Fer (Fe) en mg/L	5
Lithium (Li) en mg/L	2,5
Manganèse (Mn) en mg/L	0,2
Molybdène (Mo) en mg/L	0,01
Nickel (Ni) en mg/L	2
Vanadium (V) en mg/L	0,1

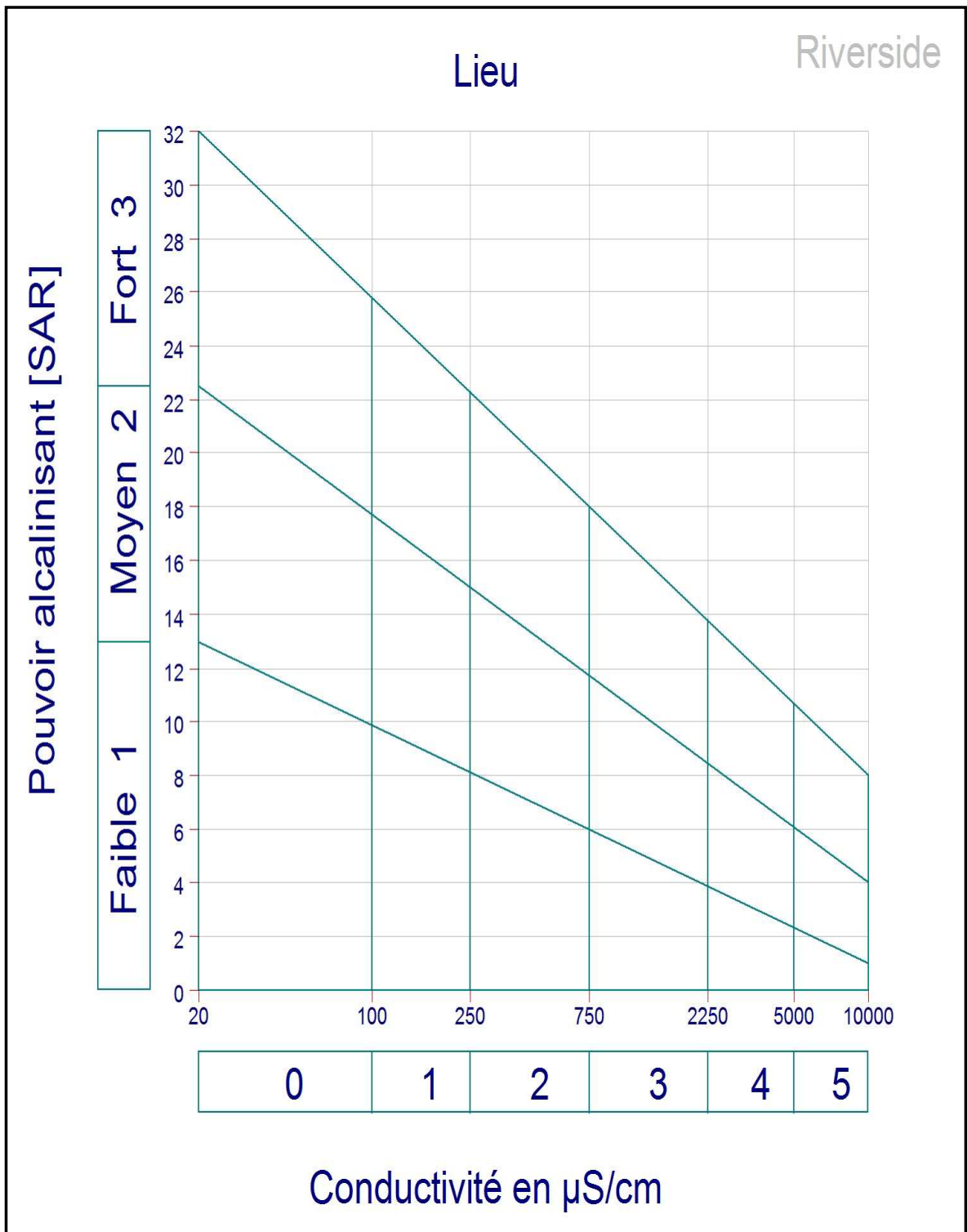
**Annexe.4 : LISTE DES CULTURES POUVANT ETRE IRRIGUEES
AVEC DES EAUX USEES EPUREES (J.O du 15 Juillet 2012)**

Groupe des cultures pouvant être irriguée avec les eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (1)	Dattier, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nèfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figes, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragères, vesce et luzernes.
Cultures industrielles	Tomate industrielle, haricot a rame, petit pois a rame, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragères	Acacia et a triplex.
Plantes florales à sécher ou a usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

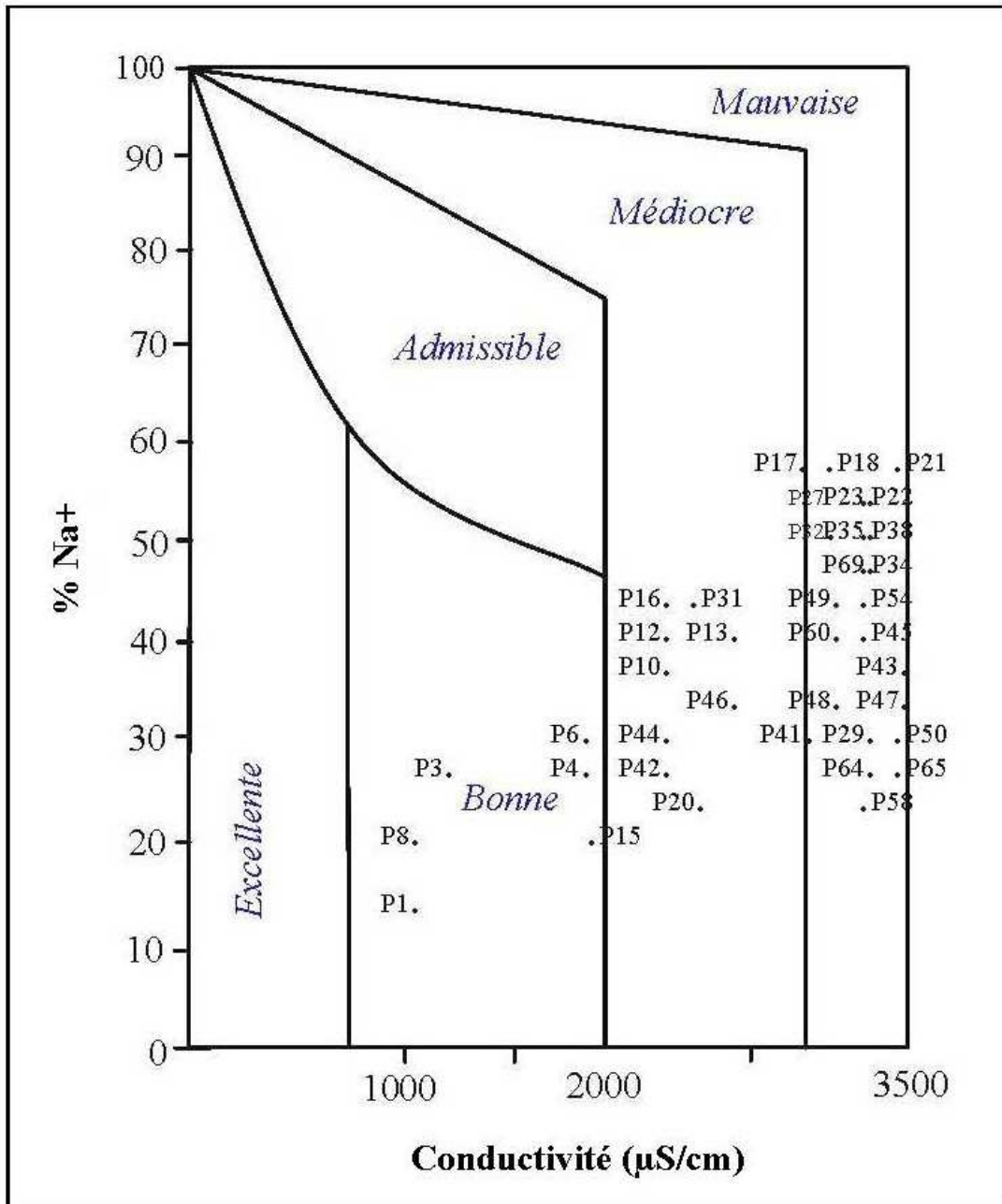
(1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (02) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

(2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

Annexe.5 : Diagramme de Riverside (SAR/Conductivité)



Annexe.6 : Exemple du model du diagramme de Wilcox



Annexe.7 : Tableau des précipitations moyennes mensuelles (allons de 2000 jusqu'à 2018)

Mois Indicateur	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Total
Moyenne Seltzer	00	50	89	77	63	64	54	55	43	495
Moyenne décennale	17	18	70	39	63	37	29	29	18	320
Campagne 2000/2001	27	132	63	39	123	125	06	03	18	536
Campagne 2001/2002	21	19	160	42	2	7	24	72	32	379
Campagne 2002/2003	2	130	139	10	97	105	34	24	16	557
Campagne 2003/2004	1	35	41	96	41	19	25	25	70	353
Campagne 2004/2005	00	50	60	78	24	30	39	23	1	305
Campagne 2005/2006	8	27	76	39	54	96	18	22	14	354
Campagne 2006/2007	17	04	08	66	19	37	112	49	02	314
Campagne 2007/2008	21	123	51	12	27	29	26	06	12	307
Campagne 2008/2009	25	92	76	135	96	24	16	40	18	522
Campagne 2009/2010	67	02	14	60	120	57	66	18	10	414
Campagne 2010/2011	09	60	37	19	68	37	20	62	40	352
Campagne 2011/2012	2	50	154	33	39	25	28	44	06	381
Campagne 2012/2013	11	47,5	167	39,5	111	51	58	89	37	611
Campagne 2013/2014	62,5	17	106,5	108	98	29	34,5	03	16,5	475
Campagne 2014/2015	40	18	90	99,5	109,5	52,5	30	7	0	466,5
Campagne 2015/2016	00	38	33	00	243	60,5	73,5	43	22,5	294,5
Campagne 2016/2017	00	20	52	114	194	15	19	03	00	417
Campagne 2017/2018	00	18	24,5	49	70	44,5	10			216

Annexe.8 : Propriétés physique représentatives du sol (Israelson & Hanson)

Texture du sol	Gravité spécifique apparente	Capacité au champ	% de flétrissement	Eau disponible totale		
				Poids %	% volume	C m/m
Sablonneux	1,65 (1,55 à 1,80)	9 (6 à 12)	4 (2 à 6)	5 (4 à 6)	8 (6 à 10)	8 (6 à 10)
Sablonneux moyen	1,50 (1,40 à 1,60)	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	12 (9 à 15)	12 (9 à 15)
Terre franche L.A.S	1,40 (1,35 à 1,50)	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	17 (14 à 20)	17 (14 à 20)
Argileux limoneux	1,35 (1,30 à 1,40)	27 (23 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	19 (16 à 22)	19 (16 à 22)
Limoneux argileux	1,30 (1,30 à 1,40)	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	21 (18 à 23)	21 (18 à 23)
Argileux	1,25 (1,20 à 1,30)	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	23 (20 à 25)	23 (20 à 25)

Annexe.9 : Valeurs des coefficients culturaux de quelques cultures (C.T.G.R.E.F).

❖ Cultures maraichères

K = ETM/ETP	Phase de pleine végétation	Phase de maturation
Aubergine	1,0	0,9
Tomate	1,1	0,7
Poivron	1,0	0,9
Haricot vert	1,0	0,9
Pois	1,1	1,0
Carotte	1,0	0,8
Oignon	0,9	0,7
Concombre	0,9	0,8
Courge	0,9	0,7
Melon	0,9	0,5

❖ Céréales

	Fin montaison Epiaison	Maturation
Orge	1,1	0,2
Blé	1,1	0,2
Sorgho	1,0	0,5
Mais grain	1,1	0,6

❖ Agrumes

K = ETM/ETP		Floraison	Floraison - récolte
Couverture du sol à 70 %	Sol nu	0,55	0,60
	Sol enherbé	0,80	0,85
Couverture du sol à 50 %	Sol nu	0,50	0,55
	Sol enherbé	0,80	0,85
Couverture du sol 30 %	Sol nu	0,40	0,45
	Sol enherbé	0,90	0,95

Annexe.10 : Profondeurs d'enracinement par rapport au type de sol

Type de sol	Profondeurs d'enracinement (cm)	Dose maximale conseillée par aspersion
Sable léger	30	25
Sable limono-argileux	60	40
Limonos-argileux	30	30
	60	40
	90	50
Argile limono sableux	30	40
	60	60
	90	60

Annexe.11 : Tableau comparatif des principaux systèmes d'irrigation

Systèmes d'irrigation	<i>Les systèmes d'irrigation par aspersion</i>				
	Aspersion classique			Les machines d'arrosage	
Critères	Installation mobile	Installation fixe (quadrillage total)	Installation en couverture intégrale	Pivot et rampe frontale	L'enrouleur
Adaptation à la nature du sol	Particulièrement avantageuse en sols légers plats ou accidentés	Convient tout type de sol	Convient tout type de sol	Convient tout type de sol	Déconseillé en terres fragiles
Adaptation la topographie A/ pente accentuée B/ terrain plat	Très facile Très facile	Très facile Très facile	Très facile Très facile	Impossible Possible	Impossible Possible
Pertes d'eau	Réduites 25 à 30%	Réduites 25 à 30%	Réduites 25 à 30%	Réduites 15 à 20%	Réduites 15 à 20%
Caractéristiques techniques à l'utilisation	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne qualité de l'arrosage. - Conduite de l'arrosage très facile. - Ajustement rigoureux du débit. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne qualité de l'arrosage. - Besoins en énergies limités. - Systèmes non déplaçable en cours d'irrigation. - Ajustement rigoureux du débit. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne qualité de l'irrigation en absence de vent. - Tour d'eau court. - Systèmes non déplaçable en cours d'irrigation. - Besoin en énergie limités. - Ajustement rigoureux des débits. 	<ul style="list-style-type: none"> - Système faible. - Très bonne qualité de l'arrosage (moins influencés par le vent) - Tour d'eau court - Déplacement difficile en cours de campagne. - Besoin en énergie limités (basse pression). - Fragilité du tuyau flexible de la rampe frontale - Ajustement rigoureux des débits. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pluviométrie horaire élevée (10 à 20mm/h avec des canon classiques). - Difficulté à contrôler la dose apportée. - Nécessite d'une pression élevée l'entrée de l'appareil. - Mise en place facile. - Grande souplesse d'utilisation (arrosage de cultures différentes). - Fragilité du tuyau flexible. - Ajustement rigoureux des débits.

Main d'œuvre	-1 Homme/2 ha -Contraintes pour le déplacement des rampes en cours de la campagne d'irrigation	-1 Homme/20 Ha -Contraintes importantes pour la pose l'enlèvement et le déplacement en cours de campagne	-Peu de contraintes en cours de campagne. -Contraintes à la pose et à l'enlèvement	-Systèmes automatisé (1H/50Ha)	-Contraintes acceptables, une heure environ par tour d'eau.
Cout	-Investissement assez acceptable.	-Investissement modéré.	-Investissement lourd.	-prix relativement acceptable pour des engins de grande taille.	-Investissement assez modéré.
Zones appropriées à l'utilisation.	-Ensemble des zones sauf celles ventées -Nécessitant des brises vents adéquats	-Ensemble des zones sauf celles ventées.	-Ensemble des zones sauf celles ventées.	-Grandes plaines particulièrement au sud. -Eviter les zones très ventées (risque de renversement de l'équipement)	-Grandes plaines particulièrement sur les hauts plateaux
Parcellaire	Pas de contraintes	Pas de contraintes	Pas de contraintes	-Dépourvu d'obstacles. -Angles morts non arrosés	-Adapté aux parcelles rectangulaires.
Avantages les plus marqués.	-Lutte contre la gelée. -Pratiquement pas d'érosion physique. -Faible cout d'installation.	-Lutte contre la gelée. -Pratiquement pas d'érosion physique.	-Lutte contre la gelée. -Pratiquement pas d'érosion physique.	-Lutte contre la gelée. -Pratiquement pas d'érosion physique	-Lutte contre la gelée. -Pratiquement pas d'érosion physique
-Inconvénients les plus marqués.	-Nécessite un réseau de moyenne pression. -Contraintes dues à la maintenance -Risque de maladies Cryptogamiques	-Nécessite un réseau de moyenne pression. -Contraintes dues à la maintenance -Risques de maladies cryptogamiques	-Nécessite un réseau de moyenne pression. - Contraintes dues à la maintenance. -Risques de maladies cryptogamiques.	-Nécessite un réseau sous moyen et grande pression. -Grande consommation d'énergie électrique. -Risque de maladies cryptogamiques	-Nécessite un réseau sous moyen et grande pression. -Grande consommation d'énergie électrique -Risque de maladies cryptogamiques
-Conseils	-Très adapté à des parcelles de faible densité de plantations et à ressuyage rapide (risque de piétinement réduit)	-A envisager seulement pour des parcelles de petites surfaces	-Convient aux terres légères nécessitant un tour d'eau court	-A partir de 20ha, solution qui offre un bon rapport prix performance. -Le pivot à envisager en priorité (cout)	-Adéquat pour l'irrigation de plusieurs cultures avec le même équipement et la même année

Les systèmes d'irrigation localisée					
Les gaines souples, poreuses ou perforées		Les rampes			
	Les gaines poreuses ou suinteuses	Les gaines perforées	Goutte à goutte	Mini diffuseurs (micro aspersion)	Par ligne
Adaptation à la nature des cultures: -Cultures annuelles. -Cultures pérennes Arbres fruitiers Vigne. -Cultures maraichères. -Cout	-Tous les types de distributeurs peuvent être utilisés si la nature du sol le permet -Les gaines souples -Bon marché mais de durée de vie brève.	-Goutteurs intégrés dans la rampe des gaines. -Les gaines souples. -Bon marché mais de durée de vie brève.	-Les goutteurs en ligne sont les plus adaptés. -Les goutteurs de 4L/s sont les plus employés. -Les goutteurs à faible débit. -Investissement modéré -Les goutteurs auto régulant sont plus chers, mais leur pose est très facile, ils ont cependant un problème de positionnement par rapport aux pieds des arbres.	-Tous les types de distributeurs peuvent être utilisés si la nature du sol le permet. -Investissement important pour les distributeurs et le réseau surtout pour les autorégulant, nécessitant des rampes de grands diamètres.	-Tous les types de distributeurs peuvent être utilisés si la nature du sol le permet. -Cout des capillaires non élevé mais il ya un travail de mise en œuvre non négligeable.