

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université ABOU BEKR BELKAID  
- جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان



Faculté de Technologie, Département d'Hydraulique

## MÉMOIRE

Projet de Fin d'Études

**Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique**

**Option : Hydraulique Urbaine**

Thème :

**Valorisation des terres steppiques par un système d'irrigation, goutte à goutte et un pompage par énergie renouvelable, adapté à la culture et à la zone d'étude : Boukhechba, Wilaya, de Tiaret**

Soutenue le : **02/12/2021**

Présentée par : **{ AISSAT Abir  
KAID SLIMANE Djazila**

Devant le jury :

Mlle. FANDI Wassila	MAA	Université Tlemcen	Présidente
Mme. GUASMI Imen	MCB	Université Tlemcen	Examinatrice
Mr. BENMANSOUR Abdelhalim	Professeur	Université Tlemcen	Encadreur
Mr. BOUCHELKIA Hamid	Professeur	Université Tlemcen	Co-Encadreur

**Année Universitaire 2020 / 2021**

## Remerciements

Tout d'abord nous tenons à remercier ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience pour mener à terme notre formation et pouvoir réaliser ce travail de recherche.

En guise de reconnaissance nous tenons à remercier sincèrement les encadreurs, messieurs les professeurs BENMANSOUR Abdehalim et BOUCHELKIA Hamid enseignants au département d'hydraulique de l'Université de Tlemcen.

Nous avons eu l'honneur et la chance de profiter de leurs connaissances et compétences, de leurs précieux conseils et de leur suivi tout au long de nos travaux de notre projet de fin d'études.

Vous avez toujours été là pour nous. Le fait d'être à notre écoute et de nous imposer la rigueur scientifique et le travail méthodique nous a aidé dans nos travaux et a renforcé notre estime et respect pour vous et votre fonction. On vous remercie infiniment messieurs les professeurs.

Nous tenons à remercier les membres de jury Melle FANDI Wassila et Mme GUASMI Imène d'avoir fait l'honneur d'examiner notre travail.

Nous adressons également des remerciements à l'ingénieur KHERBOUCHE Zaki de la direction des ressources en eau de Tlemcen qui nous a beaucoup aidé.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à notre réussite universitaire.

## *Dédicaces*

*Je dédie le fruit de mes efforts :*

*À mes très chers parents, qui ont employé tous leurs moyens et efforts, pour*

*m'élever, me former et me faire arriver à ce niveau,*

*Cela a porté ses fruits, finalement j'espère qu'ils sont fiers ;*

*À ma petite princesse Neama,*

*À mes frères.*

*À mes sœurs.*

*À toute ma famille.*

*À tous mes amis et particulièrement Djazila.*

*Abir*

## *Dédicaces*

Je dédie entièrement ce travail à mon père et ma mère, mes piliers, mes exemples mes premiers supporteurs et ma plus grande force. Merci pour votre soutien, votre aide financière et surtout votre amour. Merci de n'avoir jamais douté de moi. Tout ce que j'espère c'est que vous soyez fiers de moi aujourd'hui.

À mon cher frère et mes chères sœurs qui font de mon univers une merveille. Je leur souhaite beaucoup de bonheur et de réussite.

Djazila

## Liste des abréviations

<b>A</b>	Les besoins traditionnels en mm/jour
<b>a1</b>	Les besoins quotidiens réduit à la culture (mm / jour)
<b>AC</b>	Courant alternatif.
<b>B brutes</b>	Besoins brutes
<b>B nette</b>	Besoins nets
<b>BC</b>	Bande de conduction
<b>BV</b>	Bande de valence
<b>CC</b>	Courant continu.
<b>CE</b>	Conductivité électrique
<b>Cg</b>	Cout globale de système photovoltaïque
<b>Ch.</b>	Constante hydraulique.
<b>Cm</b>	Cout de 1 m <sup>3</sup> (DA)
<b>Cu</b>	Coefficient d'uniformité
<b>D</b>	Diamètre.
<b>DA</b>	Densité apparente
<b>Dfc</b>	Dose effective continue
<b>Dn</b>	Diamètre normalisé en mm
<b>dn</b>	Dose nette
<b>Dn</b>	Le niveau dynamique
<b>D<sub>norm</sub></b>	Diamètre normalisé.
<b>Dp</b>	Dose pratique
<b>dpl</b>	Dose pratique localisé
<b>Dr</b>	Densité réelle
<b>Ds.</b>	Le niveau statique.
<b>e</b>	Rendement de la méthode d'irrigation
<b>e</b>	Espacement entre goutteurs
<b>Ee</b>	Energie électrique.
<b>Eg.</b>	Espace gouteur.
<b>Eh.</b>	Energie hydraulique.
<b>Etp.</b>	Evapotranspiration potentiel.
<b>Fm.</b>	Facteur de couplage.

<b>g</b>	La gravité terrestre.
<b>Gd.</b>	L'irradiation moyenne journalière.
<b>GPV</b>	Générateur photovoltaïque
<b>Hg</b>	Hauteur géométrique
<b>HMT</b>	Hauteur manométrique total
<b>Hr.</b>	Humidité relative de l'aire.
<b>Ins.</b>	Insolation.
<b>j</b>	Pertes de charge unitaire
<b>K</b>	Potassium
<b>Kc</b>	Coefficient de culture qui tient compte du stade de croissance de la plante
<b>Kc</b>	Coefficient de culture.
<b>L0.</b>	Longueur totale.
<b>Lp</b>	Longueur de parcelle
<b>Lr.</b>	Longueur de la rampe.
<b>m<sup>3</sup>.</b>	Mètre cube.
<b>N</b>	Fréquence d'arrosage
<b>Na+</b>	Sodium
<b>Nb</b>	Nombre de secteur d'arrosage.
<b>Ng</b>	Nombre de goutteurs
<b>Ng.</b>	Le nombre de goutteurs par rampe.
<b>NOCT.</b>	Nominal operating cell temperature.
<b>Np</b>	Module en parallèle
<b>Nr</b>	Nombre de rampe
<b>Nr.</b>	Le nombre de rampe par secteur.
<b>Nrpr.</b>	Le nombre total de rampe par porte rampe.
<b>Ns</b>	Module en série.
<b>ONM</b>	Organisation national métrologique
<b>P</b>	Pression.
<b>P</b>	Précipitation moyenne mensuelle en mm
<b>P(%)</b>	Pluie de fréquence 80%
<b>Pc</b>	La puissance crête du générateur
<b>PH</b>	Potentiel hydrométrique
<b>PM</b>	La puissance du module PV

<b>Pu</b>	Pluie utile
<b>PV</b>	Photovoltaïque
<b>Q</b>	Le débit
<b>Qd</b>	Débit distribuée
<b>Qh</b>	Débit horaire de pompe
<b>Qp</b>	Débit pompé
<b>Qpr</b>	Débit de la porte rampe
<b>Qr</b>	Débit de rampe
<b>Qs</b>	Débit stocké
<b>RFU</b>	Réserve facilement utilisable
<b>Rp</b>	Résistances en série
<b>Rs</b>	Résistances en série
<b>RU</b>	Réserve utile
<b>S</b>	Surface.
<b>T</b>	Température moyenne mensuelle en °C
<b>v</b>	Vitesse (m/s).
<b>V</b>	Tension électrique
<b>V</b>	Vent.
<b>Vj.</b>	Volume journalier mensuel d'eau d'irrigation.
<b>β.</b>	L'inclinaison optimale des modules.
<b>Δhl</b>	Pertes de charge linéaire
<b>Δhs</b>	Pertes de charge singulière
<b>Δht</b>	Pertes de charge totale
<b>γ</b>	Coefficient de température.
<b>η<sub>Mp</sub></b>	Le rendement du groupe motopompe.
<b>H<sub>Ond</sub></b>	Le rendement d'onduleur.
<b>η<sub>pV</sub></b>	Le rendement moyen journalier du générateur dans les conditions d'exploitation.
<b>θ</b>	Durée de l'arrosage
<b>θ'</b>	La durée quotidienne d'arrosage
<b>ρ</b>	Densité de l'eau.
<b>°C</b>	Degré Celsius.

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau I.1</b>	Ordre de grandeur des longueurs maximales des sillons (m) en fonction de la pente, type de sol, débit et dose d'arrosage	<b>04</b>
<b>Tableau II.1</b>	Taux d'ensoleillement pour chaque région	<b>21</b>
<b>Tableau IV.1</b>	Localisation et coordonnées géographiques du périmètre	<b>29</b>
<b>Tableau IV.2:</b>	Répartition de la superficie du périmètre de Boukhechba selon la pente	<b>31</b>
<b>Tableau IV.3</b>	Evolution des précipitations mensuelles en année moyenne	<b>31</b>
<b>Tableau IV.4</b>	Typologie du climat de la station de Ksar Chellala	<b>33</b>
<b>Tableau IV.5</b>	Températures moyennes	<b>33</b>
<b>Tableau IV.6</b>	Fréquence des gelées	<b>34</b>
<b>Tableau IV.7</b>	Nombre moyen de jours d'orages	<b>34</b>
<b>Tableau IV.8</b>	Vitesse max et moyenne des vents	<b>37</b>
<b>Tableau IV.9</b>	Humidité de l'air	<b>37</b>
<b>Tableau IV.10</b>	Evolution de l'ETP –Pen Mann (mm) pendant l'année moyenne	<b>37</b>
<b>Tableau IV.11</b>	Description de l'environnement du profil	<b>40</b>
<b>Tableau IV.12</b>	Caractéristiques analytiques	<b>41</b>
<b>Tableau IV.13</b>	Coefficients de bac	<b>46</b>
<b>Tableau V. 14</b>	Résultats obtenus par le logiciel CROPWAT	<b>50</b>
<b>Tableau IV.15</b>	Besoins en eau d'irrigation des oliviers	<b>52</b>
<b>Tableau IV.16</b>	Besoins en eau d'irrigation globale	<b>52</b>
<b>Tableau IV.17</b>	Caractéristique des goutteurs proposés	<b>53</b>
<b>Tableau IV.18</b>	Les besoins réduits pour les oliviers	<b>54</b>
<b>Tableau IV.19</b>	Nombre et longueur de rampe par porte rampe et nombre de goutteurs	<b>55</b>
<b>Tableau IV.20</b>	Dimensionnement des rampes et portes rampes	<b>57</b>
<b>Tableau IV.21</b>	Débit à apporter pour chaque parcelle	<b>58</b>
<b>Tableau IV.22</b>	Caractéristiques électriques de l'onduleur	<b>65</b>
<b>Tableau IV.23</b>	Caractéristiques électriques et mécaniques du module PV CEM250M-60	<b>66</b>
<b>Tableau IV.24</b>	Devis quantitatif et estimatif d'un système d'irrigation goutte à goutte, par puisage photovoltaïque (PV), au fil du soleil d'une oliveraie à Boukhechba, Wilaya de Tiaret	<b>69</b>



## *Liste des figures*

<b>Figure I.1</b>	L'irrigation par rigole	<b>4</b>
<b>Figure I.2</b>	Irrigation par planche	<b>5</b>
<b>Figure I.3</b>	Irrigation par bassins	<b>5</b>
<b>Figure I.4</b>	Irrigation par gaine souple	<b>7</b>
<b>Figure I.5</b>	Schéma type d'un réseau d'irrigation par aspersion	<b>7</b>
<b>Figure I.6</b>	Pivots, rampes frontales	<b>10</b>
<b>Figure I.7</b>	Système d'irrigation localisée	<b>11</b>
<b>Figure II.1</b>	L'énergie renouvelable	<b>15</b>
<b>Figure II.2</b>	L'énergie solaire	<b>16</b>
<b>Figure II.3</b>	Schéma de fonctionnement des éoliennes	<b>17</b>
<b>Figure II.4</b>	L'énergie géothermique	<b>18</b>
<b>Figure II.5</b>	L'énergie hydroélectrique	<b>18</b>
<b>Figure II.6</b>	L'énergie biomasse	<b>19</b>
<b>Figure II.7</b>	Schéma équivalent de cellule PV	<b>19</b>
<b>Figure II.8</b>	Schéma de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque	<b>20</b>
<b>Figure III.1</b>	Schéma de principe d'un système de pompage solaire au fil du soleil	<b>26</b>
<b>Figure III.2</b>	Schémas de principe d'un pompage solaire au fil du soleil	<b>27</b>
<b>Figure III.3</b>	Caractéristique du débit pour le pompage au fil du soleil et avec batterie	<b>28</b>
<b>Figure III.4</b>	Caractéristique du débit pour le pompage au fil du soleil et avec batterie	<b>29</b>
<b>Figure III.5</b>	Pompe à piston (jack pump) : Pour de grandes profondeurs et de petit débit d'eau	<b>32</b>
<b>Figure III.6</b>	Caractéristiques d'une pompe volumétrique	<b>32</b>
<b>Figure III.7</b>	Cheminement de l'écoulement dans une pompe centrifuge à étages multiples	<b>33</b>
<b>Figure III.8</b>	Pompe submersible centrifuge à étages multiples	<b>34</b>
<b>Figure III.9</b>	Caractéristiques d'une pompe centrifuge	<b>34</b>
<b>Figure III.10</b>	Choix d'une pompe selon la HMT et le débit demandés	<b>35</b>
<b>Figure IV.1</b>	Carte de la localisation géographique de la région de Tiaret	<b>27</b>
<b>Figure IV.2</b>	Carte de situation commune de FAIDJA	<b>28</b>
<b>Figure IV.3</b>	Localisation géographique du périmètre	<b>30</b>
<b>Figure IV.4</b>	Vue d'ensemble du périmètre de BOUKHECHBA	<b>31</b>
<b>Figure IV.5</b>	Répartition des précipitations moyennes mensuelles station de Ksar Chellala 1990-2016	<b>32</b>
<b>Figure IV.6</b>	Répartition saisonnière des précipitations en (%) station de Ksar Chellala 1990-2018	<b>32</b>
<b>Figure IV.7</b>	Évolution mensuelle de la valeur moyenne en (mm) de l'ETP station de Ksar Chellala 1990-2018	<b>36</b>
<b>Figure IV.8</b>	Siérozems de steppe à croûte calcaire - aspect de la surface	<b>39</b>
<b>Figure IV.9</b>	Schéma Le réseau d'irrigation goutte à goutte	<b>56</b>
<b>Figure IV.10</b>	Cheminement le plus défavorable dans la parcelle	<b>58</b>
<b>Figure IV.11</b>	Profil de dénivelée de la conduite de distribution (tête morte)	<b>60</b>
<b>Figure IV.12</b>	Système de pompage hydraulique (hauteur manométrique totale)	<b>62</b>
<b>Figure IV.13</b>	Schéma synoptique simplifié de pompage PV	<b>64</b>
<b>Figure IV.14</b>	Schéma du bassin de stockage	<b>71</b>

## Résumé

Dans ce mémoire nous avons fait l'étude, la conception, le dimensionnement et l'évaluation du coût d'un système d'irrigation goutte à goutte, avec un puisage photovoltaïque au fil du soleil, dans la zone des Hauts Plateaux, Boukhechba qui se trouve à l'Ouest algérien, dans la Wilaya de Tiaret.

Dans un premier temps, nous avons présenté les différentes techniques d'irrigations puis les énergies renouvelables et particulièrement l'énergie solaire photovoltaïque.

Nous avons par la suite présenté la zone d'étude et défini les paramètres susceptibles de nous aider dans notre travail comme le climat, la pluviométrie et la nature du sol.

Par la suite, il a été procédé à la conception et au dimensionnement du système étudié puis à un devis quantitatif et estimatif de celui-ci.

**Mots clés :** Irrigation, goutte à goutte, pompage, énergie photovoltaïque, fil solaire, oliveraie.

## ملخص

ولهذا في هذا العمل، قمنا بدراسة الري بالتنقيط باستخدام الطاقة الشمسية التي تضخ على مدار الشمس بالهضاب العالية الجزائرية في ولاية تيارت غربي بخشبة الغرض اخترنا الأراضي الزراعية في منطقة، وشجرة الزيتون. الجزائر.

قدمنا منطقة ّ، قدمنا تقنيات الري المختلفة ثم الطاقات المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية. ثم أولا، تم ذلك الدراسة وحددنا المعايير التي يمكن احتمالاً نتساعداً في علمنا مثل المناخ وهطول الأمطار وطبيعة التربة. بعد له. وتقدير كمي بتقدير متبوعاً حجمه، وتحديد المدروس النظام تصميم

الشمسية، الأسلاك الشمسية، الكهروضوئية، شجرة الكلمات المفتاحية: الري، التنقيط، ضخ الطاقة الزيتون

## Abstract

In this thesis, we have studied, designed, sized and evaluated the cost of a drip irrigation system, with photovoltaic drawing over the sun, in the highlands area, Boukhechba which is located in western Algeria, in the Wilaya of Tiaret.

First, we presented the different irrigation techniques then renewable energies and particularly solar photovoltaic energy.

We then presented the study area and defined the parameters likely to help us in our work such as climate, rainfall and the nature of the soil.

Subsequently, the design and sizing of the studied system was carried out, followed by a quantitative and estimated estimate thereof.

**Keywords:** Irrigation, drip, pumping, photovoltaic energy, solar wire, olive grove.

## Sommaire

<b>Remerciements</b>	
<b>Dédicaces</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Listes de tableau</b>	
<b>Listes de figure</b>	
<b>Résumé</b>	
<b><i>Introduction général</i></b>	<b>01</b>
<b><i>Chapitre I : techniques d'irrigation</i></b>	
<b>1. Introduction</b>	<b>03</b>
<b>2. Projet d'irrigation</b>	<b>03</b>
<b>2.1 Conception d'un projet d'irrigation</b>	<b>03</b>
<b>3. Les techniques de l'irrigation</b>	<b>04</b>
<b>3.1 Irrigation gravitaire</b>	<b>04</b>
<b>3.2 Irrigation à la raie</b>	<b>04</b>
<b>3.3 Irrigation en planches</b>	<b>05</b>
<b>3.4 Irrigation par bassins</b>	<b>05</b>
<b>3.5 Irrigation localisée</b>	<b>06</b>
<b>3.6 L'irrigation par aspersion</b>	<b>07</b>
A. Les Asperseurs	<b>07</b>
B. Avantage	<b>08</b>
C. Inconvénients	<b>08</b>
D. Les installations mobiles	<b>08</b>
E. Les installations semi-mobiles	<b>08</b>
F. Les installations permanentes	<b>09</b>
G. Les installations temporaires	<b>09</b>
H. Aspersion mécanisée	<b>09</b>
I. Les enrouleurs	<b>10</b>
<b>4. Irrigation par système goutte-à-goutte</b>	<b>10</b>
A. Composition d'une installation goutte à goutte	<b>11</b>
B. Différents types de distributeurs	<b>12</b>
4.1.Nécessité de l'irrigation en goutte à goutte	<b>12</b>
I. La filtration	<b>13</b>
II. Le poste de filtration	<b>13</b>
III. Les types de filtres	<b>13</b>
III.1. Le filtre à sable	<b>13</b>
III.2. Les filtre à tamis	<b>13</b>
IV. La pression hydraulique	<b>13</b>

V. La mesure du débit	14
Conclusion	15

### *Chapitre II : Énergies renouvelables*

1. Introduction	15
2. Définition de l'énergie renouvelable	15
3. Les types d'énergie renouvelables	16
3.1 L'énergie solaire	16
3.2 Énergie éolienne	16
3.3 L'énergie géothermique	17
3.4 L'énergie hydroélectrique	18
3.5 L'énergie biomasse	18
4. Modèle d'une cellule solaire et schéma électrique équivalent	19
5. Le solaire photovoltaïque	20
6. Le potentiel solaire algérien	21
7. Le rôle d'une cellule photovoltaïque	22
8. Les avantages et inconvénients de l'énergie renouvelable	23
Conclusion	24

### *Chapitre III : Étude du pompage solaire*

1. Introduction	26
2. Constitution d'un système de pompage photovoltaïque	26
a. Principe de fonctionnement	26
3. Méthode de pompage photovoltaïque	28
3.1 Pompage par batterie	28
3.2 Pompage au fils du soleil	28
4. Des notions hydrauliques	29
4.1 Pertes de charge	29
4.2 Niveau statique	29
4.3 Niveau dynamique	29
4.4 Calcul des pertes de charge	30
5. Choix de la pompe	30
6. Les avantages de pompage photovoltaïque	30
7. Configurations du système de pompage photovoltaïque	31
7.1 Types de systèmes Pompage solaire	31
8. Le Groupe motopompe(GMP)	31
8.1 Les types de pompe	31
8.1.1 Pompe volumétrique	32

8.1.2 Pompe centrifuge :	32
2 Comparaisons entre les pompes centrifuges et les pompes volumétriques	34
9. Les types de Moteurs	34
a. Moteur à courant continu	35
b. Moteur à courant continu sans balais	35
c. Moteurs à courant alternatif (c.a)	35

***Chapitre IV : Étude d'un système d'irrigation Agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie. Cas d'étude- Boukhechba (W- Tiaret)***

1. Présentation de la zone étudiée	37
1.1. Identification et localisation du site	37
1.2. Situation agricole de la zone	38
2. Conditions agronomiques	39
2.1 Relief	40
2.2 Climat et bioclimat	40
2.2.1 Pluviométrie	41
2.2.2 Températures	42
2.2.3 Autres paramètres climatiques	43
a. Gelées	43
b. Grêle	44
c. Orages	44
d. Le vent	44
e. Humidité relative	45
f. Evapotranspiration potentielle (E.T.P.)	45
2.3 Conclusion sur le climat	46
3. Ressources en eaux	46
3.1 Les eaux superficielles	46
3.2 Les eaux souterraines	46
3.3 Ressources en sols	47
3.3.1 Méthodologie	47
3.3.2 Classification des sols	48
3.3.2.1 Sols iso humiques, groupe des siérozems de steppe à croute calcaire	48
3.3.3 Etude morphologique	49
3.3.4 Description morphologique du profil	49
3.3.5 Caractéristiques morphologique	50
3.3.6 Caractéristiques analytiques	50

3.3.7 Valeur agricole des sols et mise en valeur	51
a. Potentialités	51
b. Contraintes	51
3.3.8 Travaux d'améliorations et La mise en valeur	51
<b>4. Conception et dimensionnement</b>	<b>52</b>
4.1. Le choix de culture	52
4.2. Les besoins en eau des plantes dépendent de	52
4.3. Détermination des besoins en eau des cultures	52
a. L'évapotranspiration potentielle ou de référence ETP/ET <sub>0</sub>	53
b. Coefficient de culture (KC)	53
c. Evapotranspiration maximal ETM	53
d. L'évapotranspiration réelle ETR	53
e. Coefficient de sécheresses KS	54
4.4. Méthode d'évaluation de l'ETP	54
A. Mesure de l'évaporation	55
B. Mesure de transpiration	55
C. Calcul de l'évapotranspiration potentielle ET <sub>0</sub> /ETP	55
<b>5. Estimation des besoins en eaux</b>	<b>57</b>
5.1. Evaluation des besoins en eau d'irrigation	57
5.2. Calcul de la pluie efficace	58
<b>6. L'évapotranspiration calculée</b>	<b>58</b>
6.1. Présentation du logiciel cropwat	58
<b>7. Evaluation théorique</b>	<b>59</b>
<b>8. Évaluation du débit de pointe</b>	<b>60</b>
<b>9. Besoins réduits</b>	<b>62</b>
9.1. Choix de goutteur	62
9.2. Paramètres de la micro irrigation	62
<b>10. Dimensionnement du réseau</b>	<b>65</b>
10.1. Dimensionnement des rampes, porte, rampes et tête morte	65
10.2. Dimensionnement de réservoir	68
10.3. Dimensionnement de la conduite de refoulement	69
10.4. Choix de la pompe	71
<b>11. Dimensionnement du Générateur Photovoltaïque (PV)</b>	<b>72</b>
11.1. Convertisseur DC/AC (onduleur)	73
11.2. Taille du générateur PV	74
<b>12. Analyse économique et financière des systèmes de pompage photovoltaïque</b>	<b>77</b>
<b>Conclusion général</b>	<b>80</b>

## Références bibliographiques

### Annexes

## *Introduction générale*



## *Introduction générale*

L'énergie est essentielle à la vie et à tous les organismes vivants. Le soleil, directement ou indirectement, est la source de toute l'énergie disponible sur Terre. Nos choix et décisions énergétiques ont un impact sur les systèmes naturels de la Terre d'une manière dont nous ne sommes peut-être pas conscients. Il est donc essentiel que nous choisissons nos sources d'énergie avec soin. Le véritable coût de l'énergie est plus que de simples dollars et cents ; il y a également d'importants facteurs et conséquences environnemental, économiques, politiques et sociaux à prendre en compte. [1]

L'Algérie joue un rôle essentiel sur les marchés mondiaux de l'énergie en tant que premier producteur et exportateur de gaz naturel et de gaz naturel liquéfié. Le mix énergétique de l'Algérie en 2010 était presque exclusivement basé sur les énergies fossiles, en particulier le gaz naturel (93%). Cependant, l'Algérie dispose d'un énorme potentiel d'énergies renouvelables, principalement solaire, que le gouvernement tente d'exploiter en lançant un ambitieux programme d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique.

De par sa situation géographique, l'Algérie possède l'un des potentiels solaires les plus élevés au monde, estimé à 13,9 TWh par an. Le pays reçoit un ensoleillement annuel équivalent à 2500 kWh / m<sup>2</sup>. Le potentiel énergétique solaire quotidien varie de 4,66 kWh / m<sup>2</sup> au nord à 7,26 kWh / m<sup>2</sup> au sud. Le potentiel solaire élevé facilite la vie des gens grâce à de nombreux produits et services respectueux de l'environnement tels que l'éclairage LED, la production d'électricité et les prêts de titres automobiles.

Des projets pilotent pour la construction de deux centrales solaires avec stockage d'une capacité totale d'environ 150 MW chacune, seront lancés au cours de la période 2011-2013. Celles-ci s'ajouteront au projet de centrale hybride de HassiR'Mel d'une capacité totale de 150 MW, dont 25 MW en solaire. Quatre centrales solaires thermiques d'une capacité totale d'environ 1200 MW doivent être construites sur la période de 2016 à 2020. [2]

L'irrigation moderne et intelligente peut améliorer les rendements agricoles de 50 %. L'utilisation d'énergies renouvelables pour le pompage et l'irrigation, permet donc non seulement de réduire les émissions de gaz à effet de serre, mais aussi de limiter les coûts liés à l'achat du diesel ou du kérosène tout en améliorant les revenus des agriculteurs à petite et grande échelle. En outre, les régions hors réseau ou sans accès fiable à l'électricité en raison des coupures de courant constantes peuvent tirer parti des énergies renouvelables. La mise en place de méthodes d'irrigation efficaces telles que le goutte-à-goutte permet d'économiser les

ressources en eau et d'augmenter les superficies de cultures irriguées, apportant ainsi une source de revenus supplémentaire. L'augmentation du couvert végétal permet, en outre, de protéger les sols de plus en plus menacés. Une situation gagnant-gagnant pour les agriculteurs et pour l'environnement.

Toutefois, même si l'irrigation est la cheville ouvrière du développement économique local dans les pays du Sud, de nombreux obstacles empêchent les agriculteurs de ces régions d'utiliser efficacement l'irrigation, notamment le manque d'accès à des sources d'énergie fiables, l'absence d'informations sur les technologies appropriées ainsi que la difficulté d'accéder à des solutions de financement. L'utilisation d'énergies propres telles que l'énergie solaire pour l'irrigation permet d'accroître la production et de créer un accès à l'électricité tout en économisant des ressources financières. [2]

Le travail de ce projet de fin d'études, consiste à faire une étude technico-économique d'un système d'irrigation goutte à goutte par pompage solaire au fil du soleil dans les terres semi-arides des Hauts Plateaux de l'Ouest algérien. Pour cela, notre cas d'étude est dédié au périmètre agricole de Boukhechba, dans la Wilaya de Tiaret et la culture d'étude est l'olivier.

Nous avons divisé notre mémoire en quatre chapitres :

Après une introduction générale u sujet nous, nous sommes lancés sur le premier chapitre où nous avons donné des explications générales sur les différentes techniques d'irrigation et leurs adaptations aux différentes terres et cultures.

Le deuxième chapitre a été dédié à la présentation des énergies renouvelables et, particulièrement, à l'étude de l'énergie solaire photovoltaïque que nous allons utiliser dans notre projet.

Dans le troisième chapitre nous avons présenté les différentes techniques de pompage solaire.

Le quatrième et dernier chapitre a été dédié à la conception, le dimensionnement et à l'évaluation du coût d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire d'un lopin de terre, dédié à une oliveraie, dans le périmètre de Boukhechba, de la Wilaya de Tiaret.

# ***Chapitre I : Techniques d'irrigation***

## 1. Introduction :

Si, moyennant développement de l'irrigation, les ressources en terres et en eau étaient mieux exploitées, la production alimentaire pourrait s'accroître sensiblement dans de nombreuses parties du monde. Le processus par lequel on apprécie l'aptitude d'une terre à une utilisation donnée, comme l'agriculture irriguée, s'appelle **l'évaluation des terres**.

L'évaluation des terres fournit des données et recommandations qui permettent de décider du type de culture à pratiquer et où, et de répondre à d'autres questions de ce genre. Elle aboutit au choix de la terre et du système de culture qui conviennent ainsi que des options en matière d'irrigation et d'aménagement qui sont viables du triple point de vue physique, financier et économique. La classification des terres est le fruit principal des études à conduire au titre de l'évaluation. Elle indique l'aptitude de différents types de terre à différentes utilisations [3].

## 2. Projet d'irrigation :

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

- 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 [4]

### 2.1 Conception d'un projet d'irrigation :

Tenant compte de la diversité des paramètres (sol, climat, plante) permettant une mise en place et maîtrise de l'irrigation, il est utile de procéder comme suit :

1/ connaître la source d'eau et le débit à extraire, le type de sol et le choix de la culture,

2/ connaître la topographie de la parcelle et les vents dominants,

3/ calcul des besoins en eau de la culture,

4/ faire le choix de la technique et le système d'irrigation à utiliser, entre : Le goutte à goutte, l'aspersion classique, ou le gravitaire.

5/ dimensionnement du réseau d'irrigation adopté ;

6/ connaître les possibilités de drainage de la parcelle [4].

### 3. Les techniques de l'irrigation

#### 3.1 Irrigation gravitaire :

Est l'application de l'eau aux champs à partir de canaux ouverts se situant au niveau du sol. La totalité du champ peut être submergée, ou bien l'eau peut être dirigée vers des raies ou des planches d'irrigation [5].

#### 3.2 Irrigation à la raie :

Les raies sont des petits fossés creusés entre les rangées de plantes. Cette méthode est essentiellement appropriée pour les cultures qui ne tolèrent pas la submersion de leurs feuillages ou de leur collet par les eaux pour un temps trop long. Elle convient pour les terrains en pente, et pour plusieurs types de sol.

La longueur des sillons dépend de la pente du terrain naturel, du type de sol, du débit d'eau, de la dose d'irrigation, des pratiques agricoles. [4]

**Tableau I.1** : Ordre de grandeur des longueurs maximales des sillons (m) en fonction de la pente, type de sol, débit et dose d'arrosage.[4]

<i>Pente de sillon (%)</i>	<i>Débit unitaire par sillon (l/s)</i>	<i>Dose d'irrigation (mm)</i>					
		<i>Argile</i>		<i>Limon</i>		<i>Sable</i>	
		<i>50</i>	<i>75</i>	<i>50</i>	<i>75</i>	<i>50</i>	<i>75</i>
<i>0.0</i>	<i>3.0</i>	<i>100</i>	<i>150</i>	<i>60</i>	<i>90</i>	<i>30</i>	<i>45</i>
<i>0.1</i>	<i>3.0</i>	<i>120</i>	<i>170</i>	<i>90</i>	<i>125</i>	<i>45</i>	<i>60</i>
<i>0.2</i>	<i>2.5</i>	<i>130</i>	<i>180</i>	<i>110</i>	<i>150</i>	<i>60</i>	<i>95</i>
<i>0.3</i>	<i>2.0</i>	<i>150</i>	<i>200</i>	<i>130</i>	<i>170</i>	<i>75</i>	<i>110</i>
<i>0.5</i>	<i>1.2</i>	<i>150</i>	<i>200</i>	<i>130</i>	<i>170</i>	<i>75</i>	<i>110</i>

Les valeurs données dans ce tableau ont un caractère indicatif et ne constituent en aucun cas des valeurs strictes, et ont été établies pour une efficacité d'irrigation moyenne.



**Figure I.1** : L'irrigation par rigole. [6]

### **3.3 Irrigation en planches :**

Il consiste à faire couler une mince couche d'eau sur un sol inclinée 0,2 à 3%. Le débit à déverser est fonction de la pente, de la largeur et de la longueur de la planche. Cette méthode est de loin la plus difficile car il faut ajuster le débit d'irrigation de chaque planche avec toutes les autres variables. [7]



**Figure I.2 :** irrigation par planche

### **3.4 Irrigation par bassins:**

Ces bassins sont des portions de sol, plates et horizontales, entourées de diguettes. En résumé les cultures recommandées sont :

- Les cultures en ligne, telles que le maïs, le tournesol, la canne à sucre et le soja.
- Les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux comme la tomate, la pomme de terre et les haricots.
- Les arbres fruitiers tels que les agrumes et la vigne ;

Cette technique n'est pas à utiliser sur des sols sableux où les pertes par percolation sont importantes. [4]



a) Irrigation par bassins à flanc de coteau    b) Irrigation par bassins pour arbres fruitiers

**Figure I.3 :** Irrigation par bassins [6]

### **3.5 Irrigation localisée :**

Cette méthode d'irrigation sous pression est appelée ainsi du fait que l'eau est appliquée en des endroits où l'on désire la voir s'infiltrer. Cette application est donc localisée.

L'irrigation localisée regroupe tous les systèmes caractérisés par un réseau de distribution à la parcelle, fixe sous pression, permettant des apports d'eau continus ou fréquents en des endroits déterminés par apport au dispositif cultural et de façon telle que l'infiltration ne se produise que sur une fraction réduite de la surface du sol, en l'occurrence la zone racinaire. Toutes les installations d'irrigation localisée comportent de l'amont vers l'aval :

1/ une station de pompage ou en embranchement à un réseau de distribution d'eau ;

2/ un équipement de tête chargé de mesurer ou de régulariser le débit ou la pression et d'améliorer la qualité physique de l'eau par filtration (car les ajutages sont des diamètres très faibles) et parfois la qualité chimique par incorporation d'éléments fertilisants ;

3/ des conduites principales, secondaires, etc... qui conduisent l'eau en tête des rampes, avec, s'il y a lieu, des organes de régulation de la pression. Ce sont des tubes à paroi poreuse ou des gaines, soit des conduites étanches munies d'ajustages. [4]

Les conduites et les ajustements, trouvés dans le commerce, sont généralement en poly-vinyle-chloride (PVC) ou en polyéthylène (PE). On trouve également des ajouts en acrylonitrile butadiène-styrène (ABS).

Un réseau simplifié, peut être considéré comme suit :

➤ **Réseau de gaines perforées ou poreuses.**

La gaine souple est posée dans une rigole préparée à l'avance pour éviter les déplacements de la gaine une fois remplie d'eau. La pose peut être effectuée à l'aide d'un engin ou d'un petit tracteur. Les perforations peuvent être effectuées sur un ou deux côtés. La gaine peut être munie de manchettes souples de dérivation qui permettent d'irriguer au centre des raies, sans se soucier d'un emplacement précis des perforations. Ce type d'irrigation, ayant une charge de 0,4 à 1 m, convient pour un sol relativement plat. Les débits de dérivation sont de l'ordre de 2 l/s. Les gaines sont facilement installées sur le terrain et demandent un investissement modeste. Cependant, elles présentent l'inconvénient d'être fragiles et le réglage des débits est peu précis. [6]



Figure I.4 : Irrigation par gaine souple.[6]

### 3.6 L'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est basée sur le principe d'une utilisation de l'eau aux plantes sous forme de pluie artificielle. Elle est recommandée dans les cas suivants:

-sols de faible profondeur, ne pouvant être correctement nivelés pour une irrigation de surface;

-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 où les vents supérieurs à 4 ou 5 m/s dégradent considérablement l'homogénéité de l'arrosage.

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.[6]



Figure I.5: Schéma type d'un réseau d'irrigation par aspersion[6]



### A. Les Asperseurs :

L'eau débitée par les dispositifs d'aspersion est projetée en l'air et retombe sur le sol en arrosant un cercle autour de l'asperseur. La plupart des asperseurs agricoles sont dotés d'un mécanisme à rotation lente, avec un battant, ou tournant (bateur en forme de coin et ressort, ou batteur et balancier à contrepoids) et fonctionnent avec une pression basse à moyenne (2 à 3,5 bars). Ils sont munis de deux buses de projection de l'eau: la principale de longue portée, de plus gros diamètre, couvre la zone éloignée de l'asperseur, tout en activant le mécanisme de rotation de l'asperseur; la buse secondaire pulvérise l'eau à proximité de l'asperseur. Les buses sont interchangeable pour permettre des variations de performance en fonction des besoins. Les principales caractéristiques des asperseurs utilisés par les systèmes à tuyaux flexibles sont les suivantes :

- Deux buses : 3–6 mm (longue portée) x 2,5–4,2 mm (proximité) ;
  - Basse à moyenne pression de fonctionnement : 1,8–3,5 bars ;
  - Débit hydraulique : 1,1–3 m<sup>3</sup>/h ;
  - Diamètre de couverture (arrosé): 18–35 m;
  - Angle du jet : 20°–30° (sauf lorsqu'un angle très faible est requis, par 3 exemple en cas de vents forts, ou d'eaux traitées) ;
- **type de raccord** : fileté interne ou externe 0,5–1 pouce.

Afin d'assurer une aspersion satisfaisante avec des asperseurs rotatifs conventionnels, la pression minimale de fonctionnement doit être au moins de 2 bars. [6]

### B. Avantage :

- Efficacité d'irrigation élevée : 75 pour cent.
- Efficacité d'irrigation élevée : 75 pour cent.
- Conception simple, installation et fonctionnement simplifiés.
- Adaptabilité à tous les types de sols, à de nombreuses espèces de cultures et à de petites parcelles irrégulières.
- Moindre coût par rapport à bien d'autres systèmes modernes d'irrigation.
- Ne nécessite pas de main-d'œuvre qualifiée.

### C. Inconvénients :

- Pénible et déplaisant labeur de déplacement des asperseurs avec leurs tuyaux flexibles.
- Longue durée du cycle d'irrigation.

### D. Les installations mobiles :

Portatives comprennent des canalisations principales ainsi que des rampes pouvant être déplacées à la main. De ce fait, les conduites formant l'ensemble du système doivent être légères, facilement raccordables et détachables les unes des autres. Elles sont habituellement en aluminium léger ou en alliage d'aluminium et sont présentées en segments, munies de raccords rapides et mesurant en général 6 m de longueur.

Ces installations sont conseillées pour les régions à capital d'investissement faible mais disposant d'une main d'œuvre abondante.

#### **E. Les installations semi-mobiles :**

Ces installations sont portatives et ont des canalisations principales qui sont fixes et enterrées à intervalles réguliers. En général, la station de pompage est permanente, elle est située de manière de réduire le trajet de l'eau.

#### **F. Les installations permanentes :**

(Ou couverture totale), où les conduites principales et les rampes sont enterrées, se rencontrent principalement dans les exploitations de vergers.

#### **I. Les installations temporaires**

Sont des systèmes mobiles ou semi-mobiles ayant la particularité d'avoir assez de canalisations pour pouvoir être montés au moment de la plantation et laissés en place jusqu'à la dernière irrigation avant la récolte.

#### **J. Aspersion mécanisée :**

Les systèmes de rampe pivotante et de rampe frontale sont des installations utilisées essentiellement dans les grandes exploitations. Elles possèdent un mécanisme d'entraînement programmable qui sert à déplacer les éléments. Le système de rampe pivotante est constitué d'une conduite avec arroseurs, supportée à l'une de ses extrémités par une tour à pivot central, une série de tours munies de roues et un moteur électrique (ou hydraulique).

La conduite peut mesurer de 100 à 500 m, pouvant irriguer jusqu'à 75 ha.

L'ensemble permet d'irriguer une surface circulaire, mais nécessite un capital d'investissement élevé.

Les débits sont de l'ordre de 250 à 850 m<sup>3</sup>/h pour une pression de 6 bars.

Le système de rampe frontale diffère de la rampe pivotante par le fait que tous les tours sont mobiles et le déplacement se fait latéralement.

L'alimentation en eau se fait soit par un fossé creusé au milieu ou au bord du champ, soit par un tuyau flexible.

Il nécessite un investissement aussi important sinon supérieur à celui du système à rampe pivotante.

La consommation énergétique de ces deux systèmes est élevée.



**Figure I.6:** Pivots, rampes frontales. [6]

#### **K. Les enrouleurs :**

Les enrouleurs sont des machines d'irrigation à tambour et à tuyau flexible. Ils sont actuellement désignés par "enrouleurs" à cause de leur principe de fonctionnement.

En effet, le porte asperseur est placé à l'une des extrémités du flexible et l'autre extrémité est fixée sur le tambour sur lequel il s'enroule. Ainsi, l'irrigation s'effectue peu à peu sur une bande en tirant le porte-asperseur. L'enrouleur peut également fonctionner avec une rampe. Le débit peut atteindre 50 m<sup>3</sup>/h et la portée du jet de l'asperseur peut dépasser 100 m de rayon.

#### **4. Irrigation par système goutte-à-goutte:**

L'irrigation localisée apporte l'eau nécessaire directement au pied des végétaux. Ce sont des systèmes très utilisés en maraîchage, en arboriculture et en horticulture. Le plus connu de ces principes est sans doute le «goutte à goutte », d'autres systèmes existent également tels que les tubes poreux alignés sur le sol ou mini-asperseurs. Ces derniers sont utilisés notamment en arboriculture. [6]



**FigureI.7 : Système d'irrigation localisée [6]**

### **A. Composition d'une installation goutte à goutte**

Une crépine filtrante peut être nécessaire si la ressource en eau est constituée par un petit barrage ou un cours d'eau. Contient de la matière organique ou des particules en suspension, mais non si elle est relativement propre.

#### **-L'unité de tête :**

Cette unité est reliée au point de fourniture d'eau elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants. Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des portes rampes ou même des rampes. Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie [6]

#### **- Conduites et rampes**

##### **• La conduite principale :**

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau la diverse porte rampes. Elle peut être en amiante ciment, en PVC rigide, en polyéthylène (PE) à haute densité peut également être utilisé. [6]

##### **• La porte rampes :**

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

##### **• Les rampes :**

Ce sont les conduites qui généralement en PEBD (polyéthylène basse densité), et sont équipés de distributeurs. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé.

##### **• Les distributeurs :**

Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort, à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers (quelques l/h). Il existe de nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h). [6]

### **B. Différents types de distributeurs**

**Goutteurs:** les plus utilisés ont des débits de 2 l/h pour les cultures maraîchères et de 4 l/h pour les cultures pérennes.

**Gaines:** destinée aux cultures maraîchères, peut être utilisée pour les vergers; elles assurent conjointement un rôle de transport et de distributeur.

**Tubes poreux:** la paroi à structure poreuse laisse passer l'eau, ils sont généralement enterrés.

**Mini diffuseurs:** ils sont toujours placés en dérivation, fixés directement sur la rampe, fonctionnent comme de petits asperseurs statiques ne couvrant qu'une partie de la surface du sol au voisinage des cultures. [6]

### **Les types de de goutteurs**

Une installation d'irrigation goutte à goutte est un équipement qui s'installe pour 5 à 10 ans. Il faut donc bien choisir le matériel adapté à sa parcelle et à ses besoins. [8]

**Les goutteurs turbulents :** sont indiqués pour les cultures dans les zones sans pentes ou les pentes lisses, Goutteur turbulent intégré, avec une résistance maximale à l'étanchéité, ce qui permet d'obtenir un écoulement parfaitement uniforme.[8]

**Le goutteur intégré:** C'est un goutteur directement inclus dans le tube de polyéthylène à la fabrication. Il n'y a pas d'aspérité extérieure sur le tube ; il est donc facilement déroulable et enroulable. [8]

## **5. Nécessité de l'irrigation en goutte à goutte**

L'irrigation améliore l'établissement des arbres, l'utilisation des éléments nutritifs, la surface du feuillage et la santé des arbres. Il améliore également la taille et la qualité du fruit.

L'irrigation goutte-à-goutte est fondée sur le concept de la prévention plutôt que le soulagement du stress hydrique.

La réponse des cultures à cette approche est positive. Les avantages de l'irrigation au goutte-à-goutte sont :

- la technique est facilement automatisée;
- l'arrosage peut se faire par temps venteux ou pendant la pulvérisation;
- le feuillage n'est pas mouillé, ce qui réduit les problèmes de maladies;

• l'eau n'entre pas en contact avec le produit, donc le risque de la salubrité des aliments lié à l'eau de qualité inférieure est réduit.[6]

## **6. La filtration :**

Il n'y a pas d'irrigation localisée sans filtration. La filtration a pour objet d'extraire de l'eau, destinée à être injectée dans Le réseau d'irrigation, Les impuretés susceptibles d'obérer le bon fonctionnement de celui-ci notamment en obstruant les distributeurs. Les dispositifs de filtration installés doivent être adaptés aux caractéristiques de l'eau brute à traiter et à celles requises par les distributeurs de l'installation. [9]

### **6.1 Le poste de filtration :**

Le poste de filtration doit être conçu avec Le plus grand soin, afin de fournir une eau permettant un bon fonctionnement du réseau sans omettre de prendre en compte La nature de l'eau brute. [9]

### **6.2 Les types de filtres :**

#### **6.2.1 Le filtre à sable**

Le filtre à sable est une cuve à pression remplie d'une épaisse couche de sable calibré ; qui arrête les éléments solides en suspension dans L'eau qui la traverse. Il est indispensable pour arrêter les éléments organiques.

Le sable peut être roulé ou concasse. Le sable roulé, d'une seule granulométrie, permet une filtration plus homogène. L'emploi de couches de sable de granulométries différentes entraîne une variation de la porosité à la suite des lavages du filtre. [9]

#### **6.2.2 Les filtre à tamis**

Les filtres à tamis sont constitués d'une cuve à pression contenant une paroi filtrante ou tamis en matière plastique ou en acier inox, dont les mailles varient de 80 à 250 microns. Les particules de dimensions supérieures à cette maille sont arrêtées par le tamis.

On obtient une bonne filtration pour une vitesse de passage de l'eau à travers le tamis du même ordre de grandeur qu'à travers un filtre à sable, soit 2,8 cm/s. [9]

## **7. La pression hydraulique :**

Dans les conduites d'amenée ne doit pas nécessairement être créée par des pompes mécaniques. Il suffit d'installer le réservoir quelques mètres plus haut que la terre à arroser

pour créer une pression de gravité suffisante pour irriguer au goutte-à-goutte une petite surface. En élargissant le diamètre des tubes et les orifices des goutteurs, et en augmentant la durée des arrosages, on peut compenser la faiblesse de la pression. On évitera ainsi de devoir placer des régulateurs de pression de précision, surtout si le terrain est relativement plat et si les canalisations latérales ne sont pas trop longues ou trop étroites. [10]

### 8. La mesure du débit:

Est fondamentale pour garantir une utilisation efficace de l'eau. Si un système n'est pas équipé de débitmètres ou de valves doseuses, le débit doit être contrôlé en enregistrant la durée de chaque irrigation. Le volume de l'écoulement par unité de temps devrait être contrôlé et contrôlé périodiquement, de même que l'uniformité (ou la variabilité) du débit des goutteurs dans chaque canalisation latérale et dans les conduites qui se trouvent dans le champ. Pour ce faire, on peut enregistrer le temps qu'il faut pour que l'eau qui s'écoule remplisse une cuve d'un volume donné. Le volume d'eau déversé au cours de chaque période d'irrigation doit correspondre aux besoins estimés de la culture, compte tenu de son stade de croissance et des conditions météorologiques (pluviométrie et évapotranspiration depuis l'irrigation précédente). [10]

### Conclusion

Jusqu'à présent l'irrigation reste le seul moyen d'augmenter les rendements et de les régulariser dans bien des régions du monde. En effet, selon les espèces et variétés cultivées, selon les terres, et selon les techniques utilisées, l'irrigation peut permettre d'obtenir de deux à cinq fois plus de production (et même dix en zone aride).

L'irrigation n'est pas uniquement un apport d'eau sur une terre cultivée en vue de compenser l'insuffisance des précipitations et de permettre le plein développement des cultures. Elle est considérée plutôt comme un ensemble d'actions de développement intégré des milieux agricole et rural qui doit se traduire non seulement par l'augmentation de la production et l'amélioration du niveau de vie de l'agriculteur, mais doit se traduire également par la préservation du milieu, notamment des terres agricoles, et par une économie de l'eau d'irrigation qui elle-même se traduit par une économie dans l'utilisation de l'énergie.

## **Chapitre II : Énergies renouvelables**



### 1. Introduction :

Aujourd'hui, plus de 85% [11] d'énergie utilisée dans le monde provient de gisement de combustible fossile (charbon, pétrole, gaz) ou d'uranium, constitués au fil des âges et de l'évolution géologique [12].

La limitation de la quantité de ces réserves, la crise successive du pétrole en 1973 et l'accroissement de la demande d'énergie dans tous les pays du monde ont conduit les pays industrialisés à chercher et à développer de nouvelles sources d'approvisionnement. La filière nucléaire était déjà lancée, mais son choix à grande échelle peut amener des conséquences graves, surtout à l'environnement, à cause de la pollution et aussi les accidents nucléaires [13].

Les chercheurs ont développé une autre forme d'énergie dite « énergie renouvelable ». Ces énergies renouvelables ont toutes l'immense avantage d'être d'origines naturelles, inépuisables et non polluantes puisqu'elles n'émettent pas de gaz favorisant l'effet de serre, CO<sub>2</sub>. Parmi ces énergies renouvelables, on peut citer la production d'électricité d'origine solaire par l'effet photovoltaïque (cellules solaires ou photopiles). La conversion de la lumière en électricité (conversion photovoltaïque) se produit dans des matériaux semi-conducteurs. Le photovoltaïque peut jouer un rôle important dans la transition vers un système d'approvisionnement énergétique durable pour le XXI<sup>ème</sup> siècle et est susceptible de couvrir une part importante des besoins en électricité de plusieurs pays.

### 2. Définition de l'énergie renouvelable :



**Figure II.1 :** l'énergie renouvelable [14]

Les énergies renouvelables (ou EnR) désignent un ensemble de moyens de produire de l'énergie à partir de sources ou de ressources théoriquement illimitées, disponibles sans limite

de temps ou reconstitués plus rapidement qu'elles ne sont consommées. On parle généralement des énergies renouvelables par opposition aux énergies tirées des combustibles fossiles dont les stocks sont limités et non renouvelables à l'échelle du temps humain : charbon, pétrole, gaz naturel...

Au contraire, les énergies renouvelables sont produites à partir de sources comme les rayons du soleil, ou le vent, qui sont théoriquement illimitées à l'échelle humaine.[15]

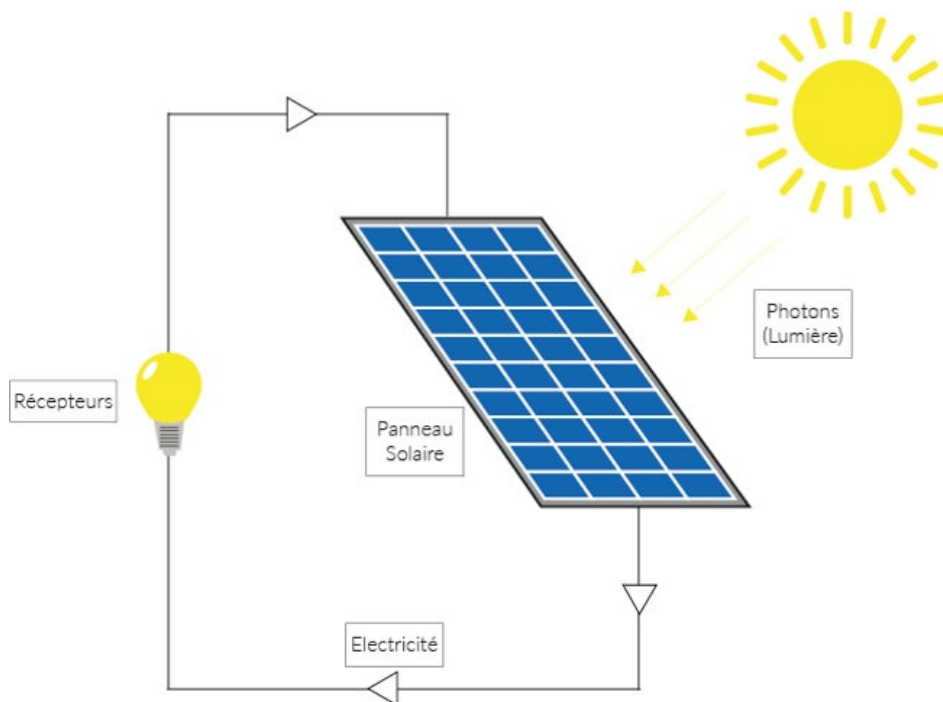
### 3. Les types d'énergie renouvelables :

#### 3.1 L'énergie solaire :

**L'énergie solaire** est une source d'énergie qui est dépendante du soleil. Cela signifie que la matière première est le soleil. Elle se place dans la catégorie des énergies renouvelables puisqu'on la considère comme inépuisable [16].

On dit aussi que c'est une **énergie 100% verte** car sa production n'émet pas directement de CO<sub>2</sub>. [15]

Grâce à cette énergie, il est possible de produire de l'électricité. Elle sera captée par des **panneaux solaires** ou des centrales thermiques. Ces installations captent les rayons produits par le soleil. Elles convertissent ensuite l'**énergie du soleil** en électricité. [16]



FigureII.2 : Energie solaire [17]

### 3.2 Énergie éolienne :

Dans le cas de l'énergie éolienne, l'énergie cinétique du vent entraîne un générateur qui produit de l'électricité.

Il existe plusieurs types d'énergies renouvelables éoliennes : les éoliennes terrestres, les éoliennes off-shore, les éoliennes flottantes... Mais le principe reste globalement le même pour tous ces types d'énergies renouvelables. [18]

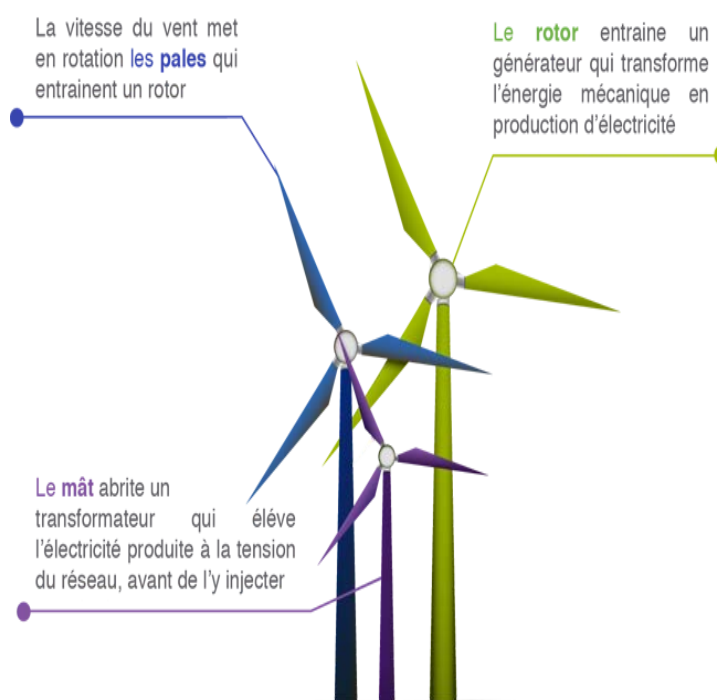


Schéma de fonctionnement des éoliennes

Figure II.3 : l'énergie éolienne [19]

### 3.3 L'énergie géothermique :

Utiliser l'énergie géothermique consiste à exploiter ce flux de chaleur naturelle pour le transformer en chauffage ou en électricité. La géothermie ne dépend pas des conditions atmosphériques (contrairement à l'énergie éolienne ou solaire par exemple), ce qui permet de l'utiliser d'une manière continue et durable lorsqu'elle est bien exploitée. [20]

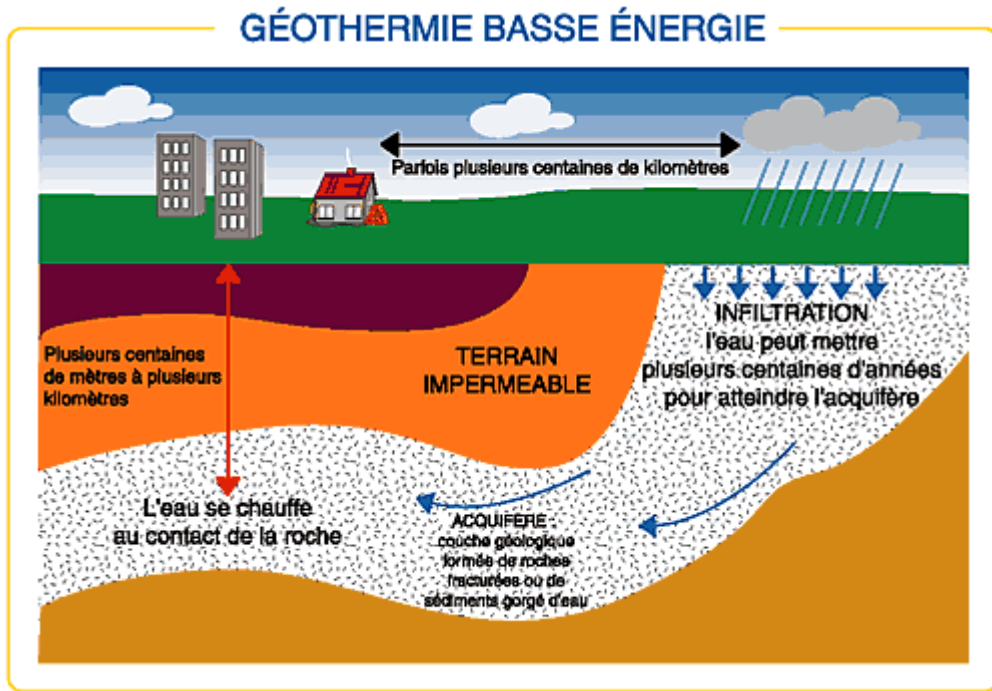


Figure II.4 : l'énergie géothermique [21]

### 3.4 L'énergie hydroélectrique :

L'énergie hydroélectrique est une énergie qui utilise l'énergie hydraulique pour produire de l'électricité grâce à une turbine hydroélectrique. Celle-ci convertit en électricité l'énergie mécanique de l'eau en mouvement (chute d'eau, cours d'eau, courant, *etc.*). [22]

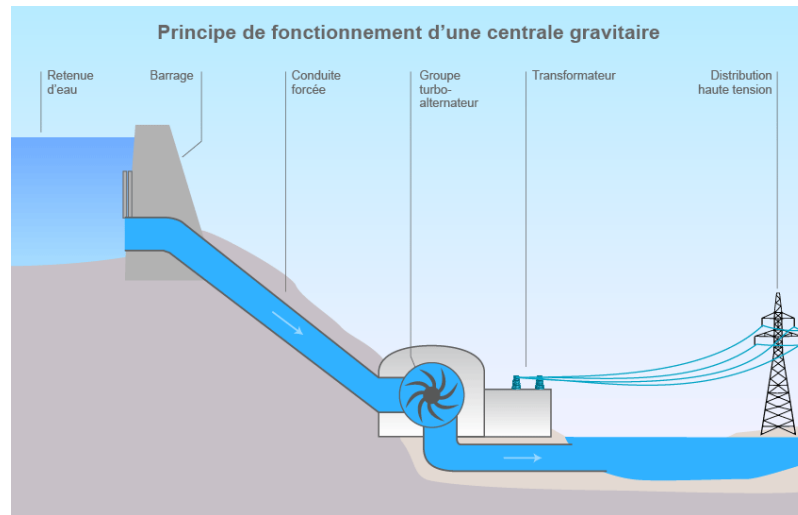


Figure II.5 : l'énergie hydroélectrique [23]

### 3.5 L'énergie biomasse :

La biomasse est l'ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale.

Les principales formes de l'énergie de biomasse sont : les biocarburants pour le transport (produits essentiellement à partir de céréales, de sucre, d'oléagineux et d'huiles usagées) ; le chauffage domestique (alimenté au bois) ; et la combustion de bois et de déchets dans des centrales produisant de l'électricité, de la chaleur ou les deux.[24]

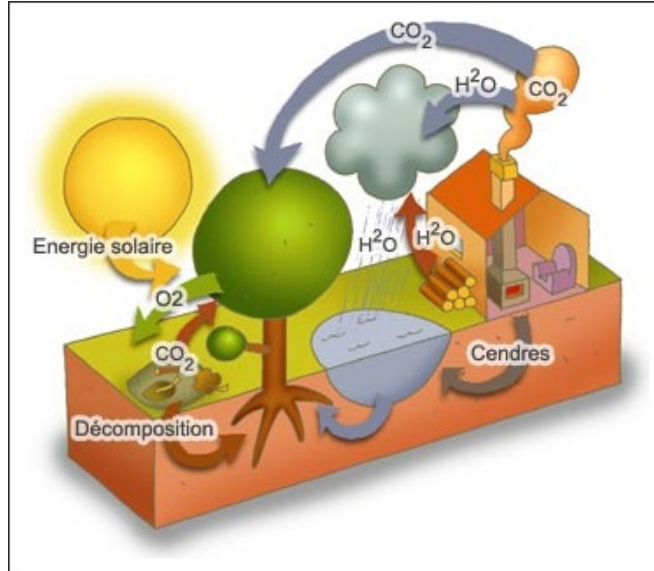


Figure II.6 : sur l'énergie biomasse [25]

#### 4. Modèle d'une cellule solaire et schéma électrique équivalent :

Une cellule photovoltaïque est souvent présentée comme un générateur de courant électrique dont le comportement est équivalent à une source de courant shuntée par une diode. Pour tenir compte des phénomènes physiques au niveau de la cellule, le modèle est complété par deux résistances, une en série  $R_s$  et une en parallèle  $R_p$  comme le montre le schéma équivalent de la (figure II.7). [26]

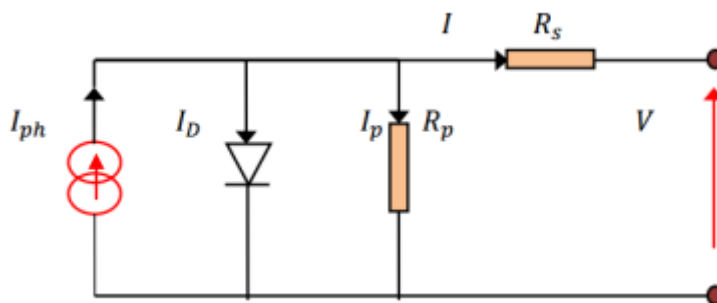


Figure II .7 : Schéma équivalent de cellule PV[26]

La résistance série est la résistance interne de la cellule. Elle dépend principalement de la résistance du semi-conducteur utilisé, de la résistance de contact des grilles collectrices et

de la résistivité de ces grilles. La résistance parallèle ou shunt est due à un courant de fuite au niveau de la jonction.[26]

### 5. le solaire photovoltaïque :

#### Le principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque :

Les cellules photovoltaïques exploitent l'effet photoélectrique pour produire du courant continu par absorption du rayonnement solaire. Cet effet permet aux cellules de convertir directement l'énergie lumineuse des photons en électricité par le biais d'un matériau semi-conducteur transportant les charges électriques. [27]

Une cellule photovoltaïque est composée de deux types de matériaux semi-conducteurs, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit d'électrons. Ces deux parties sont respectivement dites « dopées » de type n et de type p. Le dopage des cristaux de silicium consiste à leur ajouter d'autres atomes pour améliorer la conductivité du matériau.

Désigne l'énergie récupérée et transformée directement en électricité à partir de la lumière du soleil par des panneaux photovoltaïques. Elle résulte de la conversion directe dans un semi-conducteur (le silicium, le CdTe, l'AsGa, le CIS, etc.) d'un photon en électron. Outre les avantages liés à l'absence de maintenance des systèmes photovoltaïques, cette énergie répond parfaitement aux besoins des sites isolés et dont le raccordement au réseau électrique est trop onéreux. L'énergie solaire photovoltaïque est également appelée énergie photovoltaïque.

L'effet photovoltaïque a été découvert en 1839 par Antoine Becquerel, grand père d'Henri Becquerel qui découvrit en 1896 la radioactivité.[27]

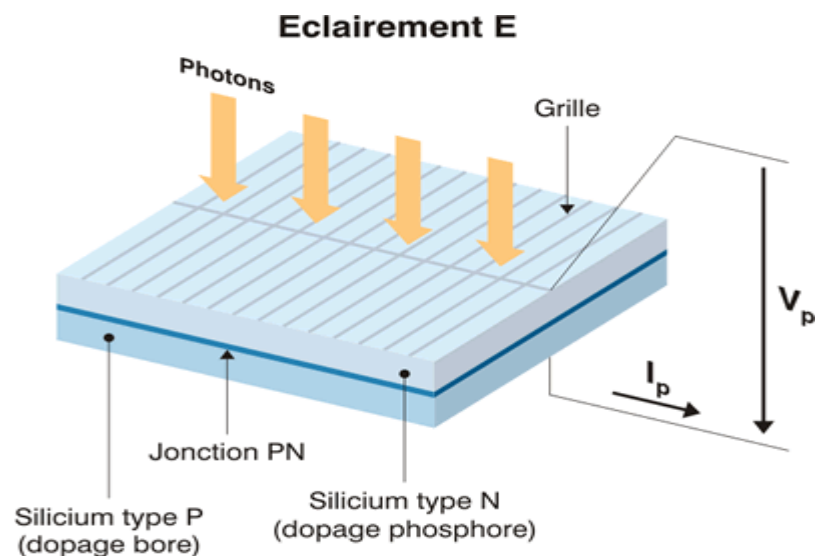


Figure II.8: structure d'une cellule photovoltaïque [28]

6. Le potentiel solaire algérien :

➤ Le potentiel solaire :

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus importants du monde et en particulier de la région MENA (figure II.9).

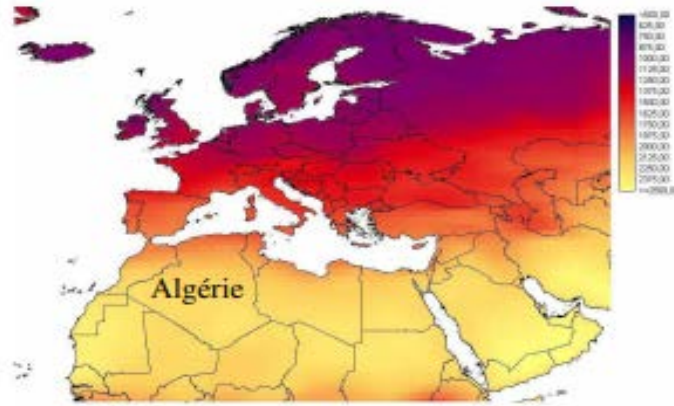


Figure II.9: potentiel solaire [29]

La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et atteint les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m<sup>2</sup> est de l'ordre de 5 kWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 kWh/m<sup>2</sup>/an au Nord et 2263 kWh/m<sup>2</sup>/an au sud du pays. Le tableau 1 résume le potentiel solaire en Algérie [29].

Tableau II.1 : Taux d'ensoleillement pour chaque région [29]

Régions	Région côtière	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (heures/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (Kwh/m2/an)	1700	1900	2650

Le potentiel solaire algérien est l'équivalent de 10 grands gisements de gaz naturel qui auraient été découverts à HassiR'Mel. En effet, des opportunités exceptionnelles se présentent au niveau de toute la région pour exploiter le gigantesque gisement d'énergie solaire du Grand Sahara, en utilisant l'hydrogène produit à partir de l'énergie solaire, vecteur énergétique propre et sécurisé, afin d'assurer l'approvisionnement énergétique nécessaire.[29]

### 7. le rôle d'une cellule photovoltaïque :

La cellule photovoltaïque sert à générer de **l'énergie solaire**. Son but est de capter le rayonnement du soleil, c'est-à-dire sa lumière, afin de le transformer en électricité. La cellule solaire, ou photovoltaïque, peut fonctionner seule, lorsque les besoins sont moindres, pour une calculette solaire par exemple. Pour répondre à des besoins plus importants, elle est assemblée en modules solaires photovoltaïques, que nous appelons couramment des panneaux solaires[30]

#### Le rôle du composant de la cellule photovoltaïque :

Pour produire une quantité intéressante d'électricité, le panneau solaire additionne les courants électriques générés par les cellules photovoltaïques. [31]

Selon le matériau de construction utilisé pour élaborer une cellule solaire, la puissance obtenue peut aller du simple au double. **Le rendement du matériau semi-conducteur** est d'une grande importance, car à surface égale, il peut être diversement intéressant d'un matériau à un autre. Il en existe de nombreux, mais le silicium, présent en quantité à la surface de la Terre, est le plus utilisé.[31]

#### ❖ Le silicium amorphe

Le silicium amorphe est obtenu à partir de gaz de silicium. Ce gaz est vaporisé sur un support, en verre, en plastique souple ou en métal, grâce à un procédé de projection sous vide. Ces cellules photovoltaïques sont gris foncé[31]

#### ❖ Le silicium monocristallin

Le silicium monocristallin est le résultat du refroidissement du silicium fondu. Une fois solidifié, il se transforme en un cristal uniforme qui est découpé en tranches fines afin de former la cellule photovoltaïque. La couleur de ce matériau est bleue, sans trace de cristaux ou autres. [32]

#### ❖ Le silicium poly cristallin :

Pour obtenir du silicium poly cristallin, on fait fondre le silicium dans un moule métallique carré et allongé, appelé lingotière. Le coloris de ce type de cellule est bleu et parsemé de motifs laissés par les cristaux. Cette particularité nous permet de reconnaître facilement cette cellule photovoltaïque. [33]

#### ❖ Le tellurure de cadmium :

Le tellurure de cadmium (CdTe) est une autre matière première qui permet de concevoir des cellules photovoltaïques. Le procédé de fabrication emprisonne hermétiquement, entre deux supports de verre, une couche d'absorption en tellurure de cadmium.[34]



8. Les avantages et inconvénients de l'énergie renouvelable :

❖ les avantages :

En manière générale, les énergies renouvelables sont **plus propres que les énergies fossiles et fissiles** actuellement exploitées dans le monde entier.

Elles sont plus **écologiques, disponibles en masse** autour du globe et sont « **gratuites** » une fois les installations de production rentabilisées.[35]

Pour être plus précis, il faudrait se pencher sur les avantages et inconvénients que présente chaque **source d'énergie renouvelable**. En voici quelques exemples :

L'énergie **éolienne** est l'énergie propre par excellence. Sans rejet ni déchet d'aucune sorte, elle permet avec un bon **coefficient de performance** d'assurer une bonne **indépendance énergétique**. Sur terre ou off-shore, les **éoliennes** démontrent d'excellentes **capacités de production** et sont une alternative viable pour les territoires les plus reculés dont l'accès à l'électricité est difficile.[35]

L'**énergie biomasse** est liée à la combustion du **bois**. Le bois est un combustible très présent, notamment en France où il est largement implanté. Si cette énergie rejette tout de même des **gaz à effet de serre**, les rejets sont moindres par rapport à la quantité de CO<sub>2</sub> qu'un arbre aura absorbé au cours de sa vie.

Une **forêt bien gérée et renouvelée** permet de ne pas épuiser les réserves en bois. La **biomasse** est donc une énergie qui participe au **développement local** tout en étant **très bon marché** (les **bûches** et les **granulés de bois** sont les combustibles les **moins chers du marché**).[35]

❖ Les inconvénients :

Comme pour chaque chose, les énergies renouvelables ont également leurs petits défauts. On notera en priorité un **coût relativement important** à l'achat des installations dont la **rentabilité** peut se faire attendre des années. De plus, la plupart de ces **énergies vertes** sont sujettes aux caprices de Dame nature. En effet, des journées sans vent ou sans grande luminosité peuvent contrarier fortement la **production de l'éolien et du solaire**. Reprenons en détails les trois sources précédemment citées [36]

La production d'énergie de l'éolien est très **dépendante de la force du vent**. Pour pallier cela, les éoliennes sont toujours placées dans des zones très venteuses. Cependant, certaines populations refusent leur implantation à cause des **nuisances sonores et visuelles** qu'elles entraîneraient.[36]

### 9. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons étudié les différentes énergies renouvelables. Elles représentent une grande partie de notre avenir énergétique. Elles permettent le développement futur et ce sont une solution de nos problèmes énergétiques et environnementaux. Il y a plusieurs énergies renouvelables qui existent mais qui sont peu utilisées par l'Homme car elles ont un coût élevé. Leur utilisation, ces deux dernières décennies, est dû aux changements climatiques et à la pollution, aux gaz échappés des industries et à l'épuisement des énergies dites conventionnelles (Charbon, hydrocarbures, gaz naturel, etc.). Elles ont des avantages propres à elles ; Elles sont inépuisables et respectueuses de l'environnement [37]

Le monde actuel vit au rythme des énergies renouvelables en évitant la pollution par tous les moyens notre Algérie moderne pense dans le futur a une technologie fiable et bénéfique pour l'amélioration de l'industrie et pour le développement économique.

La philosophie de cette politique a pour principe de l'Indépendance de l'économie pour s'éloigner de l'esclavage économique et industriel.

## **Chapitre III : Étude du pompage solaire**

### Introduction :

Notre objectif dans ce chapitre est l'étude et simulation d'un système de pompage d'eau par énergie solaire photovoltaïque et de concevoir un système qui permettra aux petits producteurs d'accéder à une solution d'irrigation solaire, dans le but d'améliorer leurs revenus et leur niveau de vie

Ceci, est considéré comme une voie très prometteuse pour permettre aux agriculteurs de réduire leurs coûts de production et ainsi améliorer leurs conditions de vie. À l'heure actuelle, mis à part la pratique de l'exhaure manuelle, la quasi-totalité de la surface irriguée est pratiquée avec des motopompes thermiques à essence et à une profondeur limitée, limitant le potentiel de terre irrigable.[38]

### 1. Constitution d'un système de pompage photovoltaïque

Les systèmes de pompage solaire photovoltaïque utilisent la conversion du rayonnement solaire en électricité pour alimenter une pompe dans un forage ou un puits. La seule différence entre un système de pompage solaire et un système de pompage classique est l'utilisation de panneaux photovoltaïques, d'un convertisseur et d'une pompe adéquate. Les pompes utilisées peuvent être immergées, centrifuges ou volumétriques selon les conditions d'utilisation. [39]

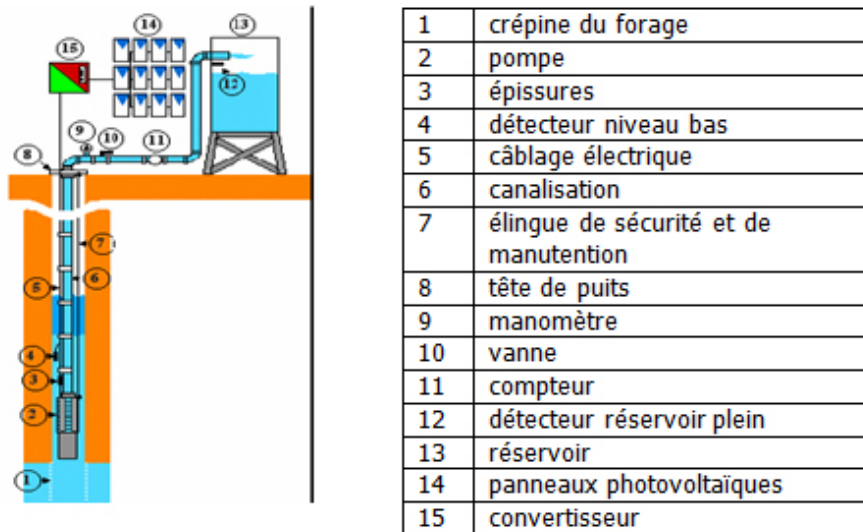


Figure III.1: système de pompage solaire [39]

### 2.1 Principe de fonctionnement

### Chapitre III : étude du pompage solaire

Les panneaux solaires convertissent l'énergie solaire en énergie électrique. L'électricité produite est un courant continu d'une intensité de quelques ampères, sous une tension de 12 à 18V, fournissant une puissance selon les modèles de 60 à 90 WC.

Cette énergie peut être accumulée dans des batteries (accumulateurs) pour permettre un fonctionnement continu, ou transmise directement à l'appareil électrique.[39]

Le convertisseur permet l'alimentation en courant alternatif 220V de la pompe à partir du courant continu fourni par les panneaux solaires. Le débit de la pompe variera en fonction de l'ensoleillement avec un débit maximum au milieu de la journée.

Le rendement des panneaux solaires est fonction de l'ensoleillement et de l'angle d'exposition d'une part et de la température des cellules d'autre part. Ces 2 paramètres dépendent de la latitude et des caractéristiques climatologiques et géographiques de la zone d'implantation. Une étude est obligatoire pour chaque cas afin de connaître la surface de panneaux nécessaire à la pompe.[39]

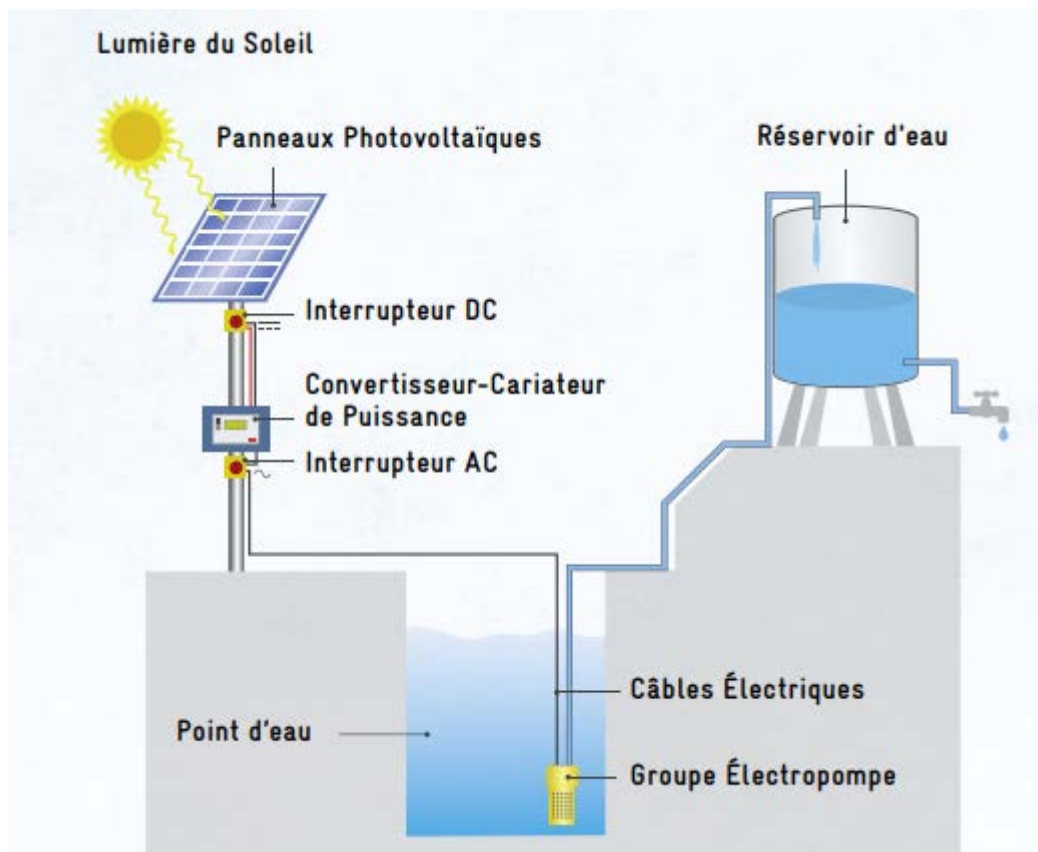


Figure III.2: l'effet de rayonnement solaire [39]

Un système de pompage photovoltaïque est constitué des composantes suivantes :

➤ Schémas de principe :

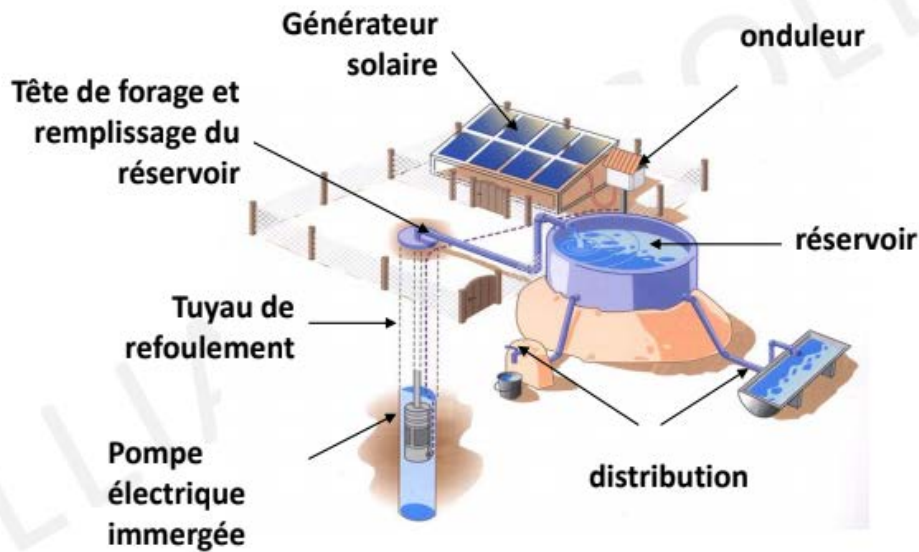


Figure III.3: schémas au fil du soleil [39]

## 2. Méthode de pompage photovoltaïque :

### 3.1 pompage par batterie :

La méthode de pompage d'eau en utilisant l'énergie stockée sur des batteries peut avoir l'avantage de garantir une stabilité d'alimentation des équipements (système présent tel' avantage d'un débit régulier, la possibilité de pomper lorsque le soleil est absent). L'énergie emmagasinée peut être utilisé aussi pour d'autres besoins ultérieurs.

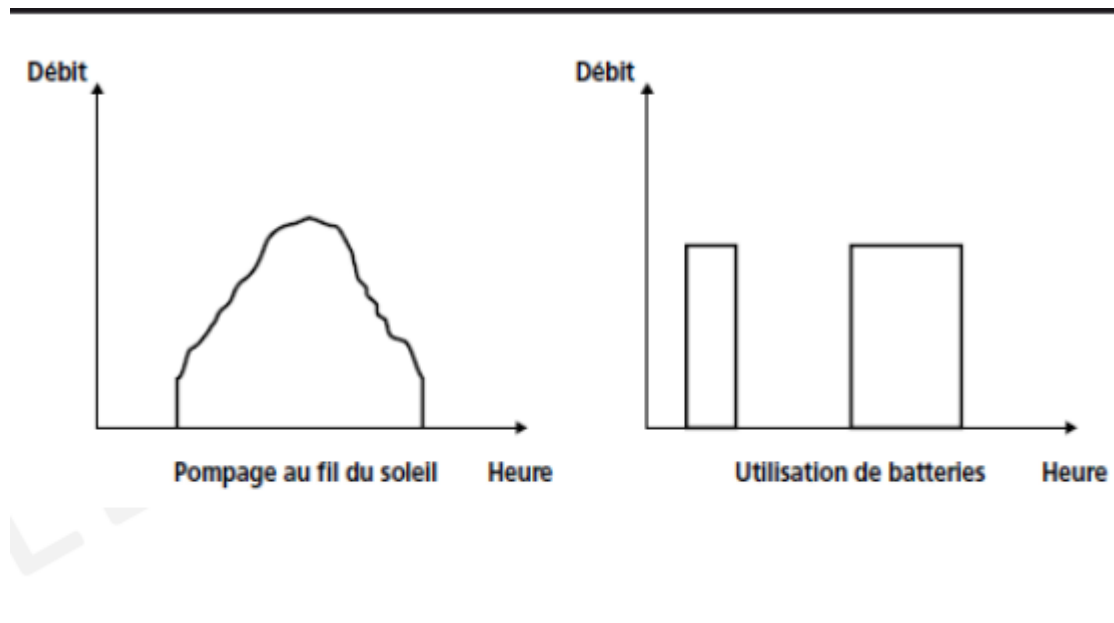
L'inconvénient majeur, voir handicapant, de cette technique est qu'elle comporte plusieurs composants qui influent négativement sur la fiabilité et le coût global du système. En effet, les batteries sont fragiles et sont souvent les premiers éléments qui auront besoin d'être changés.[40]

### 3.2 Pompage au fils du soleil :

Le système de Pompage dit « Au Fil du soleil » permet d'alimenter en eau un site isolé de manière totalement indépendante du reste du système électrique et offre la possibilité de fournir plusieurs dizaines de mètres cubes d'eau par jour à des profondeurs pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres.

Le système de pompage solaire largement utilisé est celui dit « au fil du soleil », Ce système est le plus simple et le moins couteux puisque l'énergie photovoltaïque est utilisée

directement à partir des panneaux sans conversion ou stockage. La particularité de ces pompes solaires est que les autres caractéristiques (débit, pression, rendement) sont en fonction de l'ensoleillement qui varie au cours des jours et saisons de l'année. Les pompes solaires étudiées au laboratoire sont installées à une HMT théoriquement fixe ou variable pendant toute la journée et pour une longue période (une année), pour recréer les mêmes conditions de fonctionnement d'une pompe installée dans un puits réel. Pour garder ou fixer l'HMT, nous manipulons le robinet vanne installé à la sortie de la conduite de refoulement. Cette manipulation a des conséquences directes sur le point de fonctionnement de la pompe et ses performances (puissance absorbée, puissance hydraulique, rendement). [41]



**Figure III.4** : caractéristique du débit pour le pompage au fil du soleil et avec batterie [38]

### 3. Des notions hydrauliques :

#### 1.1 Pertes de charge :

Chutes de pression produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites. Ces pertes sont fonction de la longueur des conduites ( $D$ ), de leur diamètre ( $d_c$ ) et du débit de la pompe ( $Q$ ). Elles s'expriment en mètres de colonnes d'eau (mCE)[42]

Le diamètre des conduites est calculé afin que ces pertes de charge correspondent au plus à 10 % de la hauteur manométrique (HMT). [42]

#### 1.2 Niveau statique

Le niveau statique ( $N_s$ ) d'un puits ou d'un forage est la distance du sol à la surface de l'eau avant pompage. [42]

### 1.3 Niveau dynamique

Le niveau dynamique (Nd) d'un puits ou d'un forage est la distance du sol la surface de l'eau pour un pompage à un débit donné. Pour le calcul de la HMT, le niveau dynamique est calculé pour un débit moyen. [42]

### 1.4 Calcul des pertes de charge :

Pour calculer les Pertes de charge, on a besoin du débit maximum de la pompe. En première approximation, on peut prendre en première approximation la valeur sixième du débit journalier (ou diviser par 2x3, 14).

$Q_{max} = \text{Volume journalier}/6$  (en  $m^3/h$ ) pour un ensoleillement de référence de ( $6kWh/m^2/\text{jour}$ )

#### **Note :**

On peut donc remarquer que la HMT retenue pour ce calcul est en fait HMT maximale, c'est-à-dire correspondant au rabattement au plus fort débit ajouté aux pertes de charges correspondantes jusqu'au réservoir. Dans les faits, la HMT varie avec les pertes de charges mais surtout avec le rabattement. La formule, si elle inclut bien l'effet de la température sur le rendement (jusqu'à 15 % de perte à 45 °C ambiant) est donc pessimiste et conduit à un certain surdimensionnement, celui-ci est d'autant plus fort que le composant rabattement a un poids important dans la HMT totale.[43]

### 4. Choix de la pompe :

Une pompe immergée est définie par son débit et sa HMT qui définissent le point de fonctionnement au meilleur rendement à vitesse nominale (autour de 2 850 t/min pour une fréquence de 50 Hz pour une pompe centrifuge).

La meilleure pompe est celle qui travaillera à son meilleur rendement autour de midi solaire.[44]

Une pompe ayant une HMT nominale supérieure à l'optimum, va démarrer plus tôt mais plafonner en débit avec un mauvais rendement en milieu de journée, au moment du plus fort potentiel.

Dans le cas contraire, la pompe tournera toujours sur la partie gauche de sa courbe par rapport à son point de rendement maximum. L'heure de démarrage n'est pas en soi un critère d'optimisation de choix de pompe.[44]

### 5. Les avantages de pompage photovoltaïque :



Parmi les avantages importants de la conversion photovoltaïque, nous pouvons citer, l'autonomie et la décentralisation de la production d'énergie pour de petites communautés éparses comme le prouve déjà les pompes solaires dont le fonctionnement est révélé très acceptable. Un des systèmes photovoltaïques intéressant du point de vue facilité d'installation et utilité et d'autre part autonomie et fiabilité est le système photovoltaïque de pompage au fil du soleil. Ce système est très utilisé dans les zones rurales et sites isolés pour le pompage d'eau.[45]

L'installation ainsi définie est soumise aux impératifs suivants:

- Un bon rendement,
- Une excellente fiabilité,
- Une autonomie de fonctionnement.

### **6. Configurations du système de pompage photovoltaïque :**

Le système de pompage solaire est constitué généralement par :

- le générateur photovoltaïque
- le groupe moteur-pompe
- l'électronique de commande et de contrôle
- la partie stockage.[46]

Le stockage d'énergie peut se faire de deux façons : stockage d'énergie électrique ou stockage d'eau. Cette dernière méthode est souvent adoptée car il est plus pratique de stocker l'eau dans des réservoirs que l'énergie électrique dans des accumulateurs lourds coûteux et fragiles, de plus le rendement énergétique est meilleure quand il n'y a pas d'accumulateurs.

### **7. Types de systèmes Pompage solaire**

- \* Pompage avec stockage (stockage électrique)
- \*Pompage au fil du soleil (stockage de l'eau). [39]

#### **Les Avantages**

- Modularité
- Fiabilité technique
- Bonne acceptabilité sociale[39]

#### **Les inconvénients**

- Faible rendement Global

- Accessoires électroniques
- Coût initial[39]

8. Le Groupe motopompe(GMP) :

9. les types de pompe : Pompe centrifuge, Pompe à aspiration, Pompe à refoulement.

9.1 Pompe volumétrique: Transmission de l'énergie cinétique du moteur en mouvement de va-et-vient

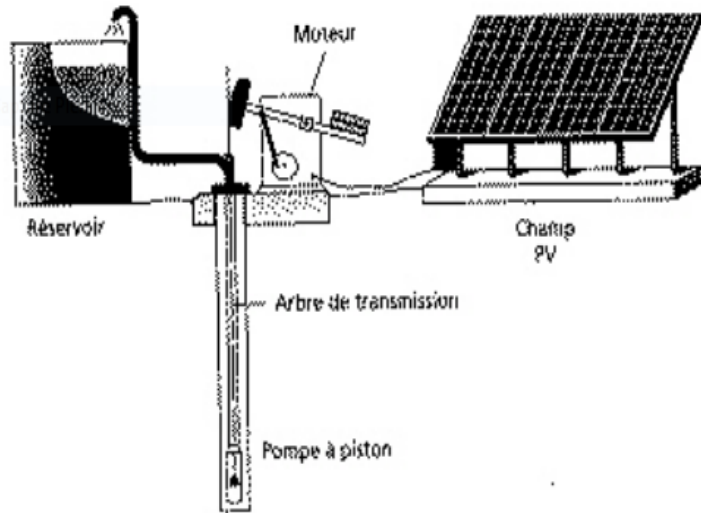


Figure III.5: Pompe à piston (jack pump) : Pour grandes profondeurs et faible débit d'eau [47]

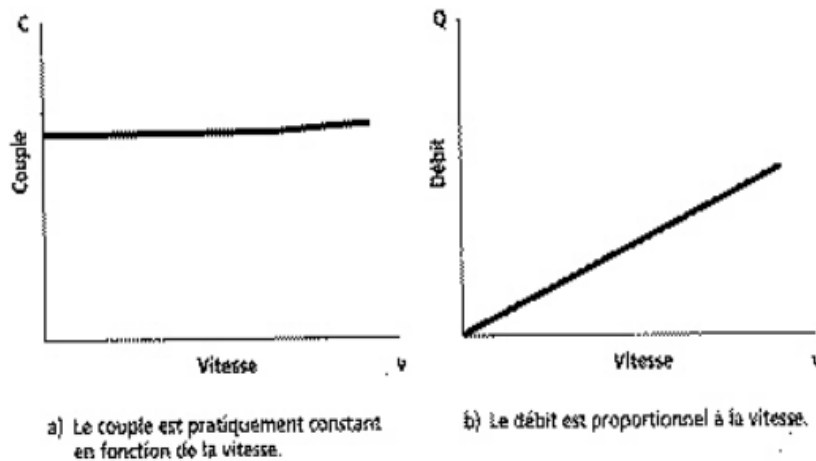
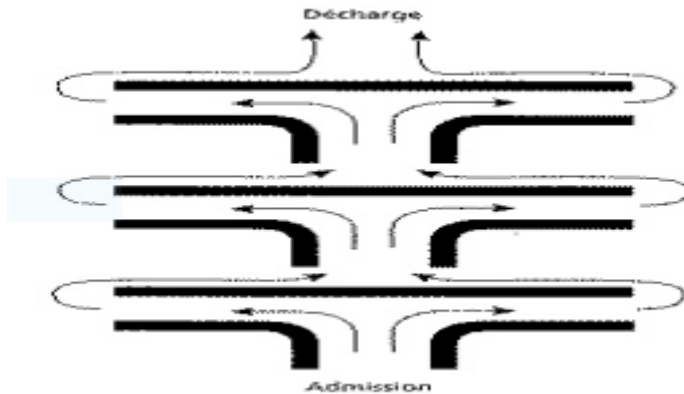


Figure III.6: Caractéristiques d'une pompe volumétrique [47]

9.1.2 Pompe centrifuge:

Transmission énergie cinétique du moteur au fluide par un mouvement de rotation de roues à aubes ou d'ailettes.

- Pompe submersible avec moteur de surface
- Pompe submergé,
- Pompe flottante
- Pompe rotatives à aspiration.



**Figure III.7:** Cheminement de l'écoulement dans une pompe centrifuge à étages multiples<sup>47]</sup>

➤ **Caractéristiques des pompes centrifuges :**

- Conception pour des HMT relativement fixes : (30 à+ 100m)
- Débit proportionnel à la vitesse de rotation du moteur.
- Rendement hydraulique 45 à 60%.
- Durée de vie 5 à 7ans
- Faible entretien et maintenance
- Lubrification assurée par l'eau pompée.
- Nombre d'étages lié à la HMT
- Usage pour l'irrigation de petits maraîchages (faible HMT)

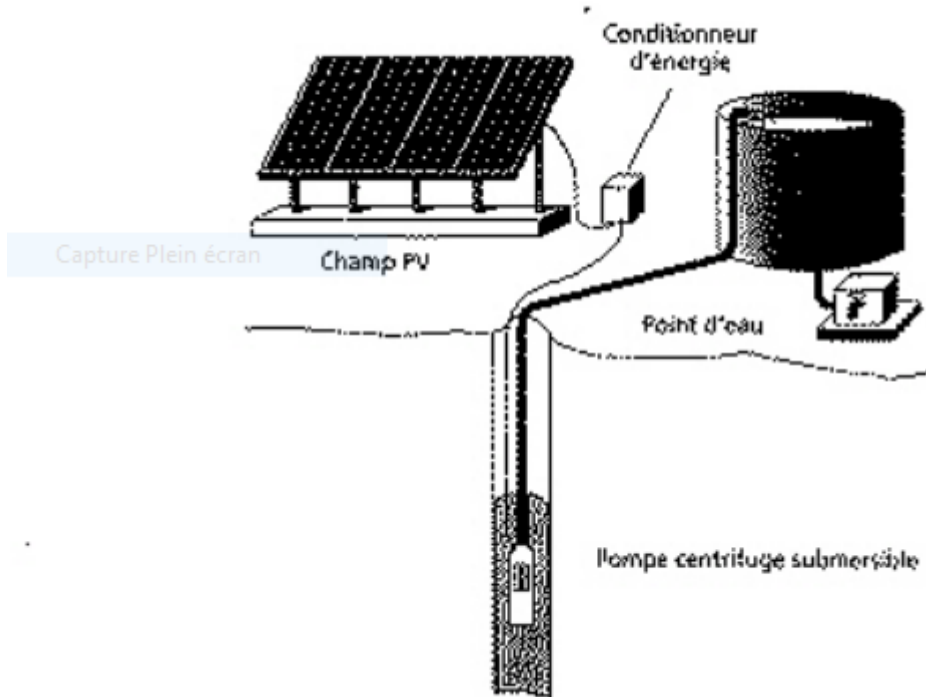


Figure III.8: Pompe submersible centrifuge à étages multiples[47]

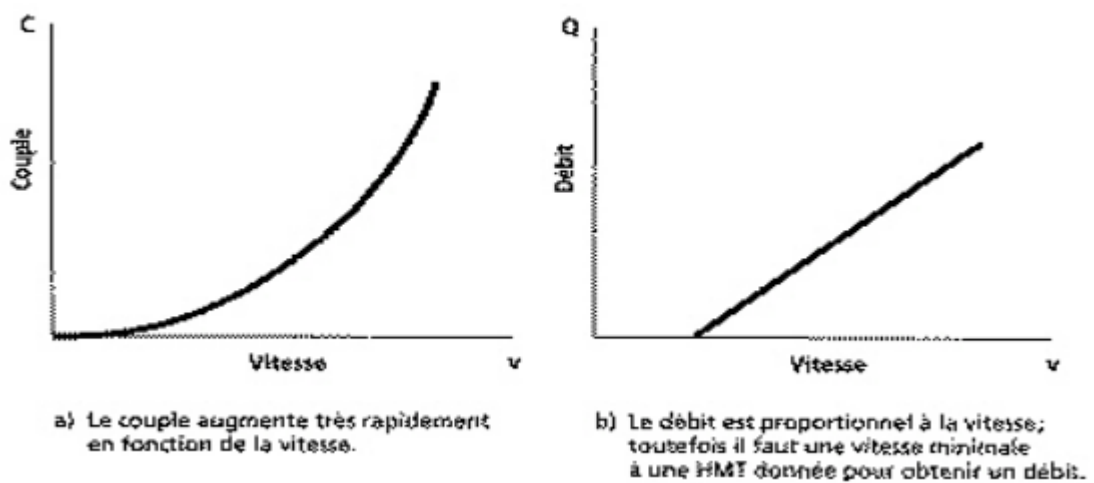


Figure III.19 : Caractéristiques d'une pompe centrifuge [47]

### 9.2 Comparaisons entre les pompes centrifuges et les pompes volumétriques :

Leur choix dépend essentiellement de la viscosité du liquide qui se définit en fonction de sa résistance à l'écoulement. La pompe centrifuge permet généralement d'augmenter le débit d'un liquide tandis que la pompe volumétrique augmente la pression du fluide pour favoriser son déplacement.[47]

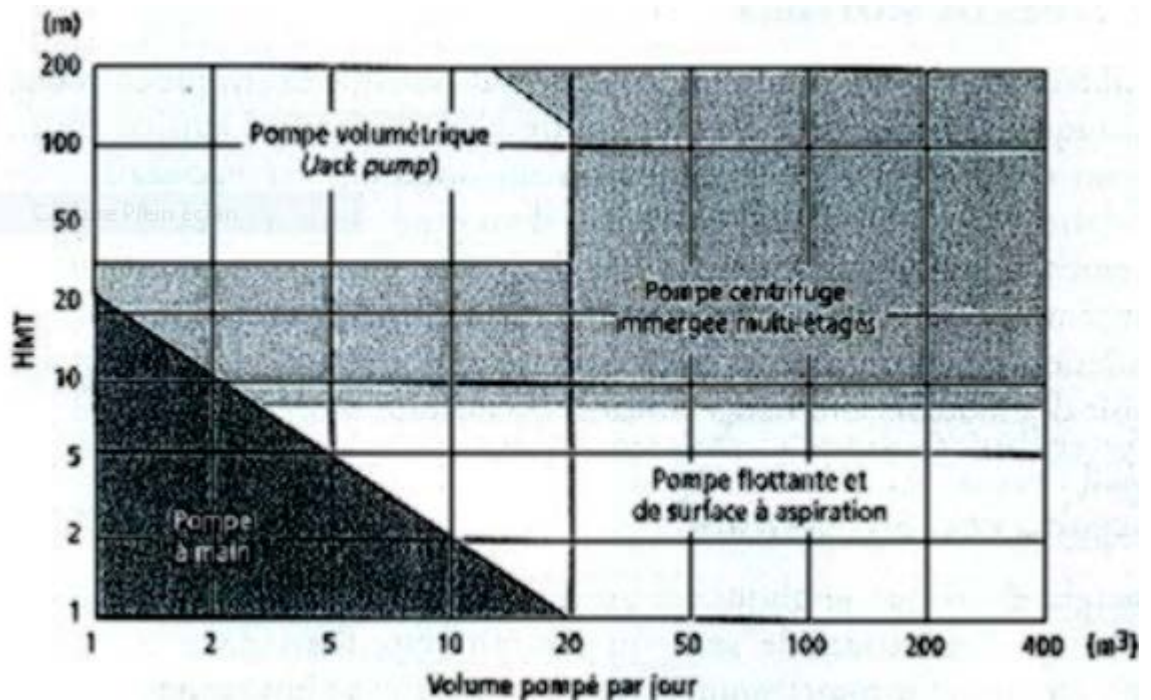


Figure III.10: Choix d'une pompe selon la HMT et le débit demandés[47]

### 10. Les types de Moteurs :

#### A. Moteur à courant continu :

Il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique ; selon la source d'énergie. En fonctionnement moteur, l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique. [48]

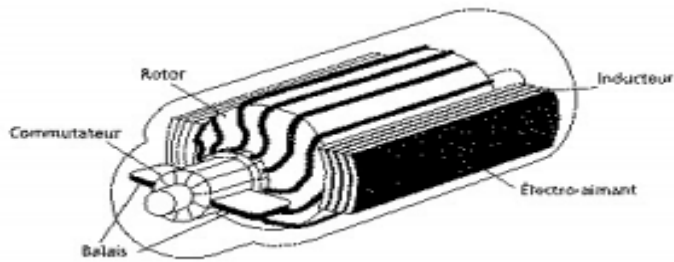
#### B. Moteur à courant continu sans balais :

Un moteur sans balais, ou « moteur bushes », ou machine synchrone autopilotée à aimants permanents, est une machine électrique de la catégorie des machines synchrones<sup>1</sup>, dont le rotor est constitué d'un ou de plusieurs aimants permanents et pourvu d'origine d'un capteur de position rétorque. [49]

#### C. Moteurs à courant alternatif (c.a)

Tous les moteurs fonctionnant en courant alternatif. Ont en commun l'existence d'un champ magnétique tournant produit par les enroulements du stator [50].

- Moteur d'un GMP :
- Moteur à courant continu



**Figure III.11:** Moteur à courant continu avec balais [47]

**\*Inconvénient :**

- Changement balais périodiquement (5000h fonctionnement)
- Moteur à courant alternatif
- Utilisé de plus en plus pour les systèmes de pompage PV
- Coût peu élevé
- Nécessité d'usage d'un onduleur conversion C.C du Gs en CA)
- Moteurs alternatifs asynchrones sont les plus couramment employés

## **- Chapitre IV -**

**Étude d'un système d'irrigation agricole  
par pompage solaire dans les zones semi-  
arides en Algérie.**

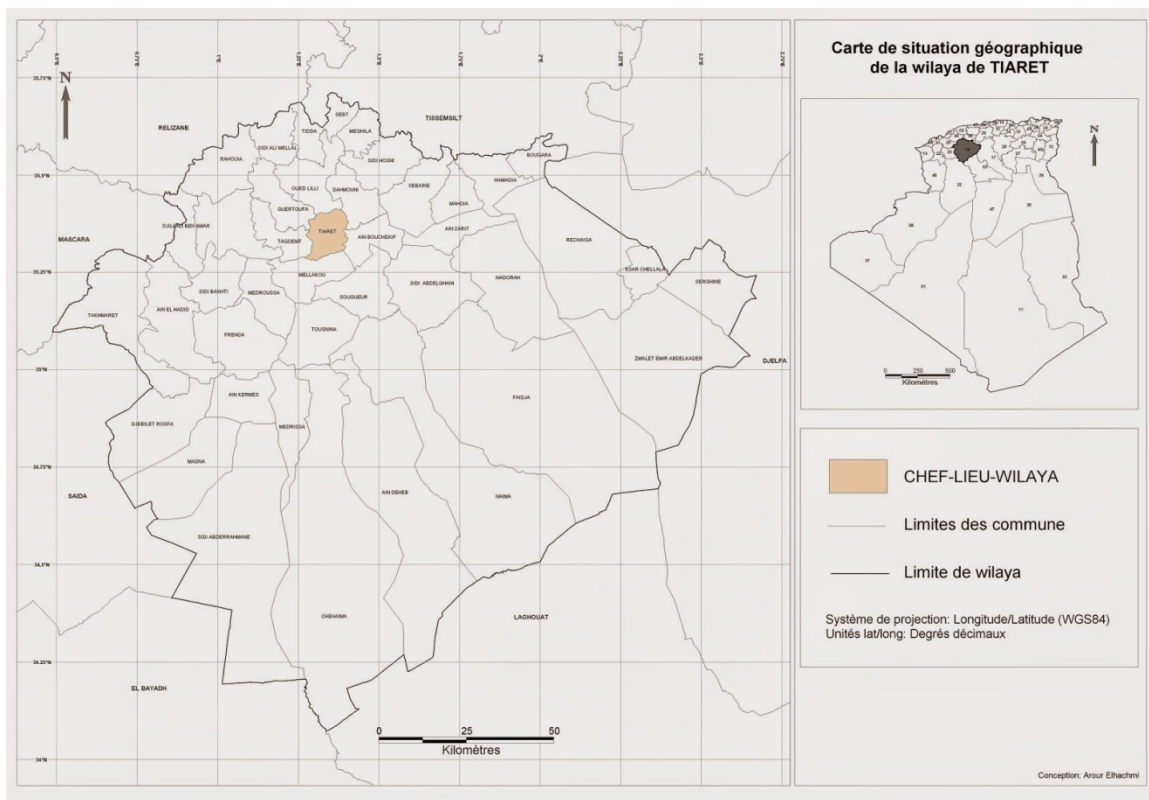
**Cas d'étude : Périmètre de Boukhechba  
(Wilaya de Tiaret)**

## **1. Présentation de la zone d'étude :**

### **1.1 Identification et localisation du site :**

Tiaret s'étend sur une superficie de 20 673 km<sup>2</sup> et compte plus de 900 000 habitants. La wilaya contribue à hauteur de 3 % à l'économie nationale et de 24 % au développement de l'économie locale, Elle est d'ailleurs leader national sur deux créneaux, la production céréalière et la production d'oignons, et est également bonne productrice de viandes rouges, de viandes blanches, d'œufs, d'olives, de fruits et légumes.

Située sur les Hauts-Plateaux à 300 km au sud-ouest de la capitale algéroise, Tiaret met tout en œuvre pour développer l'exportation de ses produits. 40 projets ont été lancés ; la moitié sont en cours de réalisation, comme l'extension de 700 000 ha de terre agricole sur un total de 1,6 M ha). Une attention particulière est réservée aux filières lait, viandes et céréales, pour une agriculture moderne, afin d'encourager les projets d'investissements.[51]



**Figure IV.1 : Carte de la localisation géographique de la région de Tiaret[51]**



## Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)

Le périmètre de " Boukhechba" relève du territoire de la commune d'El Faidja. Cette commune, à vocation agro - pastorale, se situe au sud - est de la wilaya de Tiaret. Elle est limitée:

- Au nord par les communes de Nadorah et Sidi Abdelghani ;
- Au sud par les Wilayas de Laghouat et Djelfa ;
- A l'ouest par la Naïma,
- A l'est par la commune de Z'malet Emir Abdelkader

Au plan administratif, la commune relève de la daïra de Sougueur et s'étend sur une superficie de 225 499 ha, soit 11% du territoire de la wilaya.

Au plan physique, elle est caractérisée par une structure géomorphologique relativement homogène qui se confond avec les hautes plaines steppiques et qui se prolongent au sud vers les wilayas steppiques limitrophes de Laghouat et Djelfa.

Le périmètre, objet de l'étude se situe au nord-ouest de la commune.[52]



**Figure IV.2:** Carte de situation commune de FAIDJA [52]

## Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)

### 1.2 Situation agricole de la zone

Le périmètre de " BOUKHECHBA ", d'une superficie de 920 Ha, est distant de 26 Km de l'agglomération chef-lieu de commune et à proximité de l'agglomération secondaire de Sidi Touati.

Proposé par la DSA, le périmètre a fait l'objet par le BNEDER, d'une délimitation précise sur le terrain avec le concours des services technico-administratifs locaux (subdivision agricole, Cadastre, HCDS et élus de l'APC). Il est limité localement comme suit :

- Au Nord par l'oued Batmet El Bey
- A l'Est par Oued BOUKHECHBA.
- A l'Ouest par la base de vie de la station de pompage N°06 et le chemin communal.
- Au Sud par le gazoduc desservant le centre de compression.

Il est facilement accessible grâce au chemin communal qui relie la commune de Z'malet Emir Abdelkader la RN 23 desservant au passage la base de vie de la station de pompage N°06 située à proximité. Le tableau ci-après présente les coordonnées du périmètre, provenant d'un levé par GPS en utilisant le système de projection WGS 84, d'un nombre de points permettant l'identification et la délimitation du périmètre. [52]

**Tableau IV.1 : Localisation et coordonnées géographiques du périmètre [53]**

Lieu-dit	Commune	Daïra	Wilaya	Sup (ha)	Coordonnées WGS84	
					Point	Y1
BOUKHECHBA	FAIDJA	SOUGUEUR	TIARET	920	P1	N34°44'41.67''
					P2	N34°44'2.92''
					P3	N34°44'2.92''
					P4	N34°45'58.46''



**Figure IV.3 : Localisation géographique du périmètre[52]**

## **2. Conditions agronomiques :**

L'analyse du milieu physique est élaborée sur la base de l'exploitation de la documentation bibliographique et cartographique existante et des données statistiques disponibles couvrant la zone d'étude, l'ensemble étant conditionné pour consolidation par des travaux de terrain. Elle portera sur les aspects les plus significatifs, à savoir :

- Le relief et l'occupation du sol.
- Le climat.
- Les ressources en eaux.
- L'érosion et les ressources en sols renforcés des analyses au laboratoire.

En effet, Il s'agit de réunir toutes les informations relatives aux conditions naturelles du milieu physique et de déterminer les extrêmes conditionnant les mises en culture.

### **2.1 Relief :**

Le périmètre BOUKHECHBA s'insère dans la zone homogène des hautes plaines semi arides à vocation agropastorale qui se caractérisent par une topographie plane dans l'ensemble. Au droit du périmètre la surface présente une pente légère inférieure à 12% qui ne constitue pas de contrainte aux activités agricoles en irrigué. Les altitudes oscillent légère-

## *Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)*

ment autour de 1000m à 1010m avec des variations de l'ordre de quelques mètres et une orientation générale ouest-est.[52]

**Tableau IV.2** : Répartition de la superficie du périmètre de BOUKHECHBA selon la pente[52]

Pentes	0-3%	3-12%	12.5-25%	25%	TOTAL (ha)
Ha	467	453	0	0	920
%	51	49	0	0	100



**Figure IV.4** : Vue d'ensemble du périmètre de BOUKHECHBA [52]

### **2.2 Climat et bioclimat**

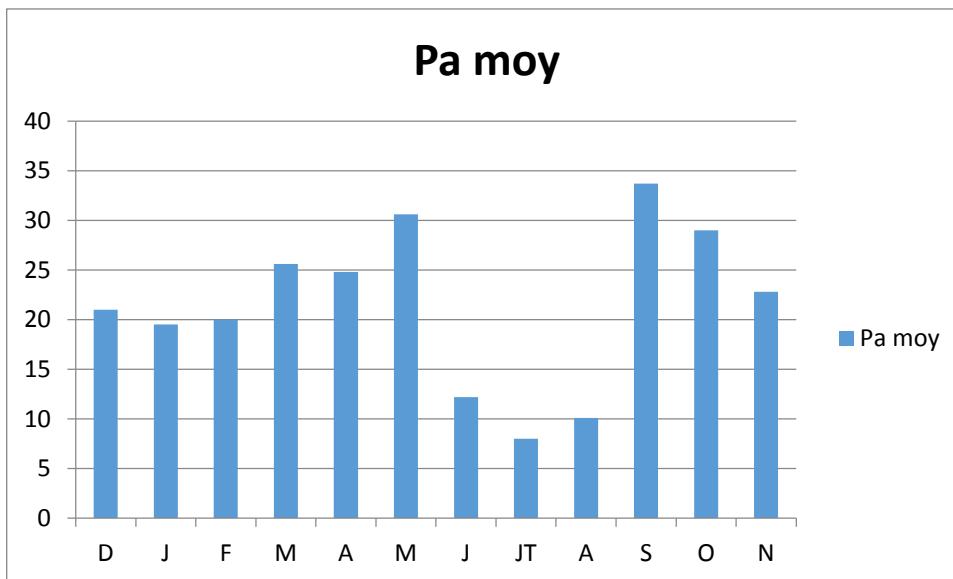
La caractérisation des conditions climatiques au niveau du périmètre fait appel à des observations réalisées à travers la station professionnelle de Ksar Chellala sur la période de 1990 à 2018. [54]

#### **2.2.1 Pluviométrie**

La zone appartient à l'isohyète 250 – 300 mm La moyenne pluviométrique annuelle des 26 dernières années est de l'ordre de 257 mm pour une durée pluvieuse de 70 jours par an en moyenne. C'est une lame d'eau insuffisante pour la plupart des cultures.

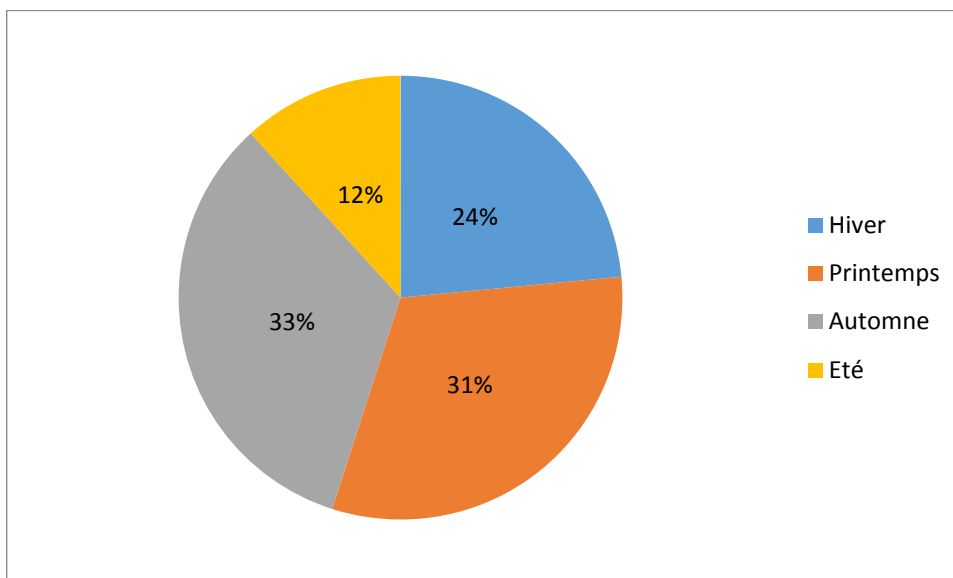
**Tableau IV.3** : Evolution des précipitations mensuelles en année moyenne station de Ksar Chellala 1990-2016 [54]

MOIS	Dec	Janv	Fev	Ma	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	CUMUL ANNUEL
Pa moy.	21,0	19,5	20,0	25,6	24,8	30,6	12,2	8,0	10,1	33,7	29,0	22,8	257,4
% saison	23,5			31,5			11,8			33,3			100
Jour de pluie	7	6,3h	6,9h	6,6h	5,2h	6,8h	3,7h	3	3,8h	7	6,2h	5,9h	70,1h



**Figure IV.5 :** Répartition des précipitations moyennes mensuelles station de Ksar Chellala 1990-2016

Quoique peu importantes les chutes de pluies couvrent pratiquement en moyenne tous les mois de l'année. La répartition paraît assez régulière et montre que les précipitations surviennent à des périodes cruciales pour la végétation notamment en automne et fin printemps. Celles-ci débutent intensément en automne, la saison pluvieuse par excellence qui enregistre 33,3 % de la lame annuelle, baissent progressivement en hiver (23,5 %), se maintiennent au printemps (31,5%) puis se réduisent pendant l'été (11,8%) généralement sous forme d'orages.



**Figure IV.6:** Répartition saisonnière des précipitations en (%) station de Ksar Chellala 1990-2018

**Tableau IV.4 :** Typologie du climat de la station de Ksar Chellala[54]

**Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)**

Période	1990-2018	
Saison	Pa Moy	%
Hiver	60,5	23,5
Printemps	81,0	31,5
Automne	85,6	33,2
Eté	30,3	11,8
Type	A.P.H.E	

Selon la répartition saisonnière des précipitations, le climat de la zone est de type APHE. Il se caractérise par une concentration des précipitations en automne et au printemps alors que l'hiver n'est pas la saison des pluies par excellence.

### **2.2.2 Températures :**

La moyenne des températures au cours de l'année est de l'ordre de 17,4 °C. La période froide se situe entre novembre et mars où la moyenne des minima est autour de 11 °C. Janvier est le mois le plus froid avec une moyenne des minima de 3,2°C et des pointes de -3,9°C.

**Tableau IV.5 : Températures moyennes[54]**

	Moyenne des minimas	Moyenne des maximas	Moyenne des minimas les mois les plus froids	Moyenne des maximas les mois les plus chauds	Moyenne annuelle
°C	<b>11,1</b>	<b>24,2</b>	<b>3,2(janvier)</b>	<b>37,9 (juillet)</b>	<b>17,4</b>

La période des grandes chaleurs se situe entre juin et septembre où la moyenne des maximas est de l'ordre 24°C avec des pointes de près de 44,9°C en juillet. En termes de température la station se caractérise aussi par une amplitude thermique de 10,5°C.

### **2.2.3 Autres paramètres climatiques :**

#### **a. Gelées :**

Les données enregistrées par la station de Ksar Chellala font état d'une occurrence du phénomène des gelées de l'ordre de 43 jours/an. C'est une occurrence importante qui confère à la zone un caractère gélif relativement prononcé.

**Tableau IV.6 : Fréquence des gelées[54]**

MOIS	J	F	M	A	M	J	juil.	A	S	O	N	D	Année
Jours	12,2	9,6	4,6	0,4	0,2	0	0	0	0	0,2	1,0	14,6	42,8

Les gelées surviennent de manière significative entre décembre et février, trimestre pendant lequel se concentre plus de 85% des occurrences. En début de printemps elles persis-

## Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)

tent notamment le long du mois de mars et restent dangereuses bien que la moyenne des occurrences baisse jusqu'au autour de 4 jours. Pendant le bimestre février – mars, avec une fréquence cumulée de 14 jours environ, les cultures ne sont pas à l'abri du phénomène plus particulièrement les espèces à débourrement précoce. Cette situation impose une grande prudence dans le choix des variétés qui devront avoir une floraison suffisamment tardive pour éviter les épisodes de gelée les plus fréquents.

### **b. Grêle :**

Pour les 26 dernières années, la station enregistre en moyenne 0,3 jours de grêle par an. Celle-ci se manifeste exclusivement entre janvier et février avec une fréquence respective de 0,4 et 3,57 jours.[52]

### **c. Orages :**

La fréquence des orages est de 26,4 jours/an en moyenne. En considérant les jours de pluie, il apparaît que les orages constituent près de 38% des jours pluvieux. C'est un phénomène principalement estival (74%) mais il persiste encore en septembre et octobre.

**Tableau IV.7 :** Nombre moyen de jours d'orages [54]

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	Année
Jours	0,2	0,4	2,0	1,2	3,2	4,0	4,4	3,2	4,80	2,4	0,6	0	26,4

Les orages contribuent à l'érosion des sols notamment sur les terres de déclive en période d'absence de végétation.

### **d. Le vent**

La zone de projet est exposée à des vents de force modérée durant toute l'année, avec une vitesse moyenne de 3 m/s. D'un mois à l'autre, les différences sont peu importantes, les manifestations éoliennes étant plus ou moins proches de la moyenne.

**Tableau IV.8 :** Vitesse max et moyenne des vents[54]

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	Année
VENT MOY	3,8	4,9	4,8	2,6	3,7	2,8	2,7	2,3	2,3	2,7	2,6	2,2	3
VENT MAX	45	27	30	18	24	22	28	27	20	35	22	19	26

Un vent calme présente une vitesse inférieure ou égale à 1,0 km/h, sans direction et sens déterminés. Avec les valeurs moyennes enregistrées, la zone est considérée comme rela-

**Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)**

tivement ventée ce qui agit principalement sur l'évapotranspiration et détermine également le choix de la méthode d'irrigation à adopter.

**e. Humidité relative :**

Moyennement, l'humidité de l'air est de 54%. Au cours de l'année elle varie entre 31% en juillet et 77% en octobre.

**Tableau IV.9 : Humidité de l'air[54]**

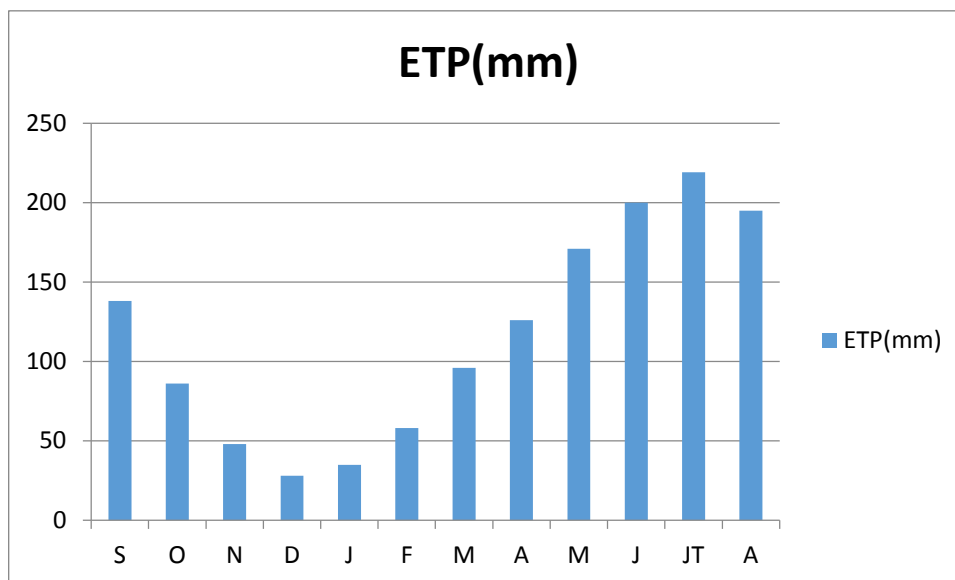
MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	Année
%	69	57	63	53	42	37	31	32	45	77	68	75	54

**2.2.4 Evapotranspiration potentielle (E.T.P.)**

L'évapotranspiration potentielle, représente un déficit en eau à compenser pour les cultures

**Tableau IV.10 : Evolution de l'ETP –Pen Mann (mm) pendant l'année moyenne. [52]**

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A	TOTAL
ETP(mm)	138	86	48	28	35	58	96	126	171	200	219	195	1400



**Figure IV.7:** évolution mensuelle de la valeur moyenne en (mm) de l'ETP station de Ksar Chellala1990-2018

L'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle enregistrée au niveau de la station de référence est de 1400 mm ; elle est accentuée durant la période de Mai à Août avec un pic de 224 mm au mois de juillet.



**Conclusion sur le climat :**

La zone d'étude appartient et à l'étage bioclimatique aride à hiver frais. Il est de type continental à caractère désertique, caractérisé par des écoulements temporaires formant de simples drainages endoréiques. Les précipitations automnales et printanières sont les plus abondantes et présentent généralement par un caractère torrentiel et dans de nombreux événements pluvieux un caractère orageux qui accentue les risques d'érosion sur les terrains vulnérables. Les risques de gelées sont relativement importants notamment lorsqu'elles persistent en février et mars ce qui nécessite certaines précautions dans le choix des cultures et leur conduite. Globalement, la mise en valeur agricole devra recourir impérativement à la mobilisation de la ressource en eau souterraine pour assurer une productivité suffisante étant entendu que la pluviométrie annuelle reste insuffisante pour la plupart des cultures et présente par ailleurs un caractère aléatoire dont ne peut s'accommoder le projet de mise en valeur.

**3. Ressources en eaux :**

**3.1 Les eaux superficielles :**

Dans l'environnement immédiat du périmètre les possibilités de mobilisation des eaux de surface sont très réduites du fait de la faiblesse des écoulements eu égard à la topographie plane de la surface et au caractère insuffisant et irrégulier des précipitations.[52]

**3.2 Les eaux souterraines :**

Le territoire de la commune de Faidja qui reçoit le périmètre de mise en valeur est situé sur un large synclinal à fond plat comblé par des formations mi pliocènes reposant en discordance sur les formations du crétacé.

Les formations susceptibles d'être aquifères sont représentées essentiellement par :

- les terrains moi-plio-quadernaires de faible épaisseur constitués de calcaires gréseux, poudingues et de sables limoneux à porosité d'interstices.

- Une série assez épaisse représentée par des grés, des dolomies, des marnes, des argiles et des calcaires à porosité d'interstices, de fractures et de chenaux, appartenant au Crétacé inférieur.

Du point de vue hydrogéologique, l'alimentation des nappes souterraines a lieu par les pluies irrégulières, les infiltrations des eaux de l'oued Touil lors des crues et les venues partir du complexe aquifère profond du Barré mo-albien.

Les réservoirs susceptibles d'être aquifères sont contenus respectivement dans les formations d'âge Plio-quadernaire, Crétacé inférieur Barrémien-Albien et Jurassique supérieur. L'aquifère du Plio-quadernaire est très développé dans cette zone avec une épaisseur variant de quelques mètres à près de 200 mètres dans la partie centrale et des débits de 10 à 15 l/s.[52]

### **3.3 Ressources en sols :**

#### **3.3.1 Méthodologie :**

Pour s'assurer de la faisabilité pédologique du projet de la mise en valeur par baie de la concession de périmètre BOUKHECHBA retenu pour une surface totale délimitée de 920ha, des profils pédologiques ont été réalisés dans le but d'apprécier les qualités des sols, de faire sortir leurs caractéristiques physico-chimiques, de déterminer d'éventuelles contraintes et les potentialités, d'établir un plan d'aménagement et de mise en valeur ainsi que la proposition de cultures adaptées.

Pour ce faire, la méthodologie suivie est articulée selon les étapes suivantes :

1. Prospection pédologique.
2. Analyse des échantillons de sols prélevés.
3. Interprétation des résultats.

Une carte des aptitudes culturales, hors texte, permettra d'orienter le type d'aménagement approprié à prévoir et les cultures pouvant être mises en place et à développer.

09 profils pédologiques ont été réalisés à divers endroits du périmètre, ces profils sont localisés à l'aide d'un GPS portant les données générales (pente, altitude, géomorphologie, occupation, aspect de surface) ; et une description morphologique des profils.[52]

Les analyses ont porté sur la détermination des paramètres suivant :

- La composition granulométrique ;
- Le taux de matière organique MO ;
- C (%)
- Le calcaire total et actif ;
- La conductivité électrique CE ;
- Le PH ;
- CEC.

### **3.3.2 Classification des sols**

L'étude des sols est fondée sur la classification française mise à jour en 1967 par la commission de la pédologie et cartographie des sols (C.P.C.S). Dans cette classification, les sols sont groupés en fonction d'une hiérarchie de critères représentée par les classes, sous classe, groupe, sous-groupe :

- La classe définit le mode d'évolution pédologique et son intensité.
- La sous classe détermine les conditions pédoclimatiques
- Le groupe caractérise le processus d'évolution du sol
- Le sous-groupe détermine soit une intensité du processus fondamental d'évolution, soit la manifestation d'un processus secondaire

L'étude des sols a été effectuée à la précision de 1/10 000e et à cette échelle il est tenu compte des unités majeures de la classification à savoir : Classe, sous/classe, groupe, sous/groupe.

L'étude des sols du périmètre " BOUKHECHBA " a permis d'identifier des sols de siérozems de steppe qui des sols de formation encroutée et développés sur des matériaux composés de dépôts alluvionnaires du quaternaire et sur des matériaux calcaires à rarement argilo calcaire caractérisés par un degré de décarbonatation progressif du haut vers le bas du profil suite au test réalisé in situ (travaux de prospection) par l'acide chlorhydrique. De ce fait, ils se subdivisent en deux unités :[52]

- Des sols iso humiques, groupe des siérozems de steppe à croûte calcaire ;
- Des sols iso humiques, groupe des siérozems de steppe à encroûtement calcaire.

#### **3.3.2.1 Sols iso humiques, groupe des siérozems de steppe à croûte calcaire :**

Cette unité pédologique couvre presque 859 ha, soit 93.39% de la superficie totale du périmètre. Elle se caractérise par une topographie plane, une pente de moins de 3%, un aspect la surface dominé par une végétation steppique très faible (0 à 5%) et composé essentiellement de Peganumharmale. Ils présentent une charge caillouteuse très faible 0-5% consti-

*Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)*

tuée de débris calcaires et sont limités par la croûte calcaire à très faible profondeur, d'où leur désignation de sols squelettiques.[52]



**Figure IV.8:**Siérozems de steppe à croûte calcaire - aspect de la surface. [55]

**3.3.3 Etude morphologique**

**Description l'environnement du profil**

**Tableau IV.11 :**Description de l'environnement du profil

	Superficie (ha) :	61.68
Localisations	Coordonnées WGS	x= 2° 01' 57.88'' y= 34° 44' 23.48''
	Altitude	985m
	Géomorphologie	Plaine steppique Lithologie
	Lithologie	Encrouement calcaire
	Pente	0-3%
Description du site	Aspect de surface	Non caillouteuse
	Occupation du sol	Parcours steppique +culture céréalière
	Charge caillouteuse néant	Néant
	Végétation	Harmel, orge, Alfa,
	Erosion	Eolien et hydrique
	Nappe phréatique	Existe à une profondeur 20-50m

### **3.3.4 Description morphologique du profil**

0- 25 cm : Sec, couleur 7.5 YR 4/6, Texture limono- sableuse, structure polyédrique, pas de charge caillouteuse, racines fines, matière organique non décelable, activité biologique faible, poreux, friable, faible effervescence à HCl, transition diffuse.

25 - 65 cm : Sec, couleur 7.5 YR 6/6, Texture limono-argileuse a sable, structure polyédrique fine, pas de charge caillouteuse présence des chevelu racinaire, pauvre en matière organique, poreux, diffus, moyennement compact, forte effervescence à HCl, transition diffuse.

>65. Encrouement calcaire.[52]

### **3.3.5 Caractéristiques morphologiques :**

Profil de type A/C, profond de texture limono- sableuse, structure polyédrique, pauvre en matière organiques avec une faible effervescence en HCl des horizons de la surface et élevée en profondeur, sols limite par encrouement calcaire.

Ces sols sable sont, caractérisés par un aspect de surface moins caillouteux voir une surface nulle en éléments grossiers les caractéristiques hydriques confiées à ces sols sont :

- ✓ Faible capacité de rétention en eau donc un RFU moyenne ;
- ✓ Sol perméable ;
- ✓ Drainage interne bon

### **3.3.6 Caractéristiques analytiques :**

**Tableau IV.12 : Caractéristiques analytiques**

Code du profil	P1	P2
Coordonnées	X= 2° 01' 57.88''	Y= 34° 44' 23.48''
Code laboratoire numéro	2	3
Horizons	H1	H2
Profondeur (cm)	0-25	25-65
Granulométrie (en %) A (%)	18,03	29,00
L <sub>f</sub> (%)	17,00	24,67
L <sub>G</sub> (%)	6,43	8,60
S <sub>F</sub> (%)	47,87	29,53
S <sub>G</sub> (%)	10,67	8,20
CaCO <sub>3</sub> Total (%)	20,00	38,50

## Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)

CaCO <sub>3</sub> Actif (%)	12,52	17,61
CEC (méq /100 g)	9,25	14,56
pH (au 1/5)	8,35	8,37
C.E mmhos/cm. (1/5)	0,13	0,16
C (%)	0,56	0,41
MO (%)	0,96	0,70

- **Granulométrie** : L'analyse granulométrique révèle une texture sablo-limoneuse et avec une fraction sableuse élevée ce qui confère aux sols une bonne perméabilité,
- **Unité pédologique** caractérisé par un sol non salé, la conductivité électrique <06 Ohm/cm. (1/5)
- **Calcaire total et actif**: La teneur en calcaire total est élevée au niveau du profil, elle est autour de plus de 29.25% en moyenne dans le profil, avec une teneur en calcaire actif dépassant 12%, contraignantes pour le développement d'une grande gamme de cultures.
- **pH du sol** est fortement alcalin, la réaction du milieu est favorable sans aucun risque pour les cultures proposées (Blé, cultures maraîchères).
- La capacité d'échange cationique faible (CEC =11.90 méq/100g en moyenne)
- Sol pauvre en matière organique (MO < 1 %)[52]

### 3.3.7 Valeur agricole des sols et mise en valeur :

#### f. Potentialités

- Profondeur moyenne et satisfaisante sur le plan agronomique
- Bonne perméabilité
- Sol non salé

#### g. Contraintes

- ✓ Présence de l'encroustement calcaire,
- ✓ Le sol est pauvre en matière organique et en éléments fertilisants

### 3.3.8 Travaux d'améliorations et La mise en valeur

- ✓ Des amendements en engrais organiques (fumier d'étable et engrais vert) afin d'améliorer la structure de sol et de former un complexe organo-minérale qui pourrait augmenter la capacité de rétention en eau de ces sols.[52]

## *Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)*

---

✓ Correction du déficit de la fertilité chimique par des amendements en engrais minéraux (fumure de redressement) et d'apporter aux cultures les besoins nécessaires à leurs développements pendant le cycle végétative (fumure d'entretien).

✓ Un Choix judicieux des cultures et l'application rigoureuse des itinéraires techniques des cultures ;

✓ Le respect des assolements et des rotations des cultures par les concessionnaires;

### **4. Conception et dimensionnement :**

#### **4.1 Le choix de culture :**

Le choix des cultures (aptitude culturale) est orienté en fonction des caractéristiques physiques et chimiques des sols et les exigences édaphiques et climatiques des cultures proposées, en tenant compte aussi des considérations sociales et de l'intérêt économique de la zone, le choix des cultures est orienté vers les oliviers.

#### **Le mode d'irrigation proposé :**

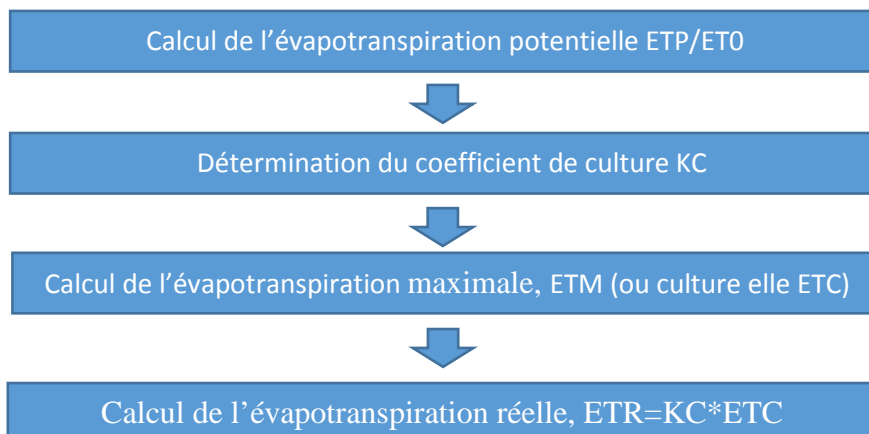
Les techniques d'irrigation choisies pour le périmètre en projet, est le « goutte à goutte ». L'utilisation de cette technique pour les zones semi-arides permet d'obtenir de bons résultats, que ce soit sur le plan production, ou sur le plan hydraulique (meilleure efficacité)

#### **4.2 Les besoins en eau des plantes dépendent de :**

- La plante elle-même (type de plante)
- La face de croissance de la plante
- Les conditions climatique (la précipitation, humidité de l'aire, la vitesse de vent, la turbulence de l'atmosphère, la d'exposition au soleil « l'ensoleillement » et l'échange radiant).
- La pédologie du sol (type de sol)

#### **4.3 Détermination des besoins en eau des cultures :**

**Le calcul est résumé dans l'organigramme suivant :**



**a. L'évapotranspiration potentielle ou de référence ETP/ET0 :**

Il est défini comme le niveau de l'évapotranspiration d'une surface importante d'un 'GAZON' vert de hauteur uniforme (8 à 15 cm), en croissance active recouvrement complètement le sol et a liment en eau de façon nom restrictive (nom limité).

**Remarque**

- L'ETP est considéré comme une donnée climatique c'est à dire les facteurs culturaux n'intervient pas dans son estimations
- Nous employons couramment le terme 'ETP' pour distinguer la valeur approchée de l'ETP obtenue par calcul à partir d'une formule d'estimation fondée sur des données climatiques

**b. Coefficient de culture (KC) :**

Il est défini comme étant le rapport entre l'évapotranspiration maximale ETM d'une culture à l'évapotranspiration de référence ET0.

ETM et ET0 sont mesurées pour des grandes parcelles dans les conditions optimales de croissances.

Le KC fait intervenir les paramètres culture (le stade végétatif) de la plante. Il intègre les effets de 03 caractéristiques :

1. La hauteur de la culture, qui affecte la rugosité et la résistance aérodynamique (résistance de la plante /l'air)
2. L'Age, l'état des feuilles, le degré de régulation stomatique et l'humidité de l'air
3. L'albédo (réflectivité) de la surface sol-végétation, qui dépend de proportion du sol couvert par la végétation et l'humidité du sol

**Remarque :**

KC s'exprime pour un chiffre entre 0,5 à 1,25

**c. Evapotranspiration maximal ETM :**

La culture donnée à un stade végétatif dans les conditions optimales de croissance, exprimé par :

$$ETC = ETM = KC \times ET0 \dots\dots\dots (IV.1)$$

**d. L'évapotranspiration réelle ETR :**



## *Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)*

---

C'est l'évapotranspiration d'une culture donnée à un stade végétatif donné dans les conditions réelles de croissance, exprimé par :

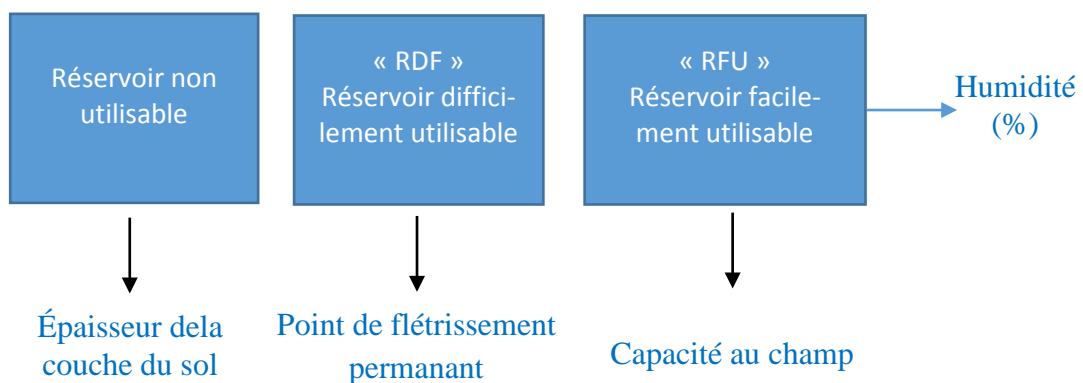
$$ETR = KC \times ETM = KS - KC - ET0 \dots\dots\dots (IV.2)$$

Avec :

KS : coefficient de sécheresses

### **e. Coefficient de sécheresses KS :**

Il exprime le rapport entre ETR et l'ETM. Il varie en fonction de la réserve d'eau dans le sol.



Lorsque le réservoir est facilement utilisable (RFU), il est plein (Le stockage **S** est important), la plante pourra répondre à la demande climatique. Alors, l'ETR est égale approximativement à l'ETM (**ETM ≈ ETR**).

Lorsque le réservoir est difficilement utilisable (RDF), il n'est pas plein (Le stockage **S** diminue), l'offre ne pouvant pas satisfaire la demande, alors, la plante ferme partiellement ses stomates

Donc : **ETR < ETM**

### **4.4 Méthode d'évaluation de l'ETP :**

Soit par calcul (formules), soit des mesures de l'évaporation transpiration.

#### **A. Mesure de l'évaporation :**

L'instrument utilisé est le bac, il est important de l'implanter dans les conditions climatiques les plus voisines possibles à celles de la suite :

##### **A-1. Bacs enterrés :**

## Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)

---

➤ **Bac de Yong couvert** : de forme circulaire de diamètre 0.61 m et de profondeur 0.90m, couvert par une grille métallique.

➤ **Bac de l'O.R.S.T.O.M** : de forme carrée de 1.00m de côté et de 0.60 m de profondeur.

### A-2. Bac sur le sol :

➤ **Bac de classe A** : De forme circulaire de diamètre 1.2 m et de profondeur 0.25m en tôle galvanisée, posé sur le sol sans pente.

➤ **Bac flottant** : Pour déterminer l'évaporation des plans d'eau.

En général pour tirer l'évaporation réelle il faut :

$$E_v = C \times E_b \dots\dots\dots (IV.3)$$

Avec :

$E_v$  : l'évaporation réelle (naturelle) (mm)

$C$  : coefficient de bac

$E_b$  : l'évaporation de bac

**Tableau IV.13** : Coefficients de bac

Type de bac	Coefficient 'C'
Young	0,90
Colorado	0,83
Classe A	0,69

### Mesure de transpiration :

Il y'a 03 catégories : voisines

1. Mesure directe de vapeur restituée à l'atmosphère
2. Mesure du changement du poids de la plante et du terrain qui l'alimente
3. Mesure de la quantité d'eau nécessaire à une plante pour assurer sa croissance et sa transpiration

### B. Calcul de l'évapotranspiration potentielle $ET_0/ETP$ :

Il y'a plusieurs formules :

➤ Formule de PANMAN-MONTHIT modifiée :

Pour une échelle du temps horaire et un gazon bien irrigué

**Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)**

---

$$ET0 = C \times [W - Rn + (1 - w) \times F(u) \times (ea - ed)] \dots \dots \dots (IV.4)$$

Avec :

W : facteur de pondération rendant compte l'effet de rayonnement à différentes températures et altitudes.

R<sub>n</sub> : le rayonnement net en évaporation équivalente exprime en (mm/j)

F(u) : fonction liée au vent

(e<sub>a</sub>-e<sub>d</sub>) : constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques.

➤ **Formule de PANMAN :**

$$ETP = P \times (t) Rn/L + \gamma Ea/(P(t) + \gamma) \dots \dots \dots (IV.5)$$

Avec :

R<sub>n</sub> : rayonnement net « climatique »

E<sub>a</sub> : pouvoir évaporant de l'air, fonction du vent et du déficit de saturation de l'air.

L : chaleur latente de vaporisation (2,5. 10<sup>6</sup> J/Kg)

γ : constante psychrométrique (0,65 hPa / °C)

P\*(t) : valeur de la dérivée de la fonction de pression partielle de vapeur d'eau saturante en fonction de la pression partielle de vapeur d'eau en fonction de la température.

➤ **Formule de Baney-Criddle :**

Elle donne des résultats satisfaisants pour les régions arides et semi-arides :

$$ETP = K \times P \times (0.4572t + 8.128) \dots \dots \dots (IV.6)$$

Avec :

P : pourcentage de la durée moyenne du jour en fonction de la durée moyenne annuelle

t : température moyenne mensuelle en °C

$$K = Kt + Kc \dots \dots \dots (IV.7)$$

K<sub>t</sub> : coefficient climatique en fonction de la température donné par un tableau ;

K<sub>c</sub> : coefficient de la culture qui tient compte du stade de croissance du plante ;

➤ **Formule de Turc:**

Est l'humidité relative de l'air est supérieur à 50%

$$ETP = 0,013 \times J \times (I_g + 50) + \left(\frac{T}{T+15}\right) \dots \dots \dots (IV.8)$$

## Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)

---

ETP : évapotranspiration en (mm /mois)

J : nombre de jours le mois considéré

T : température moyenne de la période considérée en °C

Ig : radiation globale du mois considéré en (cal/cm<sup>2</sup>/j)

$$I_g = I_g' A \times \left(0,18 + 0,62 \times \frac{h}{H}\right) \dots \dots \dots (IV.9)$$

Ig' : radiation maximale théorique

H : durée astronomique de jour en (h/mois)

h : la durée d'insolation en (h/mois)

### 5. Estimation des besoins en eaux :

La consommation d'eau pour l'irrigation est définie comme étant le volume nécessaire pour compenser le déficit entre : d'un 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 climatique, des saisons types des cultures et types des sols.

Pour un mois donné, le bilan hydraulique s'exprime comme suit :

$$I = (P + R) - (ETR + D) \dots \dots \dots (IV.10)$$

I : irrigation nécessaire pour satisfaire la demande en eau des cultures (mm).

P : pluie (mm) « ressource en eau »

R : réserve du sol + réserve remontée capillaire (mm)

ETR : évapotranspirations réelle (mm)

D : drainage + ruissellement (mm) « pertes »

- Si le bilan est positif (I>0) les pluies sont suffisantes donc l'irrigation est inutile
- Si les pluies sont inexistantes (P=0mm), toute l'eau est apportée par l'irrigation

$$I = ETR \dots \dots \dots (IV.11)$$

• Si une partie des besoins est fournie par la pluie et le reste par irrigation, les besoins en eau d'irrigation seront :

$$I = ETR - (P + R) \dots \dots \dots (IV.12)$$

### 5.1 Evaluation des besoins en eau d'irrigation :

Les besoins sont calculés par :

$$B = ETR + (X - RFU) - P_{eff} \dots \dots \dots (IV.13)$$

## *Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)*

---

B: besoins en eau d'irrigation (mm)

ETR : l'évapotranspiration réelle de la culture considérée (mm)

X : coefficient compris (0-1) correspondront ou pourcentage d'utilisation de la RFU, en considérant la profondeur d'enracinement

Pe<sub>eff</sub> : la pluie efficace (mm /mois)

### **5.2 Calcule de la pluie efficace :**

C'est la partie des précipitations totales, qui est directement et/ou in directement utile pour les cultures

$$Pe_{eff} = \alpha \times P_{80\%} \dots \dots \dots (IV.14)$$

$\alpha$  : fraction donnée pour tenir en compte des petites par ruissellement et par percolation qui varie entre (10 à 20%) donc  $\alpha$  varie entre (0,8 à 0,9) c'est à dire (80% à 90%)

$p_{80\%}$  : la pluie en (mm) de probabilité de dépassement de 80%.

### **6. L'évapotranspiration calculée :**

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide d'un logiciel CROP-WAT8.

#### **6.1Présentation du logiciel cropwat :**

Le Cropwat8 est un logiciel d'aide à la gestion de l'irrigation. Il a été mis au point par la FAO en 1992, il est basé sur la formule de Penman - Monteith modifiée. Il permet de calculer les besoins en eau des cultures et les quantités d'eau d'irrigation ; basés sur les Bulletins d'irrigation et de drainage FAO-24 et 33.

Cropwat8 accepte d'entrer jusqu'à 30 cultures en même temps, existant dans une même parcelle d'un hectare pour donner les besoins en eau d'un hectare moyen (All crop) et le graphe cropping pattern de l'ensemble des cultures entrées.[56]

**Tableau IV.14:** Les résultats obtenus par le logiciel CROPWAT

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m <sup>2</sup> /day	mm/day
January	-0.6	9.4	84	164	4.6	8.9	0.98
February	0.0	11.1	77	216	6.3	12.6	1.59
March	2.2	14.4	67	216	6.7	15.9	2.46
April	3.9	18.9	63	207	7.0	18.7	3.38
May	7.8	23.3	54	173	9.1	23.2	4.51
June	12.2	28.3	51	147	9.8	24.6	5.26
July	15.0	33.3	39	156	10.3	25.0	6.24
August	15.0	32.8	39	147	9.8	23.1	5.82
September	12.2	27.2	58	130	8.9	19.5	4.18
October	7.2	20.0	65	164	6.8	14.0	2.73
November	3.3	13.9	78	164	5.6	10.2	1.52
December	0.0	10.0	80	207	3.8	7.6	1.11
<b>Average</b>	<b>6.5</b>	<b>20.2</b>	<b>63</b>	<b>174</b>	<b>7.4</b>	<b>16.9</b>	<b>3.31</b>

**1. Evaluation theorique :**

Dans des conditions optimales d’approvisionnement en eau nous comparons la quantité d’eau disponible naturellement pour les végétaux et les prélèvements de ces mêmes

Végétaux supposés [57]

Besoin net=prélèvement – fraction des précipitations stockée dans la zone racinaire- réserve éventuelle

$$\text{Besoin net} = ETM - Pu - X \cdot RFU \dots\dots\dots (IV.15).$$

En manière d’irrigation, on cherche à placer les plantes dans des conditions de production optimales et on base d’irrigation sur la valeur de l’évapotranspiration maximale ETM.

$$ETM = Kc \times ETP \dots\dots\dots (IV.16).$$

L’ETP : L’évapotranspiration de référence en (mm/mois).

Kc : Le coefficient culturel

(Pu) (mm) : Pluie utile

X : Coefficient entre (0 et 1).

RFU : La réserve facilement utilisable).

N.B : 1 mm d'eau de pluie tombé sur une superficie de 01 hectare correspond à 10 m<sup>3</sup>

➤ **Dose d'arrosage (dose nette) :**

## Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)

---

La dose pratique d'arrosage, dans le cas d'une irrigation localisée, est donnée par la :

$$Dp(mm) = RFU(mm) \dots\dots\dots (IV.17)$$

### ➤ Fréquence des arrosages N :

La fréquence d'arrosage est donnée par le rapport entre les besoins et la dose pratique

$$N = \frac{Beir(mm)}{Dp(mm)} \dots\dots\dots (IV.18)$$

N est une valeur arrondie

La dose réelle d'arrosage :

$$Dr = \frac{Beir(mm)}{N} \dots\dots\dots (IV.19)$$

Dose brute : La dose brute étant donnée par :

$$\text{Dose brute} = \frac{Dr}{R \times Cu} \dots\dots\dots (IV.20)$$

Avec :

R : est le rendement d'irrigation pris égal à 90 %

Cu : Coefficient d'uniformité d'arrosage

### 2. Évaluation du débit de pointe :

Le calcul des besoins en eau permettra la détermination débits de pointe de champ. Le débit de pointe est en général basé sur la satisfaction des besoins en eau de la culture la plus exigeante dans la période où la consommation est maximale.

Le débit fictif est calculé à partir de fonction suivante.

$$Dfc = \frac{Beir \left( \frac{m^3}{ha} \right)}{Nj (s)} \dots\dots\dots (IV.21)$$

Avec :

Nj : Nombre de jour du mois considéré

### Remarque :

Puisqu'il n'y a pas assez de données de la série des pluies on va considérer la pluie moyenne mensuelle de 1990 jusqu'à 2016 c'est la pluie utile **P**.

*Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire  
dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)*

**Tableau IV.15:** Besoins en eau d'irrigation des oliviers

Culture	Olivier											
Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avri	Mai	Juin	Juillet	Aout
Nbre j	30	31	30	31	31	29	31	30	31	30	31	31
pu (mm)	33,7	29	22,8	21	19,5	20	25,6	24,8	30,6	12,2	8	10,1
P 80%	26,96	23,2	18,24	16,8	15,6	16	20,48	19,84	24,48	9,76	6,4	8,08
Kc	0,9	0,6	0	0	0	0	0	0,6	0,7	0,74	0,8	0,8
EtTp (mm)	138	86	48	28	35	58	96	126	171	200	219	195
ETM (mm)	124,2	51,6	0	0	0	0	0	75,6	119,7	148	175,2	156
ETM-Pu	90,5	22,6	0	0	0	0	0	50,8	89,1	135,8	167,2	145,9
Stock d'eau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bier (mm)	90,5	51,6	0	0	0	0	0	50,8	89,1	135,8	167,2	145,9
Stock après	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bier (m <sup>3</sup> /ha)	905	516	0	0	0	0	0	508	891	1358	1672	1459
Dfc l/s/ha	0,35	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,33	0,52	<b>0,62</b>	0,54
Rfu (mm)5	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
DP (m <sup>3</sup> /ha)	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
N arrosage	1,26	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	1,24	1,89	2,32	2,03
N corrigé	1	1	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2
Dr (m <sup>3</sup> /ha)	905	516	0	0	0	0	0	508	891	679	836	729,5
Bier (m <sup>3</sup> /ha /j)	30,166	16,645	0	0	0	0	0	16,933	28,741	45,266	53,935	47,064
A (mm/j)	3,0166	1,6645	0	0	0	0	0	1,6933	2,8741	4,5266	5,3935	4,7064

**Tableau IV.16 :** Besoins en eau d'irrigation globale

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Nbre j	30	31	30	31	31	29	31	30	31	30	31	31
Dfc l/s/ha	0,35	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,33	0,52	<b>0,62</b>	0,54
q net	1,0474	0,2531	0	0	0	0	0	0,5879	0,9979	1,5717	1,872	1,6341
q brut l/s	0,9950	0,2404	0	0	0	0	0	0,5585	0,9480	1,4931	1,7791	1,5524
Dfc brut (l/s/ha)	0,3316	0,0801	0	0	0	0	0	0,1861	0,3160	0,4977	0,5930	0,5174

**3. Besoins réduits**



### 3.1 Choix de goutteur :

Nous avons choisi le goutteur autorégulant parce qu'il est facile à nettoyer dans un terrain limon sableux. Il réalise une pression sur une plage de 1 à 3 bar.

Aussi pour le débit on doit d'abord régler les goutteurs, et on fixe les différents débits : 16l/h, 20l/h, 24 l/h, 28l/h. Nous avons calculé aussi le volume par jour de chaque débit avec formule suivante :

$$V=q \times 24 \dots\dots\dots (IV.22)$$

**Tableau IV.17** : Caractéristiques des goutteurs proposés : [57]

<i>Débit des goutteurs (l/h)</i>	16	20	24	28
<i>Volume par jour (l/jour)</i>	384	480	576	672

Pour notre exploitation nous avons choisi en premier lieu un goutteur de débit de **16 l/h**.

Alors, nous avons mis **2** goutteurs par arbre en fonction de l'espacement entre les rampes et entre les goutteurs ; 5m ×5m.

Nous avons pour chaque goutteur une surface qui va être calculée avec cette équation :

$$S=E \times e=25 \text{ m}^2 \dots\dots\dots (IV.23)$$

Et si on utilise la dose journalière (mm/jour), on obtient le volume :

$$V (\text{mm/jour})=S \times \text{dose journalière} \dots\dots\dots (IV.24)$$

$V < 28 \text{ l/h}$  donc on doit réduire le nombre de goutteurs et aussi la durée d'arrosage.

### 3.2 Paramètres de la micro irrigation :

#### **Dose d'arrosage :**

Dans le cas d'une irrigation localisée, la dose pratique d'arrosage sera réduite par apport à la dose de l'irrigation traditionnelle dans le rapport p. La dose pratique dpl sera alors [32] :

$$dpl=P \times Rfu \dots\dots\dots (IV.25)$$

Rfu : réserve facilement utilisable = dose pratique

La dose réelle suivra la même réduction et deviendra :

$$drl = P \times dr \dots\dots\dots (IV.26)$$

**Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)**

La dose nette effectivement consommée par les plantes, elle est donnée :

$$dn = dpl \times Cu \times R \dots\dots\dots (IV.27)$$

Avec : R : étant le rendement l'irrigation localisée pris égal à 0,9.

Besoin quotidien en eau (a1) :

$$a1 = a \times (0,1 + 0,9 \times p) \dots\dots\dots (IV.28)$$

Avec P est la fraction du sol couvert par le feuillage, elle est prise égale 60 %

Fréquence d'arrosages :

$$T_{jours} = \frac{dn}{a1} \dots\dots\dots (IV.29)$$

Durée d'arrosage :

$$\theta = \frac{v}{q} \dots\dots\dots (IV.30)$$

La durée quotidienne d'arrosage :

$$\theta' = \frac{\theta}{T} \dots\dots\dots (IV.31)$$

Dans ce qui suit, nous avons calculé les besoins réduits pour chaque mois : Le tableau suivant donnée les calculs des besoins réduit pour les oliviers.

**Tableau IV.18 : Les besoins réduits pour les oliviers**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
<b>Nbre j</b>	30	31	30	31	31	29	31	30	31	30	31	31
<b>A net(mm/jour)</b>	3,02	1,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,69	2,87	4,53	5,39	4,71
<b>Al(mm/jour)</b>	1,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,8	2,9	3,5	3,0
<b>DpT(m<sup>3</sup>/ha)</b>	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
<b>DpGG(m<sup>3</sup>/ha)</b>	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288
<b>Drl(mm)</b>	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52
<b>Dn(mm)</b>	9,302	9,302	9,302	9,302	9,302	9,302	9,302	9,302	9,302	9,302	9,302	9,302
<b>T(jour)</b>	5	9						9	5	3	3	3
<b>V(l)</b>	288	288						288	288	288	288	288
<b>(Heure)</b>	9	9						9	9	9	9	9
<b>θ' (h/jours)</b>	1,868	1,031						1,049	1,780	2,803	3,340	2,914
<b>Débit de 2 goutteurs identiques</b>	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
<b>Nbre GG</b>	7200,00											
<b>Q tt Goutteurs (l/h)</b>	115200											
<b>Q tt Goutteurs (l/s)</b>	38,40											
<b>Débitcarac. GG l/s/ha</b>												<b>0,47</b>

**Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)**

---

Pour dimensionner un réseau de goutte-à-goutte, plusieurs paramètres rentrent en jeu :

- Données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail.
- Le réseau d'irrigation sera installé sur la surface de l'exploitation est de 9 hectares. Il correspondra aux cultures oliviers.
- La superficie de l'exploitation est de **9ha**.
- L'étude a défini le nombre de secteur d'arrosage ; Chaque ligne de plante sera irriguée à partir d'une rampe de longueur **Lr=150m** portant des gouteurs espacés de **Eg=5m**

**Nombre de rampe dans chaque poste (Nr) :**

$$Nr = \frac{Lp}{Er} \dots\dots\dots (IV.32)$$

Avec :

Lp : largeur de chaque poste

Er : espacement entre ligne

**Nombre des gouteurs par poste (Ng) :**

$$Ng = \frac{Lp}{EG} \dots\dots\dots (IV.33)$$

Avec :

Lp : longueur de parcelle

Eg: espacement entre gouteur

Les résultats de calcul sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.19 :** Nombre et longueur de rampe par porte rampe et nombre de gouteurs

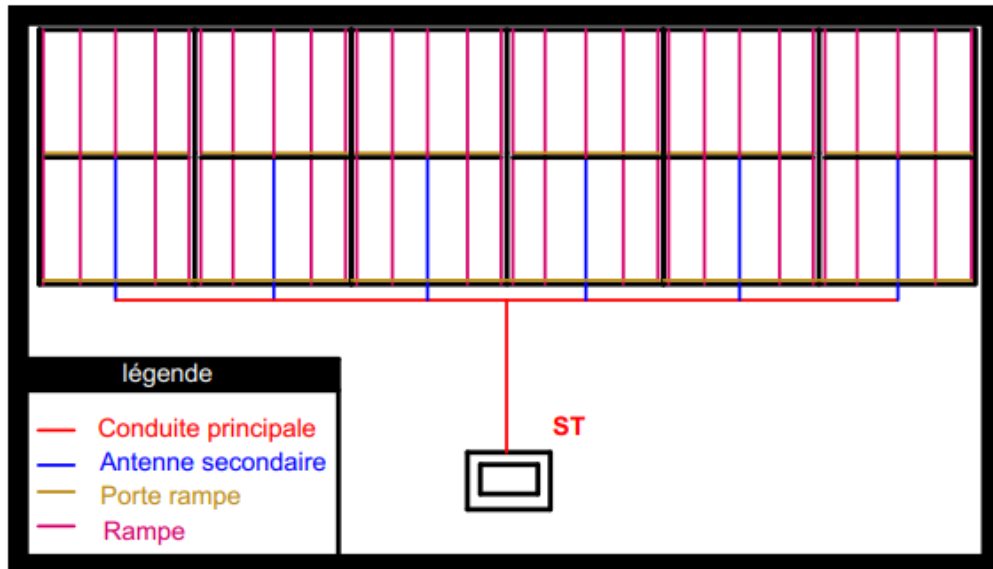
Parcelle	1	2	3
<b>Nombre de rampe</b>	30	30	30
<b>Longueur de chaque rampe (m)</b>	150	150	150
<b>Nombre de gouteur/rampe</b>	80	80	80
<b>Nombre de gouteurs dans chaque parcelle</b>	2400	2400	2400

**4. Dimensionnement du réseau :**

**4.1 Dimensionnement des rampes, porte, rampes et tête morte :**

## *Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)*

Dans notre étude, nous avons un réseau d'irrigation goutte à goutte pour nos oliviers composé d'un forage équipé d'une pompe qui alimente un réservoir surélevé, ce dernier assurera la mise en charge d'un réseau de distribution par l'intermédiaire d'une tête morte, de trois portes rampes et plusieurs rampes.



**Figure IV. 9:** schéma Le réseau d'irrigation goutte à goutte

Notre oliveraie est subdivisée en trois parcelles d'une surface de 9 ha chacune. Chaque parcelle comportera une porte rampe qui alimentera 30 rampes et chacune est équipée de 2400 goutteurs de 16 l/h de débit.

Nous avons dimensionné pour un débit évalué par la relation :

$$\text{Débit : } Q_r = 0.55 \times P \dots\dots\dots (IV.34)$$

Avec :

$Q_r$  : Débit de rampe

$Q_g$  : Débit de goutteur

Donc :

$$P = Q_g \times N_g \dots\dots\dots (IV.35)$$

$$P = \frac{16 \times 10^{-3}}{3600} \times 80 = 0.356 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_r = 0.55 \times 0.356 \times 10^{-3} = 1.956 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

**Diamètre :** Nous prendrons en premier  $V=1\text{m/s}$

$$D_n = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \dots\dots\dots (IV.36)$$

**Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)**

---

$$D=0,0157m=20mm \quad Dn=20mm$$

**Calcul de la vitesse :**

On calcule la nouvelle vitesse après avoir déterminé le diamètre normalisé  $Dn = 20 \text{ mm}$

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D r^2} \dots \dots \dots (IV.37)$$

$$Vr = 0.62m/s$$

Pour calculer le diamètre de la porte rampe (tous comme la rampe, la porte rampe sera aussi considéré comme une conduite qui assure un débit de route)

$$Q_{pr} = Qr + 0.55 \times Pr \dots \dots \dots (IV.38)$$

$$Pr = Qr \times Nr = 1,956 \times 10^{-4} \times 30 = 0,0058 m^3/s \dots \dots \dots (IV.39)$$

$$Q_{pr} = 1,956 \times 10^{-4} + 0,55 \times 0,0058$$

Donc :

$$Q_{pr} = 0,33 \times 10^{-2} m^3/s$$

Avec :

$Qr$  : Débit de rampe

$Nr$  : nombre des rampes

Le diamètre normalisé de la porte rampe sera :

$$D = 0,064m, \quad Dn = 75mm$$

$$V = 0,74m/s$$

**Tableau IV.20 : Dimensionnement des rampes et portes rampes**

Paramètre	Rampe				Porte rampe			
	L (m)	$Qr$ ( $m^3/s$ )	$Dn$ (mm)	$Vr$ (m/s)	L (m)	$Q_{pr}$ ( $m^3/s$ )	$Dn$ (mm)	$Vr$ (m/s)
Parcelle 1	150	$1,956 \times 10^{-4}$	20	0.62	150	$0,33 \times 10^{-2}$	75	0,74
Parcelle 2	150	$1,956 \times 10^{-4}$	20	0.62	150	$0,33 \times 10^{-2}$	75	0,74
Parcelle 3	150	$1,956 \times 10^{-4}$	20	0.62	150	$0,33 \times 10^{-2}$	75	0,74

Nous déterminons le débit total (Débit de la tête morte) et le débit de chaque parcelle (débit de la porte rampe), à partir du nombre de goutteurs implantés dans chaque parcelle. Le tableau suivant donne les débits pour chaque parcelle.

**Tableau IV.21: Débit à apporter pour chaque parcelle**

Parcelle	1	2	3
----------	---	---	---

**Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)**

---

<b>Q (l/s)</b>	12,8	12,8	12,8
----------------	------	------	------

Nous irriguons les trois parcelles à tour de rôle dans le débit de la tête morte alors le débit sera  $Q_T=12.8$  l/s

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \dots\dots\dots (IV.40)$$

Nous avons posé  $V = 1$  m/s

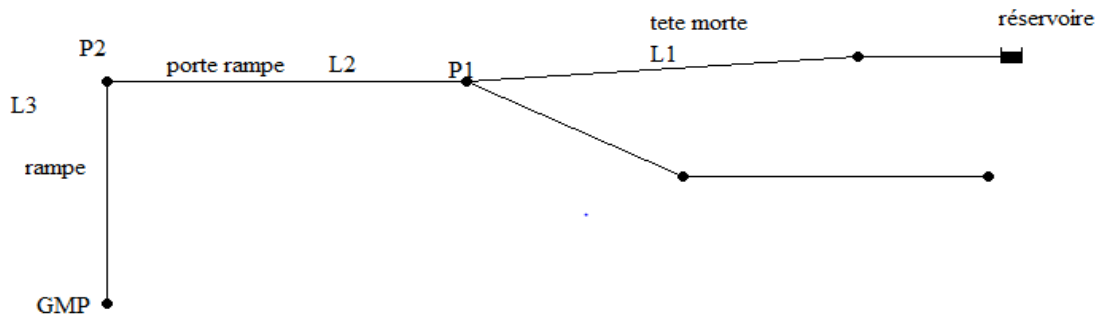
$$D = \sqrt{\frac{4 \times 12,8 \times 10^{-3}}{\pi \times 1}} = 0,127 \text{ m}$$

**Diamètre normalisé : Dn=150mm**

La vitesse sera  $V_r = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = 0.72 \text{ m/s}$ , vitesse est convenable :  $(0.5 \text{ m/s} < V < 2.5 \text{ m/s})$

**Cote du réservoir :**

Pour s'assurer une pression de fonctionnement pour tous les goutteurs et dans toutes les parcelles, le calcul se fait pour le cheminement le plus défavorable.



Ici il y'a une porte rampe (150mm,  $\phi 75$ mm,  $Q=0,33 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$ ) et une rampe (150mm,  $\phi 20$ mm,  $Q=1,956 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ )

$$H_R = H_{GMP} + \Delta h$$

Pour nous ajoutons 0,5bar=5mce pour une installation en tête du réseau du réseau goutte à goutte (filtres)

$$HR = (969 + 10 + 5) + \Delta hL3 + \Delta hL2 + \Delta HL1 + \Delta hInst$$

## *Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)*

---

Avec :

$$H_{GMP}=969\text{m}$$

$$\Delta h_{Inst} : (0,5 \text{ bar à } 1 \text{ bar})$$

$$L_r=150 \text{ m}$$

$$L_{pr}=150 \text{ m}$$

$$L(\text{tete morte})=500 \text{ m}$$

Donc :

$$HR = (969 + 10 + 5) + (j \times 800) + 10$$

D'après les tables de COOLBROUK ( $Q=12,8, \phi 150 \text{ mm}$ ) nous avons prendre

$$j = 0,008054 \text{ m/m}$$

$$HR = (969 + 10 + 5) + (0,008054 \times 800) + 10$$

$$HR = 1000,5 \text{ m}$$

$$h = 1000,5 - 969$$

$$\text{Donc: } h = 31,5\text{m}$$

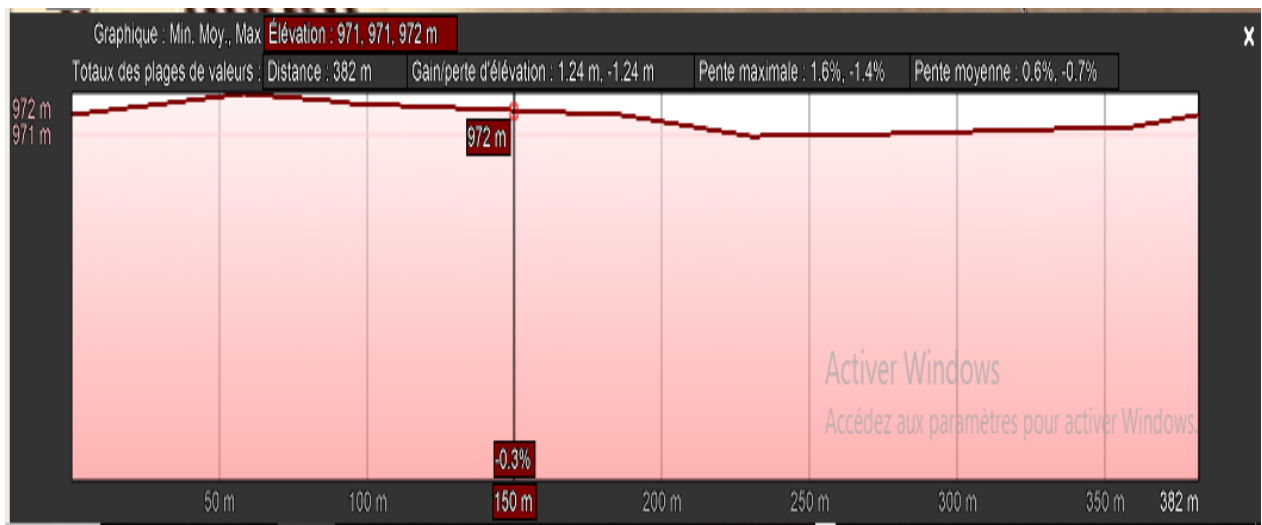
Le réservoir doit être placé à une hauteur supérieure ou égale à 31,44 m donc pour assurer une mise en charge adapté à notre réseau de distribution.

Pour assurer la mise en charge du réseau d'irrigation et pour assurer le bon fonctionnement du réseaux (assurer au moins une pression 1 au goutteur le plus mal placé) le réservoir doit être ériger à la cote 1000.5 m (Figure IV.12), Avec :

$$Z_3 = 1000,5 \text{ m}$$

$$Z_1 = 969 \text{ m}$$

$$Z_3 - Z_1 = 31,5\text{m} \quad (\text{Légèrement supérieur à la hauteur déjà calculée})$$



**Figure IV. 11:** Profil de dénivelée de la conduite de distribution (tête morte)

Les services de l'ANRH indiquent l'existence d'un potentiel hydrique souterrain appréciable, avec des débits prévisionnels entre 10 et 15l/s, à des profondeurs allant de quelques mètres à 200 m.

**4.2 Dimensionnement de réservoir :**

Le débit journalier nécessaire pour couvrir les besoins est de 12.8 l/s mais nous proposons de pomper un débit de 15 l/s qui est supérieur au débit demandé car ce débit nous assurera une réserve supplémentaire dans le réservoir nous permettant une autonomie sans pompage, le débit 15 l/s constituera une premier approximation qui peut être modifié suivant les impératif du pompage lors du dimensionnement du réservoir et aussi le stockage de l'eau sera effectué dans un réservoir ,la capacité de ce dernier est calculé pour répondre au besoin d'eau ,rappelons que le débit journalier nécessaire pour couvrir les besoins

$$Q_s = Q_p - Q_d \dots \dots \dots (IV.46)$$

Avec :

Q<sub>s</sub>: débit stocké

Q<sub>p</sub>: débit pompé

Q<sub>d</sub>: débit distribué

Donc :  $Q_s = 2.2l/s$

Sachant que la durée de pompage est de 10h le débit pompé peut couvrir les besoins pendant 3h 34 min il reste alors 26 min du pompage le débit distribué donne un volume de 50 m<sup>3</sup> qui est additionné au volume pompé de 128 m<sup>3</sup> et la capacité de réservoir sera arrondie à



150m<sup>3</sup> ce qui nous permettra d'avoir un certain confort et sécurité pour l'irrigation en cas d'un problème dans l'installation de pompage.

**4.3 Dimensionnement de la conduite de refoulement :**

Nous avons dimensionné la conduite de refoulement par la formule de BRESSE et celle de BONIN. Nous choisirons le diamètre qui donne une vitesse proche de 1m/s.

Le débit de forage est de 15l/s et il sera le débit pour le refoulement au réservoir :

$$D = 1,5 \times \sqrt{Q} \dots\dots\dots (IV.47)$$

Alors

$$D = 0,184 \text{ m} \phi 200 \text{ mm}$$

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 15 \times 10^{-3}}{3.14 \times 0.2^2}$$

$$V = 0.47 \text{ m/s}$$

La formule de Bonin :

$$D = \sqrt{Q} \dots\dots\dots (IV.48)$$

Alors

$$D = 0,122 \text{ m}, \quad D_n = 125 \text{ mm}$$

$$V = 1,2 \text{ m/s}$$

Alors nous choisissons le diamètre Dn = 125 mm qui assura la vitesse la plus proche de 1 m/s (0,5 m/s < v < 2,5 m/s)

**Détermination de la hauteur manométrique totale :**

**La hauteur manométrique totale est définie par l'expression suivante**

$$H_{mt} = H_g + \Delta h_t \dots\dots\dots (IV.49)$$

Avec :

HMT : hauteur manométrique total

**Selon le schéma de l'installation de refoulement de la figure du système de pompage hydraulique (hauteur manométrique totale)**

$H_g = H_{gR} + H_{gA}$  : Hauteur géométrique d'aspiration et du refoulement dans notre cas nous proposons une pompe immergée donc la hauteur d'aspiration est égale zéro(0).

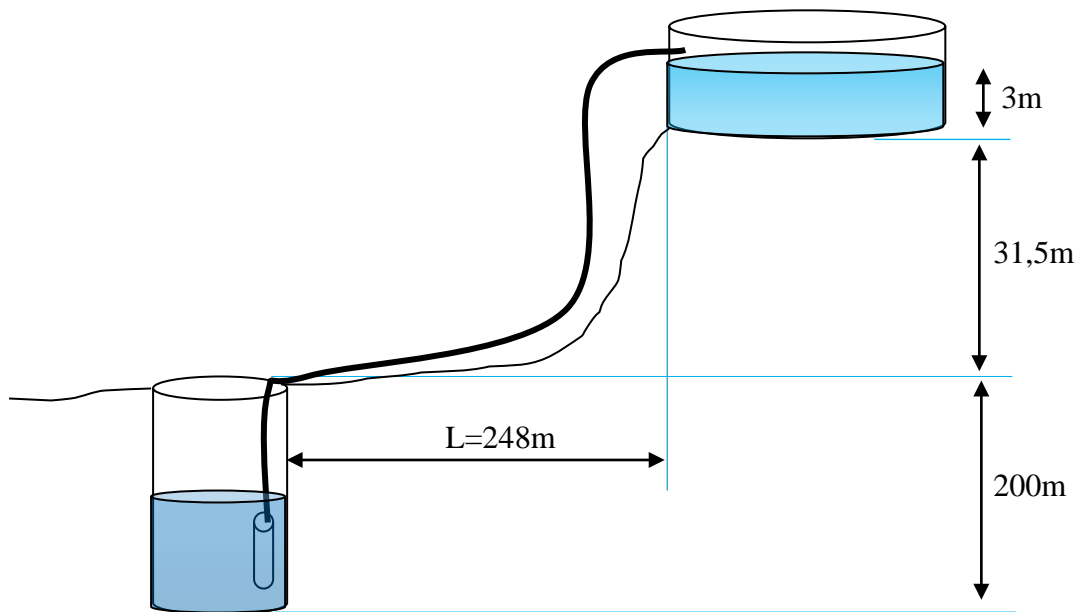
La hauteur géométrique de la conduite de refoulement  $H_{gR} = 200 + 31,5 + 3 = 234,5 \text{ m}$

Nous adopterons  $H_{gR} = 235 \text{ m}$

*Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)*

---

Longueur de la conduite refoulement est  $L = 200 + 48 = 248m$ . Nous adopterons **250m** par mesure de sécurité



**FigureIV.12:**Système de pompage hydraulique (hauteur manométrique totale)

$\Delta h_t$  : perte de charge totale, elle est égale à la somme des pertes de charge linéaires et singulière :

$$\Delta h_t = \Delta h_l + \Delta h_s \dots\dots\dots (VI.50)$$

Avec :

$$\Delta h_s = 15\% \Delta h_l \dots\dots\dots (VI.51)$$

$$\Delta h_t = j \times L \dots\dots\dots (VI.52)$$

Avec :

$j$  : perte de charge unitaire

On dispose d'un débit à refouler de 15 (l/s) est d'un diamètre normalisé de 125mm. La perte de charge unitaire est déterminée partir des tables de COOLBROCK WHITE.

Nous avons pris :  $k=0,002$

On obtient :  $j=0,0078m/m$

Avec :

Donc :  $\Delta h_L = 0.0078 \times 250 = 1,95m$

$$\Delta h_s = 0,15 \times 0,234 = 0,29 \text{ m}$$

D'où:

$$\Delta h_t = 2,24 \text{ m} \approx 2,25 \text{ m}$$

$$H_{mt} = 235 + 2,25 = 237,25 \text{ m}$$

Alors:

$$H_{mt} = 237,25 \text{ m}$$

Pour un bon dimensionnement d'un système de pompage, il faudrait d'abord identifier les besoins ; tels que : la quantité d'eau nécessaire (le débit), la profondeur à laquelle l'eau doit être pompée, la hauteur à laquelle l'eau doit être remontée, la distance à laquelle l'eau doit être transportée

#### **4.4 Choix de la pompe :**

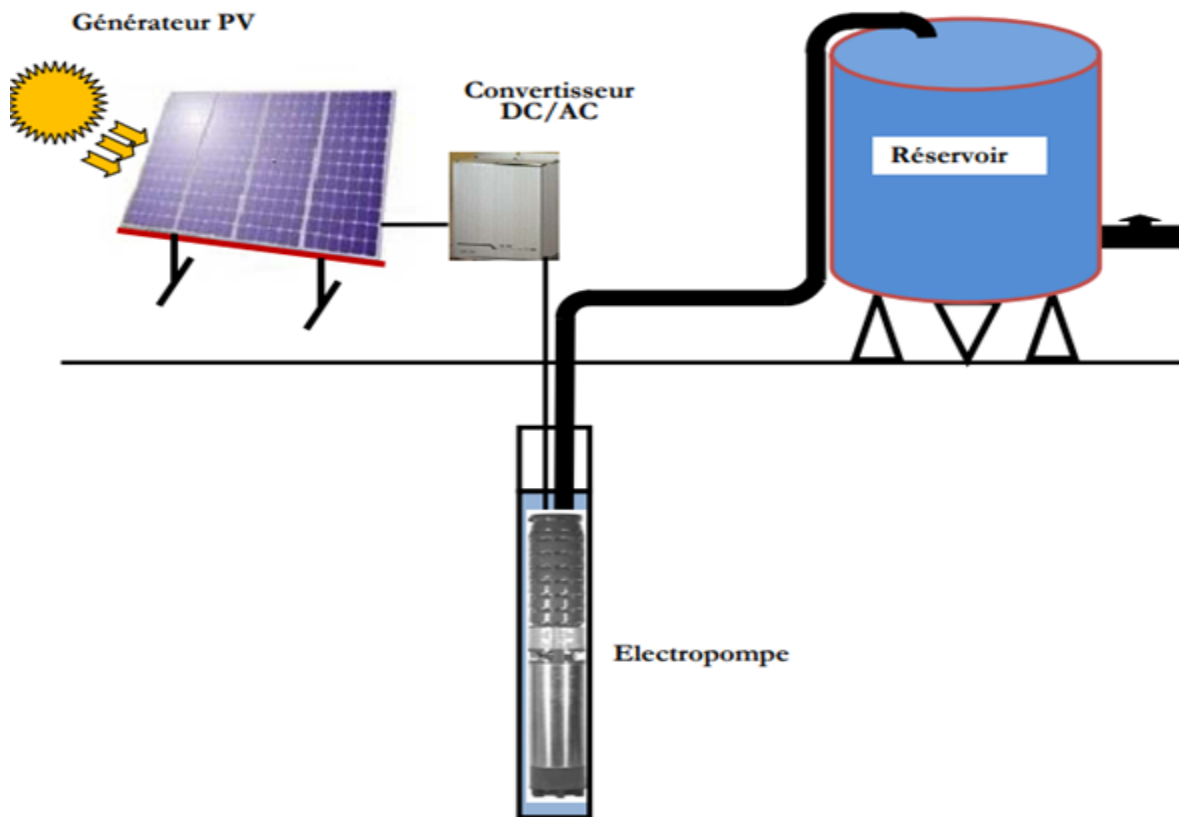
Le débit qui assurera les besoins, le stockage le débit de 15 l/s sur une hauteur manométrique de **237,25m**. Le logiciel **CAPRARI** nous a aidé à dimensionner le système de pompage de chaque pompe est disponible avec un nombre de roues dans le but d'avoir le point de fonctionnement suivant : de **débit : Q=15,7l/s et Hmt=238m avec un rendement de 74.3% et une puissance absorbée par la pompe de 49,3KW.**

Selon le catalogue **CAPRARI** la pompe immergée de type **P8C/5/20/2A** est capable d'aspirer le débit d'une hauteur manométrique qui ne dépasse pas la hauteur **Hmt (Q=0)=144 m.**

#### **Dimensionnement du Générateur Photovoltaïque (PV) :**

Dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour un site donné : La méthode de dimensionnement d'une installation photovoltaïque consiste à déterminer la taille de chaque composante d'un système photovoltaïque pour satisfaire les besoins en énergie bien déterminée Les différentes étapes pour le dimensionnement d'une installation photovoltaïque sont[58] :

- Calcul des besoins en énergie électrique de la station de pompage.
- Calcul du rayonnement global sur un plan horizontal.
- Calcul du rayonnement global sur un plan quelconque.
- Calcul de la surface du panneau solaire.
- Calcul de la capacité de stockage.



**Figure IV.13:** Schéma synoptique simplifié de pompage PV

#### **4.5 Convertisseur DC/AC (onduleur)**

Les panneaux solaires fournissent un courant continu, mais on a besoin d'un courant alternatif pour mettre la pompe en marche. Et pour cela on a besoin d'un convertisseur DC/AC (onduleur) qui convertit ce courant. Le choix de l'onduleur dépend des caractéristiques électriques de la Pompe alimentée (puissance, tension). Pour les besoins de notre étude, le convertisseur choisi est présenté dans le tableau suivant.

Les onduleurs de pompage sont en général à fréquence ( $f$ ) variable afin de permettre une variation de la vitesse de rotation de la pompe. Dans ce cas, le rapport de la tension alternative ( $U$ ) sur la fréquence –  $U/f$  – est constant. La fréquence du courant alternatif est directement proportionnelle à l'intensité de l'ensoleillement. La tension nominale du courant alternatif peut être standard (220 ou 380V)[59].

**Tableau IV 22 : Caractéristiques électriques de l'onduleur**

<b>Onduleur</b>	<b>Puissance MAX (W)</b>	<b>Tension Entrée (V)</b>	<b>Tension Sortie (V)</b>	<b>Fréquence (Hz)</b>
<b>Effekta KS 4000DT</b>	4000	230	150-500	50/60

#### **4.6 Taille du générateur PV :**

Deux méthodes sont utilisées pour le dimensionnement des systèmes de pompage photovoltaïque :

1. Une méthode analytique.
2. Une méthode graphique.

Ces deux méthodes permettent de dimensionner une installation de pompage photovoltaïque pour satisfaire les besoins en eau d'une consommation bien déterminée

Nous avons choisi un modèle de module photovoltaïque algérien, de chez Condor Electronique. Il s'agit du CEM250M-60. La série CEM de Condor fournit une puissance photovoltaïque rentable destinée à un usage général par exploitation directe de charges courant continu, ou de courant alternatif sur les systèmes munis d'onduleur. Le module est composé de 60 cellules solaires de silicium monocristallin, connectées en série pour produire une puissance maximale de 250 W. Les caractéristiques électriques de ce module photovoltaïque sont données dans le tableau IV.22, suivant :

**Tableau IV.23: Caractéristiques électriques et mécaniques du module photovoltaïque CEM250M-60 [60]**

<b>Type de module</b>	<b>Unité</b>	<b>CEM250M-60</b>
<b>Puissance maximale (Pmax)</b>	W	250
<b>Tension à P max (Vmp)</b>	V	30,9
<b>Courant à P max (I mp)</b>	A	8,28
<b>Courant de court-circuit (Icc)</b>	A	9,005
<b>Tension de court-ouvert (Vco)</b>	V	37,24
<b>Coefficient de température de Icc</b>	%/°C	0,06
<b>Coefficient de température de Vco</b>	%/°C	-0,36

**Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)**

---

<b>Coefficient de température de puissance</b>	%/°C	-0,36
<b>NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)</b>	°C	45+/-2

**Calcul le nombre des panneaux :**

$$p = U \times I \leftrightarrow I = \frac{P}{U}$$

Avec :

P : la puissance de moteur (KW)

U : la tension de moteur (V)

I : le courant (A)

$$I = \frac{51000}{400}$$

$$I = 127,5A$$

$$Nm = \frac{I}{I_{mp}}$$

Avec :

I : le courant (A)

I<sub>mp</sub> : Courant à P max (A)

$$Nm = \frac{127,5}{8,25}$$

**Donc :Nm = 15,5 Soit 16 panneaux**

**Nombre de modules en série :**

Pour trouver la tension convenable à l'alimentation d'une charge donnée par la mise en série de plusieurs modules PV, le nombre de ces modules est calculé par l'expression suivante :

$$Nms = \frac{Vch}{Vm} \dots\dots\dots (VI.56)$$

Avec :

V<sub>ch</sub> : La tension nominale de la charge (l'onduleur).

V<sub>M</sub> : La tension nominale du module.

$$Nms = \frac{240}{30,9}$$

**Donc : Nms= 7,76 soit 8 modules en série**

**Nombre de module en parallèle :**

La mise en parallèle de modules donne l'intensité nécessaire à la charge. Le nombre de branches est calculé par l'équation suivante :

$$NMp = \frac{Im}{Is} \dots\dots\dots(VI.57)$$

Avec :

Im : Le courant nominal de la charge (l'onduleur)

Is : Courant à puissance maximale (Imax)

$$Im = \frac{Pmax}{V} \dots\dots\dots (VI.58)$$

$$Im = \frac{40000}{230}$$

$$Im = 17,39 \text{ A}$$

$$NMp = \frac{17,39}{9,005}$$

**NMp = 1,93 soit 2 modules en parallèle**

Nous choisissons donc deux (02) panneaux photovoltaïques (CEM250M-60) montés en parallèle, car c'est la solution la plus économique.

**5. Analyse économique et financière des systèmes de pompage photovoltaïque :**

Le choix d'un système énergétique doit obéir et respecter certaines règles technico-économiques. Le système énergétique choisi doit démontrer au préalable sa compétitivité vis-à-vis d'autres systèmes pour le même service rendu. Ceci, doit donc reposer sur des bases économiques et techniques.

Le calcul du coût d'un système photovoltaïque requiert la connaissance des éléments suivants [1]:

- Sa durée de vie,
- L'investissement initial,
- Les coûts de maintenance annuels relatifs au système photovoltaïque,

## *Chapitre IV : étude d'un système d'irrigation agricole par pompage solaire dans les zones semi-arides en Algérie (Tiaret)*

- Les coûts de remplacements des différents sous-systèmes,
- Les profits réalisés.

L'investissement initial permet à l'utilisateur de savoir quel est le prix qu'il va devoir payer lors de l'installation de son système. Aussi, d'autres informations très importantes constituent des critères de choix, à savoir :

- Le coût du système photovoltaïque sur sa durée de vie,
- Le coût de l'énergie consommée par l'usager sur toute sa durée,
- Le coût du kWh consommé dépendra des profits engendrés mais également de l'énergie photovoltaïque consommée par l'utilisation.

Le tableau IV.23, ci-dessous représenté, va nous donner le coût de l'investissement d'un système d'irrigation goutte à goutte par puisage solaire photovoltaïque, au fil du soleil d'une oliveraie dans le périmètre de Boukhechba, dans la Wilaya de Tiaret dans les Hauts Plateaux algériens.

**Tableau IV.24 :** Devis quantitatif et estimatif d'un système d'irrigation goutte à goutte, par puisage solaire PV, au fil du soleil d'une oliveraie à Boukhechba, Wilaya de Tiaret

Équipements	Quantité	Coût unitaire Équipements (DA)	Coût de La pose (DA)	Montant Total (DA)
<b>Motopompe</b> (u)	01	126 000	42 000	168 000
<b>Générateur PV</b> (u)	02	27 000	9 000	72 000
<b>Onduleur</b> (u)	01	70 000	23 000	93 000
<b>Câblerie</b> (u)	01	50 000	-	50 000
<b>Forage</b> (m)	200	5 000	-	<b>1 000 000</b>
<b>Oliveraie</b> (Nombre arbres)	3600	300	100	<b>1 440 000</b>
<b>Les conduites</b> (m)	1 400	500	-	7 00 000
<b>Goutteurs</b> (u)	7 200	65	-	468 000
<b>Bassin de stockage</b> (m <sup>3</sup> béton armé)	87	12 000	4 000	<b>1 392 000</b>
<b>TOTAL</b>				<b>6383 000</b>



Donc le coût de réalisation de notre système d'irrigation est de **6 383 000, 00 DA**. C'est donc un coût onéreux.

**Explication des calculs du devis :**

1. Tout d'abord, nous vous informons que nous n'avons pas inclus le petit équipement (crépine, robinets ou vannes d'arrêt, joints, ...). C'est donc une estimation.
2. Pour le coût de la pose ou main-d'œuvre, nous avons estimé que le coût de la pose est égal à 1/3 de celui du coût des équipements.
3. Calcul du volume du béton armé du réservoir (Voir Figure IV.15)

**N.B :**Le réservoir est cylindrique et ouvert (Voir figure IV.14).

Calcul du volume du béton armé du réservoir de stockage :

**Calcul du diamètre intérieur :**

$$v = B \times h$$

$$\phi_{int} = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times h}} \quad \text{D'où} \quad \phi_{int} = \mathbf{10,30m}$$

**Calcul du diamètre extérieur :**

$$\phi_{ext} = \phi_{int} + (2 \times e) \quad \text{d'où} \quad \phi_{ext} = \mathbf{11,10m}$$

**Calcul du Volume du béton armé :**

$$V_{ba} = V_{ext} - V_{int}$$

Avec :

$V_{ba}$  : Volume de béton armé du bassin de stockage

$V_{ext}$  : Volume extérieur du bassin de stockage

$V_{int}$  : Volume intérieur du bassin de stockage

$$\begin{cases} V_{ext} = \frac{\pi \cdot \phi_{ext}^2}{4} * h \\ V_{int} = \frac{\pi \cdot \phi_{int}^2}{4} * h' \\ h' = h - 0,4 \end{cases}$$

**D'où :**

$$V_{ba} = \left[ \frac{\pi \cdot \phi_{ext}^2}{4} * h \right] - \left[ \frac{\pi \cdot \phi_{int}^2}{4} * (h - 0,4) \right]$$

**A.N :**

$$V_{ba} = \left[ \frac{\pi \cdot (11,10)^2}{4} * 4 \right] - \left[ \frac{\pi \cdot (10,30)^2}{4} * (4 - 0,4) \right]$$

$$V_{ba} = 87m^3$$

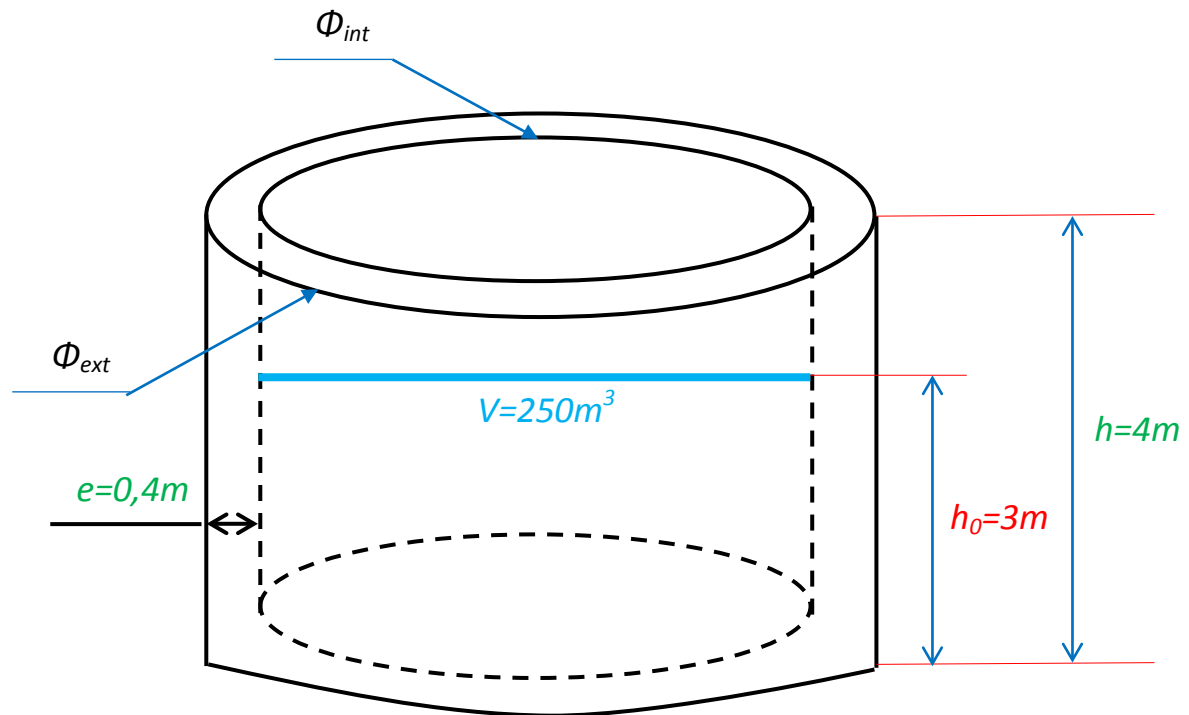


Figure IV.14: Schéma du bassin de stockage

$h_0$  : Hauteur du niveau d'eau pour le volume de  $250\text{ m}^3$  nécessaire pour l'irrigation de notre oliveraie.

## **Conclusion générale et perspectives**

*Conclusion générale et perspectives*

## **1. Conclusion générale**

La présente étude a eu pour objectif l'étude, la conception, le dimensionnement et l'évaluation du coût d'un système de pompage photovoltaïque, au fil de l'eau, pour une irrigation goutte à goutte d'arboriculture (olivier), dans le périmètre de Boukhechba, dans la commune d'El Faidja, qui se situe au sud - est de la wilaya de Tiaret. Cette étude a été initiée pour apporter une contribution à l'amélioration des conditions de vie et de subsistance des agriculteurs de cette région.

Tous les indicateurs d'efficacité sont également pris en compte, tels que l'efficacité hydraulique, agronomique, économique, ainsi que l'impact social du périmètre, ce qui exige une parfaite connaissance des données, agro -pédologiques et climatique.

L'étude hydrologique révèle que la région d'étude est caractérisée par un climat semi-aride, ce qui rend l'irrigation indispensable.[50]

Nous avons étudié aussi l'énergie photovoltaïque qui est en train de devenir, progressivement en Algérie, une source d'énergie incontournable. C'est d'abord parce que cette énergie solaire photovoltaïque est abondante en Algérie et de surcroît, elle est propre, silencieuse et gratuite après investissement initial. Aussi, vu que la demande d'énergie électrique, essentiellement pour les besoins des zones rurales et les sites isolés, ne cessent d'augmenter et en particulier pour les besoins de pompage d'eau pour l'AEP, l'irrigation et le cheptel. Cependant, il reste encore pas mal de freins à son développement. Le point « faible » de ce type de production électrique est le coût élevé de l'investissement initial.

Dans nos travaux il a été constaté deux points essentiels :

- Le premier point concerne l'irrigation goutte à goutte. Ce système d'irrigation réglable et ponctuel est économique car il ne gaspille pas beaucoup d'eau et surtout il est très adapté aux zones semi-arides et arides chaudes, car le phénomène d'évaporation est minime par cette technique.
- Le deuxième point concerne le pompage solaire photovoltaïque au fil du soleil. Celui-ci est très intéressant car il est propre et ne nécessite pas de frais d'exploitation et une main-d'œuvre qualifiée pour son entretien et son exploitation.
- Cependant, l'investissement initial de ce système reste très élevé, environ 640 millions de centimes (6,4 millions de dinars), pour un petit agriculteur. Mais sachant que le

coût de réalisation de **1Km** de moyenne tension (**MT**) varie entre **7** et **10** millions de dinars en fonction de la qualité du sol du terrain considéré, ceci est relatif [Sonelgaz]. Ce système est donc rentable à court terme, si l'agriculteur arrive à avoir le premier apport de l'investissement, car il aura une énergie verte à zéro centime et dont le coût d'exploitation et d'entretien est quasi nul.

### **2. Perspectives**

Comme suite et perspectives, plusieurs travaux futurs pourraient être poursuivis à partir de nos résultats et de nos recherches. Nous proposons particulièrement :

- La généralisation de l'étude d'optimisation des systèmes d'irrigation intelligente ainsi que la démocratisation de l'utilisation des énergies renouvelables et particulièrement le solaire photovoltaïque dans ces systèmes.  
À cet effet, il est proposé à ce que l'État et les banques aident les agriculteurs qui utilisent ces techniques modernes d'irrigation par un **prêt sans intérêts** pour l'**investissement initial**. Ce prêt sera remboursé à partir de la cinquième année (05), pour les cultures qui donnent après une année (céréales, pomme de terre, ...), et après dix années (10) pour l'arboriculture sur une période de trente ans.
- La réalisation de logiciels spécialisés pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation photovoltaïques. Ceci, permettrait de faire de la simulation, de ne pas se tromper dans les calculs et surtout de comparer plusieurs solutions afin d'optimiser les systèmes.
- Le lancement de nos étudiants pour la création de micro entreprise dans ce domaine.

*Références bibliographiques*

- [1] <https://climateinterpreter.org/content>(consulté le 09/03/2021)
- [2] <https://www.ecomena.org/renewables-algeria/> (consulté le 09/03/2021)
- [3] Beek K., 1980 Évaluation des Terres pour l'Agriculture Irriguée : Directives - Bulletin Pédagogique de la FAO,pp 55
- [4] KESSIRAM., Conseils pratiques pour l'investissement irrigation « institut national des sols de l'irrigation et du drainage « (I.N.S.I.D),pp 17.
- [5] Article,Conseil pratiques pour l'investissement en irrigation(Conception d'un projet d'irrigation), Encadrement PNDA, Institut National Des Sols De l'Irrigation Et du Drainage (I.N.S.I.D)., pp 6.
- [6] AOUMATAI,Etude et développement de l'irrigation souterraine en Algérie,Mémoire pour obtenir le diplôme du master,École Nationale Supérieure d'HydrauliqueARBAOUI Abdallah 2015, pp 113.
- [7] BRADAÏ A., Sol et Eau « Eau et Environnement » Module Techniques modernes d'irrigation et de fustigations
- [8] BOYERI., la collection deCharthon P.,Cordier S. GontardF., Molle B., Mazollier C. et Terreniroy A., Octobre2013),Irrigationgoutte à goutteenarboricultureetculturesmarai-chères, Article d'ARDEPI
- [9] RIEUL L., RUELLE P., 2003, La filtration dans le système goutte à goutte, édition Antony : crémage, « LéopoldR. et Pierre R., 1995 », pp 140.
- [10] Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques, 2019. Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales – Cahier 7 – Méthodes de mesure du débit, Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec,pp 321.
- [11] Laboratoires de Systèmes Energétiques, (2001).
- [12] L'utilisation des énergies renouvelables pour l'électrification rurale décentralisée des pays en développement, Octobre (2000) Article
- [13] S-H. Wei,S.Chen and X.G .Gong,Phys. Rev B 75,205209(2007)
- [14] [http://Les énergies renouvelables /planète énergie.com](http://Les%20%C3%A9nergies%20renouvelables%20/plan%C3%A8te%20%C3%A9nergie.com) (consulté le 13/04/2021)
- [15] <https://youmatter.world/fr/definition/energies-renouvelables-definition/>(consulté le 15/04/2021)
- [16] <https://opera-energie.com/energie-solaire/> (consulté le 20/04/2021)
- [17] [https://Fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque.com](https://Fonctionnement%20d'un%20panneau%20solaire%20photovolta%C3%AFrique.com) (consulté le 27/04/2020)
- [18] <https://youmatter.world/fr/definition/energies-renouvelables-definition/> (consulté le 28/04/2021)
- [19] [https://www.Le fonctionnement de l'énergie éolienne.com](https://www.Le%20fonctionnement%20de%20l'%C3%A9nergie%20%C3%A9olienne.com)(consulté le 04/05/2021)
- [20] <http://www.edfenr.com/lexique/energie-geothermique/> (consulté le 13/05/2021)

## Références bibliographiques

---

- [21] [http://www.Géothermie basse énergie.com](http://www.Géothermie_basse_energie.com) (consulté le 19/05/2021)
- [22] <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/energie-renouvelable-energie-hydroelectrique-6661/> (consulté le 19/05/2021)
- [23] [http://Hydroélectricité : définition, fonctionnement, chiffres clés, acteur.com](http://Hydroelectricite%3A_definition_fonctionnement_chiffres_cles_acteur.com) (consulté le 20/05/2021)
- [24] [https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire\\_environnement/definition/biomasse.php41](https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/biomasse.php41) (consulté le 24/05/2021)
- [25] « La biomasse/les énergies renouvelables »PDF, juillet 2009, pp 6.
- [26] ABBASSEN L.(2011), Etude de la connexion au réseau électrique d'une centrale Photovoltaïque, Mémoire de magister, Université mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.
- [27] <https://www.connaissancesdesenergies.org/fiche-pedagogique/solaire-photovoltaique>(consulté le 30/05/2021)
- [28] [https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire\\_environnement/definition/energie\\_solaire\\_photovoltaique.php4](https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/energie_solaire_photovoltaique.php4)(consulté le 01/06/2021)
- [28] THOMAS M., « Caractérisation de panneaux solaires photovoltaïques en conditions réelles d'implantation et en fonction des différentes technologies » UNIVERSITE PARIS-SUD ÉCOLE DOCTORALE : STITS Laboratoire de Génie Electrique de Paris (LGEPE) DISCIPLINE PHYSIQUE,2014
- [29] [https://www.cder.dz/download/Art10-2\\_3.pdf](https://www.cder.dz/download/Art10-2_3.pdf)(consulté le 10/06/2021)
- [30] [http://Comment fonctionne une cellule solaire photovoltaïque /rôle et composition.com](http://Comment_fonctionne_une_cellule_solaire_photovoltaique_r%C3%B4le_et_composition.com) (consulté le 12/06/2021)
- [31] <https://www.totalenergies.fr/particuliers/nos-services/autoconsommation-solaire/fonctionnement-panneaux-photovoltaiques/differents-types-de-cellules-photovoltaiques>(consulté le 14/06/2021)
- [32] [http://Les fours de cristallisation du silicium photovoltaïque.com](http://Les_fours_de_cristallisation_du_silicium_photovoltaique.com)(consulté le 20/06/2021)
- [33] <https://sites.google.com/site/tpe1slesenergiesrenouvelables/v-conclusion>(consulté le 10/07/2021)
- [34] <https://www.practica.org/wp-content/uploads/2019/08/Etude-de-marche%CC%81-des-solutions-dirrigation-solaires-SISAM.pdf>(consulté le 13/07/2021)
- [35] <https://www.fellah-trade.com/fr/filiere-developpement-durable/fiches-techniques/pompage-solaire> Consulté le (18/07/2021)
- [36] JIMMY R.& THOMAS D., Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens, par Eric Schiller et Bocar Sadasy, sous la direction de Eric Schiller
- [37] AMMAR H.& BOUZIANE M., BOUKEBBOUSS., BENBEHHA N.& BOUTADARA A., Point de fonctionnement d'une pompe solaire installée au fil du soleil au labo, Article
- [38] [https://energypedia.info/images/6/6b/PVSI\\_Dimensionnement\\_pompage\\_02\\_04\\_2016.pdf](https://energypedia.info/images/6/6b/PVSI_Dimensionnement_pompage_02_04_2016.pdf)(consulté le 24/07/2021)
- [39] [https://energypedia.info/images/6/6b/PVSI\\_Dimensionnement\\_pompage](https://energypedia.info/images/6/6b/PVSI_Dimensionnement_pompage)(consulté le 27/07/2021)
- [40] [https://energypedia.info/images/6/6b/PVSI\\_Dimensionnement\\_pompage\\_02\\_04\\_2016.pdf](https://energypedia.info/images/6/6b/PVSI_Dimensionnement_pompage_02_04_2016.pdf) page 47(consulté le 31/07/2021)
- [41] <https://www.cder.dz/download/za-9.pdf> page 1(consulté le 01/08/2021)

## Références bibliographiques

---

- [42] <https://www.cder.dz/download/za-9.pdf> p 1 (consulté le 13/08/2021)
- [43] [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cder\\_le\\_pompage\\_solaire\\_photovoltaique\\_manuel\\_de\\_cours\\_2005.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cder_le_pompage_solaire_photovoltaique_manuel_de_cours_2005.pdf), pp 3 (consulté le 19/08/2021)
- [44] [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cder\\_le\\_pompage\\_solaire\\_photovoltaique\\_manuel\\_de\\_cours\\_2005.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cder_le_pompage_solaire_photovoltaique_manuel_de_cours_2005.pdf) pp 4 (consulté le 24/08/2021)
- [45] [http://Certaines informations figurant dans cet article ou cette section devraient être mieux reliées aux sources mentionnées dans les sections « Bibliographie », « Sources » ou « Liens externes » \(mai 2017\).com](http://Certaines informations figurant dans cet article ou cette section devraient être mieux reliées aux sources mentionnées dans les sections « Bibliographie », « Sources » ou « Liens externes » (mai 2017).com). (consulté le 29/08/2021)
- [46] <http://Moteur sans balai.com> (consulté Le 01/09/2021)
- [47] <http://moteursà courant alternatif.com>(consulté le 10/09/2021)
- [48] <http://Machine à courant continu.com> (consulté le 26/09/2021)
- [49] [http://Moteur\\_sans\\_balais.com](http://Moteur_sans_balais.com) (consulté le 30/09/2021)
- [50] <http://moteur a courant.com>(consulté le 20/10/2021)
- [51] <https://www.businessfrance.fr/algerie-tiaret-une-region-a-forte-vocation-agricole>(consulté le 24/10/2021)
- [52] Étude de faisabilité technico-économique de mise en valeur – périmètre deBOUK-HECHBA – commune de FAIDJA.
- [53] [http://Les coordonnées géographiques WGS 84 du périmètre sont extraites du GPS \(Général Position-ING Système\).com](http://Les coordonnées géographiques WGS 84 du périmètre sont extraites du GPS (Général Position-ING Système).com). (consulté le 12/11/2021).
- [54] [http://Office national de météorologie \(ONM – Station de Ksar Chellala\).com](http://Office national de météorologie (ONM – Station de Ksar Chellala).com) (consulté le 13/11/2021)
- [55] <http:// Direction de Service Agricole de TIARET.com> (consulté le 16/11/2021)
- [56] BOUDJELLAL A & BAMMOUN R.,(2006),Détermination des besoins en eau des cultures à l'aide de logiciel Cropwat 4.3 dans la wilaya de Tipaza, mémoire pour obtenir la garde d'ingénieur en Agronomie, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach.
- [57] <http://Catalogue-Micro-Irrigation-Edition2013>, 132pages, (consulté le 24/11/2021)
- [58] TAHRAOUI I & HALIL A., Dimensionnement et Etude d'une installation photovoltaïque pour une habitation domestique, Mémoire de master université AbouBakrBelkaid de Tlemcen, 2017, pp130.
- [59] SMIR HADJOU H& ABDELLAOUI A., Etude technico-économique de l'irrigation par pompage solaire photovoltaïque, d'une palmeraie de palmiers. Etude de cas, master université AbouBakrBelkaid, Tlemcen, 2008.Pp 113.
- [60] <http://www.condor.dz/fr/condor -Electronics/photovoltaïque>, SPA condor Electroniques Division Energie Renouvelables (consulté le 25/11/2021)



Annexes

**Annexe n°01** : Tableau de Cool brook

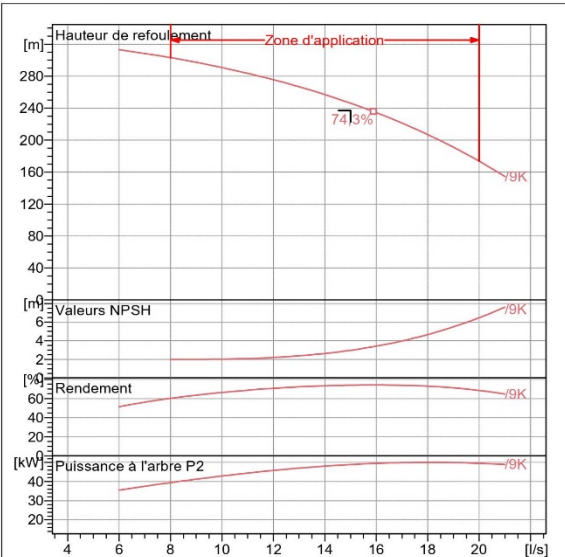
VITESSE MOYENNE EN METRES	DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,040 m Section de la conduite 0,0012566 m <sup>2</sup>		DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,050 m Section de la conduite 0,0019635 m <sup>2</sup>		Débit en litres/sec.
	Charges par mètre de longueur de conduite		Charges par mètre de longueur de conduite		
	$k = 10^{-4}$	$k = 2 \cdot 10^{-3}$	$k = 10^{-4}$	$k = 2 \cdot 10^{-3}$	
0.01					0,012 5
0.05					0,062 8
0.10					0,125 6
0.15					0,188 4
0.20	0,002 115			0,001 590	0,251 3
0.25	0,003 138			0,002 358	0,314 0
0.30	0,004 329			0,003 248	0,376 9
0.35	0,005 694			0,004 281	0,439 6
0.40	0,007 242			0,005 451	0,502 4
0.45	0,008 966			0,006 708	0,565 2
0.50	0,010 861	0,018 576		0,008 115	0,628 0
0.55	0,012 895	0,022 868		0,009 668	0,690 8
0.60	0,015 116	0,027 640		0,011 340	0,753 8
0.65	0,017 493	0,032 856		0,013 118	0,816 4
0.70	0,020 072	0,038 512		0,015 013	0,879 2
0.75	0,022 793	0,044 652		0,017 030	0,942 0
0.80	0,025 647	0,051 212		0,019 213	1,004 8
0.85	0,028 681	0,058 227		0,021 509	1,067 6
0.90	0,031 845	0,065 742		0,023 948	1,130 4
		0,073 783			
					0,019 6
					0,098 2
					0,196 3
					0,294 5
					0,392 7
					0,490 9
					0,589 0
					0,687 2
					0,785 4
				0,008 237	0,883 6
				0,010 690	0,981 7
				0,013 458	1,079 9
				0,016 587	1,178 1
				0,020 046	1,276 3
				0,023 826	1,374 5
				0,027 924	1,472 7
				0,032 374	1,570 9
				0,037 128	1,669 1
				0,042 210	1,767 3
				0,047 653	1,865 5
				0,053 429	1,963 7

**N.B** : Nous a aidé pour trouver la perte de charge unitaire « j » et aussi pour déterminer la perte de charge total

**Annexe n°02** : fiche technique de la pompe (caractéristique de la pompe choisi et courbe de la pompe et le point de fonctionnement) (logiciel CAPRARI)

<b>E10R30/9K + MC870</b>	
<b>Caractéristiques requises</b>	
Débit	15 l/s
Hauteur de refoulement	237 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
<b>Caractéristiques de la pompe</b>	
Débit	15,7 l/s
Hauteur de refoulement	238 m
Puissance absorbée	49,3 kW
Rendement	74,3%
Hauteur manométrique H(Q=0)	330 m
Orif. de refoulement	100 mm
<b>Caractéristiques moteur</b>	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2900 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	51 kW
Courant nominal	99,5 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	Y
Degré de protection	IP 68
<b>Limites opérationnelles</b>	
Démarrages / h max.	8
Température maxi. du liquide pompé	
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Caractéristiques générales</b>	
Poids	363 kg

<b>Matériaux</b>	
<b>CONSTRUCTION POMPE</b>	
Corps du clapet	Fonte
Clapet	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Arbre	Acier inox
Chemise d'arbre	Acier inox
Roue	Fonte
Crépine	Acier inox
Gouttière protection câbles	Acier inox
Accouplement	Acier inox
<b>CONSTRUCTION MOTEUR</b>	
Support supérieur	Fonte
Support inférieur	Fonte
Chemise stator	Acier inox
Arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Acier-caoutchouc
Para-sable	Caoutchouc
Bobinage	Cuivre isolé
Butée	Type Michell

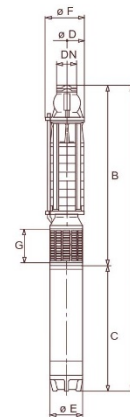


Caractéristiques de fonctionnement UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

- A = 2678
- B = 1221
- C = 1457
- D = 226
- DN = G4"
- E = 191
- F = 244
- G = 160



Notes:

Date 25/11/2021	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

