



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :

N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies
Département des Sciences et Technologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : *Sciences et Technologies*

Filière : *HYDRAULIQUE*

Spécialité : *RESSOURCE HYDRAULIQUE*

Par : *DIHMANE ABDELMALEK*

Thème

Optimisation d'un système de pompage photovoltaïque fondé sur le calcul des besoins en eau des différentes cultures de la région de Ghardaïa

Soutenu publiquement le : .../09 /2018

Devant le jury :

Mr OULAD BELKHIR CHIKH

Docteur

Univ. Ghardaïa

Président

Mr CHEBIHI LAKHDAR

Docteur

Univ. Ghardaïa

Examineur

Mr AMMAR HACHEMI

Docteur

Univ. Ghardaïa

Encadreur

Année universitaire : 2017/2018



Dédicaces

*Avec l'aide de dieu le tout puissant que notre
modeste projet a vu le jour*

A l'esprit de ma grande mère

A mon grand père

A l'esprit de mon père

A ma mère c'est la lumière de ma vie.

A mes autres mères :les premières enseignante de vie

Mes tante.

*Ames très chère oncles et leurs femmes et leurs
enfants.*

A mes très chères frères

Ames très chères sœurs

*Alés choux : Abed Erahemane ,Abed Errachide
Mehdia, Rekaia etLoukmane.*

Ames très chères amies surtout : BELMADANI Imad

Et NOUNMA Moustapha.





Remerciements

En périmer lieu nous remercions dieu le tout puissant

Qui ne donné la force et la volonté d'achever ce travail.

J'exprime sincères remercient à monsieur AMMAR

ALHACHMI, d'avoir accepté de dirigé ce modeste

travail, pour sa disponibilité, ses orientation sa

sympathie et surtout sa patience ainsi que son aide.

A grande merci : tous les enseignants de département

de hydrauliques.

Tous mes collègues de promos2018

Enfin nous remercions tout les personnes que nous ont

aidé de prés ou loin a la réalisation de ce travail.



Liste des tableaux

N° des tableaux	Titre de des tableaux	Page
1	précipitations mensuelles et annuelles de régions étude	6
2	vêtisse d'vent dan région Ghardaïa	6
3	la température dan région Ghardaïa	7
4	là L'humidité dan région Ghardaïa	7
5	Rayonnement solaire moyen journalier mensuel (kWh / m ² / jour) pour Ghardaïa	8
6	granulométrie de sol	11
7	principales méthodes d'estimation de l'ETP avec les données initiales minimums nécessaires pour chaque une d'elle	20
8	recueillies sur une période	28

Liste des figures

N° de figure	Titre de Figure	Page
1	Situation de la région	5
2	Répartition des surfaces d'occupation	11
3	présentation schématique une cellule solaire	38
4	Le module photovoltaïque	39
5	Le panneau solaire	40
6	Pompage photovoltaïque au fil du soleil	43
7	Pompage photovoltaïque avec stockage d'énergie	45
8	Schéma d'une pompe à piston (Jack pump)	46

Sommaire

Chapitre I : Généralité Sur L'irrigation Dans La Région De Ghardaïa

INTRODUCTION.....	3
DEFINITION.....	3
1. SITUATION ET CLIMAT	4
2.1 Situation géographique.....	4
2 Le climat de la région de Ghardaïa.....	5
2.3 Les Précipitations Maximales Journalières	5
2.4 Le Vents	6
2.5 Température	7
2.6 L'Humidité	7
2.7 Le Rayonnement	8
3.Type de cultures	8
4. NATURE DE SOL	10
5.Ressources d'eau d'irrigation région de Ghardaïa	12
6.1 Type d'irrigation : gravitaire aspersion localise	13
Irrigation gravitaire	13
6.1.1 L'arrosage par infiltration (à la raie)	13
6.1.1 Avantages de l'irrigation par gravité	13
6.1.2 Inconvénients de l'irrigation par gravité	13
6.2.1 Irrigation par aspersion	13
6.2.2 Avantages de l'irrigation par aspersion.....	14
Inconvénients de l'irrigation par aspersion	14
Irrigation par apports localisés	14
6.3.2 Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte).....	14
6.3.3 Inconvénients de l'irrigation localisée (goutte à goutte)	15
7. CONCLUSION	15

Chapitre II : Besoins En Eau Des Culture

INTRODUCTIN	16
1. Définitions	16
1.1.Evapotranspiration	16
1.2.Evapotranspiration réelle (ETR)	17
1.3.Evapotranspiration optimale (ETRopt)	17
1.4.Mesure de l'ETP	18
Conduite des mesures sur évapotranspiromètre.....	19
Irrigations journalières.....	19
Estimation de l'ETP	19
2.Développement des différentes méthodes de calcul de l'ETP	21
2.1.la méthode de Blaney-Criddle	21
2.2.La méthode de Bllaney-Criddle généralisée	21
2.3.Méthode du rayonnement	21
2.4.Méthode du Bac	22
3.Bilan hydrique	23
4.Evapotranspiration DE LA CULTURE (kc)	24
5.Hydrologie et pluies	24
6.Besoins nets en eau d'irrigation	25
6.1. Besoins de pointes	25
6.2.Besoins bruts en eau d'irrigation	25
CONCLUSION	26

Chapitre III : Calcul Les Paramètres du Réseau D'irrigation

1. INTRODUCTION	27
-----------------------	----

2. CHOIX DES CULTURES : palmier.....	27
2.1.TECHNIQUES D'ARROSAGES	27
2.1.1. SCENARIO (MONOCULTURES)	27
Calcul les paramètres du réseau d'irrigation	27
3. SCENARIO(POLYOCOULTURE) (agrumes, l'orge, trèfle).....	29
3.1. trèfle.....	29
3.2. L'orge.....	30
3.3. Agrumes.....	32
4. CONCLUSION.....	34

Chapitre IV : Système De Pompage Photovoltaïque

Introduction	35
1. Gisement solaire	35
1.1 Rayonnement solaire extraterrestre.....	36
1.2.Durée d'insolation	37
2. Énergie solaire photovoltaïque	37
2.1. La cellule photovoltaïque	38
2.2.Le module photovoltaïque	39
2.3.Caractéristiques d'un module.....	40
2.4. Le panneau solaire	40
2.5. La boîte de dérivation	41
3. Générateur photovoltaïque.....	42
4. Description du système de pompage photovoltaïque	42
4.1. Convertisseurs statiques CC/CC (Hacheur).....	42
4.2. La pompe	42

5. Pompage au fil du soleil	43
6. pompage photovoltaïque avec batterie.....	44
6.1. Les types de pompes	44
6.2. La pompe volumétrique	45
6.3.La pompe centrifuge	46
6.4. Choix d'une pompe.....	47
6.5. Moteur à courant continu	48
6.6. Moteur à courant alternatif	49
6.7. Eléments d'un système de pompage photovoltaïque	49
6.8. Couplage générateur PV – groupe de pompage	50
6.9. Points importants à considérer lors du choix d'une pompe solaire	51
6.10. Rendement d'un système de pompage photovoltaïque	51
7. Dimensionnement d'un système de pompage photovoltaïque.....	53
7.1. Données de base.....	53
7.1.1. Débit.....	53
7.1.2. Hauteur manométrique totale.....	53
Niveau statique	54
Niveau dynamique	54
La pompe	54
Conclusion	56
Chapitre V : Dimensionnement de Systèmes de Pompage Photovoltaïque Pour Deux Variante	
1. INTRODUCTION	57
2. Dimensionnement de Systèmes de Pompage Photovoltaïque.....	57

Calcule énergie journalière demandé par la pompe	57
3.Calcule puissance demandé	58
4.Dimensionnement du générateur PV	58
5. Calcule la taille du champ photovoltaïque	60
6. Déterminer le nombre du module PV	60
7. Calcule puissance demandé	62
8.Dimensionnement du générateur PV	62
8.1 Les données de structure	62
8.2 Calcule la taille du champ photovoltaïque	63
CONCLUSION.....	64
CONCLUSION GENERALE	65

Introduction générale

Introduction :

Notre pays connaît une longue période de sécheresse et il a une pluviométrie insuffisante, ce phénomène a réduit le niveau des nappes. Pour cela, l'économie de l'eau surtout dans le domaine agricole est indispensable

Depuis toujours, l'irrigation est pratiquée dans toutes les zones de culture où la répartition naturelle des pluies n'est pas assez régulière pour assurer une production agricole satisfaisante, c'est pourquoi, l'homme est resté sédentaire dans certaines régions.

C'est surtout la rationalisation de l'agriculture qui a suscité la mise en œuvre d'un programme de développement agricole, qui, comme partout ailleurs en Algérie, reste conditionné par le problème d'eau.

Les experts disent que le quasi-épuisement des réserves de pétrole est considéré comme le principal moteur utilisé pour produire de l'électricité. La recherche s'est concentrée sur l'énergie alternative et les ressources renouvelables, et l'énergie solaire à la meilleure chance.

L'énergie produite par le soleil qui est suffisante pour produire la quantité d'énergie pour répondre à tous les types de besoins humains à la surface de la balle que nous étudions l'utilisation de ce type de l'énergie dans le domaine agricole et utilisé dans l'irrigation et surtout dans les régions éloignées ou isolées des ressources énergétiques.

La wilaya fait l'objet d'une zone agricole par excellence, ou le potentiel solaire est abondant, ce qui favorise au application de pompage photovoltaïque dans l'irrigation des exploitations agricole lointaine du réseau électrique.

Dans ce travail nous nous focalisons sur les pratique et choix des cultures dans la région et son impact sur la taille du générateur photovoltaïque destiné au pompage.

Ce modeste travail a été établie en en cinq unités :

- L'irrigation dans la willaya de Ghardaïa.

Introduction générale

- Besoin en eau des cultures.
- Calcul des paramètres du réseau d'irrigation
- Systèmes de pompage photovoltaïque
- Dimensionnement du système de pompage photovoltaïque adéquat

Chapitre I :
Généralité Sur L'irrigation
Dans La Région De Ghardaïa

INTRODUCTION :

La ville de Ghardaïa est située au centre du Sahara algérienne, cette ville à un caractèreSpécial, car elle conserve toujours sa culture ancienne et son patrimoine.Dans ce chapitre on essayera de faire une identification générale des caractéristiques climatiques, géographiques, agricoles.

Les besoins d'irrigation dépendent essentiellement de deux facteurs :

- _ La nature des assolements (type de cultures)
- _ La superficie à irriguer

En fait, si on parle des consommations en eau, il faudrait ajouter un troisième facteur qui est la technique

D'irrigation : (gravitaire, aspersion...etc.).

1. DEFINITION :

Les irrigations de surface recouvrent l'ensemble des techniques d'irrigation où l'eau disponible en tête de parcelle est répartie sur le terrain à irriguer par un écoulement gravitaire de surface ne nécessitant qu'un aménagement adéquat du sol.

On classifie généralement les différentes techniques d'irrigation de surface en trois groupes principaux : irrigations par submersion, irrigations par ruissellement, irrigations par rigoles d'infiltration.

D'irrigation de surface (bassins, planches, raies), avant d'analyser les Différents critères de choix d'une technique adaptée à une situation Donnée.

Les irrigations par submersion consistent à introduire rapidement L'eau dans des bassins convenablement délimités par de petites Dignes arasées à l'horizontale, puis à laisser cette eau s'infiltrer dans Le sol. L'irrigation par épandage des eaux de crue constitue une variante Rudimentaire de ce type de technique. Elle peut être utilisée pour Reconstituer les réserves en eau du sol en dehors des périodes d'activité Végétative ou pour l'aménagement de rizières permanentes dans Des champs d'inondation. L'irrigation par bassins horizontaux est, par contre, une technique Élaborée, permettant une irrigation rationnelle.

Dans les irrigations par ruissellement, l'eau ruisselle en nappe Mince sur toute la surface à irriguer et s'infiltré progressivement. Les irrigations par rigoles, où les eaux sont répandues

sur le sol par débordement de petites rigoles, correspondent à des aménagements Sommaires, courants en pays de montagne. On utilise des Rigoles de niveau ou des rases (rigoles en oblique) selon la pente du terrain. Les irrigations par plans inclinés et ados permettent une irrigation Précise et peuvent être utilisées lorsque le terrain n'a pas une pente Naturelle suffisante pour faire ruisseler l'eau en nappe mince ; le Terrain est alors aménagé en une succession de petites terrasses en Plan incliné dont les petits côtés sont orientés dans le sens de la Plus grande pente. La rigole de distribution située en crête déverse Sur un côté (plan incliné) ou sur les deux côtés (ados).

Les irrigations à la planche sont très couramment Utilisées. L'eau est introduite en tête du petit côté d'une parcelle Rectangulaire dont les grands côtés sont orientés selon les lignes De plus grande pente. Elle ruisselle sur toute la surface de la planche Parfaitement nivelée, et limitée par deux diguettes longitudinales. Dans les irrigations par rigoles d'infiltration, l'eau ne ruisselle que Sur une partie du sol, dans des sillons préalablement aménagés, et S'infiltré latéralement et verticalement. L'irrigation à la raie est Particulièrement adaptée aux cultures en ligne. L'irrigation par corrugations (Microsillons) en constitue une variante adaptée aux cultures Couvrantes. Nous examinerons plus en détail les trois techniques. [1]

2. SITUATION ET CLIMAT :

2.1 Situation géographique :

La Wilaya de Ghardaïa, l'une des plus importantes Wilaya du sud de l'Algérie est assise sur une superficie de 86.560 km².

Situé dans la partie septentrionale et centrale du Sahara (région programme Sud/Est) entre 4° et 7° de longitude Est et 35° et 36° de latitude Nord, le territoire de la Wilaya de Ghardaïa s'inscrit exclusivement dans l'espace saharien (dorsale du M'Zab, Hamada, Grand Erg Occidental,...).

La Wilaya de Ghardaïa est limitée :

Au Nord par les Wilayas de Laghouat et de Djelfa.

A l'Est par la Wilaya d'Ouargla.

Chapitre I Généralité sur l'irrigation dans la région de Ghardaïa

Au Sud par la wilaya de Tamanrasset, et à l'Ouest par la wilaya d'El Bayadh et d'Adrar. [2]

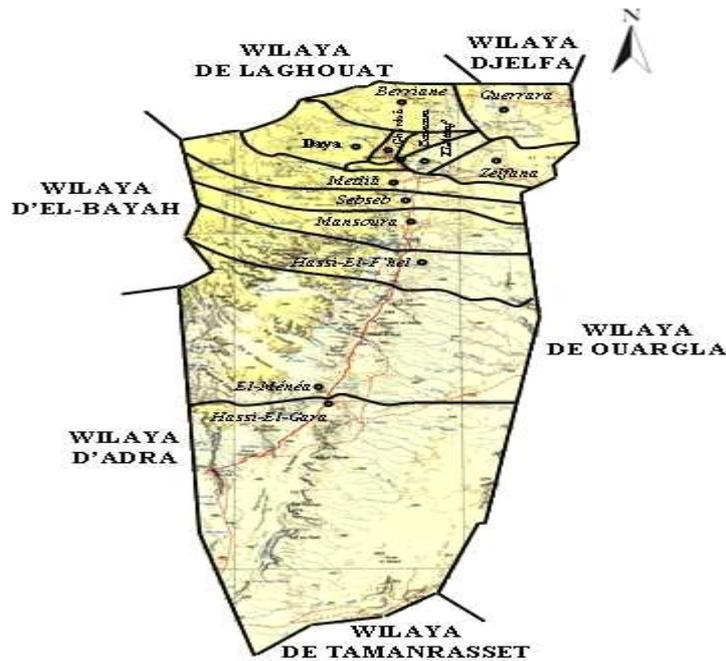


Fig1 : Situation de la région

2.2 Le climat de la région de Ghardaïa :

Typiquement Saharien, est caractérisé par deux saisons : Une saison chaude et sèche (d'avril à Septembre) et une autre tempérée (d'octobre à mars) et une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver. On a enregistré une Moyenne annuelle de 25°C, avec une évapotranspiration de l'ordre de 2000 mm par an et une faible hauteur de pluie avec une Moyenne de précipitations de 60 mm/an. Ces valeurs moyennes n'ont pas une grande signification car les pluies peuvent faire défaut pendant plusieurs années consécutives et que deux à trois jours de pluie peuvent apporter 50 à 80 mm. [3]

2.3 Les Précipitations Maximales Journalières :

Dans les régions arides le caractère exceptionnel de certaines pluies tombées en 24h est très important à considérer puisqu'elles peuvent être à l'origine du ruissellement des Oueds (Roche, 1996). Pour cerner le phénomène sur la région du M'Zab, on a accueilli les données pluviométriques, à partir de la station de Ghardaïa (l'ONM).

Chapitre I Généralité sur l'irrigation dans la région de Ghardaïa

Les séries pluviométriques que nous traitons dans notre travail, sont aux nombres de trois origines différentes, la station de Ghardaïa (O.N.M) implantées dans le bassin versant de Vallée de Mzab, la direction de ressource hydrique et A.R.N.H.

Les données relatives à la station pluviométrique de Ghardaïa : Les valeurs de cette station englobent les prélèvements effectués durant une période de 40 ans allant de 1970 à 2014, faisant apparaître les précipitations journalières.

La région de Ghardaïa est caractérisée par un climat saharien aride, à des hauteurs d'annuelles de moins de 100 mm La pluviométrie moyenne annuelle est de L'ordre de 70 mm Cette valeur moyenne de la pluviométrie n'a pas une grande signification car les pluies Peuvent faire défaut pendant plusieurs années consécutives, cependant, deux à trois jours de Pluies peuvent apporter 50 à 80 mm, engendrant parfois des importantes crues avec des débits considérables, qui peuvent atteindre 1000 m³/s pour une fréquence cinquante ale .[4]

TABLEAU n°_1 : précipitations mensuelles et annuelles de régions étude :

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NEV	DEC
P mm	9.91	2.04	5.59	7.11	00	2.03	00	00	7.37	0.29	5.59	00
Moyenannuelle	3.32											

ARNH station d'étude

2.4 Le Vents :

Le vent est le facteur principal de la topographie désertique. Pendant certaines Périodes de l'année, en général en mars et avril, on assiste au Sahara à de véritables Tempêtes de sable. Des trompes de sable se déplacent avec violence atteignant plusieurs Centaines de mètres de haut.[5]

Les vents d'hiver sont froid sec humides de direction préférentielle NWet WNW

TABLEAU n°_2 : vêtisse d'vent dan région Ghardaïa

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DES
V Km / h	9.3	9.8	9.7	8.6	9.1	9.6	9.8	9.8	9.4	10	9.7	9.9

V:vetasse d'vent

V:moyn=9.59km/h

Chapitre I Généralité sur l'irrigation dans la région de Ghardaïa

2.5 Température :

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

Pour la période hivernale, la température moyenne enregistrée au mois de Janvier ne dépasse pas 12,2 °C, et la température minimale de cette même période est 2,5 °C, et les différentes températures moyennes sont représentées dans. [6]

TABLEAU n° _3 : *la température dan région Ghardaïa*

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NEV	DES	MoyenAnna
Tmoye	10.9	9.65	16.05	20.9	26.75	34	36.35	34.8	29.1	24.95	17.95	12.65	22.83
Tmax	16.2	14.9	21.8	27.4	33.6	40.8	43	41.3	35.7	30.8	23.3	18.3	28.3
Tmin	5.6	4.4	10.3	14.4	19.9	27.2	29.7	28.3	22.5	19.1	12.6	7	16.75

ARNH station d'étude

2.6 L'Humidité :

L'humidité relative pour cette region est moyenne, elle est généralement comprise entre 24 et 34% pendant l'été et s'élève à 55% et 65% en l'hiver, Elle varie entre 24% et 65%, sur la période d'observation. La moyenne de l'humidité la plus élevée est enregistrée au mois de décembres, avec 65% et le taux le plus faible est au mois d'aout, avec 23%, et une moyenne annuelle de 36.85%. [7]

TABLEAU n° _4 : *la L'humidité dan région Ghardaïa*

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUE	AOU	SEP	OCT	NEV	DES	MOYAN
H%	51	45.5	42.1	34.2	26.3	22.5	19.7	23	30	37.7	56.6	53.2	36.85

2.7 Le Rayonnement :

TABLEAU n° 5 : Rayonnement solaire moyen journalier mensuel (kWh / m² / jour) pour Ghardaïa

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUE	AOU	SEP	OCT	NEV	DES
RAY	3.9	4.8	5.9	7.3	7.5	7.8	7.5	7.1	6.0	4.8	4.0	3.4
RAN ANNAI	5.8											

3.Type de cultures :

L'activité agro-pastorale reste, dans la wilaya de Ghardaïa l'un des secteurs, avec le tourisme, les plus sûrs en tant que catalyseur du développement durable et de la compétitivité des territoires. En effet, certaines expériences menées jusque-là (phoenicicultures, cultures maraîchères arboricultures, petits élevages) ont donné des résultats encourageants et augurent de belles perspectives pour le développement de la wilaya. Les cultures pratiquées au niveau de la wilaya de Ghardaïa, sont la céréaliculture, le maraîchage, les cultures fourragères et industrielles en plus del'arboriculture.[8]

Au début du siècle, chaque habitant du Mzab disposait d'une superficie de **0,3ha**; aujourd'hui il reste **0,03 ha** de surface irriguée par habitant. Une croissance démographique plus rapide que la mise en exploitation de nouvelles terres, en est la principale cause. La population de la *chebka* qui comptait 23,000 habitants en 1872, atteint en 1997 les 130 000 habitants. Alors que l'accroissement naturel est de 2,6%, l'accroissement démographique s'élève à 3,4%. La région connaît une forte immigration, ce qui renseigne aussi sur la vitalité économique de la région. Très peu de gens dans la vallée du Mzab vivent uniquement de l'agriculture (environ 9% de la population occupée). La forte urbanisation (90% de la population), se fait au détriment de la palmeraie traditionnelle. Le jardinage pour l'autoconsommation s'oriente vers une agriculture produisant pour le marché urbain de proximité.

Le développement de l'agriculture périurbaine sur les produits maraîchers et les fruits se concentre sur les espèces qui sont bien adaptées aux exigences du milieu saharien. Les performances décevantes des périmètres céréaliers entraînent progressivement la reconversion

Chapitre I Généralité sur l'irrigation dans la région de Ghardaïa

vers des spéculations plus proprement sahariennes : palmier dattier, arboriculture fruitière, raisin de table, cultures maraîchères, fourrage.

L'élevage est relativement peu développé dans la vallée du Mzab. La topographie et la forte urbanisation réduisent les possibilités, le plus souvent à quelques têtes de caprins et d'ovins.

Parmi les fonctions de l'agriculture en région saharienne il faut insister sur la fonction de viabilisation de l'espace aride pour le rendre à la fois vivable pour les êtres vivants et créateur d'activités productives. Le pilier de cette viabilisation est le palmier dattier qui est par ailleurs la spéculation agricole la plus intéressante pour l'exportation.

Situé au centre du Sahara algérien, le Mzab est une zone de transition entre les deux principales zones phoenicicoles d'Algérie et présente la plus grande diversité des cultivars majeurs. Dans la vallée, 90 différents cultivars de palmier dattier ont été recensés, dont 17 cultivars majeurs. Les autres cultivars forment des petites populations de moins de 200 arbres. La diversité est entretenue dans les jardins familiaux et même dans les nouvelles mises en valeur pour assurer une production quelque soit les aléas climatiques: sécheresse, pluie d'automne...

Le cultivar Deglet-Nour représente 25% du nombre total de dattiers dans la wilaya qui constitue la limite de l'aire d'extension vers l'ouest de la culture de cette variété d'exportation. D'autres variétés comme Ghars ou Timjohart sont localement développées. Des variétés locales rares sont très recherchées comme Bintqkala qui produit une datte molle, très parfumée conservée au congélateur. Le rejet de Bintqkala s'achète 10,000DA alors que celui des variétés les plus courantes comme Ghars et DegletNour coûtent environ 5,000DA.

La fusariose du palmier dattier appelée maladie du bayoud existe en Algérie depuis environ un siècle. Le bayoud est la maladie mortelle la plus grave des dattiers; elle a régulièrement progressé des oasis de l'ouest vers l'est. Les oasis de la chebka du Mzab (Metlili, atteinte en 1945 et Ghardaïa depuis 1965) constituent aujourd'hui le front oriental de progression de la maladie. La grande majorité des cultivars sont sensibles au bayoud. La tolérance au bayoud de certains cultivars (Aqerbucht, Timjouhart) rend leur rejet très recherchés. [9]

Le très important accroissement urbain exerce une formidable pression sur le maillage hydro - agricole de la palmeraie traditionnelle dans la vallée (spéculation foncière, conflit d'usage...) Se met alors en place un nouveau terroir agricole à la périphérie de la ville, strictement

dépendant des ressources en eaux fossiles. Il apparaît nécessaire et urgent, pour répondre aux besoins d'un marché urbain en extension, de rechercher de nouvelles ressources hydriques permettant de diminuer d'autant l'exploitation par forages des ressources limitées, non renouvelables.[10]

4. NATURE DE SOL :

Ces sols de couleur brune à brune claire en profondeur à structure argileuse grumeleuse peu friable en profondeur

La carte a été élaborée par digitalisation de l'image satellitaire IKONOS de l'an 2000 (multi spectrale à 4m de résolution) de la zone étudiée en utilisant les outils du logiciel ArcGIS 10 d'ESRI. La carte montre que sur une surface totale de la vallée digitalisée de 31,18 km² soit 3118,8 hectares ; 30% est occupée par l'urbanisme soit 10,63 hectares. Les oasis dans la vallée occupent une surface de 14,10 hectares, soit 40% de la surface totale (fig. 2).

Les oasis sont localisées principalement en amont (Touzouz ,Bouchen) et en aval de l'oued M'zab (Djaoua, Aouleouel), ainsi que le long des deux principaux affluents de la vallée du M'zab ; oued N'tissa et oued Azouil. Les zones mixtes (urbanisme et oasis) représentent 11% de la surface totale soit 3,83 hectares (fig. 3).

Les zones urbaines sont localisées principalement, autours des vieux ksars (pentapole) et s'étendent progressivement vers les oasis environnantes. La vallée de M'Zab fait partie de la région centrale de la chebka (Dorsale du M'Zab), cette dernière se caractérise par un relief cisailé, ravine et serpenté d'innombrables oueds. Le substratum géologique est constitué de calcaires, dolomies et marnes d'âge Turonien. On distingue aussi, le long de la vallée des dépôts alluvionnaires d'âge quaternaire. Ces alluvions sont constituées de sables fins et grossiers (mélangés à des limons et des argiles), gravillons, galets consolidés. Cette formation superficielle, contient une nappe phréatique plus ou moins profonde, exploitée par des puits donnant de faibles débits. En profondeur la formation de continental intercalaire réserve la nappe albiennaise qui constitue la ressource principale d'eau potable [11].

Chapitre I Généralité sur l'irrigation dans la région de Ghardaïa

TABLEAU n° 5 : granulométrie de sol

diamaterØ	Mass refus	Masse refus(%)	TYPE
>1 .6 mm	874.44	62.81	GRAVIER+CAILLOUX
1.25 mm	22.14	1.59	SABLE GROS
1 mm	40.59	2.92	
800µm	52.8	3.79	
630 µm	89.02	6.39	
500 µm	78.59	5.65	
315 µm	128.08	9.20	
250 µm	31.67	2.27	SABLEFIN
120 µm	46.65	3.35	
80 µm	20.28	1.46	
63 µm	4.56	0.33	
<63 µm	3.3	0.24	LIMON+ARGILE

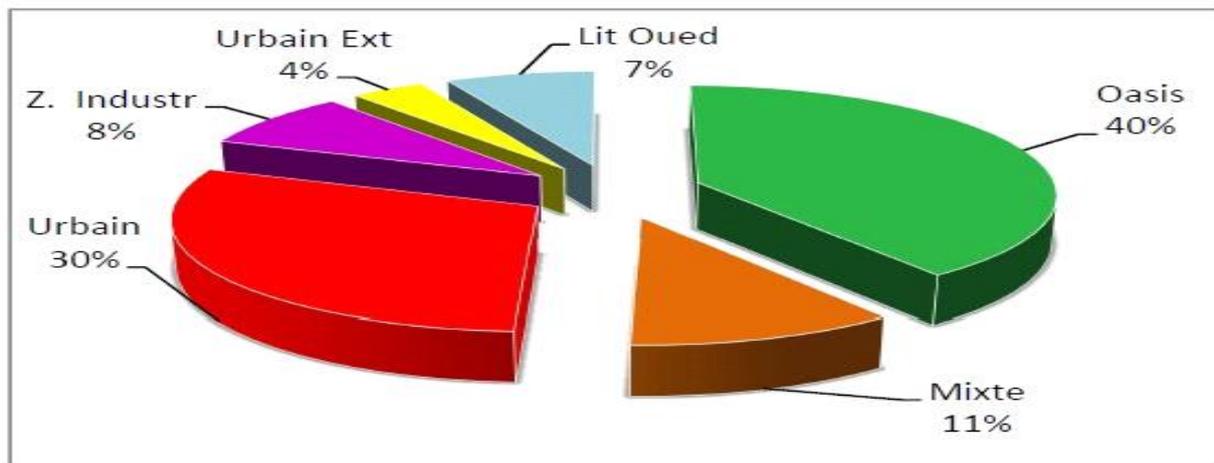


Fig 2 : Répartition des surfaces d'occupation

5.Ressources d'eau d'irrigation région de Ghardaïa :

La région Ghardaïa n'est possible qu'en exploitant les eaux souterraines.

On rappelle que, dans la wilaya, celles-ci sont localisées dans trois niveaux aquifères différents :

La nappe phréatique qui est une nappe libre dont l'alimentation dépend des précipitations ; on la trouve principalement sous le fond de la vallée sous la forme de nappe d'infiltré - flux dans les alluvions ;

La nappe du complexe terminal ou du miocène sableux présente principalement au Sud ;

- La nappe du continental intercalaire contenue dans les niveaux sablo - gréseux de l'Albien que l'on trouve, à des profondeurs variables, à travers toute la wilaya.

A Ghardaïa, la nappe du complexe terminal se confond avec la nappe superficielle que l'on a pu nommer "nappe phréatique du M'Zab» ; les eaux y sont naturellement de bonne qualité mais, aujourd'hui, fréquemment souillées par des infiltrations non contrôlées.

La nappe du continental intercalaire se présente à des profondeurs fortement variables affleurant à l'Ouest d'El-Goléa, elle s'enfonce vers le Nord pour atteindre 250 à 300 m vers Ghardaïa puis plus de 1 000 m à la limite de la wilaya, directement à l'Est. La nappe du continental intercalaire s'étend bien au-delà de la wilaya, elle s'écoule de la zone d'alimentation située à l'Ouest et qui correspond au grand Erg occidental vers son exutoire [dans le golfe de Gabès en Tunisie. C'est une des plus importante structures hydrologique reconnue à l'échelle mondiale. La nappe du continental intercalaire est exploitée par des forages de profondeurs variables qui peuvent atteindre 1 000 mètres. Les débits unitaires moyens sont de 100 l/s et peuvent s'élever jusqu'à 200 l/s. La nappe est artésienne, mais le niveau de refoulement n'atteint le haut du puits qu'en peu d'endroits. Il faut noter que les forages profonds sont coûteux et posent des problèmes de maintenance non résolus qui ne leur assure qu'une durée de vie limitée. C'est cette nappe qui a permis de faire face à l'accroissement des besoins en eau dans la wilaya mais on peut également inverser la remarque et dire que c'est la mise en exploitation de cette nappe qui a permis la poursuite du développement de la wilaya. L'annexé présente une situation détaillée des potentialités du continental intercalaire. A Ghardaïa, c'est la nappe intercalaire qui assure la majeure partie des besoins en eau labour l'AEP et pour l'irrigation.[12]

6.1 Type d'irrigation : gravitaire aspersion localise :

6.1.1.1 Irrigation gravitaire :

Le ruissellement de l'eau créer par la pente du terrain naturel humecte le sol par percolation à travers ses pores. Cependant l'action les deux forces planchent ou par calant sont des sous classes de l'irrigation par ruissellement. Le principe consiste à faire couler sur le sol une mince lame d'eau qui s'infiltrera verticalement jusqu'à l'humidification de la tranche voulue du sol[13]

6.1.1L'arrosage par infiltration (à la raie) :

C'est une méthode qui consiste à faire distribué l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol qui reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.

Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse s'ajourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre en réserve l'eau indispensable au développement des cultures.[13]

6.1.2 Avantages de l'irrigation par gravité :

Coût moins élevé par rapport aux autres procédés.

Pas d'équipements de mise en surpression de l'eau.

Matériel d'irrigation très réduit..[13]

6.1.3 Inconvénients de l'irrigation par gravité :

Grand volume d'eau par unité de surface.

Déplacement des engins agricoles est difficile (à cause des rigoles)

Nécessité d'une main d'œuvre importante.

Nécessité de planage des terres.

Pertes par infiltration considérables..[13]

6.2.1 Irrigation par aspersion :

L'eau parvient aux cultures sous forme de pluies artificielles grâce à des appareils alimentés en eau sous pression appelés (asperseurs).[]

6.2.2 Avantages de l'irrigation par aspersion

Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer.

Augmentation du coefficient d'utilisation des terres.

Permet une économie d'eau importante.

Met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très simples.

Nécessite moins de main d'œuvre.

Possibilité d'automatisation du système.

Assure une forte oxygénation à l'eau..[13]

6.2.3 Inconvénients de l'irrigation par aspersion :

Coût des investissements très élevé. Favorise l'évapotranspiration en période sèche.

L'uniformité de l'arrosage se dégrade en cas de vents dépassant les 4 à 5 m/s.[13]

6.3.1 Irrigation par apports localisés :

L'eau est distribuée à la surface du sol par des goutteurs qui fournissent un débit faible pendant une longue durée.[13]

6.3.2 Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte)

Une économie d'eau très importante.

Une économie de mains d'œuvre (système fixe).

La non sensibilité aux vents forts.

Elle permet un dosage régulier en engrais.

L'humidité au voisinage des racines reste élevé.[13]

6.3.3 Inconvénients de l'irrigation localisée (goutte à goutte) :

Risque d'obstruction des goutteurs.

Risque de salinisation

Nécessite une main d'œuvre qualifiée.

Coût élevé.

Contrôle difficile des goutteurs. [13]

7. CONCLUSION :

Dans ce chapitre nous avons étudié les conditions naturelles qui nous ont amenée à définir l'irrigation et situation de région, et nous avons aussi parlé sur les ressources des eau, type des cultures et nature du sol.

Les différents paramètres que nous venons d'étudier indiquent que la plaine de Ghardaïa n'est pas assez homogène sur le plan climatique. La pluviométrie présente une certaine hétérogénéité dans le temps et l'espace. Lors de cette dernière décennie le climat est devenu chaud, qui nous amène à dire que nous sommes à la limite entre le climat subhumide et semi-aride étant donné que la GHARDAIA était toujours dans le climat subhumide, en conséquence l'irrigation est indispensable dans une période large.

Il n'y pas une méthode type d'irrigation, chaque projet doit être bien réfléchi et quel que soit le système choisi, la gestion du pilotage de l'irrigation doit être rigoureuse et régulière.

Chapitre II :

Besoins En Eau Des Culture

EVAPOTRANSPIRATION DES CULTURES :**INTRODUCTIN :**

La première étape de l'établissement d'un projet d'irrigation consiste à déterminer les besoins en eau des cultures. En termes généraux, le besoin en eau **d'une** culture est équivalent au niveau d'évapotranspiration nécessaire à sa croissance optimale.

De façon précise, le besoin en eau est défini comme le niveau d'évapotranspiration d'une culture indemne de maladie et poussant dans une parcelle d'une surface supérieure à un hectare dans les conditions optimales de sol ; ces derniers consistent en une fertilité et une humidité suffisante pour atteindre le potentiel de production de la culture dans le milieu considéré. Ce besoin en eau est appelé E.T.M.

1. Définitions :**1.1.Evapotranspiration :**

Nous appelons évapotranspiration, la quantité d'eau consommée, qui comprend d'une part l'eau transpirée par la plante, d'autre part l'évaporation directe à partir du sol, la dernière n'est importante que dans le cas de couverts végétaux discontinus. Evapotranspiration potentielle (ETP ou ET0) : c'est en principe la valeur maximale possible de l'évapotranspiration dans des conditions climatiques données, cette définition se heurte à certaines difficultés d'interprétation, nous considérons plutôt dans la pratique l'évapotranspiration potentielle comme une référence et nous la définissons comme étant l'évapotranspiration d'un couvert végétal bas, homogène dont l'alimentation en eau n'est pas limitant et qui n'est pas soumis à aucune limitation d'ordre nutritionnelle, physiologique ou pathologique . Nous employons couramment le terme « ETP » pour désigner la valeur approchée de l'évapotranspiration potentielle obtenue par calcul à partir d'une formule d'estimation fondé sur des données climatiques .l'ETP ainsi définie est considérée comme une donnée climatique, c'est-à-dire que les facteurs culturaux n'interviennent pas dans son estimation. Evapotranspiration maximale (ETM ou ETC) : c'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture donnée, à un stade végétatif donné et dans des conditions climatiques données .Sa valeur est théoriquement inférieure ou égale à l'ETP, en fait il n'est pas rare de trouver pour certaines cultures des valeurs d'ETM supérieures à l'ETP .En fin nous posons :

$$ETM=K*ETP$$

Avec K coefficient cultural qui dépend :

- de la culture
- du stade végétatif

1.2. Evapotranspiration réelle (ETR) :

C'est l'évapotranspiration d'un couvert végétal dans des conditions réelles données : l'alimentation de la plante peut être limitée par des contraintes d'ordre physique, chimique et biologique, et l'on a alors une réduction de la transpiration par rapport à la valeur maximale qu'elle pourrait atteindre en l'absence de contraintes.

Ainsi donc :

$$ETR \leq ETM$$

1.3. Evapotranspiration optimale (ETRopt) :

c'est une notion plus difficile à approcher que les précédentes, et dont l'intérêt se fait sentir lorsque l'on constate que l'optimum économique est atteint pour des valeurs inférieures à l'ETM, soit parce que le rendement commercialisable maximal- ou la quantité maximale- est atteint pour des valeurs de l'ETR inférieures à l'ETM, soit parce que le rendement marginal au voisinage de l'ETM est trop faible en comparaison du coût marginal de l'irrigation. Dans ce dernier cas, la comparaison d'ETRopt intègre donc également des critères économiques et peut être donc sujette à certaines variations en fonction de la conjoncture.

Nous avons donc en principe :

$$ETR \leq ETM \leq ETP$$

L'importance de l'ETP vient du fait qu'elle constitue une évaluation maximale des besoins en eau de toutes les cultures et qu'à partir d'elle nous pouvons estimer les besoins maximaux

(ETM) ou optimaux (ETRo_{opt}), moyennant la connaissance des coefficients K et K_{opt} pour les différentes phases végétatives d'une culture données.

Facteurs influençant l'ETP :

Nous pouvons résumer les principaux facteurs influençant l'ETP d'une surface donnée comme suit :

Facteurs dépendant du climat :

- Le rayonnement solaire, qui est la principale source d'énergie reçue directement par la surface ;
- Le déficit de saturation de l'air, dont le gradient détermine le flux de vapeur d'eau dans l'atmosphère ;
- Le vent, qui accentue les effets du déficit de saturation, en augmentant les coefficients d'échange turbulent pour la vapeur d'eau et pour la chaleur ;
- la température de l'air, qui commande en partie ce déficit de saturation

Facteurs dépendant de la surface :

- L'albédo, qui dépend surtout de la nature du couvert végétal, mais qui varie également un peu en fonction de l'angle d'incidence du rayonnement sur la surface ;
- la rugosité du couvert ; qui a en général pour effet une augmentation de l'évapotranspiration (augmentation de la surface foliaire soumise à l'évaporation) si le déficit de saturation et le vent sont importants. Mais elle peut aussi avoir l'effet contraire dans des conditions de plus forte humidité (diminution du gradient d'humidité atmosphérique au voisinage des feuilles supérieures).

1.4.Mesure de l'ETP :

Bien que l'ETP soit souvent considérée comme une donnée climatique, sa mesure se fait sur un couvert végétal. On appelle évapotranspiromètre l'installation utilisée pour cette mesure : il s'agit d'une cuve enterrée placée au milieu d'une parcelle irriguée, qui sert d'anneau de garde, et dans laquelle on reconstitue un sol recouvert de la même culture dans les mêmes conditions (voir figure 1)

La culture dans la cuve est arrosée avec un léger excès d'eau, et l'eau de drainage est récupérée au moyen d'un tuyau se déversant dans un bac de récupération.

La détermination de l'ETP à partir des mesures sur évapotranspiromètre se fait par différence entre les apports et les pertes, elle se calcule par la formule suivante :

$$\text{ETP} = \text{pluie} + \text{irrigation} - \text{drainage R}$$

Les variations de réserves R seront négligeables en valeur relative si l'alimentation en eau est régulière, et si la période de calcul est suffisamment longue (une semaine à dix jours au minimum).

Conduite des mesures sur évapotranspiromètre:

Irrigations journalières ; fertilisation et coupes régulières ; bilans sur des périodes telles que l'on puisse assurer que $R=0$.

La précision des mesures obtenues avec un évapotranspiromètre ordinaire est le plus souvent de l'ordre de 10%, même avec une conduite soignée. par contre le moindre laisser-aller peut aboutir à des distorsion de l'ordre de 30% à 40% ,et même plus .

Ce n'est qu' avec des évapotranspiromètre que l'on peut atteindre des précision de l'ordre 0.5 mm d'évaporation (pesée piézométrique ou dynamique), ou même de l'ordre de 0.05 mm d'évaporation (pesée par bascule mécanique). Seul de tel dispositif peuvent permettre d'envisager des mesures de l'ETP pour des périodes de 24h, ou même de suivre l'évolution de l'ETP au cour de la journée.

La mesure de l'ETP doit s'accompagner de mesures météorologiques complètes, d'abord la mesure de la pluviométrie est indispensable au calcul du bilan hydrique dans l'évapotranspiromètre, ensuite, il est important de pouvoir rapprocher les mesures de l'ETP des mesures climatiques effectuées sur le même site (rayonnement durée d'insolation, température maximale et minimale, psychrométrie, vent à 2m évaporation piche, évaporation sur nappe d'eau libre).

Estimation de l'ETP :

Vu la complexiste de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'ETP , il est presque toujours préférable de recourir à des méthodes d'estimation .On dispose en effet actuellement de formules et de méthodes suffisamment variées , et adoptées à déférents climats ,de plus une bonne estimation vaut mieux qu'une mauvaise mesure

A partir des données météorologiques disponibles, on choisit une méthode de prévision pour calculer l'évapotranspiration de la culture de référence (ETP) ou (ET0). Si l'on dispose d'une série complète de données météorologiques, on choisira la méthode en fonction du degré de précision

Le tableau suivant résume les principales par mis beaucoup d'autres et indique les données initiales minimums nécessaires pour chaque méthode

Tableau I.1 : principales méthodes d'estimation de l'ETP avec les données initiales minimums nécessaires pour chaque une d'elle.

Méthode	température	humidité	vent	insolation	Rayon- ment	Evapo- ration	milieu
Blaney-Criddle	*	0	0	0			0
Rayonnement	*	0	0	*	(*)		0
Bac		0	0			*	*

Source : « Les besoins en eau des cultures Bulletin de la FAO (1977) »

- *: Données mesurées
- 0 : Données estimées
- (*): si disponibles mais pas indispensables

Le calcul de l'ETP se fait par période de 30 ou de 10 jours, en utilisant les données climatiques moyennes.

La méthode du rayonnement donne de bon résultat pour des périodes décadaires ou plus mais exige une base de données météorologiques, la méthode du bac peut elle aussi donner de bon résultats si les bacs bénéficient de meilleurs emplacement et que les vents sont légers. Sous de nombreux climats, la méthode de Blaney-Criddle donne des résultats satisfaisants, surtout si on introduit des coefficients liés au vent, à l'humidité, et à l'insolation relative.

Vu l'importance qu'a l'estimation de l'ETP dans tout projet de dimensionnement de réseaux d'irrigation, il est important de détailler chaque méthode pour sortir le choix le plus compatible avec notre situation et ça par une analyse cartésienne de la probabilité d'erreur pouvant être commise sur le résultat final .

2.Développement des différentes méthodes de calcul de l'ETP :

2.1.la méthode de Blaney-Criddle :

La formule de blaney-criddle (1950) est l'une des plus couramment utilisée pour estimer les besoins en eau des cultures, Surtout dans le cas où la seule donnée météorologique crédible disponible est la température de l'air.

L'approche originale de Blaney-Criddle fait intervenir la température (t) et le pourcentage d'heures diurnes (N) comme variables climatiques.

Donc l'ETP selon Blancey – Crid le est calculée avec la formule suivante

$$ETP=N*(0.46*t+8.13)$$

Avec :

N : pourcentage d'heures diurnes moyennes journalières déterminées du tableau.

t : la température en (°C).

2.2.La méthode de Bllaney-Criddle généralisée :

la méthode de Bllaney-criddle a été généralisée pour d'autre climats et ça en corrigeant la valeur de l'évapotranspiration potentielle f qui est l'équivalence de l'ETP calculée avec la formule standard de Bllaney-criddle moyennant de 26 graphes correspondant à différentes conditions d'humidité relative minimum, d'heures d'insolation par jour et de vent diurne . ces graphes ont comme abscisse f e t comme ordonnée ETP : la valeur corrigée de l'évapotranspiration potentielle.

Nous avons, à partir des graphes, essayé de trouver les expressions analytiques adéquates pour exprimer ETP en fonction de f , et on a eu les résultats suivants.

2.3. Méthode du rayonnement :

Dans le cas où les données climatiques disponibles comprennent des mesures de la température de l'air et de l'insolation ou de la nébulosité ou du rayonnement mais ne mentionnent ni le vent ni l'humidité on suggère d'employer la méthode du rayonnement pour prédire l'effet du climat sur les besoins en eau des cultures.

Comme dans le cas précédent, la formule qu'on va utiliser va tenir compte des conditions générales liées aux vent diurne et à l'humidité relative moyenne.

Dans ce cas on aura f^* calculé avec la formule suivante

$$f^* = W * R_s$$

Avec :

W : facteur de pondération qui dépend de la température et de l'altitude.

R_s : rayonnement solaire exprimé en évaporation équivalente. C'est-à-dire R_s est exprimé en mm/jour

Ainsi donc on aura l'ETP en utilisant la formule suivante :

$$ETP = a * f^* + b$$

Avec :

a, b : coefficient qui tiennent compte des conditions générales liées aux vent diurne et à l'humidité relative moyenne.

Et l'ETC en utilisant la formule suivante :

$$ETC = K_c * ETP$$

2.4. Méthode du Bac :

Les bacs d'évaporation permettent de mesurer l'effet intégré du rayonnement du vent de la température et de l'humidité sur l'évaporation à partir d'une surface d'eau libre. Les végétaux réagissent d'une manière similaire aux mêmes variables climatiques mais plusieurs facteurs importants peuvent entraîner des différences appréciables en ce qui concerne la perte de l'eau. Le rayonnement que réfléchit un plan d'eau n'est que de 5 à 8 tandis que pour les végétaux il est de 20 à 25 pour cent du rayonnement solaire reçu. L'emmagasinement de

chaleur dans le bac pendant le jour peut être appréciable et entraîner une évaporation presque égale de l'évaporation entre le jour et la nuit alors que pour la plupart des cultures, les pertes sur 24 heures se produisent à 95 pour cent ou plus pendant les heures. Par ailleurs, les pertes d'eau à partir des bacs et à partir du couvert végétal peuvent différer considérablement en raison de la variation de la turbulence de l'air juste au-dessus de ces surfaces, ainsi que de la température et de l'humidité de l'air immédiatement adjacent à ces surfaces. Pour les bacs placés au-dessus du sol comme pour les bacs enterrés, il peut se produire un transfert de chaleur à travers les parois du bac, ce transfert peut être très important pour des bacs enterrés dans un sol en jachère. De même la couleur du bac et l'utilisation ou non d'une protection contre les oiseaux influent sur les mesures. L'emplacement du bac et le milieu environnant jouent aussi sur les résultats surtout quand le bac est placé dans des champs cultivés plutôt que dans des champs en jachère, donc la connaissance de l'emplacement du bac et les caractéristiques du milieu environnant au moment des mesures est plus qu'importante pour tout projet d'estimation de l'ETP avec la formule qu'on va présenter ci-dessous..

3. Bilan hydrique :

D'après ce qui a été dit précédemment, l'équation de bilan hydrique :

$$P + I \pm S \pm D \pm \Delta R - ETR = 0$$

- P : précipitations.
- I : l'irrigation.
- S : ruissellement de surface.
- D : drainage ou apport d'eau par remontée de nappe.
- ΔR : variation de la réserve en eau de sol.
- ETR : évapotranspiration réelle.
- $B = ETP - (P_{eff} + RFU)$.
- B : besoin en eau d'irrigation (mm) .
- E.T.P : évapotranspiration (mm / jour) .
- RFU : réserve facilement utilisable .
- $RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}).D_a.Z$
- Y : degré de tarissement
- D_a : densité apparente
- Z : profondeur d'enracinement mm
- H_{cc} : humidité à la capacité au champ

- H_{pf} : humidité au point de flétrissement
- P_{ef} : pluie efficace
- L'irrigation est faite lorsque $B > 0$.

4. Evapotranspiration DE LA CULTURE (k_c) :

Pour l'agriculture irrigant, la connaissance de ETM peut être acquise au cours de la campagne d'irrigation grâce à des réseaux d'avertissement, comme il en existe dans certains pays où l'irrigation par aspiration a pris une grande extension.

Une station métrologique représentative de l'ensemble de périmée diffuse périodiquement – tout les semaines par exemple – les valeurs de L'ETM de différentes cultures pour la période écoulée : quelque fois on diffuse l'ensemble des éléments du bilan et parfois même la date de déclenchements des irrigations

5. Hydrologie et pluies :

Le bassin versant de l'oued M'Zab n'est équipé d'aucune station limnigraphique. Les éléments à disposition sont essentiellement les observations de terrain faites lors de la survenue de crues durant la période 1907-1951 et qui ont été récapitulées par Du bief. Par la suite les informations exploitables sont celles qui concernent principalement les crues de juin 1991, septembre 1994 : des hauteurs d'eau à l'occasion de ces événements ont pu être évaluées à partir de documents photographiques, d'enregistrements vidéo et d'enquêtes de terrain. L'étude hydrologique effectuée par le Bureau d'études s'est appuyée sur ces informations et sur l'analyse des pluies journalières à Ghardaïa et à d'autres stations environnantes, dont les données proviennent soit des statistiques de Du bief pour la période antérieure à 1956, soit des bulletins de l'Office National de la Météorologie (ONM) pour la décennie 1974-1985. Cette analyse a permis d'établir les caractéristiques des crues à différents points caractéristiques du bassin nécessaires au dimensionnement des ouvrages du volet protection contre les crues.

C. Pluies annuelles

Moy = Hauteur moyenne de la pluie annuelle.

Max = Hauteur maximale de la pluie annuelle.

Min = Hauteur minimale de la pluie annuelle.

GHARDAIA	Moy <i>mm</i>	Max <i>mm</i>	Min <i>mm</i>
Brutes	71.2	175.9	1
Corrigées	67.3	175.9	1

recueillies sur une période de 110 années (1986-1994)

6. Besoins nets en eau d'irrigation :

C'est la valeur positive du bilan hydrique pour une période considérée ou nuls choix du type d'irrigation et les pratique de conservation du sol.

6.1. Besoins de pointes :

Ce sont les résultats maximaux du bilant hydrique, ces besoins modaux ont une importance particulière car ils représentent une donnée indispensable pour le projet de dans le cas contraire, ces besoins nets en eau d'irrigation ne prennent pas en compte le dimensionnement du réseau d'irrigation et ça en la conjuguant simultanément avec d'autre paramètre relatif à la protection du sol contre la salinité et la valeur de la perte à accepter pour un déficit hydrique donné.

$$I_{\text{nette}} = (ETC + F + R) - (P_e + G_e + N + \Delta W)$$

6.2. Besoins bruts en eau d'irrigation :

Les besoins bruts sont une fonction entre les besoins nets et le type du système d'irrigation pour tenir compte des inefficacités évitables et inévitables en matière d'application d'eau dans le but de s'assurer que les besoins en eau des cultures sont satisfaits l'efficacité d'application on majore la demande nette en eau d'irrigation avec le coefficient **Ea** qui représente l'efficacité de l'application.

$$I_{\text{brute}} = I_{\text{nette}} / Ea$$

CONCLUSION :

On sait que pour déterminer les besoins en eau des cultures, il faut tenir compte de tous les éléments ci-après : climat, culture, système agronomique et intensité culturale, milieu et exposition, sol, eau disponible dans le sol, fertilité du sol, méthode et pratiques de culture d'irrigation.

Chapitre III :
Calcul Les Paramètres
du Réseau D'irrigation

INTRODUCTION :

Dans chapitre nous réalisons des applications liées au pompage de l'énergie solaire et aux applications d'irrigation

Dimensionnement de Systèmes de Pompage Photovoltaïque

Le choix du système de pompage doit être fait en prenant en compte non seulement les contraintes techniques (type de pompe, énergie, hauteur de refoulement, débit, turbidité de l'eau), mais aussi les contraintes liées au contexte socio-économique (système de pompage accepté, disponibilité des pièces détachées, facilité de maintenance des pompes

Le Système d'irrigation adéquat goutte à goutte

2.1.TECHNIQUES D'ARROSAGES :

Le système d'irrigation gouta Agout

2.1.1. SCENARIO (MONOCULTURES) :

Calcul les paramètres du réseau d'irrigation :

Notre calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel appelé ;

CROPWAT version (disponible à l'ENSH), qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique cité au paravent (Penman&Monteith modifiée).

CROPWAT :

C'est un logiciel d'aide à la gestion de l'irrigation .Il a été mis au point par la FAO.Ce logiciel permet le calcul des besoins en eau et des quantités d'eau d'irrigation nécessaires aux cultures. Il offre également la possibilité de développer un calendrier d'irrigation en fonction de diverses pratiques culturales, d'évaluer les effets du manque d'eau sur les cultures et l'efficience de différentes pratiques d'irrigation

Chapitre III CALCUL LES PARAMETRES DU RESEAU DIRRIGATION

Tableau III .1 : Résultats du calcul de L'ETP0 à l'aide de cropwat et Blaney criddle

The screenshot shows the 'ETo Penman-Monteith par mois' software interface. The input fields are: Pays: Algérie, Station: noumerat, Altitude: 469 m, Latitude: 32,00 °S, Longitude: 3,00 °O. Below the inputs is a table with 7 columns: Mois, Temp Moy (°C), Humidité (%), Vent (km/jour), Insolation (%), Ray. (MJ/m²/jour), and ETo (mm/jour). The table lists data for each month from January to December, with a final row for the average (Moyenne).

Mois	Temp Moy °C	Humidité %	Vent km/jour	Insolation %	Ray. MJ/m²/jour	ETo mm/jour
Janvier	10,0	55	337	64	24,6	3,95
Février	13,4	47	346	74	24,4	4,71
Mars	15,6	41	372	85	22,5	5,11
Avril	19,5	36	406	100	19,6	5,67
Mai	24,5	31	397	100	15,2	6,13
Juin	30,0	27	354	100	13,1	6,53
Juillet	32,7	24	320	100	14,1	6,93
Août	32,5	25	302	100	17,7	7,49
Septembre	28,0	36	311	89	21,2	7,26
Octobre	21,6	45	268	78	23,9	6,03
Novembre	15,4	54	285	64	24,0	4,83
Décembre	11,6	58	328	60	24,3	4,15
Moyenne	21,2	40	336	85	20,4	5,73

❖ Dose nette :

$$P=0.33$$

$$D_{nette} = \frac{1}{3} Z * (H_{CC} - H_{PF}) * P \quad \text{D nette : dose net.}$$

Z: profondeur d'enracinement égale à 2000 mm (cas de la pastèque).

H_{cc} : humidité à la capacité au champ.

H_{pf} : humidité au point de flétrissement

$$D_{nette} = 0,33 \times 2000 \times 0,6 = 130.68 \text{ mm}$$

❖ Dose brute

$$D_{brute} = \frac{D_{nette}}{\eta * Cu}$$

tel que :

η : Rendement d'irrigation = 0,9

Cu : Coefficient d'uniformité d'arrosage

Chapitre III CALCUL LES PARAMETRES DU RESEAU DIRRIGATION

$$D_{bruite} = \frac{130.68}{0.9 * 0.9} = 161.33mm$$

❖ Fréquence des arrosages T :

$$T = \frac{\text{La dose nette}}{\text{besoin en eau}}$$

$$T = \frac{130.68}{6,1} = 21.42 \approx 21 \text{ DOC}$$

❖ Duré d'arrosage

$$Ta = \frac{D_{bruite} * S_r * S_a}{n * Qg}$$

Ou Qg: débit délivré par un goutteur.

$$Ta = \frac{161,33 * 6 * 6}{2 * 8} = 362,99h$$

$$Ta = \frac{362,99}{21} = 17 \text{ h/J}$$

❖ Débit

$$Q = \text{besoin en eau} * 10^{-3} * 10^4$$

$$Q_c = 6.1 * 10^{-3} * 10^4 = 61 \text{ l/s/ha}$$

3. SCENARIO(POLYOCOULTURE) (agrumes, l'orge, trèfle)

3.1. trèfle

❖ Dose nette :

$$P=0.33$$

$$D_{nette} = \frac{1}{2} Z * (H_{CC} - H_{PF}) * P \quad \text{D nette : dose net.}$$

Z: profondeur d'enracinement égale à 300 mm (cas de la pastèque).

H_{cc} : humidité à la capacité au champ.

H_{pf} : humidité au point de flétrissement

$$D_{nette} = 0,5 * 300 * 0,6 * 0,33 = 29,7 \text{ mm}$$

Chapitre III CALCUL LES PARAMETRES DU RESEAU DIRRIGATION

❖ Dose brute

$$D_{brutte} = \frac{D_{nette}}{\eta * Cu}$$

Tel que :

η : Rendement d'irrigation = 0,9

Cu : Coefficient d'uniformité d'arrosage

$$D_{brutte} = \frac{29,7}{0,9 * 0,9} = 36,33mm$$

❖ Fréquence des arrosages T :

$$T = \frac{La \text{ dose nette}}{\text{besoin en eau}}$$

$$T = \frac{29,7}{5,27} = 5,63$$

❖ Duré d'arrosage

$$Ta = \frac{D_{brutte} * S_r * S_a}{n * Qg}$$

Ou Qg :débit délivré par un goutteur.

$$Ta = \frac{36,33 * 6 * 6}{2 * 8} = 81,74h$$

$$= \frac{81,74}{5,63} = 14 \text{ h/j}$$

$$Q = \text{besoin en eau} * 10^{-3} * 10^4$$

$$Q_c = 5,63 * 10^{-3} * 10^4 = 56,35 \text{ l/s/ha}$$

3.2. L'orge

❖ Dose nette :

$$D_{nette} = \frac{1}{2} Z * (H_{CC} - H_{PF}) * P \quad \text{D nette : dose net.}$$

Chapitre III CALCUL LES PARAMETRES DU RESEAU DIRRIGATION

Z : profondeur d'enracinement égale à 1000 mm (cas de la pastèque).

H_{cc} : humidité à la capacité au champ.

H_{pf} : humidité au point de flétrissement

$$D_{nette} = 0,5 * 1000 * 0,6 * 0,33 = 99 \text{ mm}$$

❖ Dose brute

$$D_{brutte} = \frac{D_{nette}}{\eta * C_u}$$

Tel que :

η : Rendement d'irrigation = 0,9

C_u : Coefficient d'uniformité d'arrosage

$$D_{brutte} = \frac{99}{0,9 * 0,9} = 122,22 \text{ mm}$$

Fréquence des arrosages T :

$$T = \frac{\text{La dose nette}}{\text{besoin en eau}}$$

$$T = \frac{99}{4,43} = 22$$

❖ Duré d'arrosage

$$T_a = \frac{D_{brutte} * S_r * S_a}{n * Q_g}$$

Ou Q_g : débit délivré par un goutteur.

$$T_a = \frac{122,22 * 6 * 6}{2 * 8} = 274,99 \text{ h}$$

$$= \frac{274,99}{22} = 12 \text{ h/j}$$

$Q = \text{besoin en eau} * 10^{-3} * 10^4$

$$Q_c = 4,43 * 10^{-3} * 10^4 = 44,3 \text{ l/s/ha}$$

3.3. Agrumes

❖ Dose nette :

$$D_{nette} = \frac{1}{2} Z * (H_{CC} - H_{PF}) * P \quad P=0,33$$

D_{nette} : dose net.

Z : profondeur d'enracinement égale à 1500 mm (cas de la pastèque).

H_{CC} : humidité à la capacité au champ.

H_{pf} : humidité au point de flétrissement

$$D_{nette} = 0,5 * 1500 * 0,6 * 0,33 = 98,01 \text{ mm}$$

❖ Dose brute

$$D_{brute} = \frac{D_{nette}}{\eta * Cu}$$

Tel que :

η : Rendement d'irrigation = 0,9

Cu : Coefficient d'uniformité d'arrosage

$$D_{brute} = \frac{98,01}{0,9 * 0,9} = 121 \text{ mm}$$

Fréquence des arrosages T :

$$T = \frac{\text{La dose nette}}{\text{besoin en eau}}$$

$$T = \frac{98,01}{4,36} = 22,47 = 22$$

Duré d'arrosage

$$Ta = \frac{D_{brute} * S_r * S_a}{n * Qg}$$

Ou Qg : débit délivré par un goutteur.

Chapitre III CALCUL LES PARAMETRES DU RESEAU DIRRIGATION

$$Ta = \frac{121 * 6 * 6}{2 * 8} = 272,25h$$

$$= \frac{272,25}{22} = 12 \text{ h/j}$$

$$Q = \text{besoin en eau} * 10^{-3} * 10^4$$

$$Q_c = 4,36 * 10^{-3} * 10^4 = 43,6 \text{ l/s/ha}$$

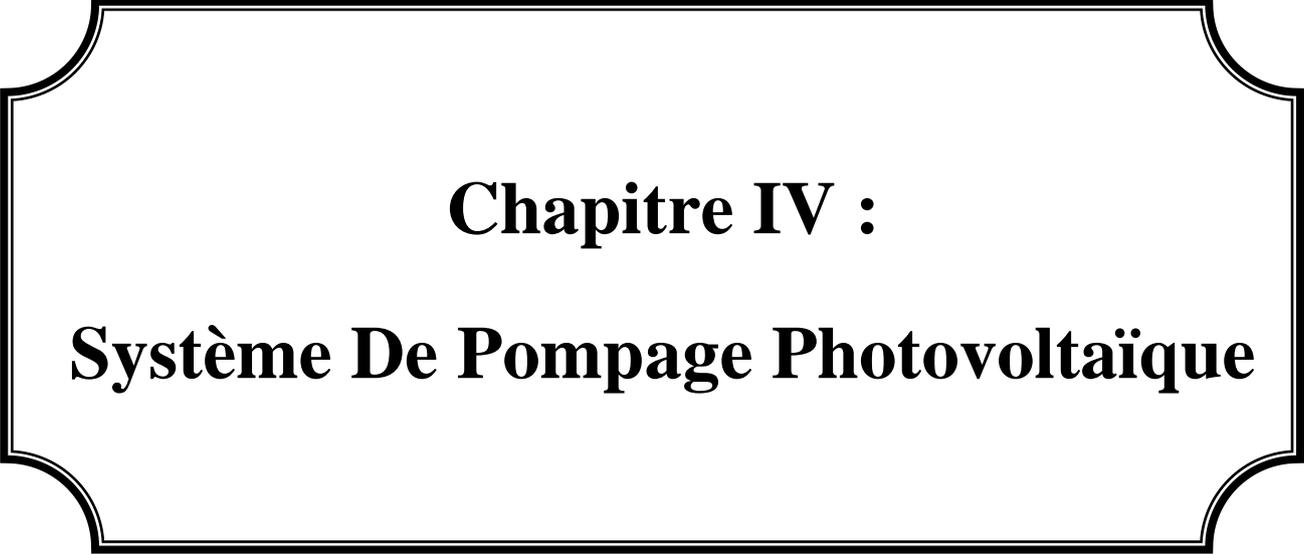
Tableau III.2 : les valeurs des atmosphère

ETo Penman-Monteith par mois - C:\ProgramData\CROPWAT\data\climate\noumerat.PEM						
Pays		Algérie		Station		
Altitude		469 m.		Latitude		32,00 °S
				Longitude		3,00 °O
Mois	Temp Moy	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ETo
	°C	%	km/jour	%	MJ/m ² /jour	mm/jour
Janvier	10,0	55	337	64	24,6	3,95
Février	13,4	47	346	74	24,4	4,71
Mars	15,6	41	372	85	22,5	5,11
Avril	19,5	36	406	100	19,6	5,67
Mai	24,5	31	397	100	15,2	6,13
Juin	30,0	27	354	100	13,1	6,53
Juillet	32,7	24	320	100	14,1	6,93
Août	32,5	25	302	100	17,7	7,49
Septembre	28,0	36	311	89	21,2	7,26
Octobre	21,6	45	268	78	23,9	6,03
Novembre	15,4	54	285	64	24,0	4,83
Décembre	11,6	58	328	60	24,3	4,15
Moyenne	21,2	40	336	85	20,4	5,73

4. CONCLUSION

Le réseau d'irrigation est sous dimensionnée dans la plus part de ces tronçon.

D'après l'amélioration proposée, le réseau répond visiblement à l'exigence.



Chapitre IV :
Systeme De Pompage Photovoltaïque

Introduction :

Depuis la découverte du système Photovoltaïque, La récupération de l'énergie solaire est devenue l'une des applications les plus prometteuses : dans les pays développés où l'utilisation du Système Photovoltaïque est pour l'instant le plus courant, il sert habituellement de complément d'énergie électrique à usage domestique en milieu urbain, et les panneaux solaires. Tenu Compte l'importance de l'ensoleillement, les systèmes de pompage d'eau par énergie solaire photovoltaïque (PV) incluant des groupes motopompes peuvent substituer partiellement ou en totalité (en fonction des besoins et de la caractéristique de la source d'eau) les systèmes de pompage alimenté par les groupes électrogènes de faibles puissance

1. Gisement solaire :

Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Il est utilisé pour déterminer l'énergie reçue par d'un système énergétique solaire et aide au dimensionnement le plus exact possible compte tenu des demandes à satisfaire. [15]

La connaissance du gisement solaire d'une région est plus ou moins précise :

- Selon la densité des stations pour lesquelles on a des données.
- Selon le nombre d'années de mesures disponibles.
- Selon le pas de temps des données (mois, jour, heure).

Selon la nature des données : durée d'ensoleillement, composante directe et diffuse et globale du rayonnement solaire, albédo du sol etcLe gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Il est utilisé pour déterminer l'énergie reçue par d'un système énergétique solaire et aide au dimensionnement le plus exact possible compte tenu des demandes à satisfaire. [15]

La connaissance du gisement solaire d'une région est plus ou moins précise :

- Selon la densité des stations pour lesquelles on a des données.
- Selon le nombre d'années de mesures disponibles.
- Selon le pas de temps des données (mois, jour, heure).

Selon la nature des données : durée d'ensoleillement, composante directe et diffuse et globale du rayonnement solaire, albédo du sol etc.

L'utilisation du photovoltaïque comme source d'énergie pour le pompage d'eau est considérée comme l'un des domaines les plus prometteurs pour l'application de l'énergie solaire. Les systèmes photovoltaïques de pompage d'eau exigent seulement qu'il y ait suffisamment de soleil.

Les systèmes de pompage photovoltaïque autonomes sont particulièrement appropriés à l'approvisionnement en eau dans des régions isolées où l'électricité n'est pas disponible.

1.1 Rayonnement solaire extraterrestre

Pour comprendre le comportement du rayonnement du soleil, les caractéristiques du corps noir devrait être vues brièvement. Le " corps noir " est à la fois un absorbeur et un émetteur de rayonnement électromagnétique avec 100 % d'efficacité à toutes les longueurs d'ondes. La distribution théorique des longueurs d'onde du rayonnement du corps noir est mathématiquement décrite par l'équation de Planck comme suite : [15]

$$E_{\lambda} = \frac{A\lambda^{-5}}{\exp\left(\frac{\beta}{\lambda T}\right) - 1}$$

Avec

$$A = 3.74 * 10^{-16} \text{ W/m.}$$

$$\beta : 14.39 * 10^{-3} \text{ m.k.}$$

λ : Longueur d'onde en mètre .

T : Température absolue en °K.

L'ensoleillement, qui représente le flux d'énergie émis par unité de temps et par unité de surface du soleil, exprimée en W/m² est donné par la loi de Stefan-Boltzmann [16] :

$$E_s = \delta T^4$$

Où $\delta = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ est la constante de Stefan-Boltzmann ; T est la température absolue du corps noir.

L'ensoleillement reçu en dehors de l'atmosphère terrestre, nommée la constante solaire, peut être approximativement dérivée selon l'expression (1.3), si on suppose que le soleil est un corps noir [15] :

$$E_s A_s = E_0 A_0$$

Es: Eclairage de la surface du soleil ;

E_0 Eclairage en dehors de l'atmosphère terrestre, appelé constante solaire ;

A_s : Surface du soleil ;

A_{OT} : Surface de la sphère dont le rayon est l'orbite de la terre/soleil ; La figure (1.1) montre la géométrie schématique des rapports terre-soleil. En substituant ES par l'équation (1.2) et T par 5762°K , on obtient : $E_0=1360 \text{ W/m}^2$ Puisque l'orbite de la terre ROT n'est pas entièrement constant, E_0 change légèrement tout au long de l'année, on peut déduire que $1300 \text{ W/m}^2 < E_0 < 1390 \text{ W/m}^2$. Les mesures, par satellite,

1.2. Durée d'insolation :

La durée d'insolation correspond au nombre d'heures dans la journée, entre le lever et le coucher du soleil, où celui-ci est bien visible. Le relevé est fait au moyen de l'héliographe de Campbell– Stokes dans lequel une sphère de cristal concentre les rayons du soleil sur un papier qu'il brûle en se déplaçant. Ainsi, seuls les moments où le soleil est bien visible sont enregistrées ; on parle alors de durée d'insolation réelle ou effective et dépend du fait que le soleil levé soit visible du point d'observation ou caché par les nuages. Au défaut de l'héliographe, il est possible à partir du calcul du mouvement astronomique relatif du soleil et de la terre d'évaluer la durée théorique du jour ; c'est-à-dire, celle qu'il y aurait si les nuages ne cachaient pas le soleil. Cette durée est calculée en fonction de la

2. Énergie solaire photovoltaïque :

L'énergie émise par le soleil, parvient à la terre sous forme de rayonnement électromagnétique.

Le soleil est l'origine de la plupart des sources d'énergie. A l'origine du cycle du vent et de l'eau, transformé en énergie par les plantes grâce à la photosynthèse dont nous disposons sans son énergie, aucune vie sur terre ne serait possible, pour cela il y a une distinction entre

2.1. La cellule photovoltaïque :

Les cellules photovoltaïques sont des composants optoélectroniques qui transforment directement la lumière solaire en électricité par un processus appelé « effet photovoltaïque », a été découverte par E. Becquerel en 1839 [17].

Elles sont réalisées à l'aide de matériaux semi-conducteurs, c'est à dire ayant des propriétés intermédiaires entre les conducteurs et les isolants. La structure la plus simple d'une cellule photovoltaïque comporte une jonction entre deux zones dopées différemment du même matériau (homojonction) ou entre deux matériaux différents (hétérojonction).

Le but de la structure photovoltaïque, c'est de créer un champ électrique interne. Dans la figure (I-3) un échantillon schématique d'une configuration de la cellule solaire, Elle se compose d'un abri du verre (g), un encapsulant (e), et un métal en arrière contact (m) afin de réduire les pertes par réflexion du rayonnement incident [18].

La jonction p-n de ces deux matériaux fonctionne comme une diode. Lorsque cette diode est exposée à des photons dont l'énergie ($h\nu$) est supérieure à celle de l'énergie du matériau, a appelée l'énergie de bande gap (E_g), le nombre d'électrons libres du semi-conducteur de type-p et celui de trous du semi-conducteur de type-n augmente considérablement.

Si les photons incidents ont une énergie inférieure à E_g , ils ne seront pas absorbés c'est-à-dire leurs énergies ne contribuent pas à la conversion photovoltaïque.

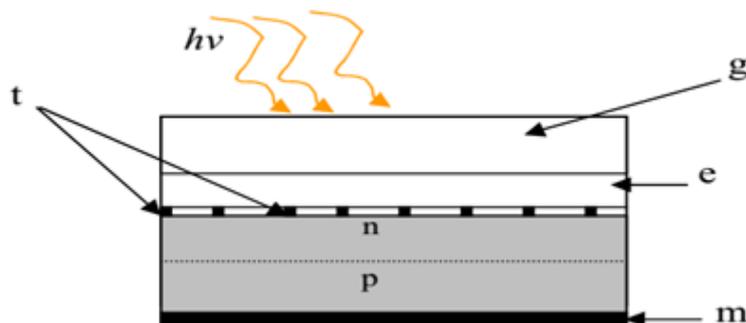


Fig 3 : présentation schématique d'une cellule solaire.

Dans une cellule PV, une large fraction de ces électrons et trous atteignent la jonction p n, et un champ électrique est créé. En conséquence, un courant électrique peut être établi en connectant les matériaux de type-n et type-p à un circuit extérieur.

La direction de ce courant est l'opposé de celle de la cellule lorsqu'elle fonctionne en tant que diode, autrement dit, quand la diode est illuminée, un courant positif I traverse de n vers p. La puissance électrique produite par une cellule industrialisée est très faible typiquement de 1 à 3W avec une tension de moins d'un volt

Le rendement de conversion des cellules commercialisées atteint actuellement 15 à 19 % pour le silicium monocristallin, 12 à 16 % pour le silicium poly cristallin, 7 à 9% pour le silicium amorphe. Pour élever la tension, les cellules sont commercialisées sous forme des modules photovoltaïques

2.2. Le module photovoltaïque :

Pour produire plus de puissance, les cellules solaires sont assemblées pour former un module figure (I-4-a). Les connections en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la tension.

Ces cellules sont protégées de l'humidité par encapsulation dans un polymère EVA (éthylène-vinyl- acétate) figure (I-4-b) et protégé sur la surface avant d'un verre, trempé à haute transmission et de bonne résistance mécanique, et sur la surface arrière d'une ou de polyéthylène [5].

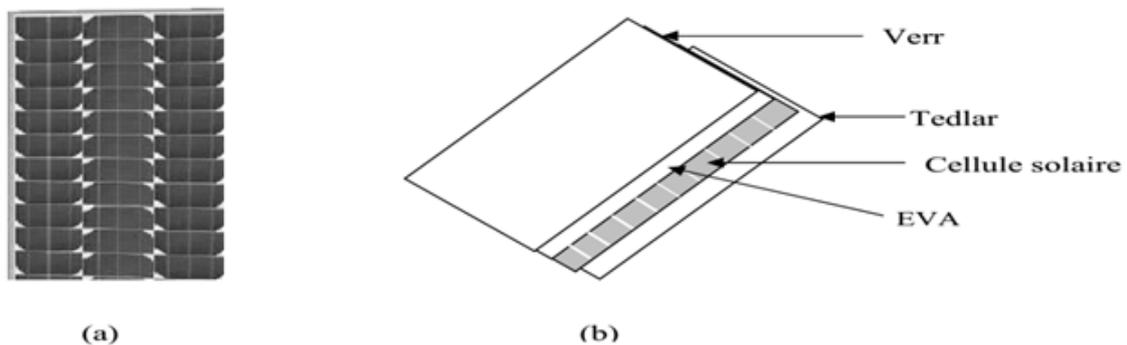


Fig 4 : module photovoltaïque.

Les modules sont généralement entourés d'un cadre rigide en aluminium anodisé comprenant des trous de fixation. Les modules photovoltaïques assurent les fonctions suivantes : - Protection des cellules contre les agents atmosphériques - Protection mécanique et support. - Connexion électrique entre cellules et avec l'extérieur.

Les modules en silicium mono cristallin (c-Si, 64% de marché), poly cristallin ou multi cristallin (xc-Si, 28% du marché) ou silicium amorphe (a-Si, 13% du marché), délivrent des tensions normalisées (12, 24,48) et des puissances entre 10 et 100 Wc (watt- crête : puissance obtenue pour (l'ensoleillement maximal) [19].

La plupart des modules commercialisés sont composés de 36 cellules en silicium cristallin, le courant de sortie, et la puissance seront proportionnels à la surface du module. Ils ont une efficacité de conversion (énergie électrique produite/énergie solaire incidente) de l'ordre de 10 à 20% [20].

2.3. Caractéristiques d'un module [16] :

La puissance de crête, P_c : Puissance électrique maximum que peut fournir le module dans les conditions standards (25°C et un éclairement de 1000 W/m²).

La caractéristique I/V : Courbe représentant le courant I débité par le module en fonction de la tension aux bornes de celui-ci.

Tension à vide, V_{c0} : Tension aux bornes du module en l'absence de tout courant, pour un éclairement " plein soleil ".

Courant de court-circuit, I_{cc} : Courant débité par un module en court-circuit pour un éclairement " plein soleil ".

Point de fonctionnement optimum, (U_m, I_m) : Lorsque la puissance de crête est maximum en plein soleil, $P_m = U_m * I_m$

Rendement : Rapport de la puissance électrique optimale à la puissance de radiation incidente.

Facteur de forme : Rapport entre la puissance optimale P_m et la puissance maximale que peut avoir la cellule : $V_{c0} * I_{cc}$.

2.4. Le panneau solaire :

Le panneau solaire ou (champ solaire) se compose de modules photovoltaïques interconnectés en série et/ou en parallèle afin de produire la puissance requise.

Ces modules sont montés sur une armature métallique qui permet de supporter le champ solaire avec un angle d'inclinaison spécifique.



Fig 5 : panneau de solaire.

Pour chaque panneau on peut avoir autant de sorties que de modules, ce que fait qu'on aura besoin de boîte de dérivation qui regroupe le tous, comme l'illustre la figure (I-7), Alors cette boîte de dérivation fixée sur une structure du montage a comme rôle d'effectuer les connections entre les modules pour obtenir une puissance optimale en sortie.

2.5. La boîte de dérivation :

est composée également d'un circuit imprimé sur le quel se trouvent :

- Des diodes schotcky séries, placée sur un radiateur, sur chaque entrée, qui empêchent aux batteries de se décharger dans les panneaux.
- Des fusibles de protections qui empêcheront aux batteries de se décharger dans les modules en cas de destruction des diodes antiparallèles.
- Des diodes lumineuses, en parallèle sur chaque fusible de protection. Ces diodes permettant de contrôler individuellement chaque branche de modules. Par exemple une boîte à 4 entrées de 24 Volts sera constituée de deux branches de deux modules, il y aura donc deux diodes qui permettront de constater le fonctionnement de chaque branche.
- Une protection parafoudre (Transil ou VDR) en sortie de la boîte.

Le câblage de ces boîtes permet d'avoir une sortie en 12,24 ou 48 volts selon les modules, elles sont équipées de deux à douze entrées, selon les tensions de sortie. La quantité d'électricité dans l'ensemble des composants des panneaux PV dépend :

- des besoins en électricité.

- la taille du panneau.
- L'ensoleillement du lieu d'utilisation.
- La saison d'utilisation.

3. Générateur photovoltaïque

L'interconnexion des modules entre eux, en série ou en parallèle, pour obtenir une

Puissance plus grande, définit la notion de générateur photovoltaïque. Le générateur photovoltaïque se compose de plusieurs modules et d'un ensemble de composants qui adapte l'électricité produite par les modules aux spécifications des récepteurs

4. Description du système de pompage photovoltaïque :

4.1. Convertisseurs statiques CC/CC (Hacheur)

L'impédance d'entrée d'un convertisseur statique du type CC/CC doit être adaptée afin de forcer le générateur photovoltaïque à travailler au point de puissance maximale. Ce convertisseur peut fournir une tension continue variable à partir d'une tension continue fixe.

En fonction des caractéristiques de la charge, la tension de sortie (VS) peut être supérieure ou inférieure à la tension d'alimentation (VO).

Les convertisseurs statiques du type CC/CC se divisent généralement en trois catégories : abaisseur de tension (hacheur dévolteur), élévateur de tension (hacheur survolteur) et abaisseur-élévateur de tension (hacheur dévolteur-survolteur).

4.2. La pompe :

Une pompe photovoltaïque se présente fondamentalement de deux façons selon qu'elle fonctionne avec ou sans batterie. Alors que cette première utilise une batterie pour stocker l'électricité produite par les modules, la pompe sans batterie, plus communément appelée « pompe au fil du soleil », utilise un réservoir pour stocker l'eau jusqu'au moment de son utilisation.

La pompe avec batterie permet de s'affranchir des aléas du soleil et des problèmes d'adaptation entre générateur photovoltaïque et motopompe. Le débit de pompage peut se faire à la demande, lorsque les utilisateurs en ont besoin, ou permettre un pompage régulier durant toute la journée.

Dans ce dernier cas, l'utilisation d'un réservoir de stockage pour l'eau sera nécessaire afin de pouvoir fournir à la demande d'eau. Toutefois, l'utilisation de batteries comporte davantage de composants qui influent sur la fiabilité et le coût global du système. Les batteries sont fragiles et sont souvent les premiers éléments qui auront besoin d'être changés. Elles nécessitent en outre un entretien constant et un contrôle rigoureux de leur charge et décharge. Les contrôleurs utilisés pour régulariser la charge et la décharge des batteries vieillissent rapidement et peuvent s'avérer non fiables.

Les batteries introduisent également un certain degré de perte de rendement d'environ 20% à 30 % de la production d'énergie. Le pompage au fil du soleil permet d'avoir un système photovoltaïque plus simple, plus fiable et moins coûteux qu'un système avec batterie. Le stockage se fait de manière hydraulique, l'eau étant pompée, lorsqu'il y a suffisamment d'ensoleillement, dans un réservoir au-dessus du sol. Elle est ensuite distribuée par gravité au besoin. Le réservoir peut

souvent être construit localement et ne requiert pas un entretien complexe et la capacité de stockage peut varier d'un à plusieurs jours..

5. Pompage au fil du soleil :

Le pompage « au fil du soleil », (voir figure 4.1); permet d'avoir un système photovoltaïque simple, fiable et moins coûteux. Ici l'eau est pompée et stockée dans un réservoir, au fil de la journée. On parle alors d'un stockage hydraulique.

L'eau stockée sera distribuée au besoin.

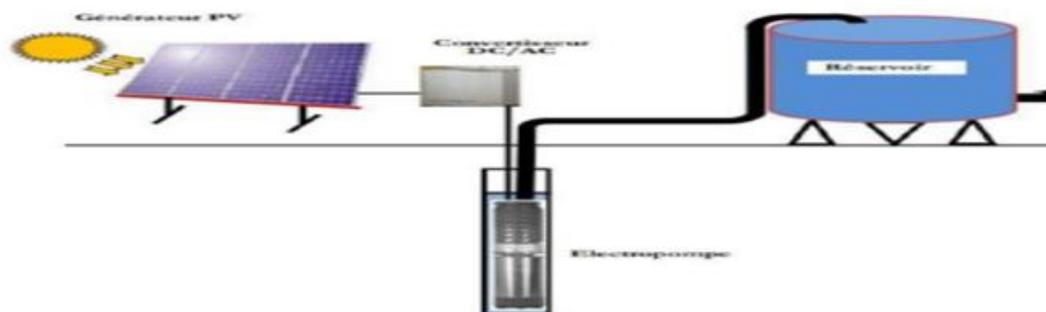


Fig 6 : pompage photovoltaïque au fil du soleil.

6. pompage photovoltaïque avec batterie

Ici c'est l'énergie électrique qui sera stockée dans des batteries (voir figure 4.2); le pompage sera possible même en absence du soleil. Un tel système est plus coûteux que le précédent, vu la nécessité de changer les batteries, car elles ont une courte durée de vie.

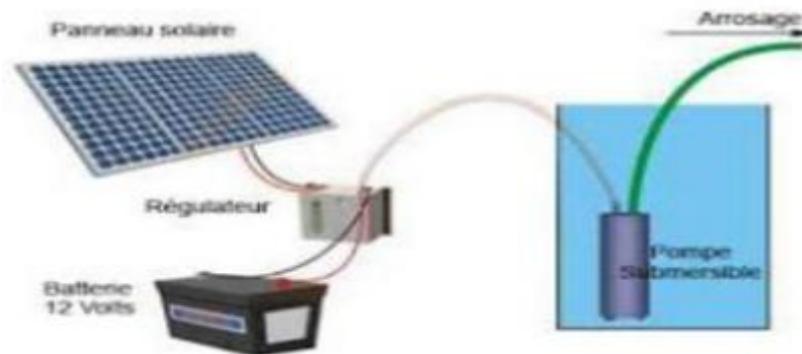


Fig 7 : pompage photovoltaïque avec stockage d'énergie.

6.1. Les types de pompes :

Les pompes à eau sont habituellement classées selon leur principe de fonctionnement, soit de type volumétrique ou centrifuge. On distingue également deux autres types de pompes en fonction de l'emplacement physique de la pompe par rapport à l'eau pompée : la pompe à aspiration et la pompe à refoulement.

La hauteur d'aspiration de n'importe quelle pompe est limitée à une valeur théorique de 10 mètres et dans la pratique à 6 ou 7 mètres. Les pompes à aspiration sont donc toujours installées à une hauteur inférieure à celle-ci.

Ces pompes doivent également être amorcées, c'est-à-dire que la section en amont de la pompe doit être remplie d'eau pour amorcer l'aspiration d'eau. Les pompes à refoulement sont immergées dans l'eau et ont, soit leur moteur immergé avec la pompe (pompe monobloc), soit le moteur en surface ; la transmission de puissance se fait alors par un long arbre reliant la pompe au moteur. Dans les deux cas, une conduite de refoulement après la pompe permet des élévations de plusieurs dizaines de mètres, selon la puissance du moteur.

6.2. La pompe volumétrique :

Les pompes volumétriques fonctionnent en deux temps : remplissage puis vidange d'un volume de liquide, d'où leur appellation. Elles permettent des pressions importantes pour des débits relativement faibles et nécessitent un moteur qui a un couple de démarrage important.

Une pompe volumétrique permet en général d'aspirer l'air contenu dans la tuyauterie, on dit alors qu'elle est auto-amorçante. La multitude des différents modes de fonctionnement les classe en deux catégories : les pompes alternatives et les pompes rotatives.

La plus connue des pompes alternatives est la pompe à piston (voir figure 4.3). Elle comporte une soupape d'admission et une soupape d'échappement, le pompage se fait en deux temps : aspiration puis refoulement, et le débit n'est pas régulier. Dans les pompes rotatives, le débit est régulier (pompes à engrenages, à lobes, à palettes). Cette deuxième catégorie de pompe a aussi l'avantage de ne comporter, en général, ni soupape ni clapet. Le débit d'eau d'une pompe volumétrique est proportionnel à la vitesse du moteur.

Mais son couple varie essentiellement en fonction de la hauteur manométrique totale (HMT) et est pratiquement constant en fonction de la vitesse de rotation du moteur. Le couple de démarrage est donc pratiquement indépendant du débit et sera proportionnel à la HMT.

La puissance consommée sera proportionnelle à la vitesse. C'est pourquoi ces pompes sont habituellement utilisées pour les puits et les forages à grandes profondeurs et à petits débits d'eau on les utilise parfois comme pompes de surface lorsque le couple est lent et irrégulier et que le débit demandé est faible.

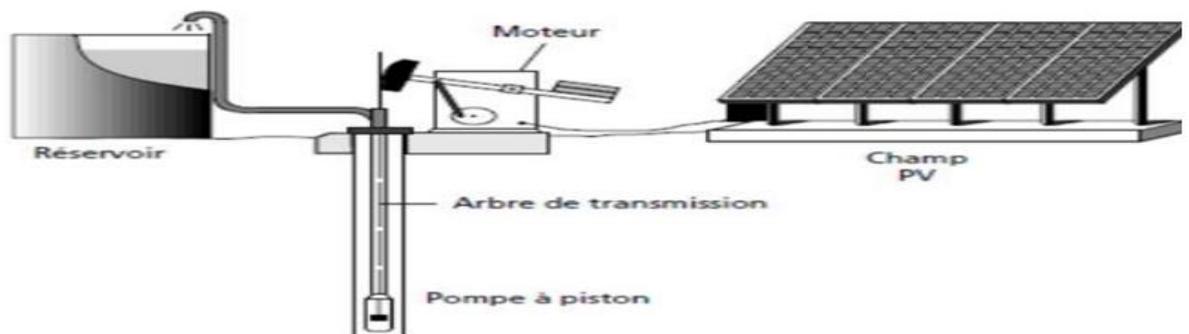


Fig 8 : schéma d'une pompe à piston (Jack pump)

6.3. La pompe centrifuge :

Les pompes centrifuges ont beaucoup d'avantages par rapport aux précédentes. Leur construction est également plus simple : deux parties principales, pas de clapet. Dans ces pompes, l'énergie mécanique est tout d'abord transformée en énergie cinétique, le liquide est mis en vitesse dans un impulseur (roue et aube).

L'énergie cinétique est ensuite transformée en énergie potentielle (de pression) par ralentissement de la vitesse du liquide dans une volute (voir figure 4.4).

La pression que peut donner une pompe centrifuge est liée à la vitesse de rotation de son axe et au diamètre de son impulseur. Autrement dit : la pompe centrifuge transmet l'énergie cinétique du moteur au fluide par un mouvement de rotation de roues à aubes ou d'ailettes. L'eau entre au centre de la pompe et est poussée vers l'extérieur et vers le haut grâce à la force centrifuge des aubages. Ces pompes incluent les pompes submersibles avec moteur de surface ou submergé, les pompes flottantes et les pompes rotatives à aspiration.

Les caractéristiques des pompes centrifuges sont très différentes des précédentes : le couple de démarrage est faible, principalement lié à l'inertie des éléments mobiles, la pompe offre, pour une vitesse donnée, différentes possibilités de débit et de pression.

Une pompe centrifuge est mal adaptée pour des faibles débits et de grandes hauteurs contrairement à sa cousine volumétrique. Enfin, la pompe centrifuge ne peut pas aspirer l'air et donc elle n'est pas auto-amorçante.

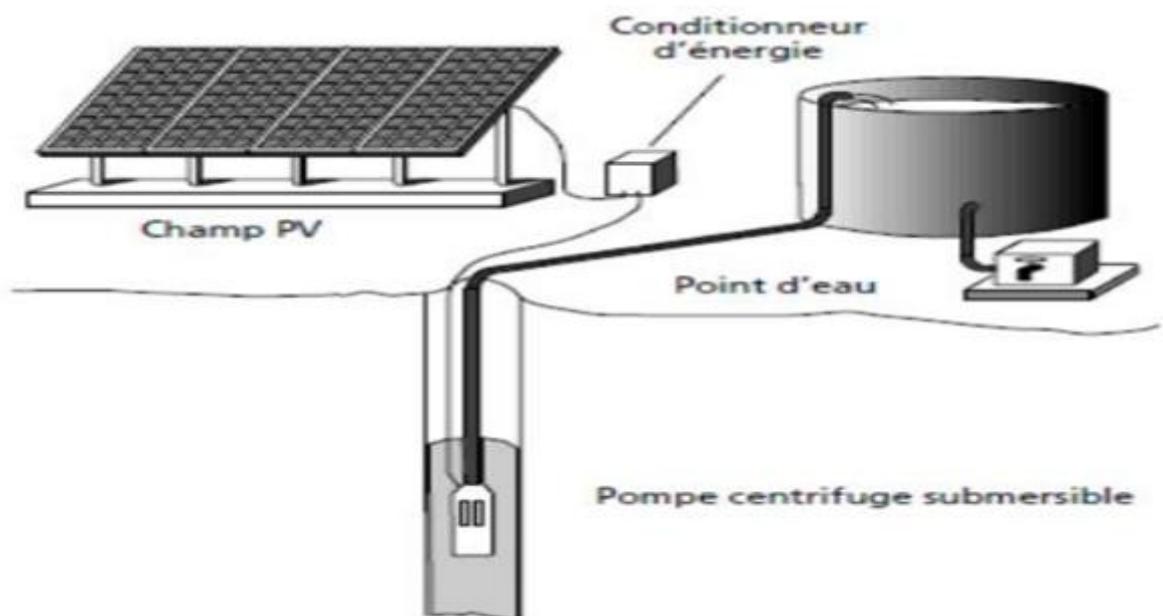


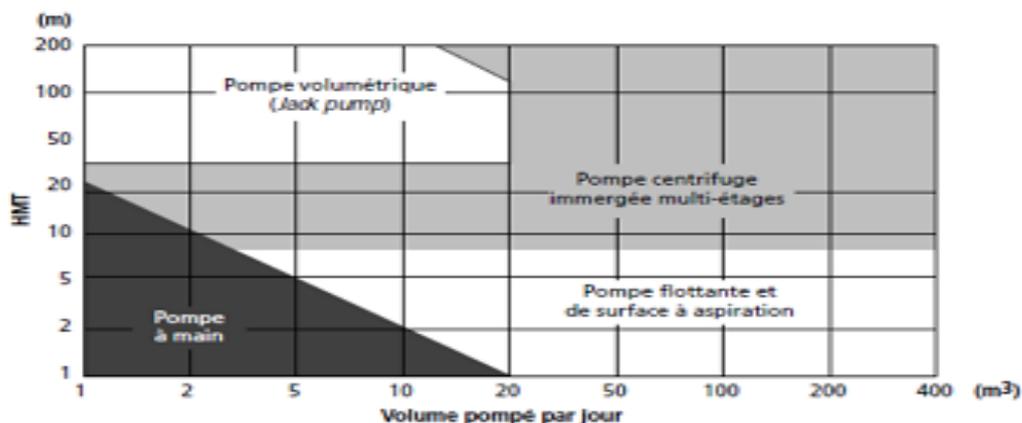
Fig 9 : schéma d'une pompe submersible centrifuge.

6.4. Choix d'une pompe

Pour de petites HMT et de faibles débits journaliers, les pompes à main peuvent s'avérer plus intéressantes. On utilisera alors un seau pour pomper l'eau.

L'utilisation de pompes mécaniques sur cette plage d'utilisation se limitera principalement aux pompes volumétriques de faible puissance. Pour les hauteurs de moins de 7 mètres, l'emploi de pompes à aspiration sera préféré. Cette pompe est généralement de type centrifuge à ailettes. Pour de faibles débits et une puissance disponible variable, l'emploi d'une pompe à cavité (volumétrique) permet un débit plus constant. Pour une HMT moyenne, comprise entre 10 et 50 mètres, la pompe immergée centrifuge est généralement la plus efficace, mais son rendement est très étroitement lié à la HMT et son dimensionnement est critique.

Pour les HMT supérieures à 35 mètres et de faibles débits journaliers ($<20 \text{ m}^3$), la pompe volumétrique sera la plus utilisée, surtout si une forte variation du rabattement de la nappe (donc de la HMT) est constatée. Pour des débits plus élevés, l'emploi d'une pompe centrifuge est souvent le seul choix possible (voir figure 4.5).



Le choix d'une pompe se portera également sur sa capacité à répondre aux conditions variables du site. Nous avons vu que le débit d'une pompe volumétrique est moins affecté par la variation de la HMT alors que la pompe centrifuge verra son débit diminuer rapidement à mesure que la HMT augmente.

La hauteur de refoulement d'une pompe centrifuge est fonction du carré de la vitesse du moteur. À mesure que la HMT augmente, le rendement de la pompe diminue très rapidement ; le moteur devrait tourner beaucoup plus rapidement pour fournir un même débit (voir figure 4.6).

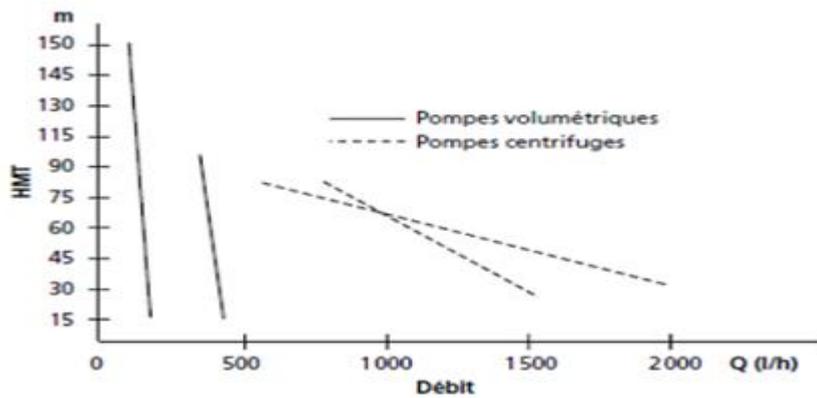


Fig 10 : Exemples de courbes débit – HMT pour quelques pompes

6.5. Moteur à courant continu :

L'énergie électrique appliquée à un moteur est transformée en énergie mécanique en variant le sens du courant circulant dans un induit (habituellement le rotor) soumis à un champ magnétique produit par un inducteur (habituellement le stator). La commutation du courant dans le rotor d'un moteur à courant continu est effectuée à l'aide de balais composés de charbon et de graphite ou par commutation électronique.

Les moteurs à balais sont les plus communs, mais leurs balais doivent être changés périodiquement. Ceci est particulièrement problématique dans le cas des pompes à moteur immergé où la pompe doit être retirée du forage pour changer les balais. De plus, l'isolation du moteur ne doit pas être compromise afin de ne pas la fragiliser aux infiltrations d'eau, ce qui n'est pas évident sur le site. Certains fabricants offrent des moteurs à balais de longue durée, réduisant cet entretien à toutes les 5 000 heures de fonctionnement.

Les moteurs à commutation électronique (sans balais) utilisent un circuit électronique pour inverser le courant circulant dans le rotor, ces moteurs ne requièrent pas autant de maintenance, mais le circuit électronique peut être une cause de problèmes et doit être conçu pour un environnement difficile. Le champ magnétique de l'inducteur dans un moteur à courant continu est produit soit par un bobinage électromagnétique, soit par des aimants permanents. Dans le cas d'inducteur à bobinage, les moteurs peuvent être de type série, de type parallèle ou de type à excitation composée selon la manière dont l'induit et l'inducteur sont alimentés. Parmi les moteurs à courant continu, seuls les moteurs à aimants permanents et les moteurs série sont utilisés pour des applications de pompage solaire.

Eux seuls arrivent à avoir un couple de démarrage suffisant pour vaincre la résistance de démarrage d'une pompe et bien répondre à un courant variable. De par sa fabrication, le rendement moyen d'un moteur à courant continu série est élevé, de l'ordre de 80% à 85%, et ce sur une plage de fonctionnement importante.

6.6. Moteur à courant alternatif :

L'utilisation du moteur à courant alternatif pour les applications de pompage photovoltaïques est de plus en plus croissante puisque le coût peu élevé du moteur, son faible besoin de maintenance et l'efficacité accrue des onduleurs solaires le rendent particulièrement attrayant pour ce type de système. De dimension compacte, il est utilisé particulièrement pour le pompage immergé dans les forages et les puits ouverts. De plus, l'utilisation d'onduleurs efficaces permet un contrôle de la vitesse du moteur et ce dernier point est recommandé pour des applications de pompage solaire.

Le moteur alternatif pour le pompage solaire est habituellement de type asynchrone, triphasé et à rotor en court-circuit. Le rendement moyen d'un moteur asynchrone est de 85%. À ceci il faut ajouter le rendement de l'onduleur qui est de 90% - 95% sur une plage de fonctionnement importante. Le rendement moyen du moteur/onduleur sera donc de 80% sur une plage de fonctionnement relativement importante. De plus, ces onduleurs sont équipés pour suivre le point de puissance maximale du champ photovoltaïque.

6.7. Eléments d'un système de pompage photovoltaïque :

Le pompage solaire photovoltaïque au fil du soleil représente la solution idéale pour l'approvisionnement en eau partout où le réseau électrique est absent.

Ce type de système est très simple car il est composé d'un couplage direct entre le générateur photovoltaïque et la pompe et il est destiné pour une durée de pompage tout au long de la journée.

Dans ce cas, le stockage d'énergie peut se faire de deux façons : stockage d'énergie électrique ou stockage d'eau. Cette dernière solution est souvent adoptée car il est plus pratique de stocker l'eau dans des réservoirs que l'énergie électrique dans des accumulateurs lourds, coûteux, fragiles, et nécessitant un entretien.

La simplicité d'un système de pompage photovoltaïque au fil du soleil se heurte au problème d'adaptation de charge puisque le couplage direct ne permet pas au générateur de délivrer sa puissance maximale durant une journée complète. Il est donc nécessaire de faire fonctionner ces générateurs à leur puissance optimale car l'énergie fournie par le générateur photovoltaïque est une énergie chère malgré l'abaissement du coût du watt-crête.

L'approche du problème consiste à intercaler entre le générateur et le récepteur un convertisseur statique (hacheur ou onduleur) pour effectuer le transfert optimal de puissance.

Par conséquent, le système de pompage solaire sera généralement composé d'un générateur photovoltaïque, d'un groupe moteur-pompe, d'un dispositif électronique de commande et de contrôle, et d'une partie de stockage.

La figure 4.7 montre le schéma simplifié d'un système de pompage utilisant le moteur à courant continu avec optimisation du générateur par un hacheur adaptateur de puissance commandé par son rapport cyclique. L'installation ainsi définie nécessite une électronique relativement simple.

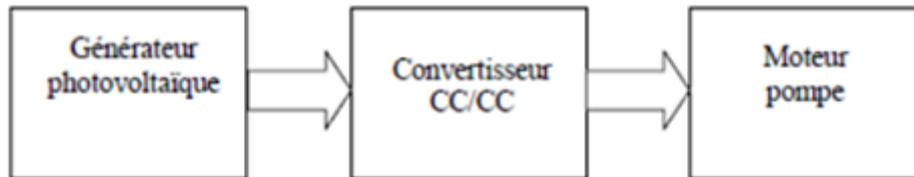


Fig 11 : système de pompage utilisant le moteur à courant continu.

De ce fait l'utilisation d'un moteur asynchrone (à courant alternatif triphasé) plus robuste moins cher et sans entretien devient une solution plus économique et plus pratique même au prix d'un circuit électronique de commande plus complexe.

L'utilisation d'un moteur asynchrone augmente ainsi l'autonomie et la fiabilité de l'installation. Le moteur est alimenté par un onduleur (convertisseur DC/AC) qui assure l'optimisation du générateur (voir figure 4.8).

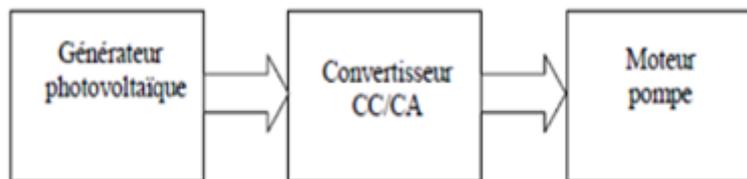


Fig 12 : Système de pompage utilisant le moteur à courant alternatif.

6.8. Couplage générateur PV – groupe de pompage :

Il est souvent plus économique de construire un réservoir pour stocker l'eau plutôt que de stocker l'électricité dans les batteries. Le moteur d'une pompe solaire fonctionne habituellement au fil du soleil, c'est-à-dire qu'il sera couplé directement au générateur photovoltaïque, sans batterie. Dans ce cas, la puissance fournie par générateur photovoltaïque va dépendre de l'ensoleillement et de la température des cellules solaires.

Pour maximiser l'efficacité du dispositif de conversion d'énergie et ainsi permettre une utilisation optimale du générateur, il convient de se placer en permanence au plus près du point où la puissance en fonction de la tension du générateur présente un maximum.

Les différents types de moteurs et de pompes engendrent des caractéristiques de fonctionnement différentes et le choix d'un convertisseur statique dépendra étroitement de ces caractéristiques.

6.9. Points importants à considérer lors du choix d'une pompe solaire :

Les pompes solaires tirent habituellement l'eau d'un puits ou d'un forage avec un faible débit. Néanmoins, ce débit peut être plus important que la capacité de la nappe à se régénérer et le niveau d'eau dynamique de la nappe baissera.

L'orifice de la pompe doit être suffisamment immergé afin d'être toujours sous l'eau. Pour protéger la pompe, il faut mettre un interrupteur de niveau d'eau qui stoppera la pompe si elle est au-dessus du niveau d'eau.

- Le niveau d'eau peut aussi varier selon les saisons et les années. Le degré de variation est difficile à prédire et dépend de certaines caractéristiques aquifères et du rythme de pompage. Chaque puits ou forage doit être testé avant d'installer la pompe afin de déterminer son niveau de tirage.

- Afin d'augmenter le rendement de la pompe solaire fonctionnant au fil du soleil, il est possible d'ajouter un adaptateur d'impédance (maximum power point tracking). Cet adaptateur permettra à la pompe de fonctionner à son point de charge maximal en diminuant la tension et en augmentant l'intensité de sortie provenant du champ PV lors de faible ensoleillement.

- Le moteur d'une pompe solaire peut être un moteur à CC ou à CA. Les moteurs à CC se branchent directement sur le champ photovoltaïque et sont, en général, plus simples à utiliser que les moteurs à CA. Mais les pompes CC ont habituellement des balais de commutation qui doivent être changés périodiquement, ce qui n'est pas facile pour les pompes immergées.

Certains types de moteurs CC sont à commutation électronique et n'ont pas de balai. Les moteurs à CA requièrent l'emploi d'un onduleur pour leur fonctionnement photovoltaïque. Mais les moteurs CA ne requièrent pratiquement pas de maintenance et s'avèrent souvent plus efficaces que les moteurs CC.

6.10. Rendement d'un système de pompage photovoltaïque :

Le rendement d'un moteur CC série est de 80% à 85 % et celui d'un moteur AC asynchrone est de 80 %, sur une plage de fonctionnement importante.

Le rendement hydraulique des pompes solaires est de l'ordre de 45% à 60%, mais ce rendement décroît beaucoup hors du point de fonctionnement nominal et est particulièrement évident pour une pompe centrifuge.

Il est nécessaire de tenir compte de la variation de la HMT, donc de la désadaptation possible de la pompe, lors de la conception d'une installation.

Notamment, une mauvaise évaluation du calcul de la HMT lors de la conception pourrait entraîner le choix d'une pompe mal adaptée, celle-ci ne pouvant fonctionner au point de fonctionnement maximal. Le rendement global du système de pompage photovoltaïque est égal au produit des rendements de chaque composant : pompe, moteur, convertisseur statique et générateur photovoltaïque :

$$\eta_G = \eta_P * \eta_M * \eta_C * \eta_{PV}$$

η_P : est le rendement de la pompe, il est calculé comme suit :

$$\eta_p = \frac{P_p}{P_{mec}} = \frac{2.725 \times Q \times HMT}{P_{mec}}$$

P_p : la puissance hydraulique en W.

Q : le débit en m³/h.

HMT : la hauteur manométrique en m .

P_{mec} : la puissance mécanique .

η_M : est le rendement du moteur électrique, avec P_e représente la puissance électrique fournie au

moteur : $\eta_M = \frac{P_{mec}}{P_e}$

η_C : est le rendement du convertisseur statique est défini par l'équation ci-après avec P_{dc} représente la puissance fournie par le générateur photovoltaïque :

$$\eta_C = \frac{P_e}{P_{dc}}$$

η_{PV} : est le rendement du générateur photovoltaïque, avec A_c est la surface du générateur m² et G représente l'ensoleillement en W/m².

$$\eta_{PV} = \frac{P_{dc}}{A_c \times G}$$

7. Dimensionnement d'un système de pompage photovoltaïque

7.1. Données de base

Les données suivantes seront nécessaires pour dimensionner la pompe solaire et ses composants (voir figure 4.18). Cette partie donne une définition des données utilisées en pompage en général et explique les particularités du pompage photovoltaïque.

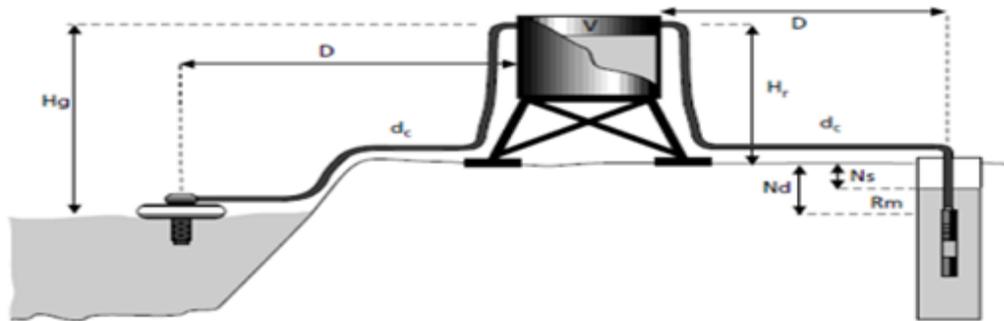


Fig 13 : données de base d'un système à pompage photovoltaïque

7.1.1. Débit Le débit (Q) est la quantité d'eau que la pompe peut fournir durant un intervalle de temps donné. En pompage, le débit est habituellement donné en litres par heure (l/h) ou gallons par heure (gph). En pompage solaire, le débit (ou le besoin en eau) est souvent exprimé en m^3 /jour.

7.1.2. Hauteur manométrique totale La hauteur manométrique totale (HMT) d'une pompe est la différence de pression en mètres de colonne d'eau entre les orifices d'aspiration et de refoulement. Cette hauteur peut être calculée comme suit :

$$HMT = H_g + P_c$$

H_g = hauteur géométrique entre la nappe d'eau pompée (niveau dynamique) et le plan d'utilisation ($H_r + N_d$). Pour une pompe de surface sur un plan d'eau, H_g sera choisi en fonction de la hauteur de la pompe à son niveau le plus bas.

P_c = pertes de charge produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites. Ces pertes sont fonction de la distance des conduites (D), de leur diamètre (d_c) et du débit de la pompe (Q) et s'expriment en mètres d'eau.

Le diamètre des conduites doit être calculé afin que ces pertes de charge correspondent au plus à 10 % de la hauteur géométrique totale.

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.

Niveau dynamique :

Le niveau dynamique (N_d) d'un puits ou d'un forage est la distance du sol à 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.

La différence entre le niveau dynamique et le niveau statique est appelée rabattement.

R_m est le rabattement maximal acceptable avant de stopper la pompe.

en général le rendement des groupes motopompes est de 30% à 45%, selon le type de pompe et de moteur.

La pompe :

Une pompe photovoltaïque se présente fondamentalement de deux façons selon qu'elle fonctionne avec ou sans batterie. Alors que cette première utilise une batterie pour stocker au fil du soleil, utilise un réservoir pour stocker l'eau jusqu'au moment de son utilisation. La pompe avec batterie permet de s'affranchir des aléas du soleil et des problèmes d'adaptation entre générateur photovoltaïque et motopompe. Le débit de pompage peut se faire à la demande, lorsque les utilisateurs en ont besoin, ou permettre un pompage régulier durant toute la journée. Dans ce dernier cas, l'utilisation d'un réservoir de stockage pour l'eau sera nécessaire afin de pouvoir fournir à la demande d'eau.

Toutefois, l'utilisation de batteries comporte davantage de composants qui influent sur la fiabilité et le coût global du système. Les batteries sont fragiles et sont souvent les premiers éléments qui auront besoin d'être changés. Elles nécessitent en outre un entretien constant et un contrôle rigoureux de leur charge et décharge. Les contrôleurs utilisés pour régulariser la charge et la décharge des batteries vieillissent rapidement et peuvent s'avérer non fiables. Les batteries introduisent également un certain degré de perte de rendement d'environ 20% à 30 % de la production d'énergie. Le pompage au fil du soleil permet d'avoir un système photovoltaïque plus simple, plus fiable et moins coûteux qu'un système avec batterie. Le stockage se fait de manière hydraulique, l'eau étant pompée, lorsqu'il y a suffisamment d'ensoleillement, dans un réservoir au-dessus du sol. Elle est ensuite distribuée par gravité au besoin. Le réservoir peut souvent être construit localement et ne requiert pas un entretien complexe et la capacité de stockage peut varier d'un à plusieurs jours.

.l'énergie solaire directe et indirecte. Les systèmes techniques employant l'énergie solaire directe convertissent le rayonnement solaire entrant directement en énergie utile, par exemple l'électricité ou

la chaleur ou la lumière (l'éclairage). Vent, eau de rivière e biomasse sont les formes indirectes d'énergie solaire. Ici, les processus normaux

convertissent énergie solaire dans d'autres types d'énergie. L'énergie solaire est produite et utilisée selon plusieurs procédés voire (Figure ci dessous): Soit le solaire thermique (passif ou actif), le solaire thermodynamique, le solaire photovoltaïque e2.

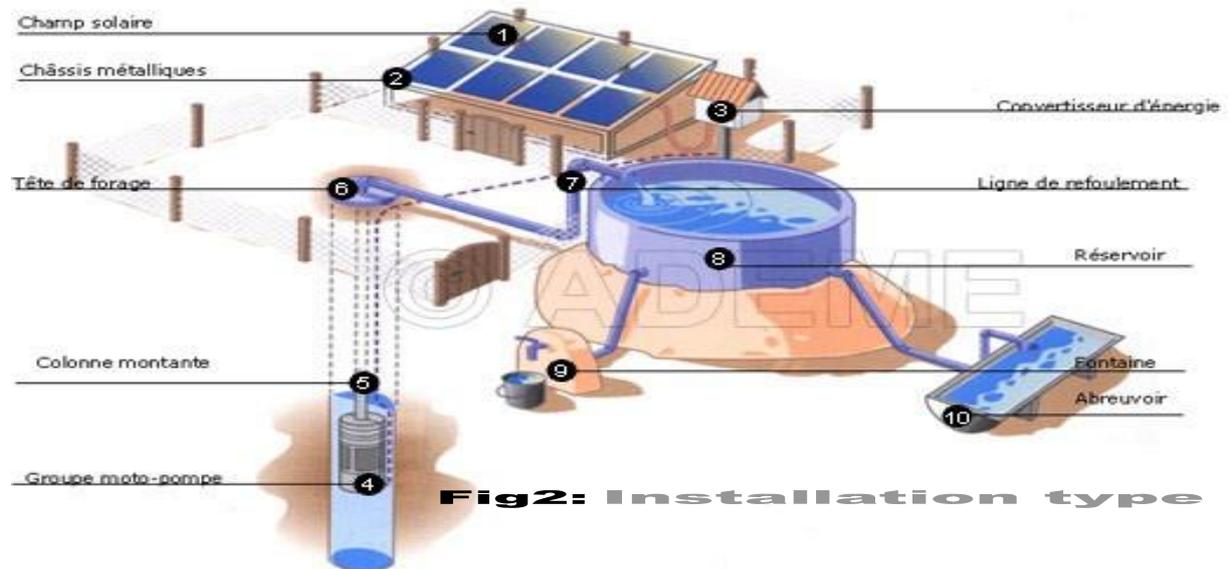


Fig 14 : Installation type.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté le système photovoltaïque avec leur comportement et les différents paramètres ainsi que les différents types de pompe utilise dans le pompage solaire pour avoir une meilleure exploitation ; une pompe photovoltaïque se présente fondamentalement de deux façons selon qu'elle fonctionne avec ou sans batterie. Alors que cette première utilise une batterie pour stocker et l'étude utiliser dans le dimensionnement de système de pompage photovoltaïque.

Chapitre V:
Dimensionnement de Systèmes
de Pompage Photovoltaïque
Pour Deux Variante

1. INTRODUCTION :

Dans chapitre nous réalisons des applications liées au pompage de l'énergie solaire et aux applications d'irrigation

2. Dimensionnement de Systèmes de Pompage Photovoltaïque

Le choix du système de pompage doit être fait en prenant en compte non seulement les contraintes techniques (type de pompe, énergie, hauteur de refoulement, débit, turbidité de l'eau), mais aussi les contraintes liées au contexte socio-économique (système de pompage accepté, disponibilité des pièces détachées, facilité de maintenance des pompes

TABLEAU Le Système d'irrigation adéquat goutte à goutte

Mois	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
B_{irr}	32,7	33,83	40,83	42,93	49,2	51,8	55,8	57,83	48,73	55,73	43,96	39
Giss	0,9	1,4	1,8	1,9	2,0	2,1	1,9	1,8	1,8	1,7	1,1	1,0
$Giss/ B_{irr}$	36,33	24,16	22,68	22,59	24,6	24,66	29,36	32,12	27,07	32,78	39,96	39

Le mois plus défavorable Décembre

1^{er} variante

a. Choix et dimensionnement de la pompe (HMT, débit, puissance)

La hauteur manométrique totale (htm) d'une pompe est la différence de pression en mètres de Colonne d'eau entre les orifices d'aspiration et de refoulement. Cette hauteur peut être calculée comme

Suit :

$$HMT = H_g + P_c$$

H_g : hauteur géométrique = 38 m

P_c : pertes de charge produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites (5m)

$$HMT = 38 + 5$$

Volume

$$HMT = 43m$$

$$V = \text{besoin en eau} * 10^{-3} * 10^4$$

$$V = 6.1 * 10^{-3} * 10^4 = 61 \text{ l/s/ha}$$

$$V = 61 \text{ l/s/ha}$$

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$= \frac{61}{8,5}$$

$$= 7,17 \text{ m}^3/\text{s}$$

La puissance de la pompe nécessaire à partir de la relation :

$$P = \frac{\left(\frac{Q \times g \times \rho \times HMT}{\eta} \right)}{1000}$$

- P : Puissance de la pompe (KW).
- Q: débit 7,17 (m³/s).
- g : accélération de la pesanteur (9,81m/s²).
- ρ : masse volumique de l'eau (1000 kg/m³).
- HMT : hauteur manométrique totale 43 (m).
- η : Rendement de la pompe 60 %.

$$P = \frac{7,17 \times 9,81 \times 1000 \times 43}{0,6} / 1000$$

$$P = 5,04086 \text{ KW}$$

Calculer l'énergie journalière demandée par la pompe :

Nous pouvons calculer l'énergie journalière demandée par la pompe nécessaire à partir de la relation :

$$E_{jr} = P \times T$$

$$\Rightarrow E_{jr} = 42,84738 \text{ KWh/jour.}$$

- E_{jr} : Energie journalière demandée (KWh/jour).
- P : puissance de la pompe (KW).
- T : durée de pompage 8,5 (h).

3. Calcule puissance demandé :

$$P_d = E_{jr}$$

$$P_d = E_{jr} = 42,847 \text{ ,38 KWh/jour.}$$

4. Dimensionnement du générateur PV :

Les données de structure :

- η_g : rendement du panneau photovoltaïque = 15%
- P_c ; puissance crête du panneau = 130wc
- A_P : surface du panneau : 1,28 m².
- mois de dimensionnement : Mars.
- E_s : énergie disponible sur site au mois de mars : 5,90 KWh/m².jour.

5. Calcule la taille du champ photovoltaïque :

Calcule la puissance horaire du générateur (énergie) :

$$P_g = \eta_g \times E_s$$

$$\Rightarrow P_g = 0,89 \text{ Kwh/m}^2 \cdot \text{jour.}$$

P_g : puissance générateur KWh/m².jour.

Calcule la surface du générateur A_g :

$$A_g = \frac{P_d}{P_g}$$

$$A_g = \frac{42,84738}{0,89}$$

$$A_g = 48,143 \text{ 12m}^2$$

A_g : surface de générateur m².

Chapitre V Dimensionnement de système de pompage photovoltaïque

Calcule la capacité crête de générateur :

$$C_g = \frac{(P_d \times P_c)}{\left(\frac{A_p}{P_g}\right)} / 1000$$

$$\Rightarrow C_g = 3,89521 \text{ KW.}$$

C_g : capacité générateur KW.

- **Calcule courons nominale :**

T_n : La tension nominale de l'onduleur : 600V.

$$C_n = \frac{(P \times 1000)}{T_n}$$

$$\Rightarrow C_n = 8,40143 \text{ A.}$$

C_n : courant nominale A.

6. Déterminer le nombre du module PV :

$$N_p = \frac{A_g}{A_p}$$

$$N_p = \frac{48,13412}{1,28}$$

$$N_p = 37,604,78 \approx 38 \text{ panneaux}$$

N_p : nombre des panneaux

2^{em} variante

Mois	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
B_{irr}	32,7	33,83	40,83	42,93	49,2	51,8	55,8	57,83	48,73	55,73	43,96	39
Giss	0,9	1,4	1,8	1,9	2,0	2,1	1,9	1,8	1,8	1,7	1,1	1,0
G_{iss} / B_{irr}	36,33	24,16	22,68	22,59	24,6	24,66	29,36	32,12	27,07	32,78	39,96	39

Chapitre V Dimensionnement de système de pompage photovoltaïque

a. Choix et dimensionnement de la pompe (HMT, débit, puissance)

La hauteur manométrique totale (h_{tm}) d'une pompe est la différence de pression en mètres de colonne d'eau entre les orifices d'aspiration et de refoulement. Cette hauteur peut être calculée comme

Suit :

$$\mathbf{HMT = H_g + P_c}$$

H_g : hauteur géométrique = 38 m

P_c : pertes de charge produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites (5m)

$$\mathbf{HMT = 38 + 5}$$

Volume

$$\mathbf{HMT = 43m}$$

$$\mathbf{V = besoin\ en\ eau * 10^{-3} * 10^4}$$

$$\mathbf{V = \sum\ besoin\ en\ eau * 10}$$

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$= \frac{77,64}{8,5}$$

$$= 9,13 \text{ m}^3/\text{s}$$

La puissance de la pompe nécessaire à partir de la relation :

$$P = \frac{\left(\frac{Q \times g \times \rho \times HMT}{\eta} \right)}{1000}$$

- P : Puissance de la pompe (KW).
- Q: débit 77,64 (m³/s).
- g : accélération de la pesanteur (9,81 m/s²).
- ρ : masse volumique de l'eau (1000 kg/m³).
- HMT : hauteur manométrique totale 43 (m).
- η : Rendement de la pompe 60 %.

$$P = \frac{9,13 \times 9,81 \times 1000 \times 43}{0,6} / 1000$$

$$P = 5,077 \text{ KW}$$

Calcule énergie journalière demandé par la pompe :

Nous pouvons calculer l'énergie journalière demandée par la pompe nécessaire à partir de la relation :

$$E_{jr} = P \times T$$

$$\Rightarrow E_{jr} = 43,16 \text{ KWh/jour.}$$

- E_{jr} : Energie journalière demandé (KWh/jour).
- P : puissance de la pompe (KW).
- T : durée de pompage 8,5 (h).

7. Calcule puissance demandé :

$$P_d = E_{jr}$$

$$P_d = E_{jr} = 43,16 \text{ KWh/jour.}$$

8. Dimensionnement du générateur PV :

8.1 Les données de structure :

- η_g : rendement du panneau photovoltaïque = 15%
- P_c ; puissance crête du panneau = 130wc
- A_P : surface du panneau : 1,28 m².
- mois de dimensionnement : Mars.
- E_s : énergie disponible sur site au mois décembre : 5,90 KWh/m².jour.

8.2 Calcule la taille du champ photovoltaïque :

- Calcule la puissance horaire du générateur (énergie) :

$$P_g = \eta_g \times E_s$$

$$\Rightarrow P_g = 0,89 \text{ Kwh/m}^2 \cdot \text{jour.}$$

P_g : puissance générateur KWh/m².jour.

- Calcule la surface du générateur A_g :

$$A_g = \frac{P_d}{P_g}$$

$$A_g = \frac{43,16}{0,89}$$

$$A_g = 48,49 \text{ m}^2$$

A_g : surface de générateur m².

- Calcule la capacité crête de générateur :

$$C_g = \frac{(P_d \times P_c)}{\left(\frac{A_p}{P_g}\right)} / 1000$$

$$\Rightarrow C_g = 3,901 \text{ KW.}$$

C_g : capacité générateur KW.

- Calcule courons nominale :

T_n : La tension nominale de l'onduleur : 600V.

$$C_n = \frac{(P \times 1000)}{T_n}$$

$$\Rightarrow C_n = 8,461 \text{ A.}$$

C_n : courant nominale A.

Déterminer le nombre du module PV :

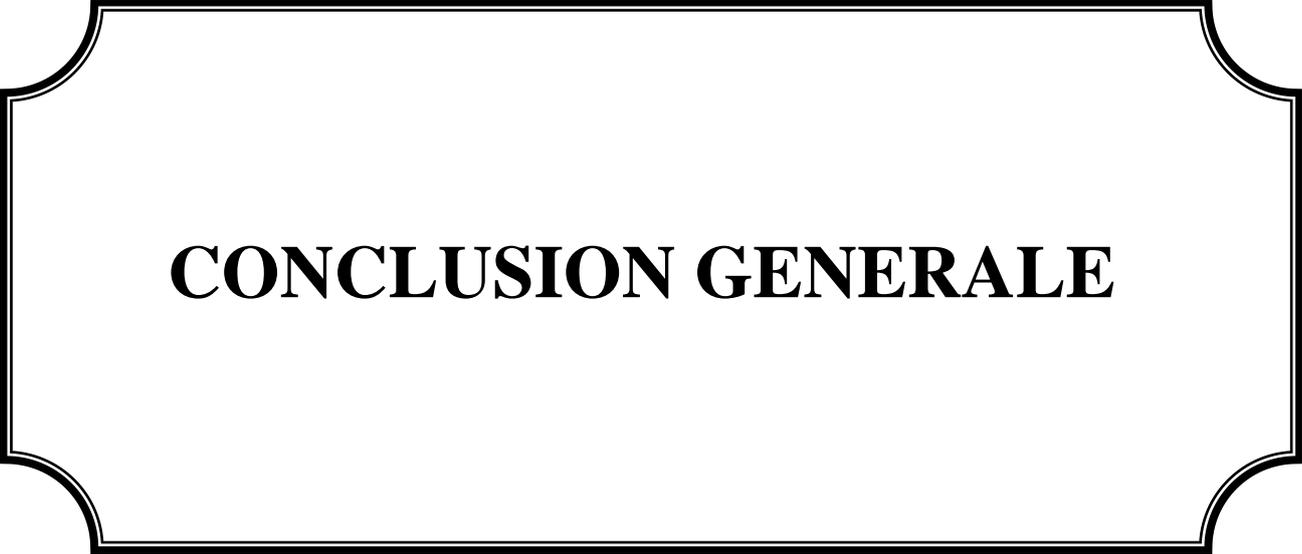
$$N_p = \frac{A_g}{A_p} \quad N_p = \frac{48,49}{1,28}$$

$$N_p = 37,88 \approx 38 \text{ panneaux}$$

N_p : nombre des panneaux

CONCLUSION

A la fin de chapitre, nous concluons que plus l'installation n'a besoin, plus le panneau photovoltaïque n'est élevé .



CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENIALE

CONCLUSION GENERALE

Ce modeste travail a été porté sur l'optimisation d'un système de pompage photovoltaïque fondé sur le calcul des besoins en eau des différentes cultures de la région de

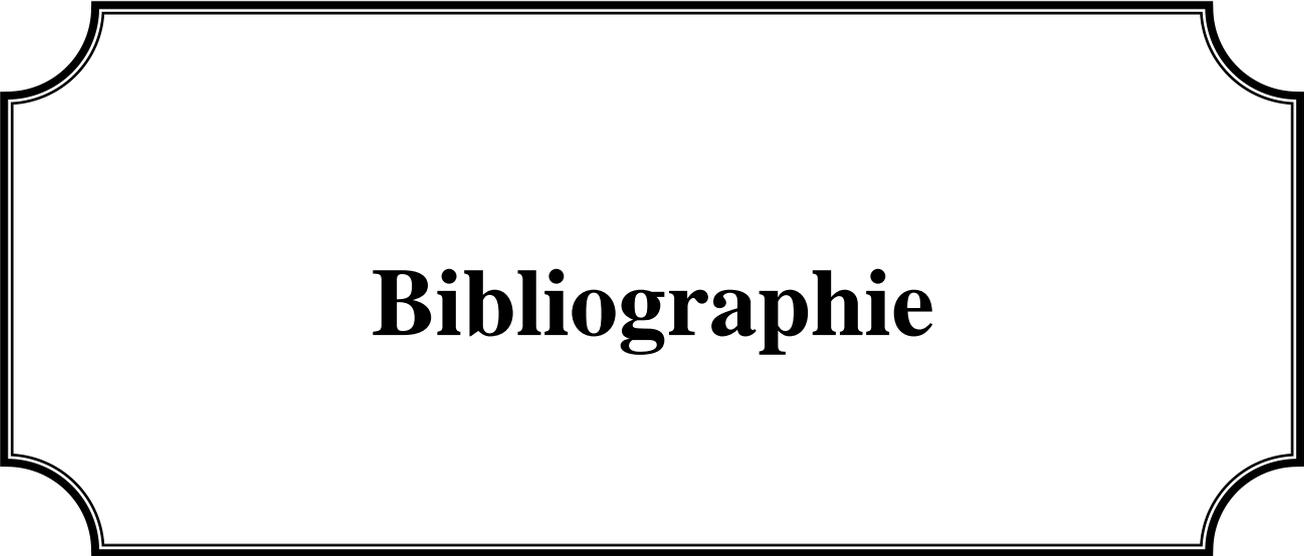
Ghardaïa, à cet égard, nous avons choisie deux scénario, le premier concerne l'irrigation d'une seule culture et deuxième concerne l'irrigation de plusieurs cultures.

Pour chaque scénario nous avons calculer les besoins en eau des cultures ainsi le dimensionnement le système de pompage adéquat. Pour le deuxième scénario le dimensionnement à été basé sur le bilan des besoins des différentes cultures.

Les résultats obtenus montrent que la taille du générateur dépend directement des besoins en eau des cultures, mais la variation de la taille du générateur n'est pas linéaire. Cette dernière a un impact direct sur les couts globaux su système doc le développement de l'agricultures.

Ce modeste travail peut être compléter par :

- ✓ Le choix optimum des assolements
- ✓ Le choix optimum des rotations des cultures
- ✓ Détermination de débit caractéristique nominale basé sur l'assolement et la rotation
- ✓ Choix du type des pompe et panneau solaire basée sur l'étude économique du système de pompage photovoltaïque.



Bibliographie

Bibliographie

[1] système d'irrigation.

[2] investie in Alegria.

[3][4][5] Etude d'assainissement et de protection contre les crues de l'oued M'Zab.

[6] étude du système ancestral de captage et de distribution de l'eau deus l'ais de Ghardaïa.

[7] Étude statistique de précipitations maximales journalières

[8] inventaire des orthoptères dans deux régions phoenicoles (Ghardaïa et Ouargla

[9] étude du système ancestral de captage et de distribution de l'eau deus l'ais de Ghardaïa

[10] investie in Alegria

[11] [12] [13] système d'irrigation.

[14] développement d'un programme de calcul des besoins en eau destines a l'irrigation et dimensionnement des réseaux de micro irrigation

[15] Dimensionnement de Systèmes de Pompage Photovoltaïque

[16] L'énergie au naturel le pompage solaire photovoltaïque