

Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES

Département Génie des Procédés

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Sciences Techniques

Filière: Génie des Procédés

Spécialité: Génie de l'environnement

Présenté par: SADAOUI KHADIDJA

Thème :



*Dimensionnement du système photovoltaïque
appliqué à une station d'épuration des eaux usées*

Soutenu publiquement

06/ 06 / 2017

Devant le jury :

| | | | |
|-----|-------------------|----------------------|-------------|
| M. | GHDAMSI REBHA | Président | UKM Ouargla |
| M. | BOUZIANE KHADIDJA | Encadreur/rapporteur | UKM Ouargla |
| Mr. | DJAMEL MENNOUCH | Examineur | UKM Ouargla |
| Mr. | LAITI MOKHTAR | Examineur | UKM Ouargla |

Année Universitaire : 2016 /2017

DEDICACE

A mes parents merci pour ce que vous m'avez inculqué, les sacrifices que vous avez consentis pour moi resteront à jamais gravés dans ma mémoire.

A ma Mamie, tous mes oncles et tantes qui m'ont toujours soutenue et épaulée dans la vie ainsi que tout au long de mon cursus scolaire.

A tous mes cousins, amis et tous ceux que j'aime.

Remerciements

Je remercie mon encadreuse Mm. Bouziane Khadîdja pour ses conseils et pour m'avoir honoré en acceptant de diriger ce travail.

Je remercie mon jury M.GHDAMSI REBHA Président, Mr. DJAMEL MENNOUCH et Mr. LAITI MOKHTAR Examineur

Je remercie également, tous les enseignants qui m'ont enseigné tout au long de mon parcours universitaire.

J'exprime ma reconnaissance à mes collègues qui m'ont encouragé et m'ont aidé dès le début de ce travail.

Merci 



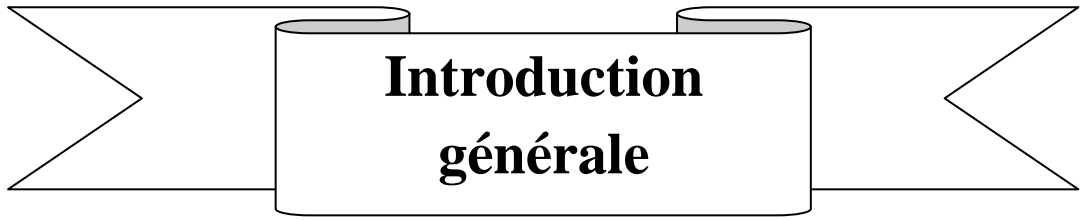
Sommaires

| <i>Sommaire</i> | |
|--|-----------|
| <i>Liste des figures</i> | |
| <i>Liste des tableaux</i> | |
| <i>Introduction générale</i> | 01 |
| <i>Chapitre I : système solaire Photovoltaïque</i> | |
| I. Rayonnement solaire | 03 |
| I.1.1. Mouvements de la terre | 03 |
| I.1.2. Spectre du rayonnement | 04 |
| I.1.3. Durée d'insolation | 05 |
| I.1.4. Modèles de coordonnées soleil | 06 |
| I.1.4.1. Angles solaires | 06 |
| I.1.4.2. Modèle du rayonnement solaire | 09 |
| I.2. Description des éléments d'un système de captage photovoltaïque | 10 |
| I.2.1. L'effet photovoltaïque | 10 |
| I.2.2. Types des systèmes photovoltaïques | 11 |
| I.2.2.1. Système autonome sans batterie | 11 |
| I.2.2.2. Système autonome avec batterie | 11 |
| I.2.2.3. Système hybride PV/génératrice | 11 |
| I.2.2.4. Système PV sur réseau diesel | 12 |
| I.2.2.5. Système PV sur réseau décentralisé | 12 |
| I.2.2.6. Système PV centralisé | 12 |
| I.2.3. Les éléments d'un système de captage photovoltaïque | 12 |
| I.2.3. A. Générateur Photovoltaïques | 12 |
| I.2.3. B. Les batteries | 18 |
| I.2.3. C. La régulation | 19 |
| I.2.3. D. Système de conversion | 19 |
| I.2.3. E. La Charge | 20 |
| <i>Chapitre II : Epuration des eaux usées domestique</i> | |
| II) station d'épuration des eaux usées | 21 |
| II.1. les eaux usées | 21 |
| II.2. étapes traitement des eaux usées | 21 |
| II.2.1. prétraitement | 21 |
| II.2.2. traitement première | 23 |
| II.2.3. traitement secondaire | 25 |
| <i>Chapitre III : Dimensionnement de system : PV-Step</i> | |
| III.1. But de travail | 28 |
| III.2. présentation de station step | 28 |
| III.3. dimensionnement de la step Ouargla | 31 |
| III.4. traitements de la station | 33 |
| III.4.1 : l'objectif de traitement de la station | 33 |
| III.4.2. principe de traitement | 33 |
| III.5. dimensionnement d'un system PV | 36 |

| | |
|---|----|
| III.5.1.méthode de dimensionnement | 41 |
| III.5.2.modélisation du system photovoltaïque | 42 |
| III.5.3.présentation du system | 42 |
| III.5.3.1.le panneau photovoltaïque | 43 |
| III.5.3.2. modélisation numérique | 44 |
| III.5.3.3.les hypothèses simplificatrices | 44 |
| III.5.4. Les étapes de modélisation | 44 |
| III.5.4.1. Modèle d'éclairement solaire sur un plan horizontal | 44 |
| III.5.4.2.Calcul du rayonnement solaire sur un plan fixe | 46 |
| III.5.4.3. Calcul du rayonnement solaire sur un différent plan | 47 |
| III.5.4.5.organigrammes du calcul | 46 |
| III.6. Modèle de la puissance PV | 51 |
| III.6.1. variation de la tension à circuit ouvert | 52 |
| III.6.2. Point de fonctionnement optimum, (V_m , I_m) | 52 |
| III.6.3. Rendement photovoltaïque | 53 |
| III.7.Modèle de la température | 53 |
| III.7.1. Température de jonction | 53 |
| III.7.2. Température ambiante | 53 |
| III.8. Organigramme de calcule la puissance photovoltaïque de système | 54 |
| Chapitre IV: Résultats et discussion | |
| IV) Etude du system PV | 58 |
| IV.1) Etude de gisement solaire | 55 |
| IV.2) Evolution annuel d'éclairement solaire sur différents plans | 55 |
| IV.3) Etude de la puissance PV | 58 |
| IV.3.1) caractéristique I-V | 58 |
| IV.3.2) Etude de l'évolution de puissance | 59 |
| Conclusion générale | 61 |
| Bibliographie | 62 |

| Liste des Figures | |
|--|-----------|
| Figure 1: schématisation des mouvements de la terre autour du soleil | 04 |
| Figure 2 : spectre solaire hors atmosphère | 05 |
| Figure 3 : coordonnées angulaires du soleil | 08 |
| Figure 4: représentation de l'éclairement d'un capteur plan incliné | 08 |
| Figure 5 : description d'une photopile ou cellule photovoltaïque | 13 |
| Figure 6 : schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque | 13 |
| Figure 7 : module photovoltaïque | 15 |
| Figure 8 : composantes d'un champ de modules photovoltaïque | 16 |
| Figure 10: schéma de tamisage et dégrillage | 22 |
| Figure 11: schéma de Dessablage | 22 |
| Figure 12: schéma de Dégraissage | 23 |
| Figure 13: schéma traitement première (coagulation, floculation) | 24 |
| Figure 14: filière de traitement biologique du carbone et de l'azote | 27 |
| Figure 15: schéma d'une station épuration des eaux usées | 27 |
| Figure 16 : le réseau d'assainissement de la ville d'Ouargla | 30 |
| Figure 17 : situation géographique de la STEP par rapport à la ville d'Ouargla | 30 |
| Figure 18 : aérien de la station | 32 |
| Figure 19 : type de pompes | 37 |
| Figure 20 : modes de fonctionnement | 37 |
| Figure 21 : principe du poste de relevage | 39 |
| Figure 22 : fonctionnement au fil du soleil | 40 |
| Figure 23 : schéma du system PV-STEP | 41 |
| Figure 24 : Module solaire photovoltaïque SM50 | 43 |
| Figure 25: Organigramme de calcul le rayonnement solaire sur une différent plan | 49 |
| Figure 26 : Organigramme calculer la puissance photovoltaïque du module | 54 |
| Figure 27 : Evolution annuel du Rayonnement solaire sur un plan fixe | 55 |
| Figure 28: Evolution annuel du Rayonnement solaire sur un plan horizontal | 56 |
| Figure 29: Evolution de Rayonnement solaire sur un plan tracking | 57 |
| Figure 30: effet le température sur les caractéristique I-V des panneaux PV | 58 |
| Figure 31: effet de l'ensoleillement sur les caractéristique I-V des Panneaux PV | 58 |
| Figure 32: L'influence de la résistance série sur le fonctionnement du panneau | 58 |
| Figure 33 : Evolution de la Puissance PV sur un plan fixe | 59 |
| Figure 34: Evolution de la Puissance PV sur un plan horizontal | 60 |
| Figure 35: Puissance tracking | 60 |

| Liste de tableau | |
|--|-----------|
| Tableau III.1 : les données de bases de la STEP (STEP Ouargla.2011). | 31 |
| Tableau III.2 : Caractéristiques des modules solaires | 43 |



**Introduction
générale**

INTRODUCTION GENERALE

Le rejet des eaux usées dans la nature sans les épurer est l'un de principaux phénomènes qui ont contribuent à la pollution de l'environnement, à la contamination des eaux souterraines et par la suite à la propagation des maladies. Pour lutter contre les effets néfastes de ces eaux, l'implantation des stations d'épuration demeure un outil fondamental car elles garantissent des eaux conformes aux normes de rejet.

La station d'épuration est une installation qui sert {dépolluer l'eau usée pour éviter la destruction totale des écosystèmes aquatiques et naturels due aux effluents pollués. Donc une station d'épuration a plusieurs objectifs :

- Protection de santé public.
- Protection des sources naturelle d'eau potable.
- Protection de system aquatique.
- Protection des terrains adjacents

L'épuration sera faite en plusieurs phases. Chaque phase peut être accomplit par plusieurs procédures ou types des équipements. Les phases principales de traitement sont :

- Traitements préliminaires : élimine les matériels qui endommagent les équipements sans être traités.
- Traitement primaire : élimine le solide décan tables ou flottables.
- Traitement secondaire : élimine le DBO et les matières dissous et suspendues l'aide des réactions biologiques.
- Traitement tertiaire : utilise le traitement physique et chimique pour éliminer le reste de DBO, le solide et matières organiques restants.

L'énergie solaire photovoltaïque présente plusieurs avantages : Environnement saharien et rural bien adapté, Entretien réduit et investissement rentable, Autonomie (évite l'approvisionnement en carburant et limite le remplacement des batteries), Respect de l'environnement (absence de bruit, réduction des infrastructures nécessaires), Possibilité d'adapter ces solutions à d'autres types de sites ou de besoins.

Dans ce mémoire, nous envisageons un dimensionnement du système photovoltaïque appliqué à une station d'épuration des eaux usées

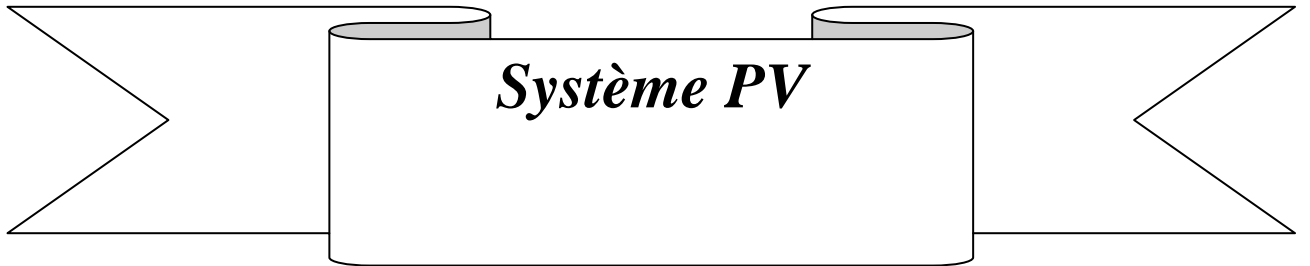
Ce travail a été organisé de façon à permettre une lecture à différents niveaux. Il est ainsi structuré en quatre chapitres :

1. Le premier chapitre parle d'une façon générale surle système photovoltaïque.
2. Le deuxième chapitre est consacré à la synthèse des travaux bibliographique concernant l'Epuraton des eaux usées domestique.

3. Dans le troisième chapitre nous sommes intéressées à la présentation de l'installation (les composants de notre système) et le model utilisé pour la simulation et le Dimensionnement du system : PV-Step
4. Enfin, le quatrième chapitre sera consacré à présentation et interprétation des résultats obtenues

Et en se termine par une conclusion générale regroupant les différents aspects étudiés sera à la fin de ce mémoire.

Chapitre I



Système PV

I. Rayonnement solaire

Le soleil est une étoile parmi tant d'autres, Il a un diamètre de 1390000 km, soit environ 50 fois celui de la terre.

Il est composé à 80% d'hydrogène, 19% d'hélium et 1% d'un mélange de 100 éléments, soit pratiquement tout les éléments chimiques connus depuis que Langevin et Perrin, s'appuyant sur la théorie de la relativité d'Einstein, ont émis l'idée il y a une soixantaine d'années que c'est l'énergie de fusion nucléaire qui fournit au soleil sa puissance, il est aujourd'hui admis que le soleil est une bombe thermonucléaire hydrogène –hélium transformant chaque seconde 564 millions de tonnes d'hydrogène en 560 millions tonnes d'hélium; la réaction se faisant dans son noyau à la température d'environ 25 millions de degrés Celsius.

Ainsi, à chaque seconde, le soleil est allégé de 4 millions de tonnes dispersées sous forme de rayonnement. Sa lumière, à une vitesse de 300000 km/s, met environ 8 minutes pour parvenir à la terre, sa distribution spectrale de l'atmosphère est présenté un maximum pour une longueur d'onde d'environ 0,5 μ m, la température de corps noir à la surface du soleil est d'environ 5780 k [1].

I.1.1. Mouvements de la terre

La trajectoire de la terre autour du soleil est une ellipse dont le soleil est l'un des foyers. Le plan de cette ellipse est appelé l'*écliptique*.

L'excentricité de cette ellipse est faible ce qui fait que la distance terre/Soleil ne varie que de $\pm 1,7\%$ par rapport à la distance moyenne qui est de 149 675 106 km. La terre tourne également sur elle-même autour d'un axe appelé l'axe des pôles. Le plan perpendiculaire à l'axe des pôles et passant par le centre de la terre est appelé l'*équateur* [2].

Les mouvements de la terre autour de son axe et autour du soleil sont schématisés sur la figure I.1.

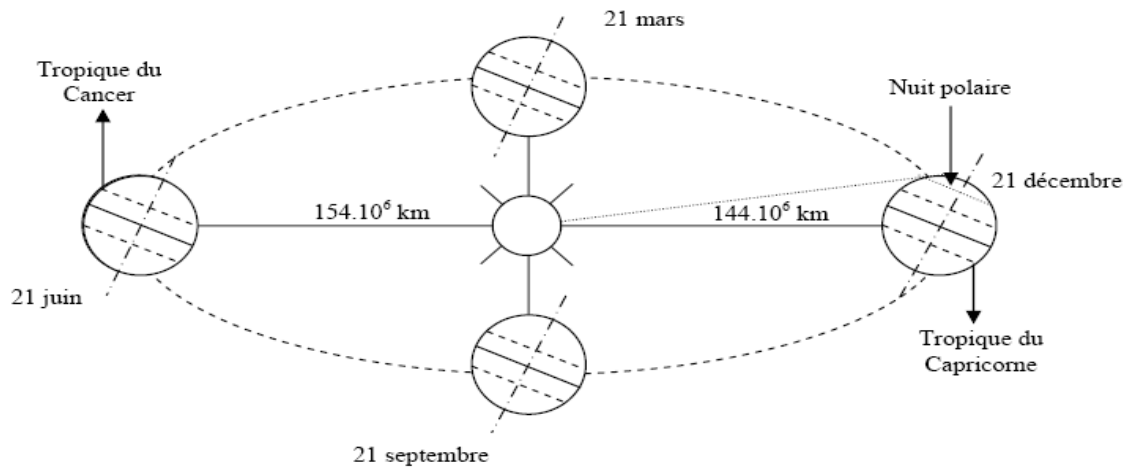


Figure I.1 : schématisation des mouvements de la terre autour du soleil [2]

I.1.2. Spectre du rayonnement

Le rayonnement électromagnétique est composé de «grains» de lumière appelés photons. L'énergie de chaque photon est directement liée à la longueur d'onde λ . Le spectre du rayonnement extraterrestre correspond environ à l'émission d'un corps noir porté à 5800 K. Une courbe standard, compilée selon les données recueillies par les satellites, est désignée sous le nom d'AM0 [1].

Sa distribution en énergie est répartie en:

- Ultraviolet UV : $0.20 < \lambda < 0.38$ mm 6.4% ;
- Visible : $0.38 < \lambda < 0.78$ mm 48.0% ;
- Infrarouge IR : $0.78 < \lambda < 10$ mm 45.6% ;

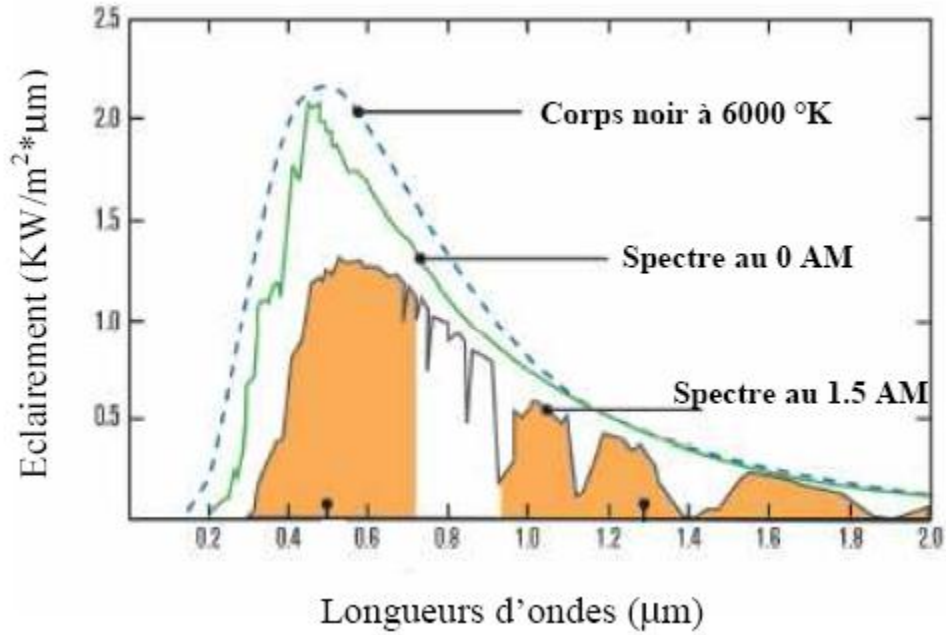


Figure I.2 : spectre solaire hors atmosphère [1]

1.1.3. 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 enregistrés ; 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 latitude du site et de la déclinaison apparente qu'elle même dépend de la période de l'année considérée [1] .

I.1.4. Modèles de coordonnées soleil

I.1.4.1. Angles solaires

Les angles solaires sont des facteurs intéressants pour le calcul de rayonnement solaire

- **La latitude** (φ): est l'angle formé par le plan équatorial et la direction reliant le lieu considéré, au centre de la terre. Les latitudes de l'hémisphère nord sont affectées d'un signe positif et celles de l'hémisphère sud d'un signe négatif [3]. Nous prenons celle de Ouargla: $\varphi=31^{\circ}57'$ nord.

- **La longitude** (λ) : représente l'angle formé par le plan méridien de lieu considéré et le plan méridien origine. Ce dernier passe par l'observatoire de Greenwich et a pour longitude 00. Les longitudes situées à l'est de ce méridien sont positives et celles situées à l'ouest négatives [3].

Nous prenons celle d'Ouargla: $\lambda=5^{\circ}19'$ est.

- **La déclinaison** (ω) : est l'angle entre la direction du soleil et le plan équatorial. Elle traduit l'inclinaison du plan équatorial par rapport au plan écliptique. Sa valeur varie entre $-23^{\circ}7'$ (Au solstice d'hiver) et $+23^{\circ}7'$, (au solstice d'été) et s'annule aux équinoxes de printemps et d'automne (figure I.3). Cet angle varie très peu pendant

une journée, ce qui permet d'approcher le mouvement quotidien du soleil par une rotation sur cône d'axe l'équateur, de demi angle au sommet $\omega = 90^{\circ} - \omega$. L'angle ω sera donc fonction du jour de l'année [3].

$$\omega = +23,45^{\circ} \cdot \sin\left(\frac{360}{365} \cdot N - 80\right) \dots\dots\dots(I,1)$$

N est le nombre de jours de l'année compté à partir du janvier, il varie de 1 à 365 ou 366. Selon l'année:

-Année civile : 365 jours ;

-Année bissextile : 366 jours ;

- **L'angle horaire du soleil (δ)** : repère de la position du soleil dans sa rotation journalière sur le cône d'ouverture δ' . C'est l'angle entre le plan méridien passant par l'observateur et le plan méridien contenant le soleil. En principe, un jour solaire (δ variant de -180° à $+180^\circ$) correspond à 24 heures [4]

$$\delta = 15 \left(\text{heures UTC} - 12 + \frac{\lambda}{15} \right) \dots\dots\dots (I,2)$$

La position apparent du soleil est déterminée par ses coordonnées angulaires par rapport à au plan horizontal (figure I.3), l'azimut et la hauteur angulaire.

- **L'azimut (Ψ)**: qui est l'angle formé par projection du direction de la soleil et la direction du Sud. Il est comté positif à l'Ouest (le matin) et négatif à l'Est (le soir).

Sa valeur est obtenue lorsque le soleil se couche (suivant la hauteur angulaire du solaire, et l'inclinaison du panneau). Dans notre cas, nous écrêtons Ψ lorsque $\sin \gamma$ passe en négatif si le panneau est horizontal (la soleil se couche), ou lorsque $(\psi) > 45^\circ$ dans le cas ou le panneau est incliné à 45° (le soleil passe derrière le panneau) [4]:

$$\text{Tan}(\psi) = \frac{\sin(\delta)}{\sin(\varphi) \cos(\delta) - \cos(\varphi) \sin(\omega)} \dots\dots\dots (I,3)$$

- **La hauteur angulaire (γ) [4]**: Qui détermine la longueur de la traversée de la l'atmosphère est l'angle formé par la direction de soleil et le plan horizontal. Sa valeur sera comprise entre 0° (au lever et au coucher) et maximum γ_m au zénith (midi en temps solaire vrai).

Quand le sinus est négatif, c'est que le soleil n'est pas encore levé (la durée des journées varie dans l'année). Il faut donc écrêter cette variable

$$\sin(\gamma) = \sin(\varphi) \sin(\omega) + \cos(\varphi) \cos(\omega) \cos(\delta) \dots\dots\dots (I,4)$$

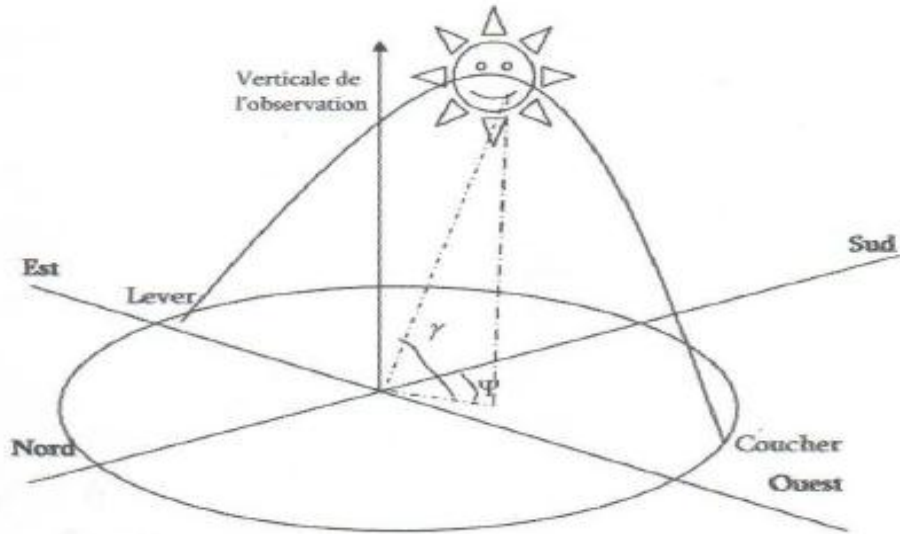


Figure I.3 : coordonnées angulaires du soleil [1]

Afin d'obtenir l'angle d'incidence des rayons sur le capteur, une représentation schématique (figure I-3) nous permet de visualiser clairement les différents angles pris en compte dans l'étude du rayonnement arrivant dans le plan d'un capteur. Le angle (γ , hauteur dans l'étude) et (φ , azimut) que nous venons de définir dans le positionnement horaire et spatial de soleil, son liés directement relative du soleil par rapport à l'emplacement géographique du capteur

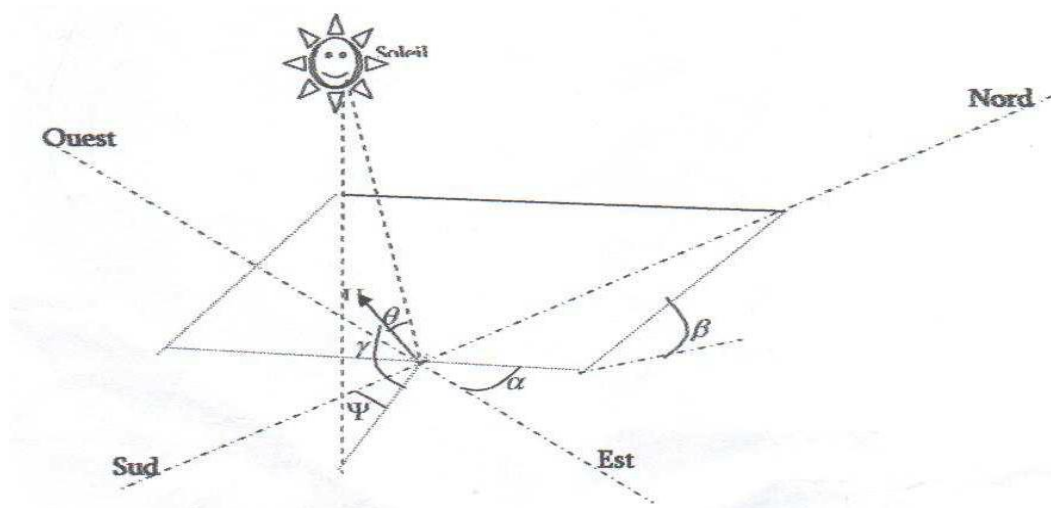


Figure I.4 : représentation de l'éclairement d'un capteur plan incliné [1]

Les autres angles sont liée directement au positionnement du capteur, et permettent de corriger les pertes liées au trajet optique des rayons lors de la traversée de l'atmosphère, ils correspondent à :

- **L'orientation** (α) [4] : du capteur par rapport au sud, (0° au sud, 180° au nord, $+90^\circ$ à l'ouest et -90° à l'est). Dans notre cas, cette variation est mise à zéro.
- **L'inclinaison** (β) [4]: du capteur par rapport au sol ($0^\circ < \beta < 90^\circ$). Elle est nulle pour ce qui est du plan horizontal dans le calcul du premier angle d'incidence puis de 45° pour le second.
- **L'angle d'incidence** (θ) [5]: des rayons solaires par rapport à la normal au capteur. Une relation trigonométrique permet de déterminer sa valeur en fonction des autres angles:

$$\cos(\theta) = \cos(\gamma) \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\psi - \alpha) + \sin(\gamma) \cos(\beta) \dots\dots(I,5)$$

- **Correction de distance terre-soleil** (C) [4]: le rayonnement émis par le soleil est isotrope et de puissance constante. La puissance reçue (en dehors de l'atmosphère) sur un plan, de surface unité, perpendiculaire aux rayons solaires est donc inversement proportionnelle au carrée de la distance au soleil:

$$C = \frac{d}{d_0} = 1 + 0,034 \cos\left[(N - 3) \frac{360}{365} \right] \dots\dots(I,6)$$

d : la distance terre soleil ;

d0 : la distance moyenne terre soleil ;

1.1.4.2. Modèle du rayonnement solaire A

Au niveau du sol le rayonnement global reçu par une surface plane d'inclinaison quelconque est constitué de trois composantes principales :

A.1. Rayonnement direct

C'est un flux solaire sous forme de rayons parallèles provenant de disque soleil sans avoir été dispersé par l'atmosphère. Après des mesures pour des heures (i) nous avons l'équation statique pour le rayonnement direct :

$$S_H(i) = 1367.C(j) \cdot \sin\left(h(i) \cdot \exp\left(\frac{-T_L}{0,9.9,41.M(i)}\right) \right) \dots\dots(I,7)$$

Avec :

S_H : Flux direct horizontal.

$C(j)$: La correction de la distance terre soleil.

$h(i)$: Hauteur du soleil.

T_L : Facteur de trouble.

$M(i)$: Nombre d'aire masse.

A.2. Rayonnement diffus : C'est la partie du rayonnement provenant du soleil, ayant subi multiples réflexions (dispersions), dans l'atmosphère. Pour un observateur le rayonnement diffus (D) par l'heure i est statistiquement donné par :

$$D_H(i) = \frac{1367}{3} \cdot C(j) - \sin[h(i) - 2] \exp \left[- \log^2 \left(\frac{T_L}{22 \cdot M(i)^{-0,65}} \right) \right] \dots \dots (I,8)$$

A.3. Rayonnement réfléchi : C'est la partie de l'éclairement solaire réfléchi par le sol, ce rayonnement dépend directement de la nature du sol (nuage, sable...). Il se caractérise par un coefficient propre de la nature de lien appelé Albédo (ξ)

$$0 \leq \xi \leq 1$$

A.4. Rayonnement global (ϕ_G): un plan reçoit de la part du sol un rayonnement global qui est le résultat de la superposition des trois compositions direct, diffus et réfléchi :

$$\phi_G = S_H + D_H + R_H \dots \dots \dots (I-9)$$

1.2. Description des éléments d'un système de captage photovoltaïque

1.2.1. L'effet photovoltaïque [6]

L'énergie photovoltaïque (PV) est la transformation directe de la lumière en électricité. À l'encontre de l'énergie solaire passive et de l'énergie solaire active, l'énergie photovoltaïque n'est pas une forme d'énergie thermique.

Elle utilise une photopile pour transformer directement l'énergie solaire en électricité.

1.2.2. Types des systèmes photovoltaïques [6]

Bien qu'il existe une grande variété de systèmes photovoltaïques, on peut cependant les classer en six groupes distincts. Les trois premiers groupes sont des systèmes autonomes, non reliés à un réseau électrique. Les trois autres types sont des systèmes PV reliés différemment au réseau électrique.

1.2.2.1. Système autonome sans batterie

Ce type de système ne requiert pas de stockage d'électricité, soit parce que la production d'énergie des cellules est suffisante sous un faible éclairage (ex. : calculatrice), soit que le temps de fonctionnement de la charge n'est pas critique (ex. : pompe à eau : le réservoir d'eau sert de stockage).

1.2.2.2. Système autonome avec batterie

C'est le système photovoltaïque le plus commun. Le champ PV sert de chargeur pour la batterie. L'électricité peut alors être utilisée en tout temps. Par exemple, ce système est bien adapté pour l'éclairage d'une maison où il faut de l'électricité lorsqu'il ne fait plus jour.

1.2.2.3. Système hybride PV/génératrice

Ce système utilise les avantages de l'énergie photovoltaïque et de la génératrice au diesel, au propane ou à l'essence. Le système photovoltaïque fournit une énergie intermittente mais souvent moins coûteuse en régions éloignées. La génératrice sert d'énergie d'appoint, selon la demande.

Ce type de système s'applique particulièrement bien à des sites éloignés où il est important d'avoir de l'électricité à tout moment, où les coûts de transport du carburant sont élevés et où il n'est pas encore rentable d'utiliser le système photovoltaïque seul avec les batteries. Les systèmes hybrides PV/génératrices sont souvent utilisés pour les tours de communications ainsi que pour les refuges et les camps forestiers en régions éloignées.

Ils peuvent également être couplés avec d'autres sources d'énergie telles les éoliennes et les microcentrales hydrauliques, lorsqu'il y a une complémentarité des productions électriques.

1.2.2.4. Système PV sur réseau diesel

Ce système est utilisé principalement dans les communautés ou les villages éloignés. Le générateur PV est branché en parallèle avec les génératrices au diesel du réseau villageois et fournit l'électricité sur ce réseau lorsque l'ensoleillement le permet.

Il permet de réduire la consommation d'un carburant diesel très coûteux en régions éloignées et diminue les temps de fonctionnement des génératrices.

1.2.2.5. Système PV sur réseau décentralisé

Ce système photovoltaïque est branché directement sur un réseau électrique, mais il est installé près de la demande. Il peut être installé, par exemple, sur une résidence individuelle ou sur un centre commercial, de telle sorte qu'il alimente cette charge et fournit l'excédent de sa production sur le réseau durant le jour. Durant la nuit, la charge puise l'énergie requise sur le réseau. Ce système permet de diminuer les frais de transport d'électricité et la surcharge de ligne, particulièrement en ce qui a trait aux charges adaptées à la production photovoltaïque tels les systèmes d'air conditionné (gestion de la demande).

1.2.2.6. Système PV centralisé

Ce système fonctionne comme une centrale électrique normale mais doit tenir compte de la fluctuation de la production d'énergie qui est liée à l'ensoleillement.

1.2.3. Les éléments d'un système de captage photovoltaïque

1.2.3. A. Générateur Photovoltaïques

- **Photopile**

La photopile, qu'on appelle aussi cellule solaire ou photovoltaïque, est fabriquée à l'aide de matériaux semi-conducteurs comme les transistors ou les puces dans un ordinateur. On peut la représenter comme une diode plate qui est sensible à la lumière.

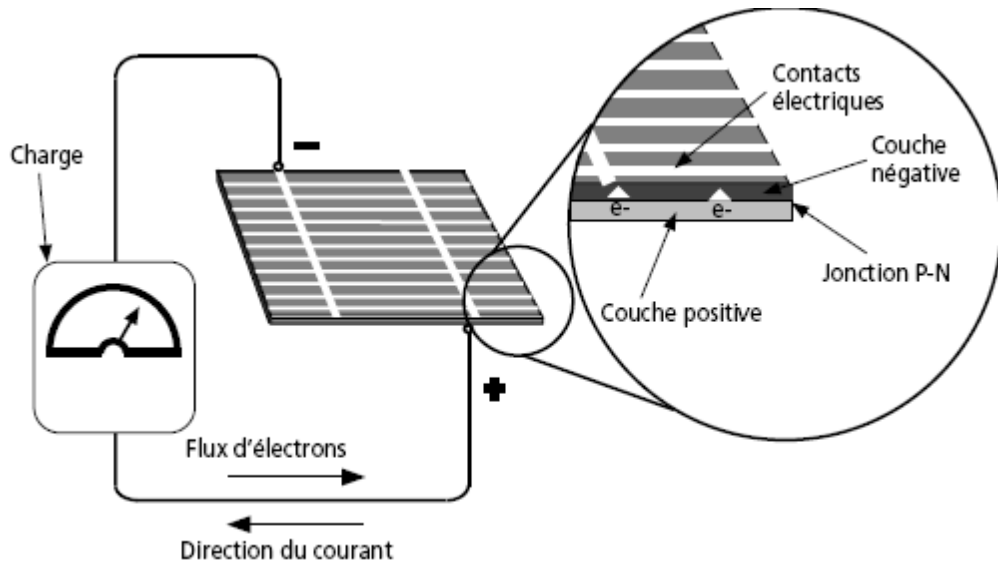
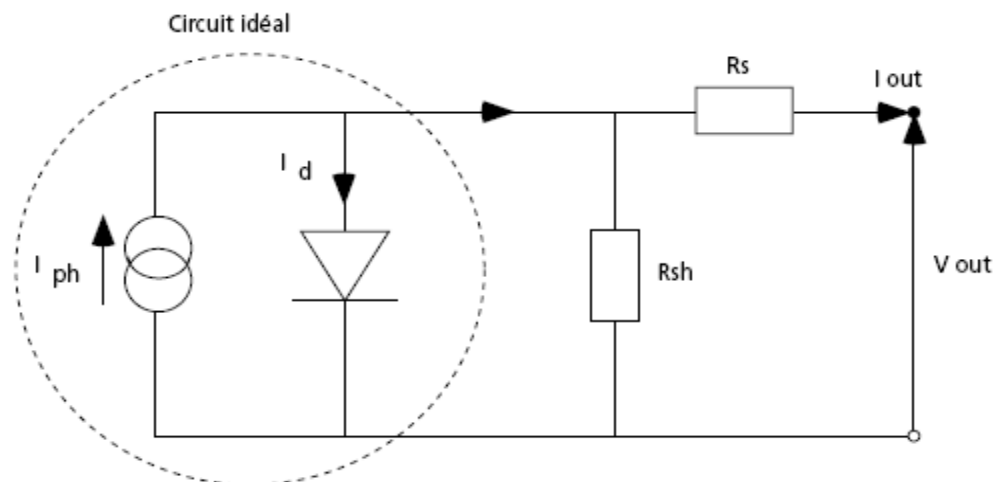


Figure I.5 : description d'une photopile ou cellule photovoltaïque [6]

Quand un photon de lumière, d'énergie suffisante, heurte un atome sur la partie négative de cette diode, il excite un électron et l'arrache de sa structure moléculaire, créant ainsi un électron libre sur cette partie (voir figure I.6). Une photopile est fabriquée de manière à ce que cet électron libre ne puisse se recombiner facilement avec un atome à charge positive, avant qu'il n'ait accompli un travail utile en passant.

dans un circuit extérieur. Comme une pile chimique (c'est-à-dire une batterie), la cellule photovoltaïque produira de l'électricité à courant continu (CC), mais son énergie produite sera fonction principalement de la lumière reçue par la photopile [7]. Les caractéristiques du courant $I = f(V)$ d'une cellule photovoltaïque peuvent être schématisées comme suit :



Figuer I.6 : schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque [6]

Pour la cellule idéale. L'intensité I en fonction de la tension V aux bornes d'une cellule est [8] :

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp(C_1 (V + R_s I) - 1) \right] - \frac{V + R_s I}{R_p} \dots \dots \dots (I, 18)$$

Avec :

$$C_1 = \frac{q}{A \cdot K \cdot T_c} \dots \dots \dots (I.19)$$

A : le facteur d'idéalité de la jonction ($1 < A < 3$).

I_{ph} : photo courant créé par la cellule (proportionnel au rayonnement incident).

I_0 : courant de diode, représente le courant de fuite interne à une cellule causée par la jonction p - n de la cellule.

R_p : résistances shunt représente les fuites autour de la jonction p-n dues aux impuretés et sur les coins de cellule.

R_s : résistance série symbolise la résistance de masse du matériau semi conducteur, ainsi les résistances ohmique et de contact au niveau des connexions des cellules.

q : la charge de l'électron ($1,6 \cdot 10^{-19}$ C)

K : Constant de Boltzmann ($1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K).

T_c : Température de jonction (K).

Cette représentation schématique de la photopile est idéalisée.

• *Les modules solaires photovoltaïques*

Afin d'augmenter la tension d'utilisation, les cellules PV sont connectées en série. La tension nominale du module est habituellement adaptée à la charge de 12 volts et les modules (voir figure I.10) auront donc généralement 36 cellules. De plus, la fragilité des cellules au bris et à la corrosion exige une protection envers leur environnement et celles-ci sont généralement encapsulées sous verre ou sous composé plastique. Le tout est appelé un module photovoltaïque.

Les modules peuvent également être connectés en série et en parallèle afin d'augmenter la tension et l'intensité d'utilisation. Toutefois, il importe de prendre quelques précautions car l'existence de cellules moins efficaces ou l'occlusion d'une

ou plusieurs cellules (dus à de l'ombrage, de la poussière, etc.) peuvent endommager les cellules de façon permanente. On protège les modules avec des diodes by-pass (Schottky) afin d'éviter le fonctionnement inverse des cellules occultées [10].

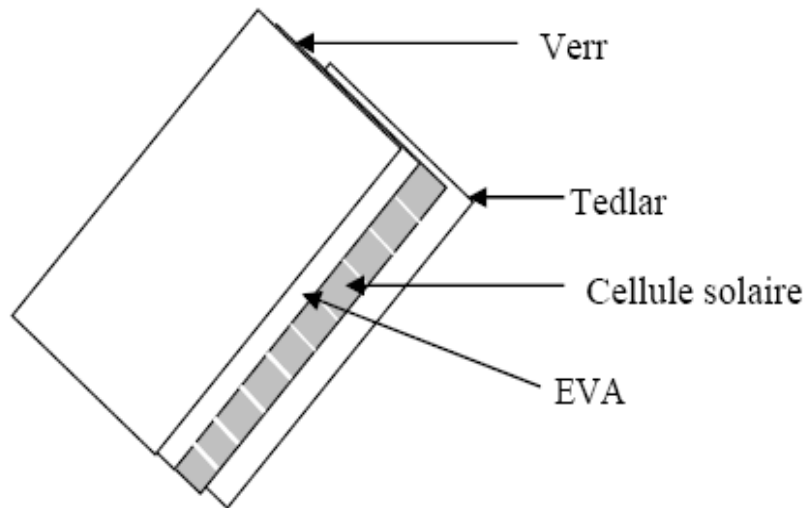


Figure I.7 : module photovoltaïque [5]

Un bilan électrique permet de calculer l'intensité I en fonction de la tension V aux bornes d'un module PV [8].

$$I_{\text{module}} = I_{\text{ph}} - I_0 \left[\exp\left(\frac{q}{NAKT_j}(V + R_{\text{se}}I) - 1\right) \right] \dots\dots\dots(I,20)$$

$$R_{\text{se}} = N.R_s$$

• **Caractéristiques d'un module:**

La puissance-crête (WC) d'un module photovoltaïque est la puissance électrique maximale qu'il peut fournir, dans les conditions de mesures normalisées suivantes:

- lorsqu'il est connecté à une charge optimale
- lorsqu'il reçoit du soleil une puissance de 1000W/m2. Ceci correspond approximativement à une exposition perpendiculaire aux rayons du soleil le midi par temps clair;

• lorsque la température à la jonction des cellules est de 25 °C ; Il s'agit donc de conditions idéales conventionnelles qui sont très rarement remplies dans la pratique.

1. La caractéristique I/V : Courbe représentant le courant I débité par le module en fonction de la tension aux bornes de celui-ci [1].

2. Tension à vide V_{co} : Tension aux bornes du module en l'absence de tout courant, pour un éclairement " plein soleil "[1].

3. Courant de court-circuit, I_{cc} : Courant débité par un module en court-circuit pour un éclairement " plein soleil "[1].

4. Point de fonctionnement optimum, (V_m, I_m) : Lorsque la puissance de crête est maximum en plein soleil, $P_m = V_m * I_m$ [1]

5. Rendement : Rapport de la puissance électrique optimale à la puissance de radiation incidente [1].

6. Facteur de forme : Rapport entre la puissance optimale P_m et la puissance maximale que peut avoir la cellule : $V_{co} * I_{cc}$ [1].

• *Le champ photovoltaïque*

Le panneau solaire ou (champ solaire) se compose de modules photovoltaïques (voir figure I.11) 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 [1].

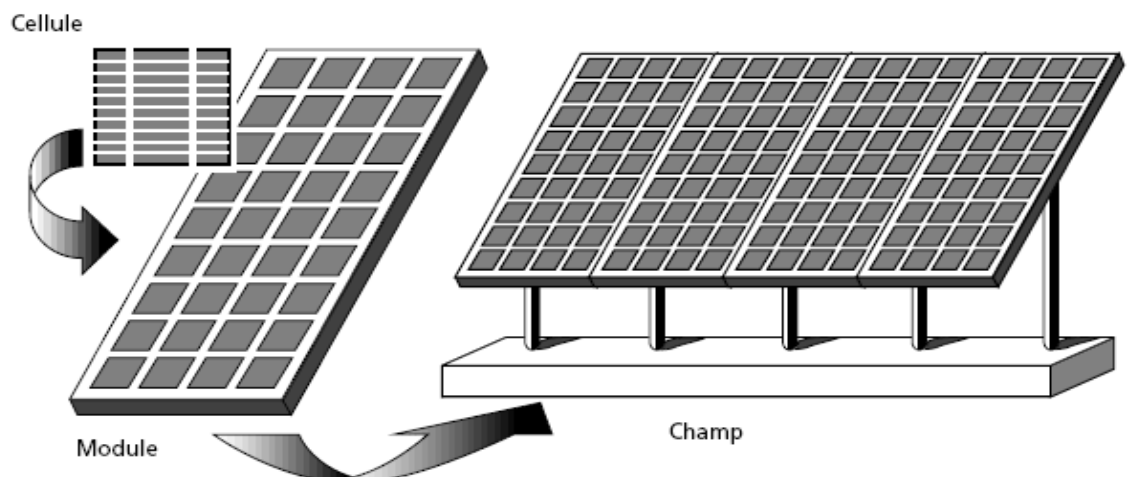


Figure I.8 : composantes d'un champ de modules photovoltaïque [6]

Pour intégrer les modules au niveau système, le champ PV peut être associé à un organe MPPT (Maximum Power Point Tracking).

Il permet d'ajuster, en chaque instant, la puissance électrique fournie par le champ à sa valeur maximale (dans les conditions d'ensoleillement et de température de l'instant considéré) en déplaçant le point de fonctionnement du module sur sa courbe caractéristique [11].

Le calcul de la géométrie optimale du champ photovoltaïque consiste à modifier les configurations des associations série des modules PV de façon à faire fonctionner la charge dans la zone de puissance maximale.

Un calcul de la géométrie optimale du champ photovoltaïque doit effectuer à chaque changement du point de fonctionnement dû aux variations des conditions météorologiques.

Pour atteindre les valeurs nominales requises pour un fonctionnement optimal, il faut brancher les modules PV selon la relation à un groupement mixte formé de la mise en série de N modules et M en parallèle (figure I.12) On obtient dans ce cas [7]:

$$I_g = M \cdot I_{\text{module}} \dots\dots\dots(I.21)$$

$$V_g = N \cdot V_{\text{module}} \dots\dots\dots(I.22)$$

La relation du courant lié à une tension [1] :

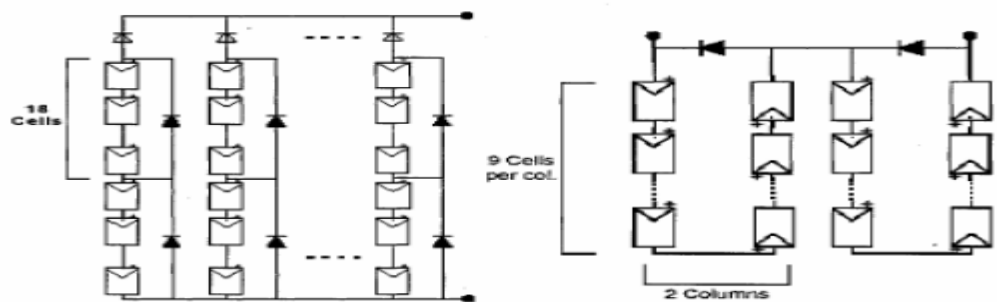


Figure I.9 : configurations des associations série parallèle des modules PV [1]

La relation du courant lié à une tension

$$I = M \cdot I_{ph} - M \cdot I_0 [\exp(C_2 (V \cdot M + N \cdot R_{se} I) - 1)] \dots\dots\dots(I, 22)$$

$$C_2 = \frac{C_1}{M \cdot N}$$

$$\text{Alors : } V = \frac{1}{C_2} \left[1 + \ln \left(\frac{I - M \cdot I_{ph}}{M \cdot I_0} \right) \right] - R_{se} I$$

Cette relation est vraie si toutes les cellules solaires constituant le générateur sont identiques.

1.2.3. Les batteries

La batterie sert à stocker l'énergie produite par le champ de modules PV. Il y a nécessité de stockage chaque fois que la demande énergétique est décalée dans le temps vis-à-vis de l'apport énergétique solaire. En effet :

- la demande énergétique est fonction de la charge à alimenter, les appareils utilisés fonctionnent soit en continu, soit à la demande ;
- l'apport énergétique solaire est périodique (alternance jour/nuit, été/hiver) et aléatoire (conditions météorologiques) [6].

Ce décalage entre la demande et l'apport énergétique nécessite un stockage d'électricité. Le système tampon utilisé le plus couramment pour les systèmes photovoltaïques est la batterie d'accumulateurs électrochimiques

Dans un système photovoltaïque, la batterie remplit trois fonctions importantes :

- **Autonomie.** Une batterie permet de répondre aux besoins de la charge en tout temps, même la nuit ou par temps nuageux.
- **Courant de surcharge.** Une batterie permet de fournir un courant de surcharge pendant quelques instants, c'est-à-dire un courant plus élevé que celui que peut fournir le champ PV. Ceci est nécessaire pour faire démarrer les moteurs et les autres appareils requérant un courant de démarrage de 3 à 5 fois supérieur au courant d'utilisation.
- **Stabilisation de la tension.** Une batterie permet de fournir une tension constante, en éliminant les écarts de tension du champ PV et en permettant aux appareils un fonctionnement à une tension optimisée.

1.2.3. C. La régulation

Différents systèmes électroniques sont utilisés pour protéger la batterie contre une charge trop élevée ou une décharge trop profonde.

- Une charge trop élevée entraînera une électrolyse de l'eau en hydrogène et oxygène, ce qui pourra éventuellement amener les plaques en contact avec l'air et provoquera un vieillissement prématuré de la batterie. La formation d'hydrogène représente également un risque certain d'explosion dans un local peu ventilé.
- Une décharge profonde répétée provoque une sulfatation irréversible des plaques et, par conséquent, une diminution de la capacité de la batterie. Cette sulfatation peut également provoquer des courts circuits entre les plaques et rendre l'accumulateur inopérant [6].

1.2.3. D. Système de conversion

Un convertisseur d'énergie est un équipement que l'on dispose généralement soit entre le champ PV et la charge (sans stockage avec charge en continu, il portera le nom de convertisseur continu continue), soit entre la batterie et la charge (il sera alors appelé onduleur ou convertisseur continu alternatif) [6].

A l'onduleur est généralement associé un redresseur qui réalise la transformation du courant alternatif en courant continu et dont le rôle sera de charger les batteries et d'alimenter le circuit en continu de l'installation en cas de longue période sans soleil [6].

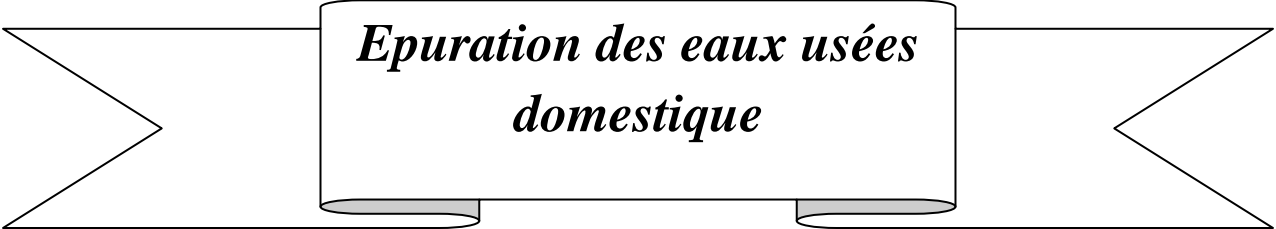
a) Le convertisseur DC/DC (hacheur élévateur ou abaisseur de tension, selon le niveau de tension cible) permet de relier le champ PV à un bus continu, auquel les diverses machines énergétiques du système sont reliées : la charge (l'utilisateur final), les autres sources d'énergie (pile à combustible, batteries, autres sources renouvelables) ou les périphériques. Il permet en outre de lisser les fluctuations de la tension des composants au niveau du bus commun [11].

b) L'onduleur (convertisseur DC/AC) sera utilisé lorsque le champ PV est raccordé au réseau électrique ou dans les systèmes incluant un bus alternatif [11].

1.2.3. La Charge

La charge est l'équipement électrique alimenté par le système peut être de type continue comme des équipements de télécommunications, le pompage d'eau, ou de type alternative dans les cas d'usage domestique (maison solaire), ce cas nécessite un onduleur [1].

Chapitre II



*Épuration des eaux usées
domestique*

I. station d'épuration des eaux usées***II.1. les eaux usées :***

Les eaux usées comprennent : les effluents urbains et les effluents industriels. Par effluents urbains, il faut comprendre les eaux d'entraînement des déchets domestiques, éviers, salles d'eau, WC, ainsi que les eaux des services publics, lavage des rues et des caniveaux. Les effluents industriels comprennent toutes les eaux susceptibles d'être rejetées par les industries, c'est-à-dire, outre les eaux à caractère domestique (personnel), les eaux de fabrication et les eaux de

II.2. étapes traitement des eaux usées***II.2.1. prétraitement :***

Le prétraitement consiste en trois étapes principales qui permettent de supprimer de l'eau les éléments qui gêneraient les phases suivantes de traitement. Toutes les stations d'épuration ne sont pas forcément équipées des trois, seul le dégrillage est généralisé, les autres sont le dessablage et le déshuilage [12]

A - Dégrillage et tamisage :

Le dégrillage et le tamisage permettent de retirer de l'eau les déchets insolubles tels que les branches, les plastiques, serviettes hygiéniques, etc. En effet, ces déchets ne pouvant pas être éliminés par un traitement biologique ou physico-chimique, il faut donc les éliminer mécaniquement.

Pour ce faire, l'eau usée passe à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées.

Celles-ci sont en général équipées de systèmes automatiques de nettoyage pour éviter leur colmatage, et aussi pour éviter le dysfonctionnement de la pompe (dans les cas où il y aurait un système de pompage)

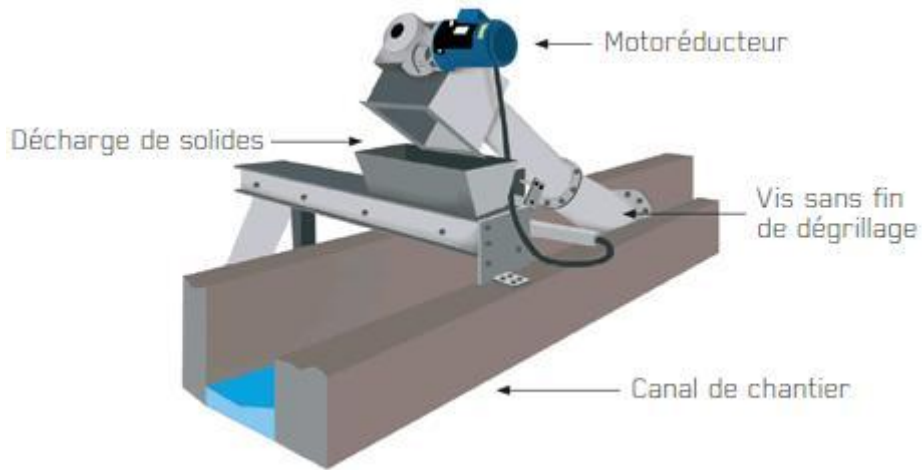


Figure II.1 : Schéma de tamisage et dégrillage [13]

b- Dessablage :

Le dessablage permet, par décantation, de retirer les sables mélangés dans les eaux par ruissellement ou amenés par l'érosion des canalisations. Ce matériau, s'il n'était pas enlevé, se déposerait plus loin, gênant le fonctionnement de la station et provoquant une usure plus rapide des éléments mécaniques comme les pompes.

Les sables extraits peuvent être lavés avant d'être mis en décharge, afin de limiter le pourcentage de matières organiques, la dégradation de celles-ci provoquant des odeurs et une instabilité mécanique du matériau.

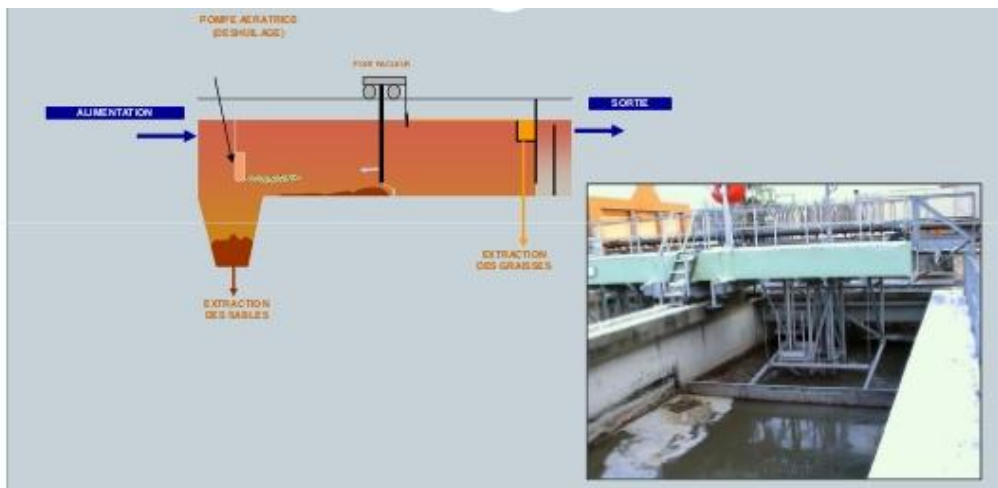


Figure II.2 : schéma de Dessablage [13]

C - Dégraissage :

C'est généralement le principe de la flottation qui est utilisé pour l'élimination des huiles. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes).

Leur élimination se fait ensuite par raclage de la surface. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages, notamment des canalisations. Leur élimination est essentielle également pour limiter les problèmes de rejets de particules graisseuses, les difficultés de décantation ou les perturbations des échanges gazeux

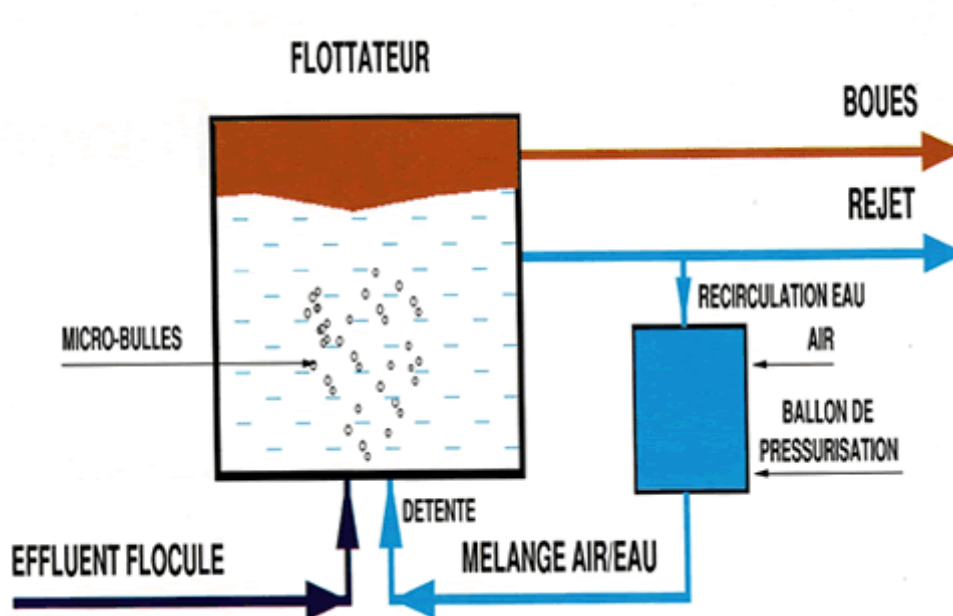


Figure II.3: Schéma de Dégraissage [13]

II.2.2. traitement première :

Le traitement primaire consiste à réaliser l'étape de décantation qui élimine jusqu'à 60 % des matières en suspension (MES), et environ le tiers de la DBO5 entrante.

Les boues produites fortement organiques et fermentescibles sont acheminées vers l'unité de traitement des boues. La phase aqueuse résultante, non conforme aux seuils de rejet, est acheminée vers le traitement secondaire. Si le traitement secondaire n'existe pas, comme c'est le cas dans de nombreuses villes côtières ou riveraines d'un grand fleuve, la décantation est optimisée par ajout de coagulant et de floculant qui améliorent notablement l'épuration.

La décantation a lieu dans des décanteurs circulaires raclés ou dans des décanteurs lamellaires. Le traitement primaire est une étape facultative. Dans de nombreuses stations, le flux prétraité est directement envoyé vers la phase de traitement secondaire [14].

- **La coagulation :**

Dans un premier temps, la coagulation, par un ajout de sels métalliques (généralement de fer ou d'aluminium), permet de supprimer les répulsions inter colloïdales:

Les cations métalliques (Al^{3+} et Fe^{3+}) se lient aux colloïdes et les neutralisent. Il y a coagulation des particules colloïdales.

- **La floculation :**

Dans un deuxième temps, on ajoute un floculant, généralement un polymère (organique ou naturel) qui va jouer le rôle de colle entre les colloïdes. Il y a une agglomération des particules colloïdales.

Cet agglomérat de colloïdes appelé floc dispose d'une masse suffisante pour pouvoir se décanter.

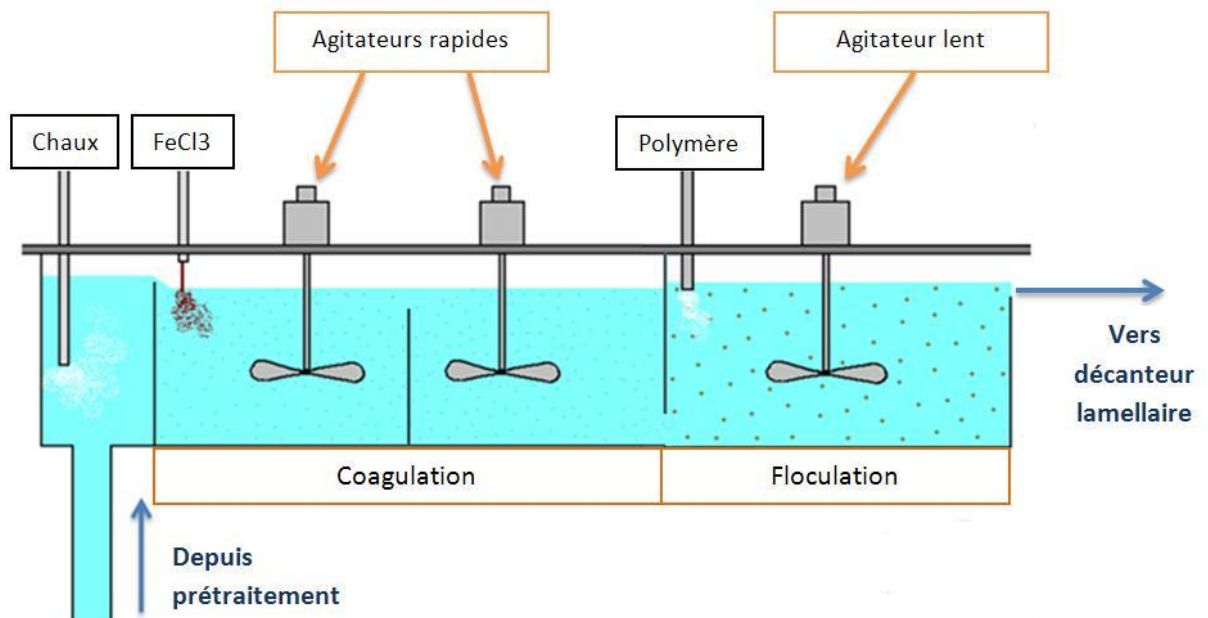


Figure II.4: Schéma traitement première (coagulation, floculation) [13]

II.2.3. traitement secondaire :

À l'issue des traitements précédents, la majorité des polluants est présente à l'état dissous.

Le traitement secondaire de nature biologique a pour but d'éliminer les pollutions carbonée, azotée et phosphorée. Il utilise la capacité auto-épuratrice de microorganismes dédiés dont l'activité est améliorée en les plaçant dans des conditions optimales. De nombreux procédés peuvent être utilisés [12]

boues activées, lit bactérien, lagunage, bio filtration, disques biologiques, ... Selon le procédé choisi, les opérations de maintenance seront fortement différentes :

par exemple, tous les 10 ans pour un lagunage, tous les ans pour une phytoremédiation

a) Traitement par voie biologique :

1-Traitement des composés organiques :

Le traitement biologique le plus simple consiste à éliminer les composés organiques tels que sucres, graisses et protéines. Ceux-ci sont nocifs pour l'environnement puisque leur dégradation implique la consommation de dioxygène dissous dans l'eau nécessaire à la survie des animaux aquatiques. La charge en polluants organiques est mesurée communément par la DBO5 (demande biologique (ou biochimique) en oxygène sur cinq jours) ou la demande chimique en oxygène (DCO). [12]

Les bactéries responsables de la dégradation des composés organiques sont hétérotrophes. Pour accélérer la dégradation des composés organiques, il faut apporter artificiellement de l'oxygène dans les eaux usées.

2- Nitrification :

Si les réacteurs biologiques permettent un temps de contact suffisant entre les effluents et les bactéries, il est possible d'atteindre un second degré de traitement

La nitrification. Il s'agit de l'oxydation de l'ammoniaque en nitrite, puis en nitrate par des bactéries nitrifiantes⁶. L'ammoniaque est un poison pour la faune piscicole.

Les bactéries nitrifiantes sont autotrophes (elles fixent elles-mêmes le carbone nécessaire à leur croissance dans le CO₂ de l'air). Elles croissent donc beaucoup plus lentement que les hétérotrophes. Une station d'épuration doit d'abord éliminer les composés organiques avant de pouvoir nitrifier. (Voir aussi : Cycle de l'azote)

3- Dénitrification :

Une troisième étape facultative consiste à dénitrifier (ou dénitrater) les nitrates résultants de la nitrification. Cette transformation peut se faire en pompant une partie de l'eau chargée de nitrates de la fin de traitement biologique et la mélanger à l'eau d'entrée, en tête de traitement. La dénitrification se passe dans un réacteur anoxique, en présence de composés organiques et de nitrates.

Les nitrates sont réduits en di azote (N_2) qui s'échappe dans l'air. Les nitrates sont des nutriments qui sont à l'origine de l'envahissement d'algues dans certaines mers, en particulier la Mer du Nord. La dénitrification se fait généralement sur les petites stations d'épuration dans le même bassin que la nitrification par syncopage (arrêt de l'aération, phase anoxie).

Cette étape tend à se généraliser pour protéger le milieu naturel

b) Traitement par voie physico-chimique :

Il regroupe l'aération et le brassage de l'eau mais aussi une décantation secondaire (dite aussi clarification).

À partir de ce dernier élément, l'eau clarifiée est rejetée (sauf traitement tertiaire éventuel) et les boues décantées sont renvoyées en plus grande partie vers le bassin d'aération, la partie excédentaire étant dirigée vers un circuit ou un stockage spécifique. [12]

c) Déphosphoration :

Pour limiter l'écotoxicité des rejets d'eaux usées un traitement du phosphore est généralement demandé sur les stations supérieures à 10 000 équivalents habitant.

Il peut être demandé sur des plus petites stations d'épuration suivant la sensibilité du milieu récepteur. Les sources géologiques de phosphores ayant été surexploitées sa récupération commence aussi à être un enjeu économique et industriel

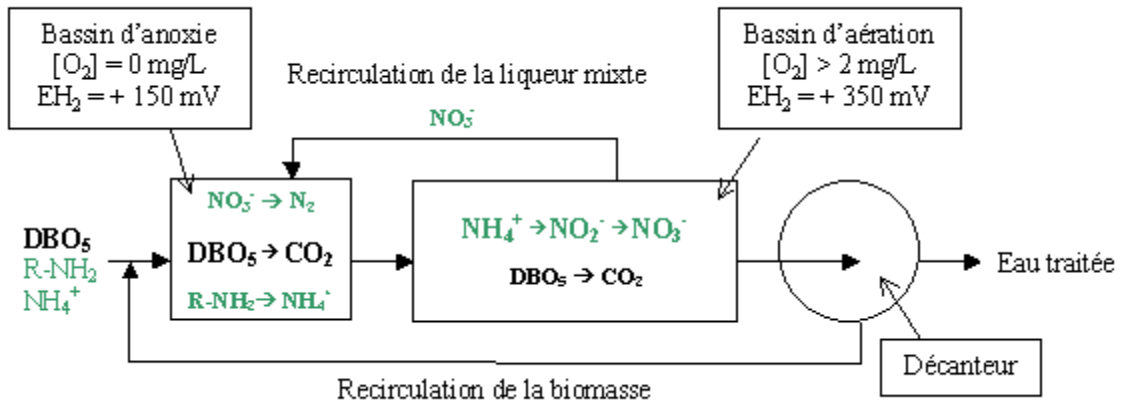


Figure II.5 : filière de traitement biologique du carbone et de l'azote [15]

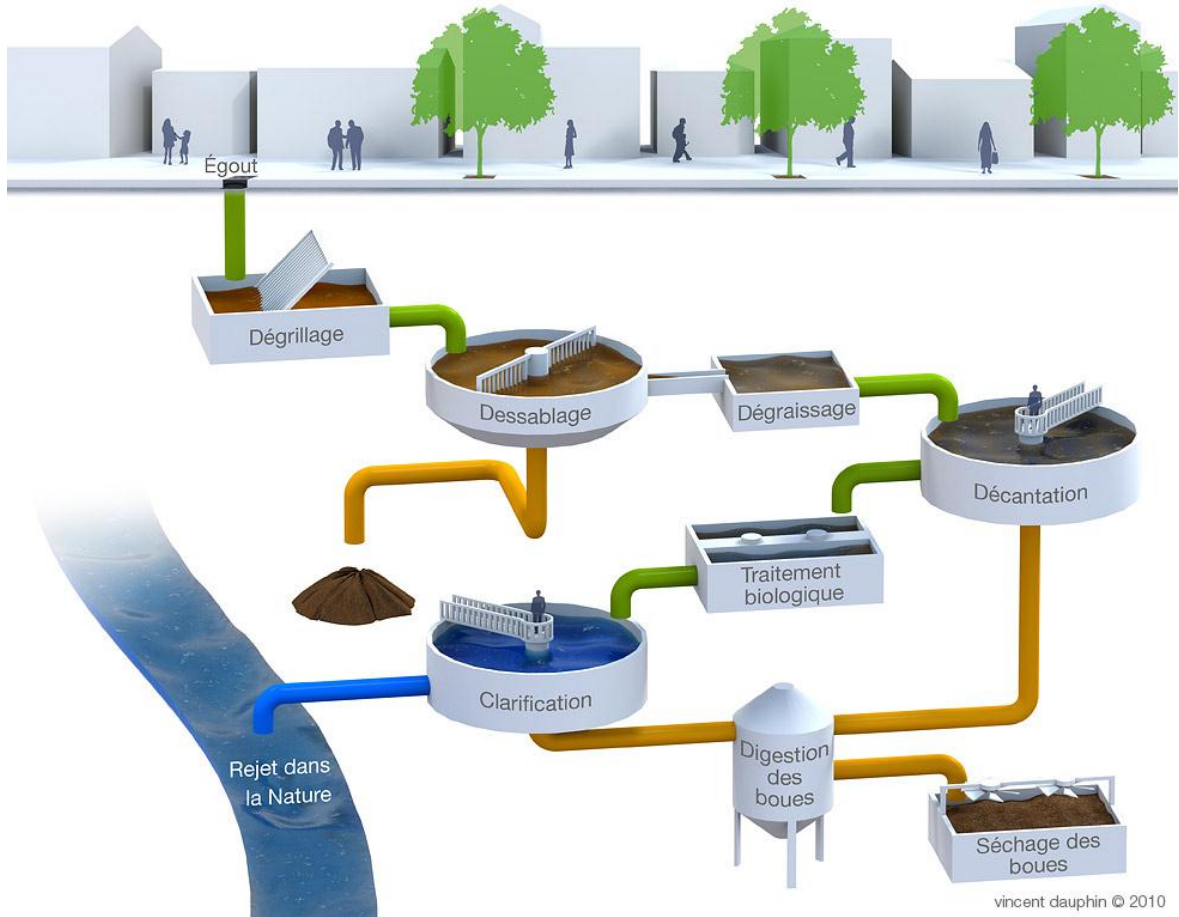


Figure II.6 : schéma d'une station épuration des eaux usées [13]

Chapitre III

Dimensionnement de system :

PV-Step

IIII.1. But de travail

D'après les études réalisées dans le domaine des énergies renouvelable en générale et particulièrement l'énergie solaire photovoltaïque, nous somme faire un dimensionnement théorique sur le couplage de réseau PV au niveau de station STEP à Ouargla.

III.2. Présentation de la station STEP**- Présentation du site Ouargla**

La Wilaya d'Ouargla est située au sud-est de l'Algérie (voir figure III.1), couvrant une superficie de 163230 Km². Elle demeure une des collectivités administratives les plus étendues du pays. Elle a une population totale estimée à 579608 habitants en 2004 [16].

Elle est limitée:

- au Nord par les wilayas de Djelfa, El Oued et Biskra;

- à l'Est par la Tunisie;

- à l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa;

- au Sud par les wilayas de Tamanrasset et Illizi

La ville de Ouargla se trouve à une altitude de 128 mètres et 32, 5° Est de la latitude. Elle est caractérisée par un climat saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées en période estivale, une forte évaporation et par une faible vie biologique de l'écosystème.

- L'insolation solaire moyenne est estimée en tant que 2900 kWh/m² annuellement, la ville d'Ouargla change de 2,280 kWh/m² en décembre, à 7,620 kWh/m² en juillet, sur une surface horizontale. Le rayonnement diffus est évalué à 1,324 kWh/m² en janvier, et 1,984 kWh/m² en juillet[16] .
- Les températures mensuelles enregistrées au mois le plus chaud (juillet) sont de 37° C à 50° C. Alors que celles du mois le plus froid (janvier) sont de 9,7 °C à 10,8° C [16].
- Les précipitations sont rares, irrégulières et varient entre 1 mm et 180 mm par année. Les précipitations moyennes annuelles sont de 48.8 mm/an à 77 mm/an [16].
- Le Sirocco (vent chaud et sec) peut être observé à toute époque de l'année [19].

- L'humidité relative enregistre des taux tournant de 24 à 65 %; alors que l'évaporation est très importante (434 mm)[16]

a) La situation d'assainissement dans la ville d'Ouargla [16] :

L'assainissement est par définition une technique qui consiste à évacuer par voie hydraulique, les eaux usées provenant d'une agglomération humaine ou plus généralement d'un delà d'une limite admissible l'environnement.

Le réseau de l'assainissement urbain dans la ville d'Ouargla est du type unitaire, il couvre les trois communes d'Ouargla, Rouissait et Ain Beida.

Les principales caractéristiques du réseau d'assainissement urbain de la ville d'Ouargla.

Sont résumé ci-dessous :

- ✓ 26 stations de relevage et de pompage.
- ✓ 106 km de canalisation et conduite de refoulement.
- ✓ 3 stations d'épurations (pour les 3 daïra de Ouargla, Sidi khouiled, N'goussa).
- ✓ 71km de drains.

Afin que :

- ✓ Les eaux de drainage agricoles soient progressivement collectées et évacuées d'une façon indépendante.
- ✓ Les eaux pluviales soient séparées des eaux usées.
- ✓ L'option zéro rejet d'eau usée soit atteinte avec l'abandon de l'assainissement autonome.
- ✓ Les eaux de la nappe en ville soient récupérées dans les drains qui surplombent les collecteurs d'assainissement.
- ✓ La sebkha safioune soit l'exutoire final d'Ouargla (ONA, 2011).

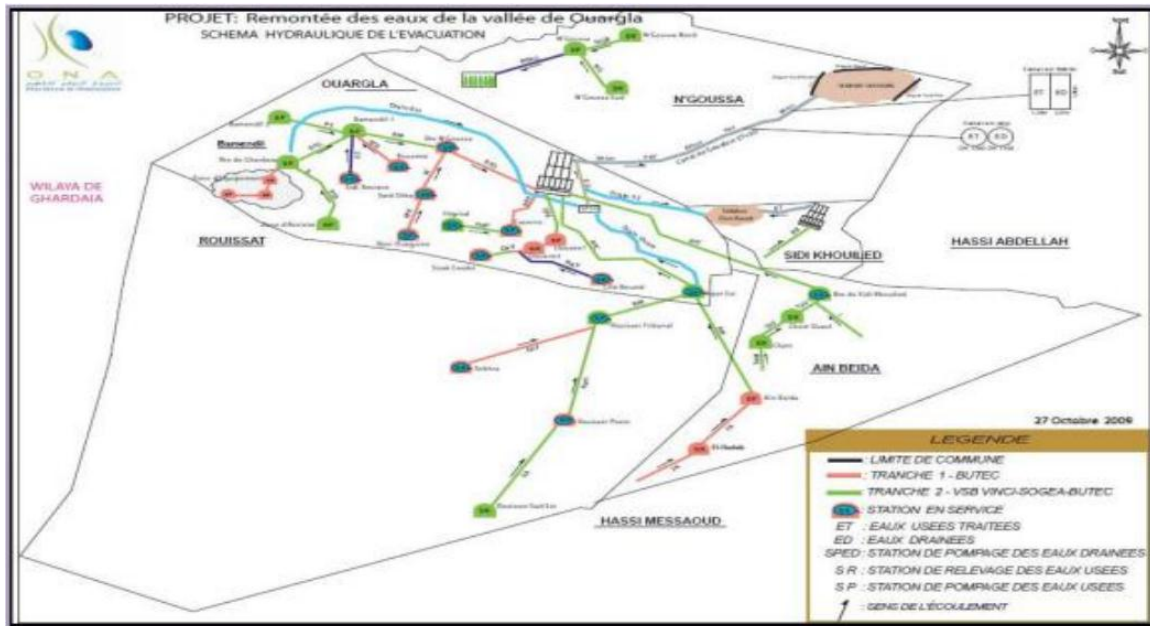


Figure III.1 : le réseau d’assainissement de la ville d’Ouargla (ONA, 2011).

b) Etude du site expérimental:

La station d’épuration des eaux usées par le lagunage aéré d’Ouargla est située dans la région de Saïd Otba entre les deux branches du canal de drainage.

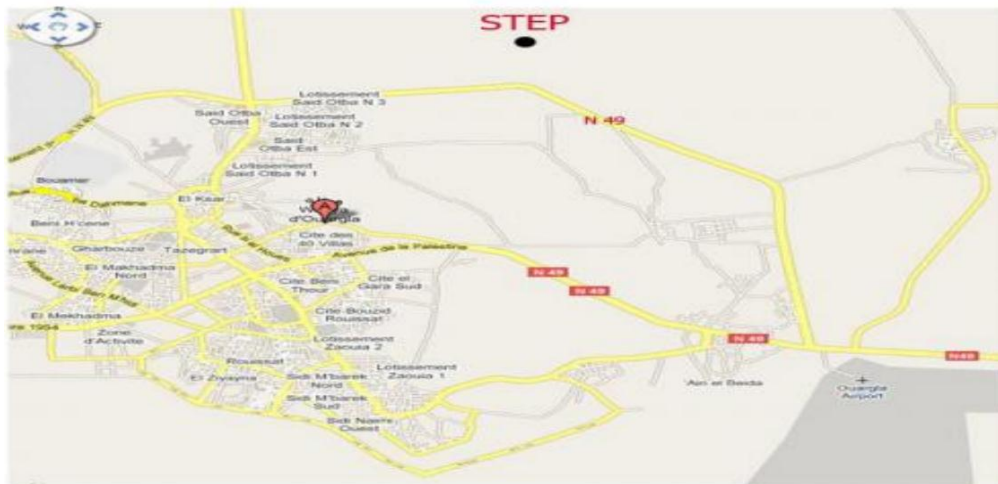


Figure III.2 : situation géographique de la STEP par rapport à la ville d’Ouargla.

c) Description de l’installation:

L’installation se compose pour l’essentiel d’ouvrages à ciel ouvert, de caniveaux, canalisations, pompes, aérateurs, instruments de mesure, organes de vanneries et automatismes industriels avec commandes et dispositifs de régulation.

III.3. Dimensionnement de la STEP Ouargla :

- ✓ Capacité: 400000 eq/hab.
- ✓ Surface totale: 80 ha.
- ✓ Nombre de lit de séchage: 11 lits.
- ✓ Nombre de bassins: 08 bassins devisés en 03 niveaux.

Tableau III.1 : les données de bases de la STEP (STEP Ouargla.2011).

| Première niveau | |
|-----------------------------|------------------------|
| Nombre de bassin | 04 bassins d'aération |
| Volume total | 3408000 m ³ |
| Volume par unité de bassin | 25200 m ³ |
| Surface total | 9.6 ha |
| Surface par unité de bassin | 2.4 ha |
| Profondeur de bassin | 3.5 m |
| Temps de séjour | 08 jours |
| Nombre d'aérateur | 12 aérateurs |
| Deuxième niveau | |
| Nombre de bassin | 02 bassins d'aération |
| Volume total | 227200 m ³ |
| Volume par unité de bassin | 113600 m ³ |
| Surface total | 8.2 ha |
| Surface par unité de bassin | 4.1 ha |
| Profondeur de bassin | 2.8 m |
| Temps de séjour | 03 jours |
| Nombre d'aérateur | 07 aérateurs |
| Troisième niveau | |
| Nombre de bassin | 02 bassins finition |
| Volume total | 148054 m ³ |
| Volume par unité de bassin | 74027 m ³ |
| Surface total | 9.8 ha |
| Surface par unité de bassin | 4.9 ha |
| Profondeur de bassin | 1.5 m |
| Temps de séjour | 02 jours |

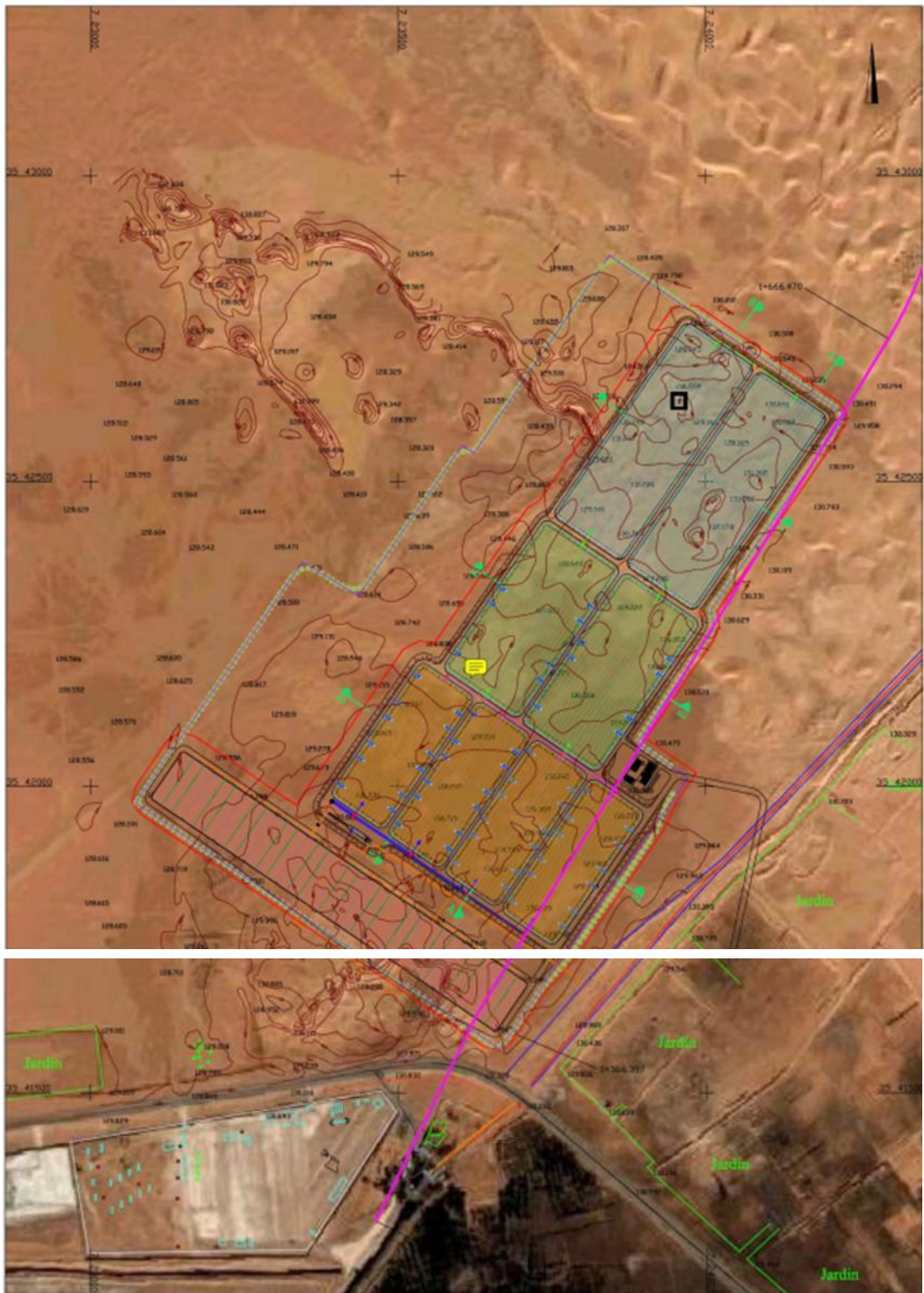


Figure III.3 : aérien de la station.

III.4. Traitements de la station :

Les eaux usées urbaines collectées par le réseau d'assainissement d'une agglomération, contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population. Elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement.

III.4.1. L'objectif de traitement de la station :

Les objectifs de traitement sont les suivants :

- ✓ Supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées,
- ✓ Protéger le milieu récepteur,
- ✓ Se garder la possibilité de réutiliser les effluents épurés pour une irrigation restrictive.

III.4.2. Principe de traitement :

Les eaux brutes arrivent à la station par refoulement, et subissent les différents traitements conventionnels d'un effluent urbain. Les étapes par les quelles passent les eaux usées dans la station sont les suivantes :

1) Arrivée de l'eau

Les eaux usées à traiter arrivent à la station d'épuration par l'intermédiaire de cinq stations de refoulements :

- ✓ **Refoulement 01** : conduite d'amenée des eaux usées DN 600mm de SP nœud hydraulique de Chott.
- ✓ **Refoulement 02** : conduite d'amenée des eaux usées DN 315mm de SP Sidi Khouiled.
- ✓ **Refoulement 03** : conduite d'amenée des eaux usées DN 400mm de nouvelle SP Caserne/Hôpital.
- ✓ **Refoulement 04** : conduite d'amenée des eaux usées DN 500mm de SP Douane.
- ✓ **Refoulement 05** : conduite d'amenée des eaux usées DN 700mm de SP route N'Goussa.

Ces conduites déboucheront dans un regard de dégazage. Ce dernier assure une oxygénation naturelle des eaux brutes. Cette opération permet d'évacuer le H₂S qui pourrait se former dans les conduites de refoulement.

A partir du regard de dégazage, les eaux brutes débouchent dans un canal regroupant les installations de dégrillage et de dessablage.

Un canal Venturi sera placé à la sortie des ouvrages de prétraitement en vue de mesurer le débit d'entrée.

a)Prétraitement et traitement primaire :

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements.

Le prétraitement comporte :

- Dégrillage :

Le système comprend un ensemble de deux dégrilleurs automatiques (espace entre barreaux de 25 mm) disposés en parallèle Un canal de secours équipé d'une grille statique (espace entre barreaux de 40 mm) disposée en parallèle permettra de by passer complètement l'ensemble des prétraitements, en cas de mise hors service des dégrilleurs automatiques.

Les refus de l'ensemble des dégrilleurs sont acheminés au moyen d'une vis de convoyage vers une benne à déchets.

- Dessablage :

Le dessablage sera réalisé par l'intermédiaire de trois canaux en parallèle de 2 m de large et 23m de long.

- Ouvrage de répartition :

Disposé en tête de station en aval des ouvrages de prétraitement, il permet de répartir les eaux usées vers les six lagunes de l'étage aéré n°1.

Cette répartition est assurée par six seuils déversant identiques, de 1,50 m de largeur, munis de batardeaux pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque hors service.

b) Traitement secondaire :

A la suite de ces prétraitements, les eaux à traitait subis un traitement par le système de lagunage aéré.

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène.

La filière est constituée de deux étages d'aération et d'un étage de finition.

1. Lagune d'aération :

Les effluents sont répartis entre les six lagunes de premier étage grâce à un répartiteur.

Dans l'étage d'aération, l'oxygénation est assurée par un aérateur de surface, cette aération mécanique favorise le développement des bactéries qui dégradent la matière organique et assimilent les nutriments.

2. Lagune de décantation :

Les eaux en cours de traitement transitent de façon gravitaire des lagunes aérées de 1er étage vers les lagunes aérées de 2^{ème} étage (lagunes de décantation) qui constitués de 3 lagunes.

C'est le lieu de séparation physique d'eau épurée et de la boue biologique, cette dernière est formée après une lente agglomération des matières en suspensions (amas de micro-organisme et de particules piéger).

3. Curage :

Les Lagunes de deux étages doit être régulièrement curée afin d'éviter les odeurs et la dégradation du traitement par les dépôts des boues.

Pratiquement le curage de la lagune devient nécessaire quand le volume occupé par les boues s'approche de 25% du volume total de la lagune.

Lors de l'extraction des boues proprement dites, on assiste à un mélange des boues avec des eaux en cours de traitement ce qui se traduit par l'abaissement de la siccité des boues à épandre sur les lits à 80 g/l.

De plus, pratiquement il est difficile d'extraire plus de 80% des boues d'une lagune à chaque opération de curage.

Une fréquence de curage des lagunes d'environ 1 fois tous les 3 ans.

c) *Traitement complémentaire Lagune de finition :*

Les eaux sortant des lagunes aérées de 2^{ème} étage sont dirigées vers 3 lagunes de finition où les effluents sont épurés à 80% dans une partie sera utilisée pour une irrigation restrictive.

- ✓ En entrée et sortie, un canal venturi associé à une sonde ultrason de mesure de la hauteur d'eau en amont permettra de mesurer de manière continue les débits.

III.5. Dimensionnement d'un system PV:

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque est essentiel pour son bon fonctionnement et pour la satisfaction de l'utilisateur.

Les méthodes de dimensionnement diffèrent essentiellement selon le type de raccordement, c'est à dire si le système est connecté au réseau électrique (réseau public EDF ou autre) ou s'il en est indépendant ou "isolé" [17].

Dans tous les cas il est nécessaire de connaître :

1. le besoin, la démarche
2. Le gisement d'énergie solaire du lieu concerné
3. le choix des modules photovoltaïques, leur implantation et la structure support
4. le choix des composants électriques assurant la régulation et la protection du système et des usagers
5. la mise en œuvre : câblage, maintenance

schéma PV- station

❖ Dimensionnement du système PV-STEP

1) *POMPAGE :*

Sous le terme général pompage, différentes applications sont regroupées. Les différences entre les types de pompage photovoltaïque résident dans la source d'où provient l'eau (rivière, puits, forage...) et dans le mode de fonctionnement de l'installation (sur batteries ou au fil du soleil).

- Sélection de la pompe :

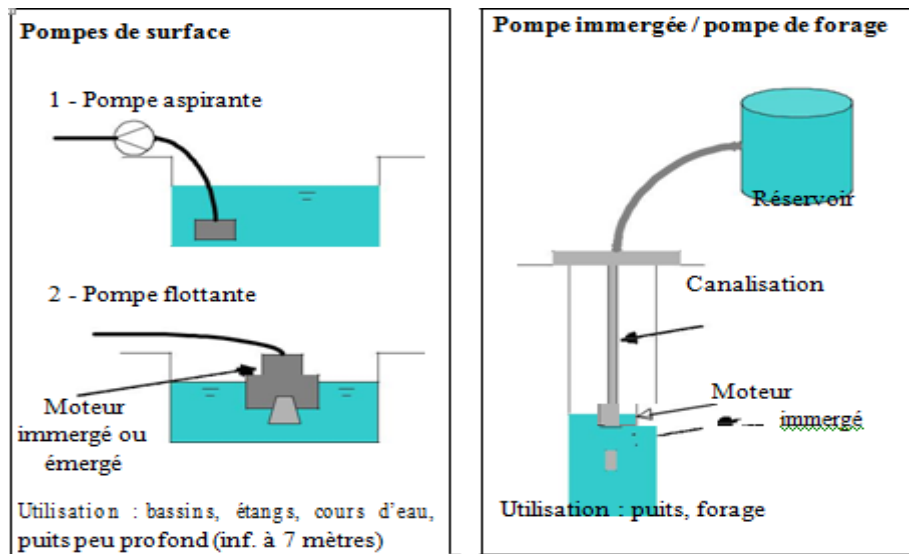


Figure III.4. Type de pompe

Les pompes peuvent être volumétriques ou centrifuges. Les pompes volumétriques sont réservées aux applications à faible débit et grande hauteur.

- Modes de fonctionnement

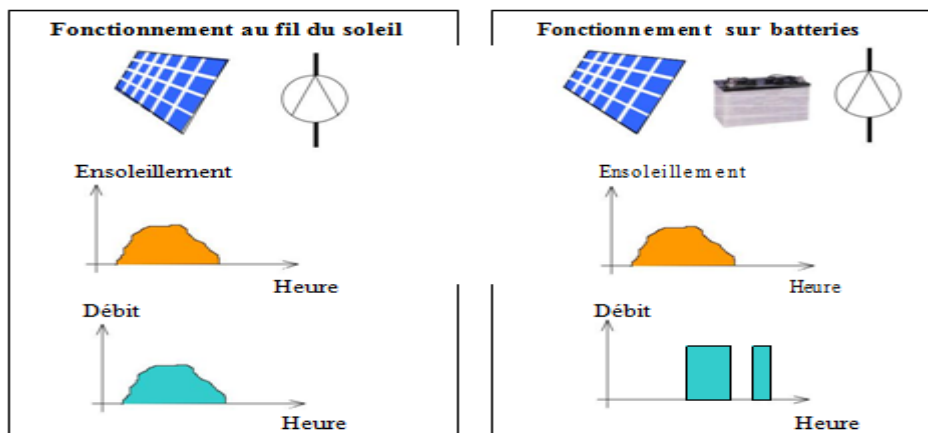


Figure III.5. Modes de fonctionnement

Lorsqu'un stockage de l'eau est possible, l'installation de pompage photovoltaïque peut fonctionner au fil du soleil. Le générateur photovoltaïque ne nécessite pas alors de stockage d'énergie sur batteries d'accumulateurs.

Cette option permet de limiter le coût de l'installation. Le pompage au fil du soleil n'est pas adapté aux régimes particuliers (applications domestiques à débit faible, applications particulières avec une hauteur manométrique totale (HMT) élevée,...). Dans ces cas, le pompage sur batterie sera préféré.

- **Conversion de l'énergie**

Les installations de grandes tailles utilisent en général des pompes centrifuges alimentées en courant alternatif triphasé. Ce courant est obtenu par l'intermédiaire d'un onduleur à fréquence variable en fonction de l'ensoleillement. L'onduleur impose alors une tension de *fonctionnement au générateur photovoltaïque qui correspond au maximum de puissance.*

- **DIMENSIONNEMENT DU GENERATEUR**

Énergie nécessaire au pompage : l'énergie quotidienne à fournir E_j [Wh/jour] pour pomper Q m³ d'eau par jour à une HMT moyenne de H mètres est de :

$$E_j = \frac{2,725 \times Q \times H}{r}$$

du système de pompage, en général r est compris entre 50 et 60 %). Compte tenu de ce rendement, 1 wattheure fourni à la pompe permet de pomper environ 200 litres d'eau pour une hauteur manométrique totale (HMT) égale à 1 mètre.

Les performances sont donnés ici (fonctionnement au fil du soleil, ensoleillement de 6 kWh/m².jour) :

| | | | |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|
| Hauteur [mètres] | 20 | 50 | 20 |
| Débit [m³/jour] | 15 | 15 | 30 |
| Puissance crête [Wc] | 400 | 900 | 900 |

2) **POSTE DE RELEVAGE :**

PRINCIPE :

Ces postes sont installés en tête des stations d'épuration pour relever les eaux usées qui sont collectées plus bas que le site de traitement. Les eaux sont stockées dans la cuve. Une ou deux pompes placées à l'intérieur les refoulent lorsque le niveau haut est atteint. Le volume de la cuve est dimensionné de manière à limiter le nombre de démarrage à un maximum de 10 pour des petites installations. Les deux pompes permettent d'assurer un fonctionnement continu en cas de panne d'une pompe et un fonctionnement en cascade pour des débits supérieurs aux prévisions. Pour limiter les consommations d'énergie, fonctionner avec une seule pompe est préférable.

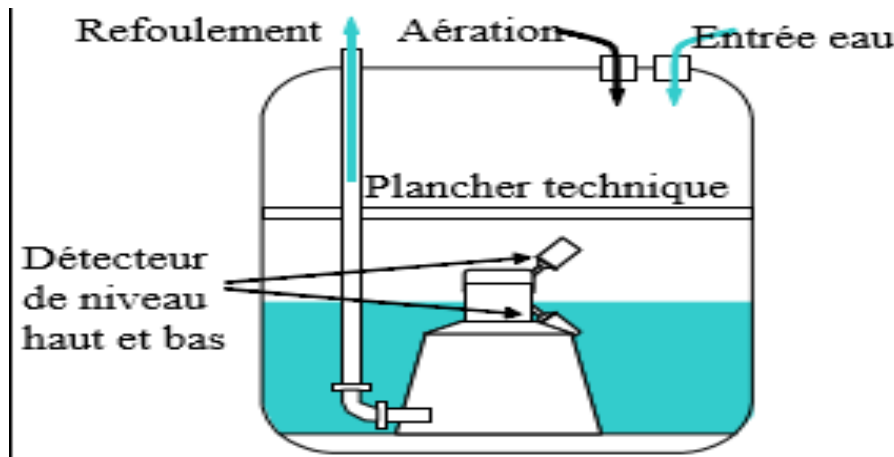


Figure. III.6.Principe du poste de relevage

✓ *CONSOMMATIONS D'ENERGIE*

Le choix du poste de relevage est réalisé à partir du débit d'eau à relever et de la hauteur manométrique totale (HMT) de relevage (hauteur de relevage + pertes de charge dans la conduite). Le dimensionnement peut être effectué par le constructeur au cas par cas. Les postes de relevage doivent être alimentés en 220 V alternatif ou 380 V triphasé. Il faut donc tenir compte du rendement d'un onduleur lors de l'estimation des consommations. La puissance est très variable suivant le site, la capacité de l'installation et la qualité des affluents traités. En règle générale, le poste de relevage est un poste fortement consommateur d'énergie.

3) *DEGRILLAGE MECANIQUE :*

PRINCIPE :

Le dégrillage est la phase initiale de l'épuration d'une eau usée où sont éliminées les matières les plus volumineuses. Une grille est placée dans le circuit des eaux usées et retient les particules grossières afin de protéger les systèmes d'épuration. Un peigne ou un râteau retire ces particules régulièrement pour éviter le colmatage. Le passage de ce peigne nécessite une consommation d'énergie relativement faible qui peut être d'origine photovoltaïque. Différents systèmes existent : dégrillages rotatifs, dégrillages verticaux...

DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME

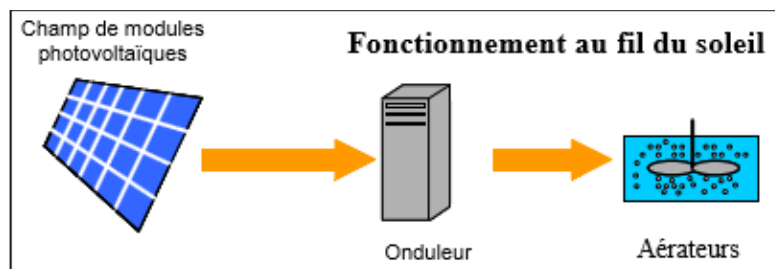
Le dégrillage : dans le d'eaux usées communales, le dimensionnement est essentiellement fonction du débit d'eau traité. Le générateur photovoltaïque : La puissance du moteur est de l'ordre de 200 W. Suivant la capacité de la station d'épuration, le moteur fonctionnera pendant des durées plus ou moins longues. Le moteur d'un dégrillage rotatif fonctionne toujours. Dans ces conditions un générateur de 200 à 400 WC est suffisant.

4) LAGUNAGE AERE:

- DIMENSIONNEMENT

Le lagunage : la surface totale retenue pour les trois lagunes est en général de 27,6 ha. La première lagune, où a lieu éventuellement une aération a une surface de 9.6 ha. La profondeur de ces lagunes est de 3,5 mètre. Cette aération est de l'ordre de 300 kW.

Le générateur photovoltaïque : l'apport d'énergie doit permettre d'améliorer les performances du système. L'aération n'est donc pas nécessaire à chaque instant, et un fonctionnement au fil du soleil est envisageable. Un onduleur sera cependant nécessaire pour transformer le courant continu produit par les modules en courant alternatif.



Pour les besoins du dimensionnement, la consommation d'énergie considérée est de 60 kWh/jour (5 heures de fonctionnement). Le générateur photovoltaïque doit avoir une puissance crête comprise entre 20 et 4 0000 Wc suivant l'ensoleillement.

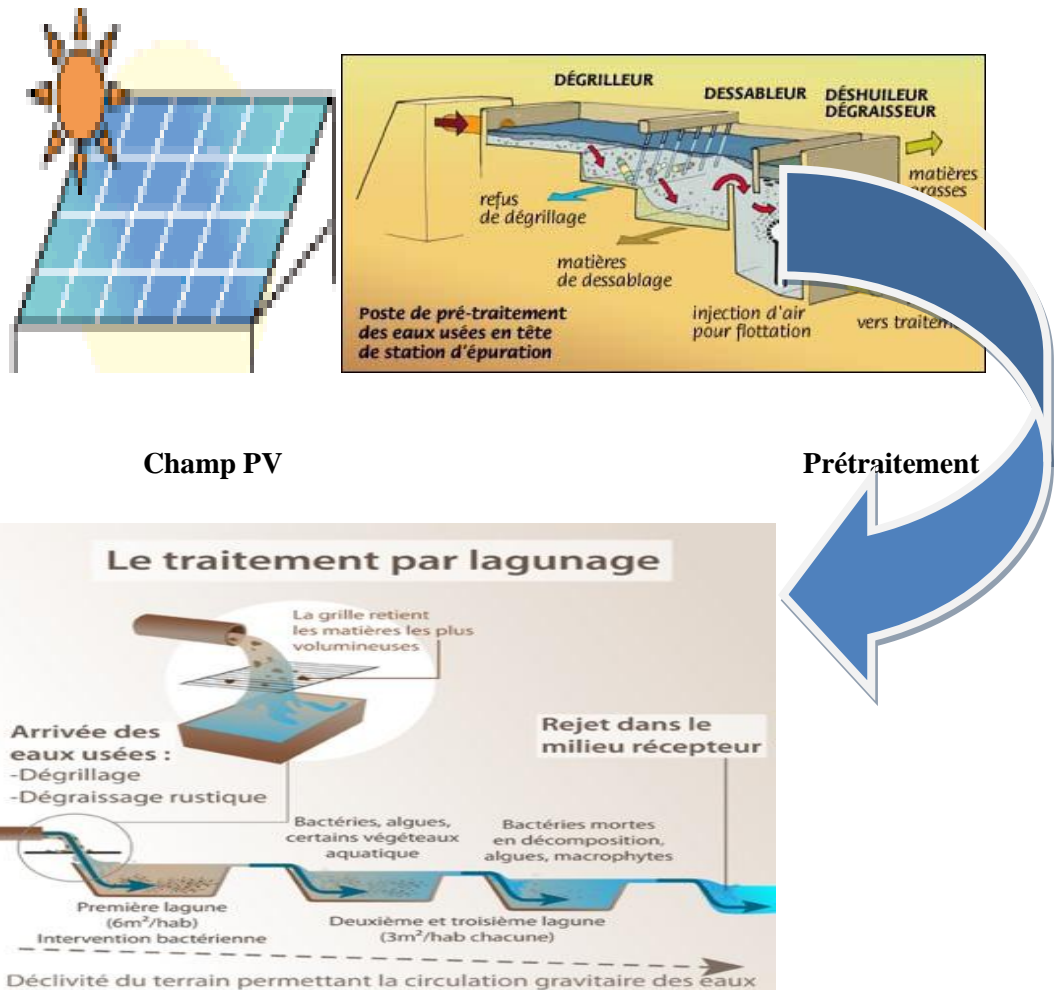


Figure III.7 : Schéma du système PV- STEP

III.5.1.Méthode de dimensionnement [17]

- Principales règles de dimensionnement

- ✓ N'utiliser le générateur photovoltaïque que pour les usages spécifiques de l'électricité, l'éclairage, les télétransmissions, les pompes
- ✓ Rejeter les applications thermiques de l'électricité (chauffage, cuisson)
- ✓ Choisir les chaînes de puissance les plus courtes : éviter si possible les onduleurs
- ✓ Adapter la tension en courant continu, en jouant sur les assemblages de modules :
 - 12 V pour $P_c < 150 \text{ W}_c$
 - 24 V pour $150 \text{ W}_c < P_c < 1000 \text{ W}_c$
 - 48 V pour $P_c > 1000 \text{ W}_c$
- ✓ Choisir des récepteurs à haut rendement : lampes basse consommation, réfrigérateurs sur-isolés...

- Estimation de la puissance crête nécessaire

✓ *Formule simplifiée :*

$$P_c = \frac{E_j}{0,6 \cdot E_i} \quad \text{ou} \quad E_j = 0,6 \times E_i \times P_c$$

Avec : E_j en [Wh / jour]

E_i en [kWh
/ m² / j] P_c
en [WC]

Cette formule est utilisable pour un générateur photovoltaïque fonctionnant sur batteries. Pour un usage au « fil du soleil », sans batteries, le coefficient 0,6 doit être remplacé par 0,75

- E_j : l'énergie moyenne journalière nécessaire pour le fonctionnement des équipements à courant continu
- E_i : le rayonnement solaire global journalier reçu dans le plan des modules
- P_c : la puissance crête des modules.

III.5.2. Modélisation du system Photovoltaïque

Nous avons déroulée dans cette partie une étude bien détaillée pour le système solaire, et nous concentrons sur les deux points principaux :

- Spécification de notre système (les composants, les caractéristiques....été).
- Modélisation mathématique et numérique (le module de calcul, logiciel)[17]

III.5.3. Présentation du système

Le système étudié est composé à deux unités principales :

- un système pour la captation du rayonnement solaire (le module solaire)
- un système qui assurer le mouvement des module (le traqueur).

Les modules photovoltaïque utilisés dans notre travaille sont composés des panneaux de types SM50 connectés en série.[17]

III.5.3.1. Le panneau photovoltaïque

Le panneau solaire photovoltaïque (figure (III .4)) est un [générateur électrique](#) de [courant continu](#) constitué d'un ensemble de [cellules photovoltaïques](#) reliées entre elles électriquement. Il sert de module de base pour les installations photovoltaïques et notamment dans les [centrales solaires photovoltaïques](#).



Figure III.8 : Module solaire photovoltaïque SM50

Les modules solaires utilisés dans notre système sont de type SM50, à technologie poly-cristalline et qui possèdent les caractéristiques présentées au tableau III.2.

Tableau III.2 : Caractéristiques des modules solaires [16]

| Paramètres électriques | | Module solaire |
|---------------------------------------|--------|----------------|
| Puissance crête P_c | [W] | 50 |
| Tension minimale | [V] | 12 |
| Courant crête | [A] | 2.87 |
| Tension crête | [V] | 17.39 |
| Courant de court circuit I_{CC} | [A] | 3.15 |
| Tension de circuit ouvert V_{OC} | [V] | 21.35 |
| NOCT | [°C] | 45.3 |
| Coefficient de température à I_{CC} | [A/°C] | 1.48 |
| Coefficient de température à | [V/°C] | -2.3 |
| Longueur | [mm] | 1075 |
| Largeur | [mm] | 418 |
| Nombres de cellules | | 36 |
| Poids du panneau | Kg | 6.8 |

III.5.3.2. Modélisation numérique:

La modélisation numérique (ou expérience numérique) permet de reproduire sur un ordinateur un phénomène physique complexe dont on souhaite étudier l'évolution. Elle repose sur la programmation de modèles théoriques ou mathématiques qui sont adaptés aux moyens numériques.

Dans notre étude, on a effectué la simulation par la programmation des équations décrivant le fonctionnement du système et résolue par l'outil mathématique MATLAB [16].

III.5.3.3. Les hypothèses simplificatrices

Pour simplifier la modélisation du notre problème nous supposons que les jours étudiés pour estimer les résultats sont attribués aux conditions météorologiques du site de Ouargla, il est caractérisé par :

- Un jour clair
- Un ciel moyen

III.5.4. Les étapes de modélisation**III.5.4.1. Modèle d'éclairement solaire**

Dans cette partie nous avons présenté les rayonnements solaire sur différents plans (horizontale, incliné, et tracking) ainsi pour différents temps (journalière, annuelle), résoudre cette problème, il existe plusieurs formules simplificatrice pour résoudre cette problème.

Dans notre travail on utilise la formule de PERRIN DE BRICHAMBAUT [5] comme un modèle de simulation pour calculer le rayonnement solaire sur un plan horizontal.

La formule précédent se définis que le rayonnement global GH est la somme des deux composants (directe et diffus) c'est-à-dire.

$$GH=SH +dH \quad (III.1)$$

SH : Le rayonnement directe est donnée par :

$$S = A(\sinh) \exp\left(\frac{-1}{C.\sin(h + 2)}\right) \quad (III.2)$$

dH : Le rayonnement diffus est donnée par :

$$d = B(\sinh)^{0.4} \quad (\text{III.3})$$

A.B et C sont des constantes reliées à la nature de ciel.

Ou : A=1300 B=87 C=6 pour un ciel très claire.

A=1230 B=125 C=4 pour un ciel moyen.

A=1200 B=187 C=2.5 pour un ciel pollué.

h : c'est l'hauteur angulaire est calculée respectivement par les étapes suivant ;

➤ **Calcul de la déclinaison (δ) [solaire thermique]:**

$$\delta = 23.45 \sin\left(\frac{(284 + n)}{365}\right) \quad (\text{III.4})$$

Avec : n : le nombre de jour

➤ **Calcul d'angle horaire au lever et au coucher du soleil [5]:**

$$\omega L = -\omega C = \arccos(-\tan(\psi)\tan(\delta)) \quad (\text{III.5})$$

➤ **Calcul du temps solaire au lever (TSL) [5]**

Le temps solaire au lever est donné par la relation suivant:

$$(\text{III.6}) \quad TSL = 12 + \left(\frac{\omega L}{15}\right)$$

➤ **Calcul du temps solaire au coucher (TSC) [5]**

$$(\text{III.7}) \quad TSC = 12 - \left(\frac{\omega L}{15}\right)$$

➤ **Calcul d'équation de temps (ET): [5]**

est donnée par la relation suivant

$$(\text{III.8}) \quad ET = (0.0002 - 0.4797 \cdot \cos(Z \cdot n) + 3.2265 \cdot \cos(2 \cdot Z \cdot n) + 0.0903 \cdot \cos(3 \cdot Z \cdot n) \\ + 7.3509 \cdot \sin(Z \cdot n) + 9.3912 \cdot \sin(2 \cdot Z \cdot n) + 0.3361 \cdot \sin(3 \cdot Z \cdot n))$$

Avec : Z c'est un constant (Z=0.984)

➤ **Calcul du temps Légal (TL) [5] :**

Est donné par la relation suivant

$$TL = TSL + 1 - \left(\frac{ET}{60}\right) - \left(\frac{(0 + \lambda)}{15}\right) \dots\dots\dots \text{(III.9)}$$

λ : longitude du site.

➤ **Calcul de l'angle horaire(ω) [5] :**

$$\omega = 15.(TSL - 12) \text{ (III.10)}$$

➤ **Calcul l'hauteur angulaire du soleil (h) [5]:**

$$h = \arcsin(\sin(\psi).\sin(\delta) + \cos(\psi).\cos(\delta).\cos(\omega)) \dots\dots\dots \text{(III.11)}$$

III.5.4.2. Calcul du rayonnement solaire sur un plan fixe (inclinaison et orientation fixe) [5] :

➤ **Calcul d'azimute(a) :**

$$\sin(a) = \frac{\cos(\delta).\sin(\omega)}{\cos(h)} \dots\dots\dots \text{(III.12)}$$

➤ **Le Rayonnement solaire direct S_f :**

Pour le site d'Ouargla l'inclinaison optimale annuelle est égale à latitude du lieu ($\psi=31.93^\circ$)

$$S_f = \left(\frac{SH}{\sin(h)}\right).(\cos(h).\sin(\beta^f).\cos(a - \theta^f) + \sin(h).\cos(\beta^f)) \dots\dots\dots \text{(III.13)}$$

Avec :

β^f : l'inclinaison

a : l'angle d'azimute

θ^f : l'angle d'orientation

• **Le Rayonnement diffus D_f :**

$$\text{(III.14)} \quad D_f = \left(\frac{dH}{2}\right)(1 + \cos(\beta^f))$$

• **Le Rayonnement réfléchi R_f :**

$$\text{(III.15)} \quad R_f = \left(\frac{GH}{2}\right)\rho.(1 - \cos(\beta^f))$$

Avec : ρ : l'albédo ($\rho=0.35$)

• **Le Rayonnement global G_f :**

(III.16)

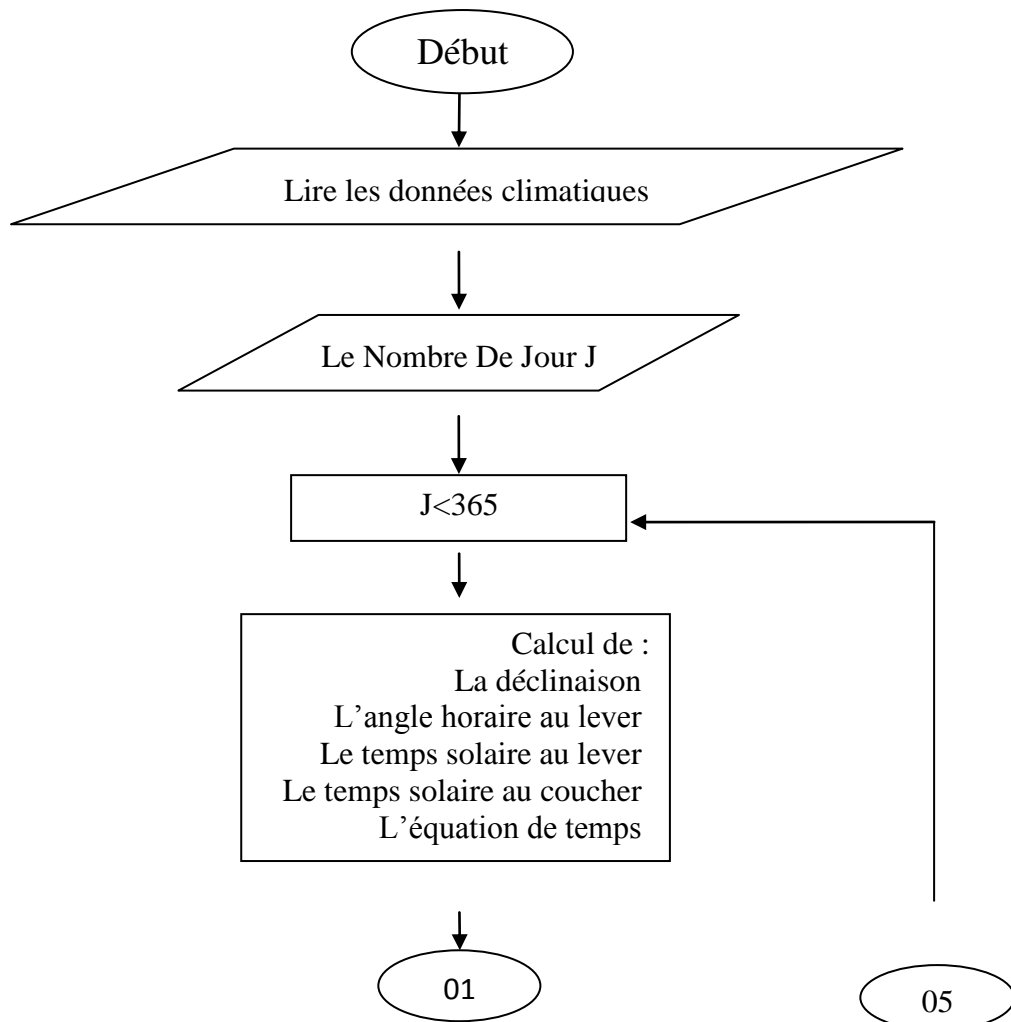
$$G_f = S_f + D_f + R_f$$

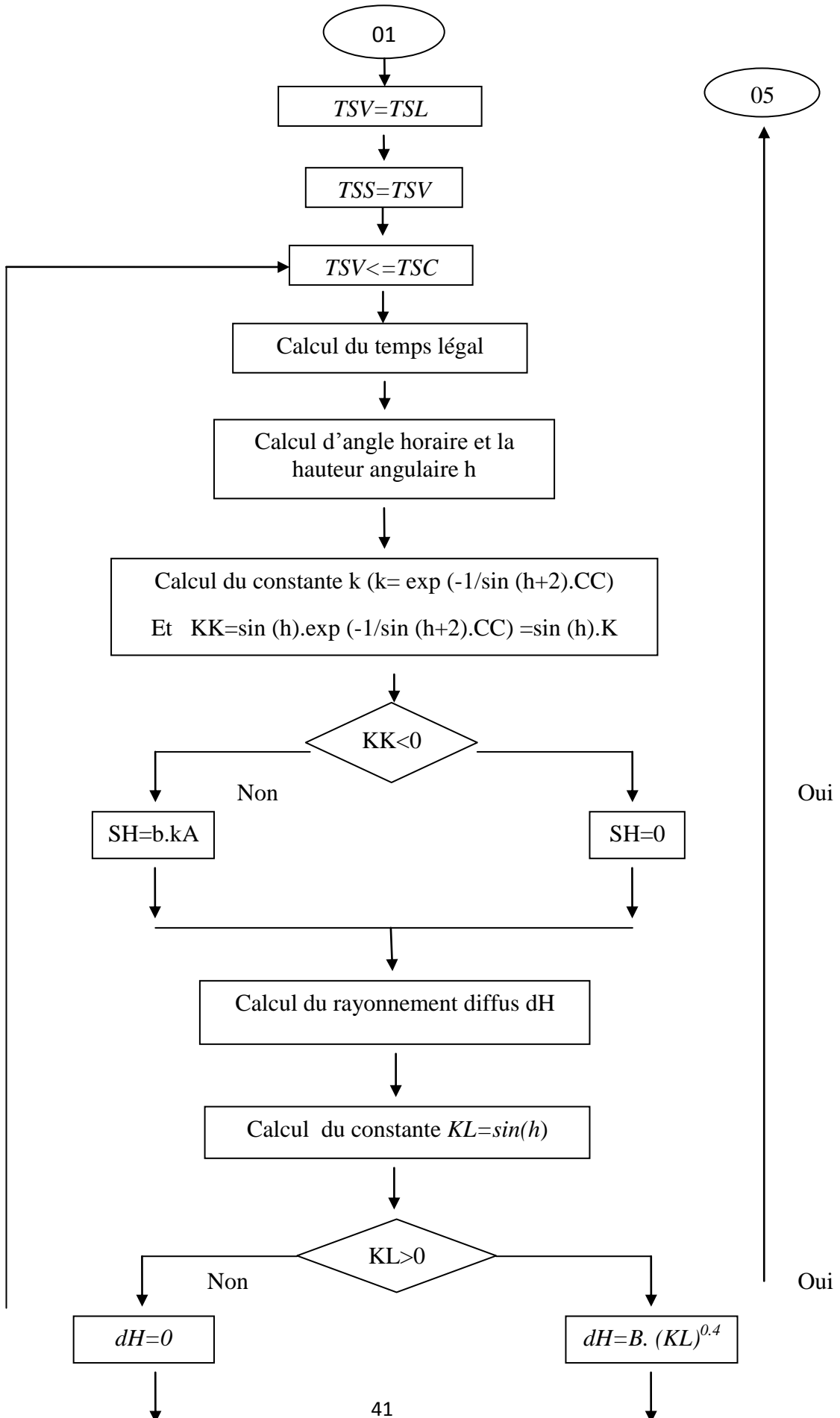
III.5.4.3. Calcul du rayonnement solaire sur différents plans :

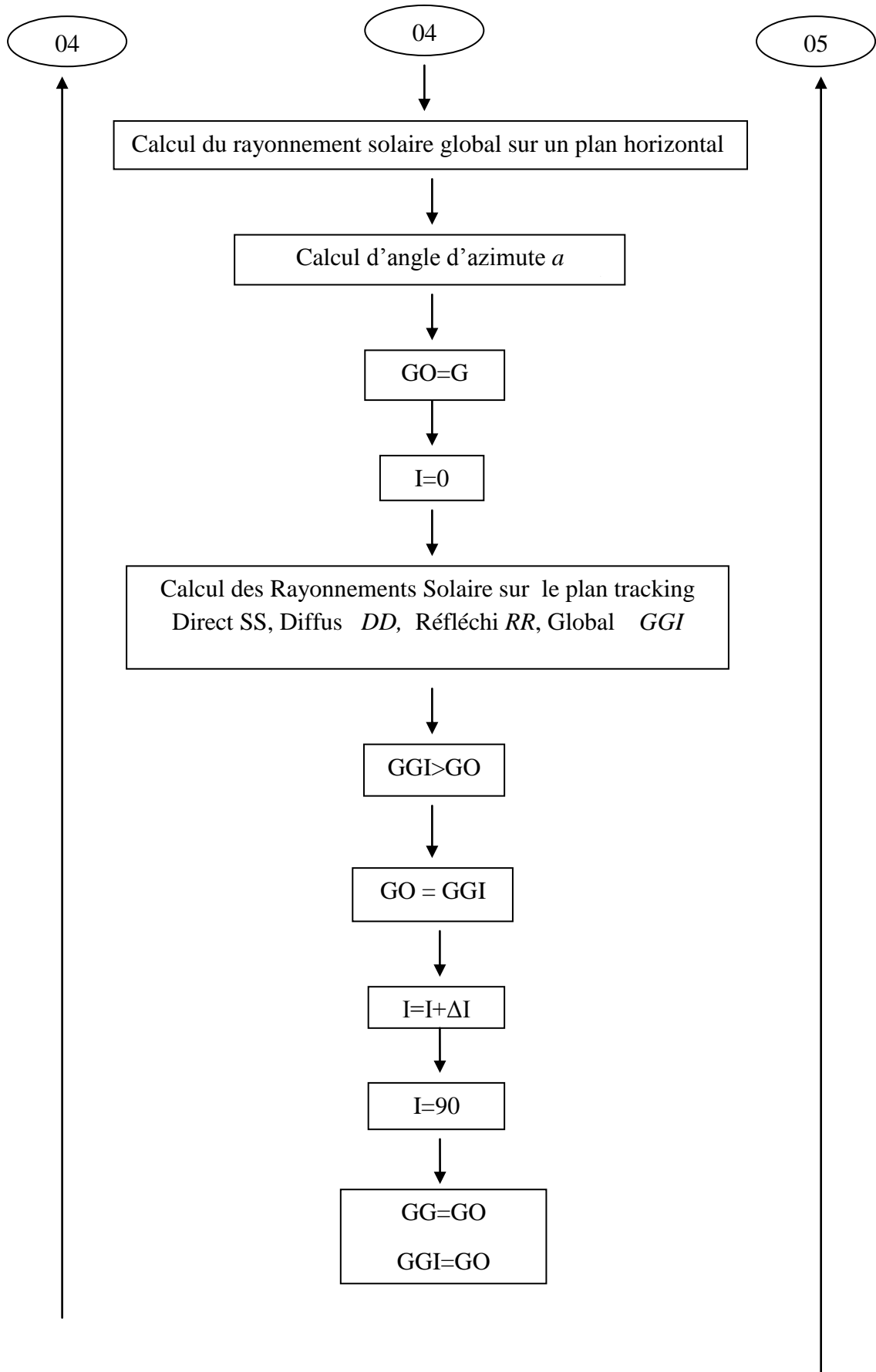
Comme nous l'avons présentée précédemment, le calcul du rayonnement solaire sur un plan tracking est prendre les même étapes du calcul du rayonnement solaire sur plan fixe avec une variation de l'inclinaison entre à l'intervalle $[0 : 90]$, et l'orientation entre l'intervalle $[-90 : +90]$; le pas de variation les deux angles est égale 1 ($\Delta i=1$).

III.5.5. Organigrammes du calcul :

Le programme de simulation utilisé effectuée sur l'environnement MATLAB nous résumerons toutes Les étapes de calcul dans l'organigramme présenté ci-dessous :







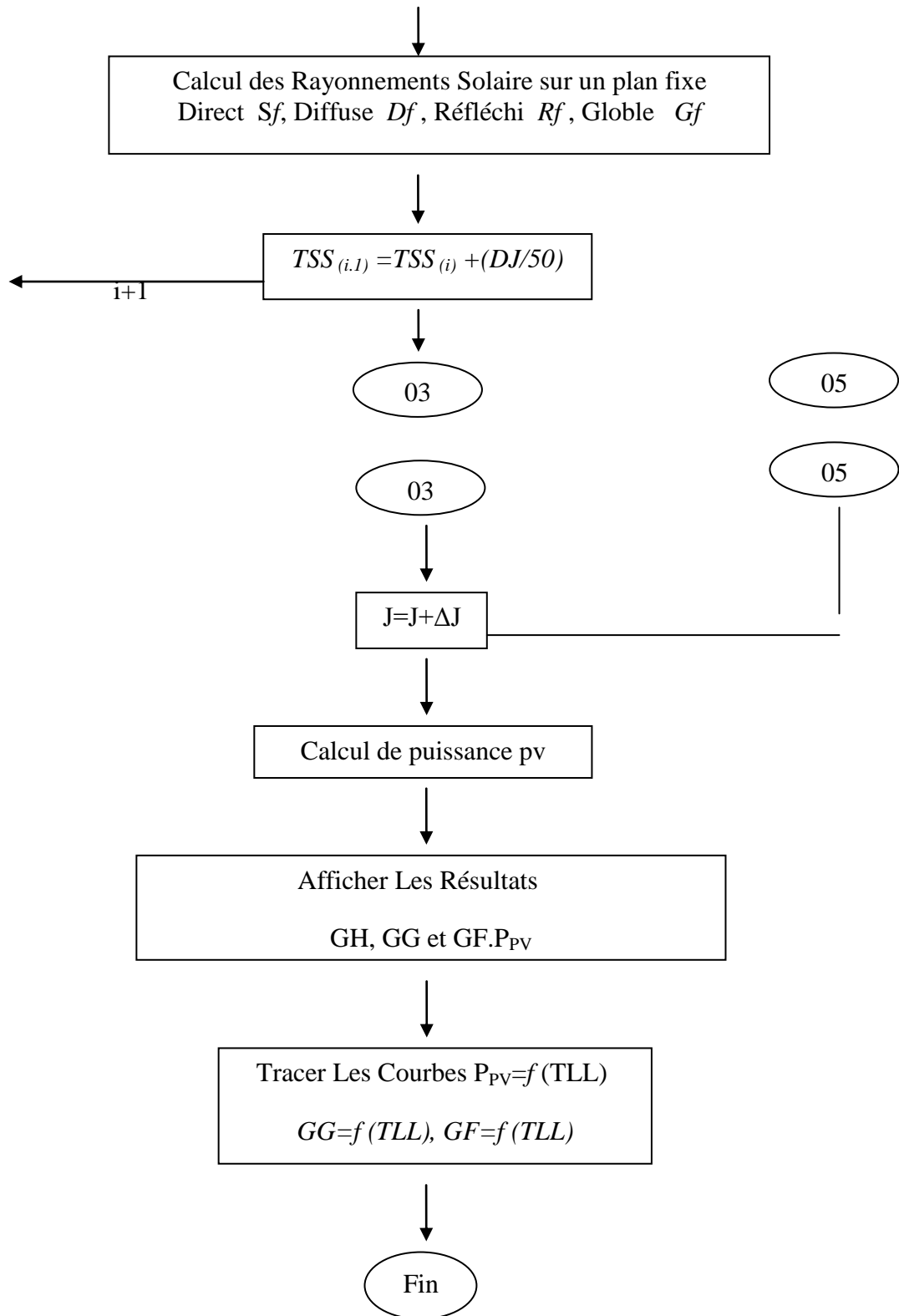


Figure III.9: Organigramme de calcul le rayonnement solaire sur différents plans

III.6. Modèle de la puissance PV

Pour réaliser cette modélisation, nous avons utilisé MATLAB comme outil de tests et de simulation. Nous avons choisi le modèle photovoltaïque **SM50[panneaux]**.

Plusieurs modèles mathématiques sont utilisés pour simuler le fonctionnement d'un générateur photovoltaïque. Ces modèles se différencient par la méthode de calcul et le nombre des paramètres intervenants dans la caractéristique courant - tension. Dans notre cas, nous avons choisi un modèle simple nécessitant que les paramètres donnés par le fabricant.

$$\dots\dots\dots (III.17) \quad I = I_{ph} - I_d - I_p$$

Avec:

I : le courant fourni par la cellule

Le photo-courant dépendant de l'éclairement (G). Ce courant correspond $I_{ph} = I_{sc} \left(\frac{G}{1000} \right)$

également de court-circuit.

Le courant dérivé par la résistance parallèle. $I_p = \frac{V + I.R_s}{R_p}$

Le courant traversant la diode. $I_d = I_0 \left[\exp \left(\frac{V + I.R_s}{nVT} \right) - 1 \right]$

V : La tension à la borne de cellule.

: Le courant de saturation inverse d'une diode. I_0

La tension thermique. $VT = \frac{KT}{e}$

Ou : e : Charge d'électron ($1.602 \times 10^{-19} \text{C}$).

K : Constante de Boltzmann ($1381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$).

n : Facture de non idéalité de la jonction comprise entre 1et 5 dans la pratique.

T : La température effective de la cellule en kelvin.

L'équation (III.21) est devient

$$I = I_{Ph} - I_0 \left[\exp\left(\frac{V + I.R_s}{nVT}\right) - 1 \right] - \frac{V + I.R_s}{R_P} \dots\dots\dots (III.18)$$

III.6.1. Variation de la tension à circuit ouvert :

La variation de la tension de circuit ouvert dépend de la température du module et de L'éclairement, elle donnée par l'équation suivant:

$$\dots\dots\dots V_{CO} = V_{CO0} + \beta.\Delta T + \alpha(G - G_0) \dots\dots\dots (III.19)$$

Avec :

V_{CO0} : la tension à circuit ouvert de référence (V).

α : coefficient de variation de courant à circuit ouvert en fonction de la température (A/°C).

β : coefficient de variation de la tension de court circuit en fonction de la température (V/°C).

ΔT : la variation de la température (°C).

III.6.2. Point de fonctionnement optimum, (V_m, I_m) :

Lorsque la puissance de crête est maximum en plein soleil .

$$\dots\dots\dots (III.20) P_m = I_m.V_m$$

I_m : point du courant à la puissance maximale

V_m : point de tension à la puissance maximale

III.6.3. Rendement photovoltaïque :

est le rapport de la puissance photovoltaïque sur la puissance du rayonnement solaire

$$(III.21) R_{PV} = \frac{V \cdot I}{E \cdot S_p}$$

III.7. Modèle de la température :**III.7.1. Température de jonction :**

La température de la jonction T_c de la cellule est donnée par la relation suivant

$$T_c = T_a + \frac{NOCT - 20}{800} E_G$$

Avec :

NOCT: la température nominale de fonctionnement de la cellule solaire (Nominal

Operating celle température)

T_a : est La température ambiante.

III.7.2. Température ambiante :

Le profil journalier de température ambiante est déterminé à partir des températures minimale et maximale de la journée, cette température s'exprime à une heure T_L de la journée par l'équation suivante:

$$(III.22) T_a = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2} \cos \left(\frac{14 - T_L}{14 - T_{L_L}} \pi \right) + T_{moy}$$

Avec :

T_{L_L} : l'heure du lever de soleil

T_{moy} : la température moyenne journalière

T_{\max} : la température maximale journalière

T_{\min} : la température minimale journalière

Cette relation valable avec les grandeurs moyennes mensuelles d'un site.

III.8. Organigramme de calculer la puissance photovoltaïque de système

Le programme appliqué est résumé dans l'organigramme présenté ci-dessous :

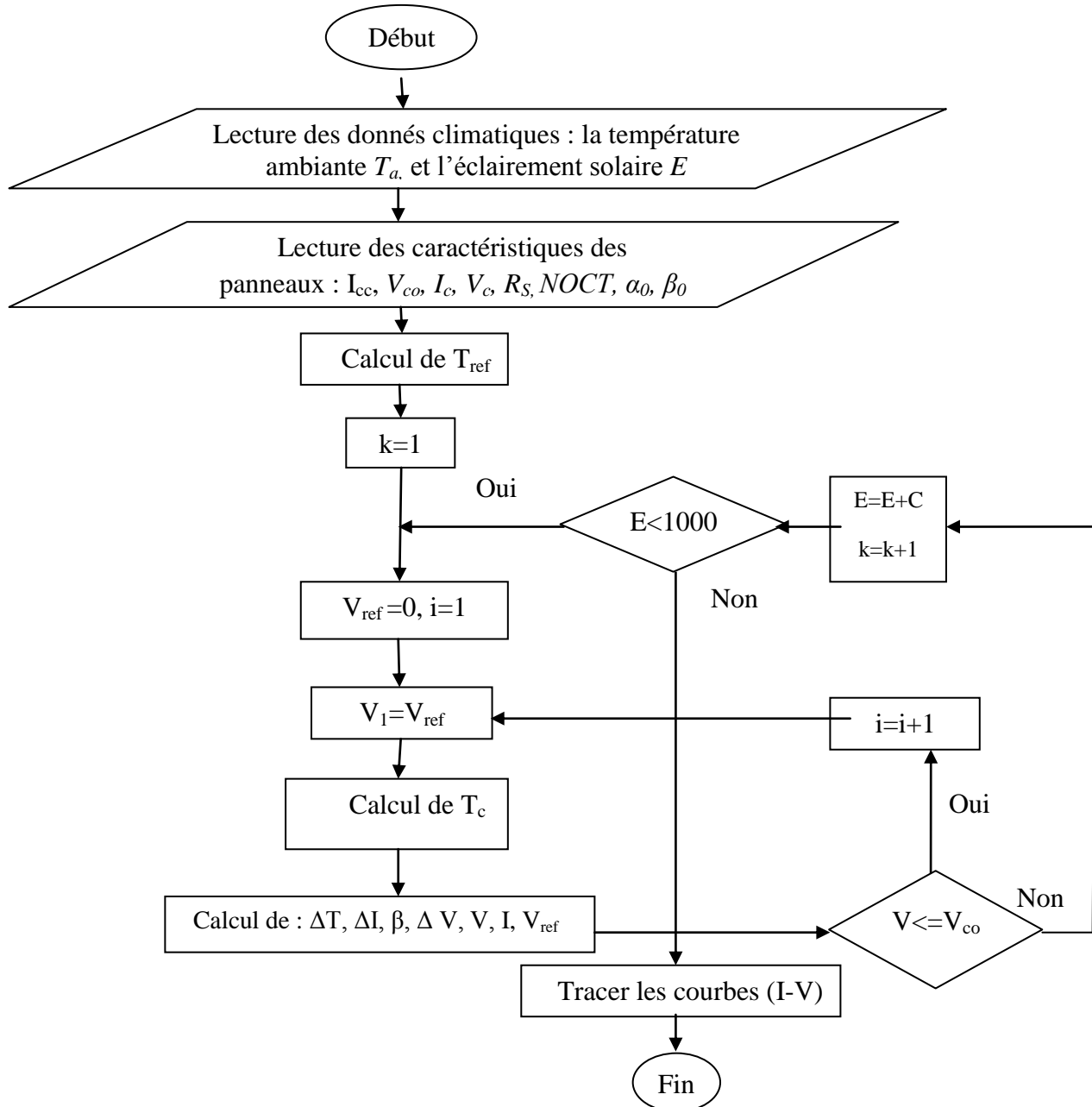


Figure III.10: Organigramme calculer la puissance photovoltaïque d'un module

I.I.

Chapitre IV



Résultats et discussion

IV-1) Etude du system PV

IV-1.1) Etude de gisement solaire:

L'analyse des rayonnements solaires permet d'exploiter la quantité d'énergie qui peut produite par le soleil par un jour, où un mois, où une année. Le rôle d'inclinaison saisonnière des capteurs PV est très important sur cette quantité d'énergie. Il peut varier même par seconde. Alors l'étude de l'influence d'inclinaison sur le rayonnement solaire est une étape nécessaire dans cette étude.

Rappeler que l'évolution de ces rayonnements dépend aussi aux caractéristiques de site choisie comme : latitude, altitude, et longitude.

Tous les paramètres précédentes permettent nous d'expliquer les résultats obtenus dans les mesures d'éclairement solaire.

IV-1.1.1) Evolution annuel d'éclairement solaire sur différents plans :

1) Plan fixe

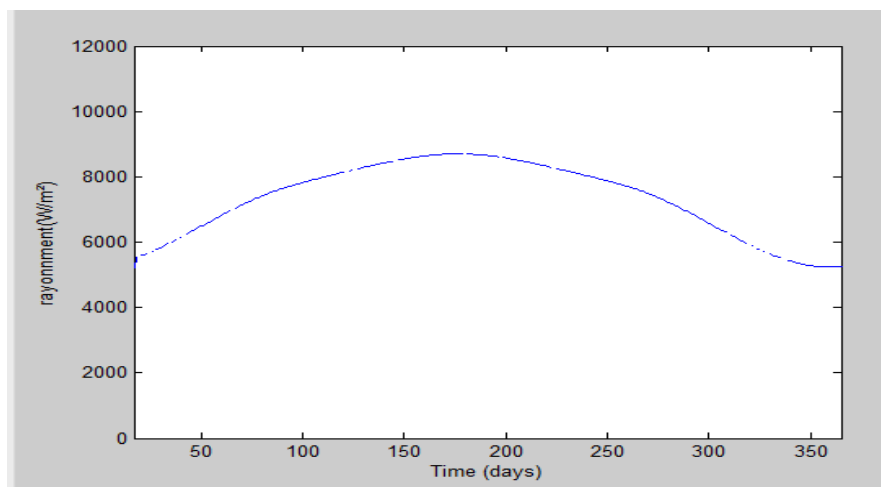


Figure IV-1 : Evolution annuel du Rayonnement solaire sur un plan fixe

la figure suivante représente la variation de Rayonnement en fonction du temps pendant une année. ce panneau solaire est fixe (non mobile) à inclinaison d'angle 30° . A partir de ces résultats nous remarquons que le Rayonnement peut avoir deux valeurs principales max et min.

La valeur maximale de rayonnement est entre (7000 et 9000) (Wh/m^2) pour un nombre de jours entre (150 à 250). Ce résultat montre que les saisons : été printemps présente la meilleure période d'éclairement pour la région d'Ouargla.

La valeur minimale de rayonnement entre (5500 et 7000) (Wh/m^2) pour nombre des jours entre (1-150 et 250-365). Ce résultat montre que les saisons : automne, hivers présentent les mauvaises périodes d'éclairement pour la région d'Ouargla.

La différence des valeurs entre l'été, printemps et automne, hivers explique par la différence entre la durée de jours qu'elle était très important an été par apport à l'hiver.

2) Plan horizontale :

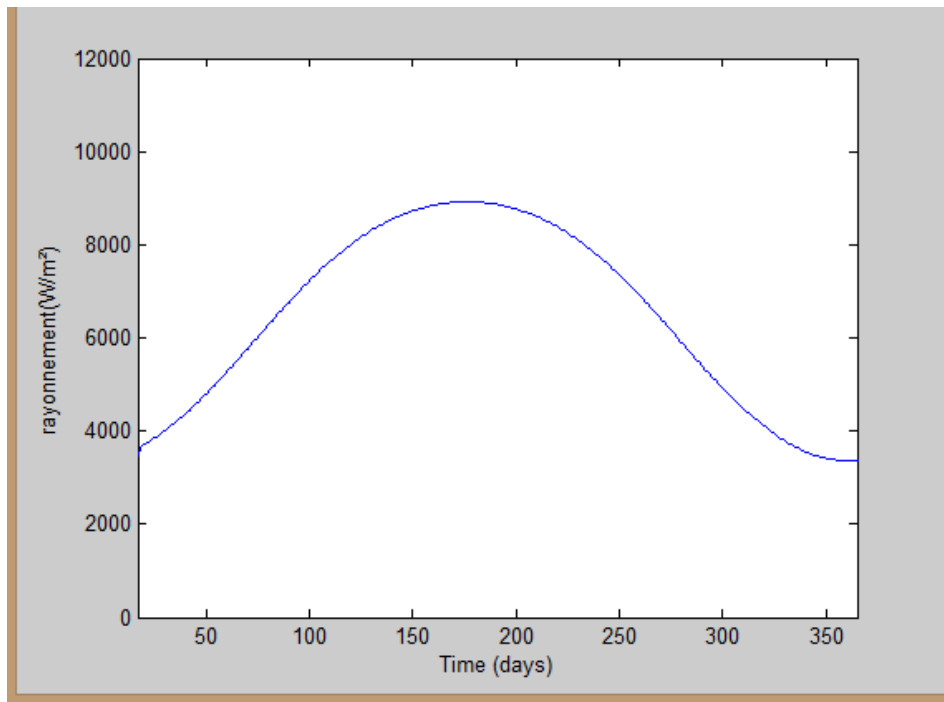


Figure IV-2 : Evolution annuel du Rayonnement solaire sur un plan horizontal

Cette figure représente la variation annuelle de rayonnement solaire en fonction de temps sur un plan horizontal, cette courbe possède deux périodes principales :

La 1^{er} période : [1-100] et [250-360] jour.

Dans ces périodes l'éclairement comprend des valeurs entre (3750 et 7000) (Wh/m^2)

La 2^{eme} période: [100 - 250] jour.

Dans cette période l'éclairement comprend des valeurs entre (7000 et 9000) (Wh/m^2)

Nous remarquons ici que les valeurs d'éclairement sur un plan à inclinaison fixe plus important que les valeurs du plan horizontal. Ce que montre le rôle de l'inclinaison optimale de la région de Ouargla 31° dans l'évolution de rayonnement

3) Plan Tracking:

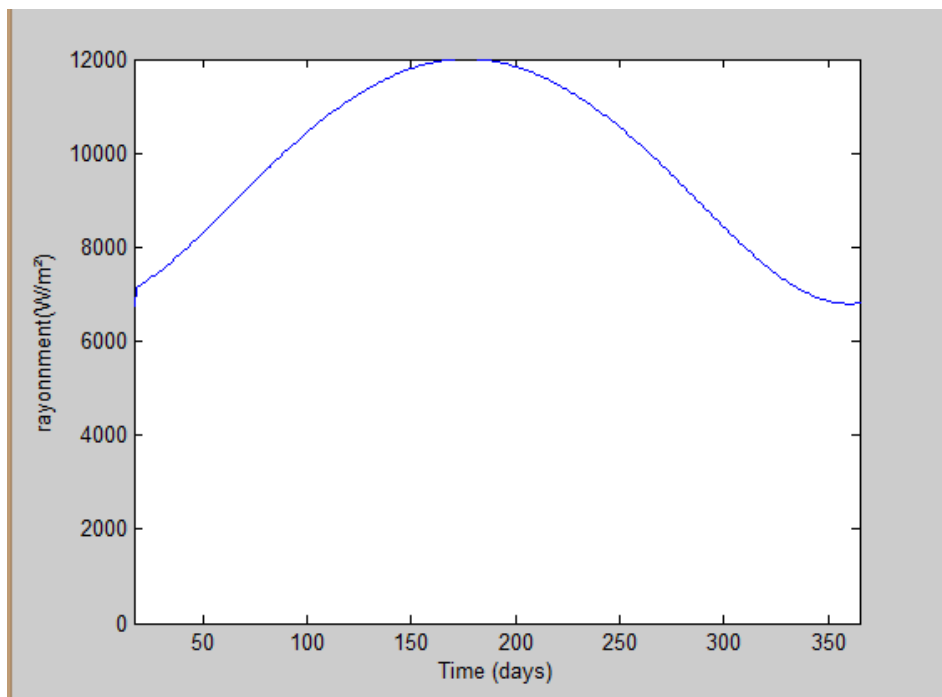


Figure IV-3 : Evolution de Rayonnement solaire sur un plan tracking

Cette figure représente la variation de rayonnement en fonction de temps sur un panneau solaire mobile (tracking).

Nous notons ici une très importante évolution d'éclairement par rapport aux deux autres plans précédents. Ce résultat montre une production importante de rayonnement durant l'année à cause de l'utilisation d'un système de poursuite solaire (tracking). Ce qui donne une évolution importante dans l'énergie produite.

IV.3) Etude de la puissance PV:

IV.3.1) caractéristique I-V

Influence de l'ensoleillement et de la température

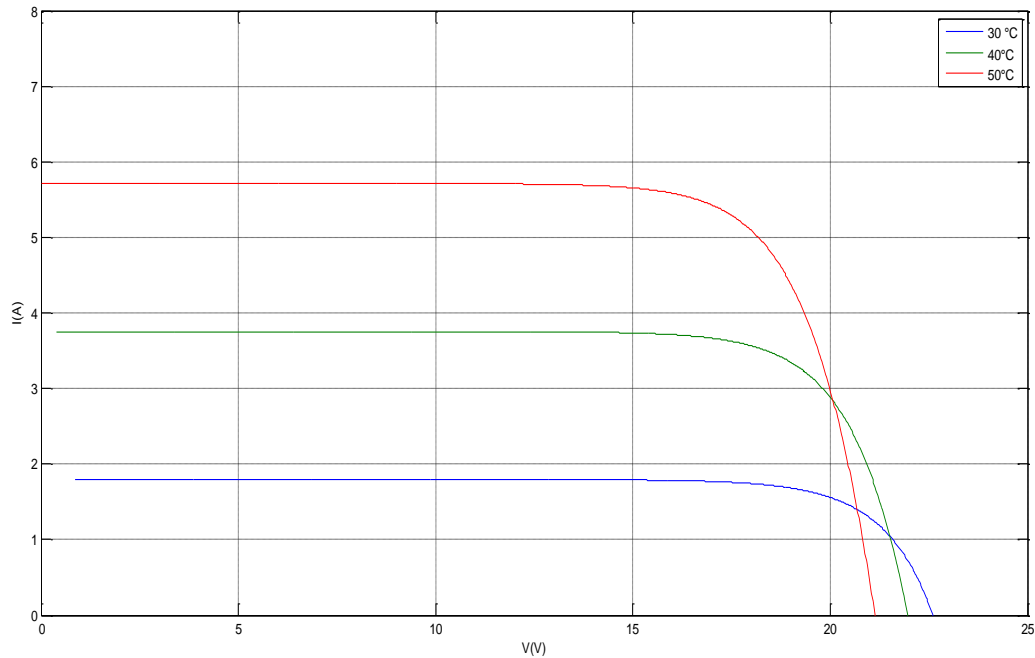


Figure IV-4 : effet de la température sur les caractéristiques I-V des Panneaux PV

Cette figure représente la variation de l'effet de la température sur les caractéristiques I-V des Panneaux PV. Pour le silicium, lorsque la température augmente, le courant augmente d'environ $0,025 \text{ mA/cm}^2/\text{°C}$ alors que la tension décroît de $2,2 \text{ mV}/\text{°C}/\text{cellule}$. Cela se traduit par une baisse de puissance d'environ $0,4\%/\text{°C}$. Cette influence devra être prise en compte lors du dimensionnement du générateur photovoltaïque.

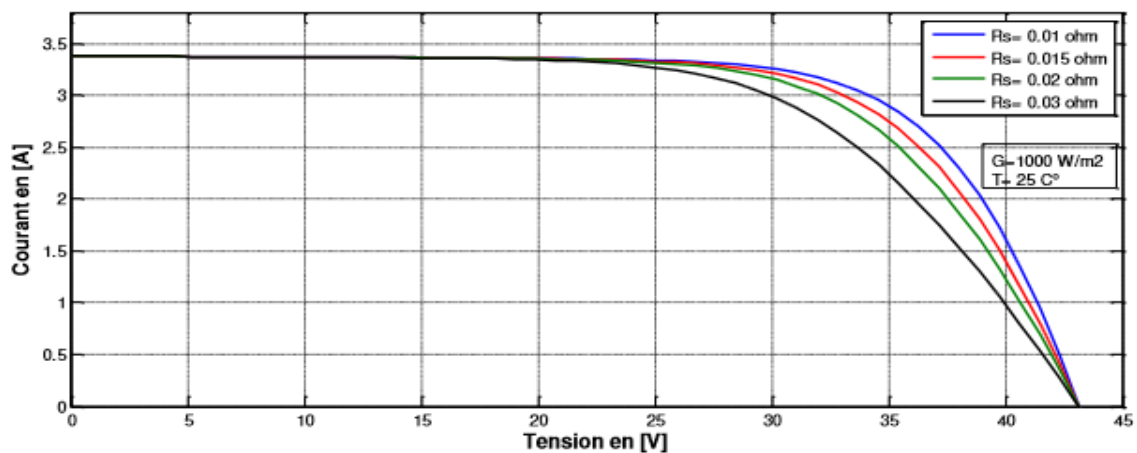


Figure IV-6 : L'influence de la résistance série sur le fonctionnement du panneau

Cette figure représente la variation de l'influence de la résistance série sur le fonctionnement du panneau). Ces résistances auront une certaine influence sur la caractéristique I-V de la photopile ; la résistance série est la résistance interne de la cellule

la résistance de contact des grilles collectrices et de la résistivité de ces grilles; elle dépend principalement de la résistance du semi-conducteur utilisé

IV.3.2) Etude de l'évolution de puissance :

1) Plan fixe :

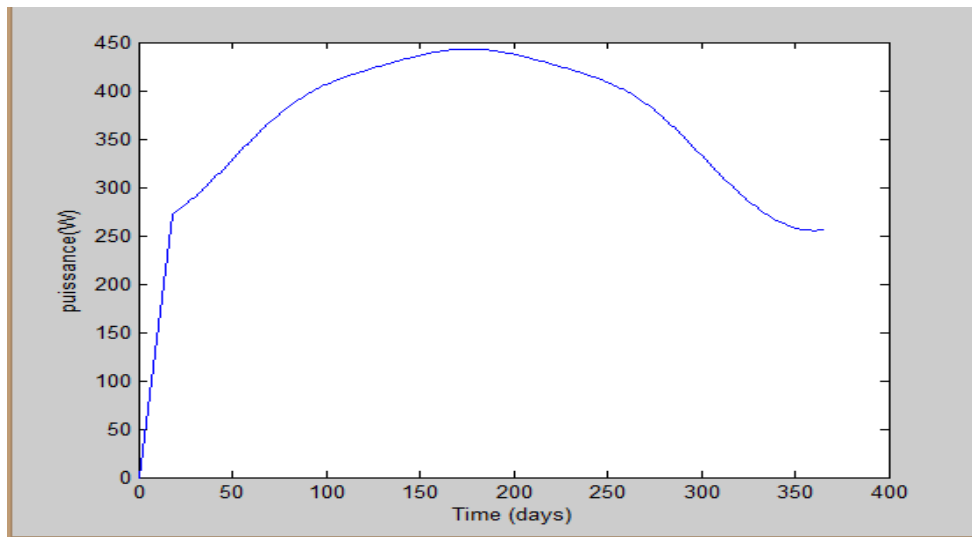


Figure IV-7 : Evolution de la Puissance PV sur un plan fixe

Cette figure représente la variation de Puissance en fonction de temps d'un panneau solaire Fixe, cette courbe possède la même allure que la courbe d'éclairement, notons ici que la puissance atteint sa valeur maximale 450 W pendant l'été à cause de l'évolution important de l'éclairement. Par conséquent le rendement photovoltaïque dans cette période sera maximal (sa valeur inférieur à 12%)

2) Plan horizontal

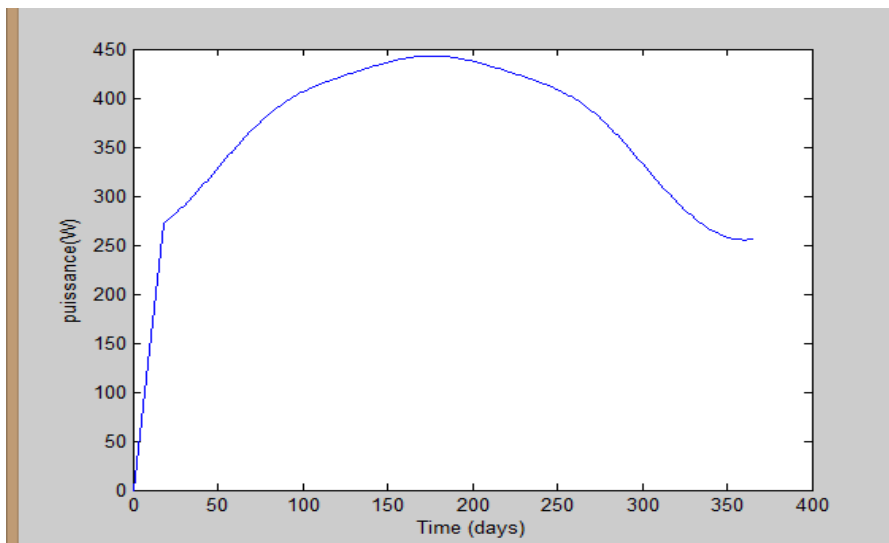


Figure IV-8: Evolution de la Puissance PV sur un plan horizontal

Cette figure représente la variation de Puissance en fonction de temps d'un panneau solaire monte horizontal, cette courbe possède la même allure que la courbe d'éclairement, notons ici que la puissance atteint sa valeur maximale 450 W pendant l'été à cause de l'évolution important de l'éclairement.

3) Plan tracking :

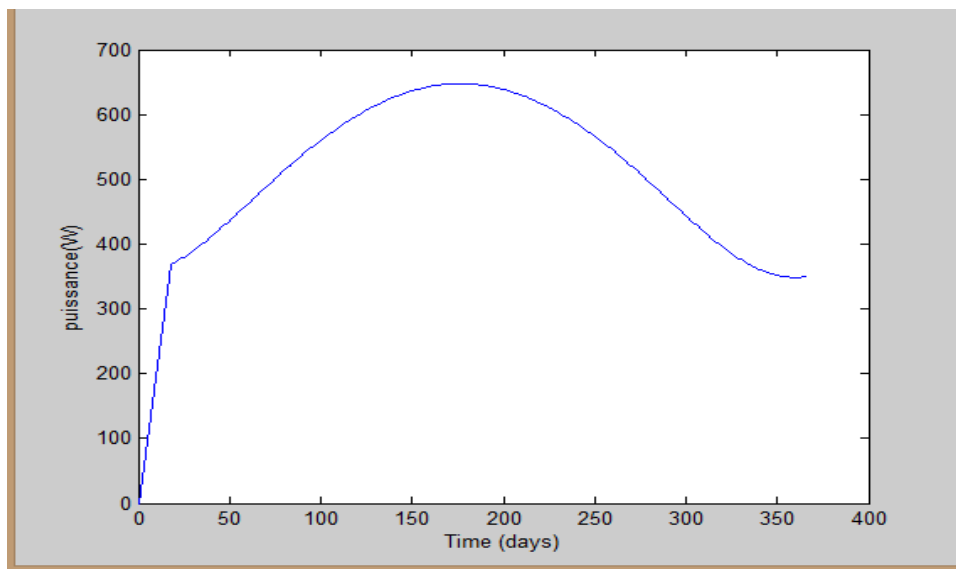


Figure IV-9 : Puissance tracking

Cette figure représente la variation de Puissance en fonction de temps d'un panneau solaire cette courbe possède la même allure que la courbe d'éclairement, notons ici que la tracking, puissance atteint sa valeur maximale 650 W pendant l'été à cause de l'évolution important de l'éclairement. Et commence alors à diminuer à 400w



Conclusion générale

Conclusion générale

L'analyse du rayonnement solaire permet d'exploiter la quantité d'énergie qui peut être produite par le soleil dans la journée comme un mois de cette année. Tendances saisonnières pour les dispositifs de capteur photoélectrique rôle très important sur cette quantité d'énergie. Ils peuvent varier même par seconde. Ainsi, l'étude de la tendance de l'effet du rayonnement solaire est une étape nécessaire dans cette étude.

L'objectif global de ce travail est l'évaluation de dimensionnement du système photovoltaïque appliqué à une station d'épuration des eaux usées

Le générateur PV 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.

Pour atteindre notre objectif, deux outils ont été réalisés : un générateur PV et une station d'épuration des eaux usées STEP Ouargla.

Les résultats obtenus permettent d'étudier le fonctionnement du système PV pour une station d'épuration des eaux usées et Ouargla comme un site.

L'étude de l'influence de quelques paramètres sur le système PV révèle les comportements suivants :

- La variation de saison présente une évolution importante d'éclairement et par conséquent évolution de puissance PV (été présente maximale de puissance).
- La variation des deux angles (orientation et inclinaison) donne une bonne production électrique de courant PV
- Pour les caractéristiques I-V la température et l'éclairement jouent un rôle important dans le rendement PV
- Le dimensionnement du système montre le champ PV doit alimenter : la station de pompage, les aérateurs de lagunage et dégrillage mécanique.

Pour rendre plus performant ce système au cours de ce travail nous recommandons :

- Addition d'un convertisseur DC-DC pour fixer la puissance PV maximale.
- Utilisation des batteries de stockage d'électricité dans les moments d'absence d'ensoleillement.

Bibliographie

- [1] M. Belhadj, **Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque Autonome**, Mémoire de Magister, Centre Universitaire De Bechar, 2007-2008
- [2] Y. Annot, **Thermique solaire**, Université de Lubumbashi, octobre 2003.
- [3] Lulin, **Investigation on Characteristics and Application of Hybrid Solar/Wind Power Generation Systems**, Ph.D. The Hong Kong Polytechnique University, 2004.
- [4] M. Chegaar, A Lamir, A Chibani, **Estimation global Solari radiation Using Sunshine Hours**, 4^{ème} séminaire international Physique Energétique, Bechar 2000.
- [5] M. Gapderou, **Atlas Solaire de L'Algérie**, Tome 1,2, OPU 1983.
- [6] J. Royer, T. Djiako, E. Schiller, B. Saada Syn., **Le pompage photovoltaïque**, IEPF /Université d'Ottawa /EIER/CREPA, 1998.
- [7] T. Markvard, **Solari Electricité**, second ed. Willy, USA, 2000
- [8] R.P. Mukund, **Wind and Solari Power Systems**, Ph.D,P.e U.S Merchant Marine
- [9] D. Mathieu, MASTRANGELO Jean-François, VALMAGE François, **Quelle place pour l'hydrogène dans les systèmes énergétiques?**, Mars 2004
- [10] T. Fogelman, **Système photovoltaïque pour les pays en déventement**, manuel d'installation et d'utilisation, Agence Française pour la Maîtrise de l'énergie, (AFME)
- [11] J. Labbe, **L'hydrogène électrolytique comme moyen de stockage d'électricité pour systèmes photovoltaïques isolés**, Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Ecole des Mines de Paris Spécialité "Énergétique", 2006
- [12] DEGRÉMONT-SUEZ. – Mémento technique de l'eau (tomes 1 et 2). 10e édition. Éd. De Gramont -Suez, 1718 p. (2006).
- [13] : www.l'emoniteur.fr , date :01/03/2017
- [14] : analyse du cycle de vie – épuration des eaux usées urbaines – date de publication 10/01/2008 par : Marie-Noëlle Pons
- [15] : document technique de l'office de l'eau www.l'emoniteur.fr 01/03/2017

- [16] : step ONA Ouargla 2011
- [17] : Centre de Digne les bains Rue Lavoisier - ZI de Saint Christophe 04000 Digne les bains

Résume

Le traitement des eaux se déroule en général en trois étapes : le traitement primaire (dégrillage, dessablage, dégraissage, déshuilage), le traitement secondaire (coagulation / floculation, traitement biologique) et le traitement tertiaire (filtration sur charbon actif, ozonation, traitement UV...).

Il existe plusieurs solutions techniques pour pomper une eau potable ou traiter les eaux usées, mais ils nécessitent bien souvent le recours à une alimentation électrique. Or, l'alimentation électrique dans ce type de sites rencontre de nombreuses contraintes : éloignement, difficultés d'accès et environnement difficile. En plus, le raccordement de ces sites au réseau de distribution s'est avéré être avec des coûts très élevés.

L'énergie solaire photovoltaïque présente plusieurs avantages : Environnement saharien et rural bien adapté, Entretien réduit et investissement rentable, Autonomie (évite l'approvisionnement en carburant et limite le remplacement des batteries), Respect de l'environnement (absence de bruit, réduction des infrastructures nécessaires), Possibilité d'adapter ces solutions à d'autres types de sites ou de besoins.

Dans ce travail, nous envisageons un dimensionnement du système photovoltaïque appliqué à une station d'épuration des eaux usées

Les résultats obtenus montrent le rôle important de champ PV dans l'alimentation autonome de la station d'épuration des eaux usées

Mots Clés : Photovoltaïque, rayonnement solaire, procédés d'épuration des eaux, dimensionnement, simulation.

ملخص

معالجة المياه عادة ما تتم في ثلاث مراحل: المعالجة الأولية (الفرز ، الشحوم)، المعالجة الثانوية (التخثر / التلبد، المعالجة البيولوجية) والمعالجة الثلاثية (الترشيح بالكربون المنشط، الأوزون، العلاج بالأشعة فوق البنفسجية...).

هناك العديد من الحلول التقنية لإعادة ضخ مياه الشرب أو معالجة مياه الصرف الصحي، لكنها تتطلب في كثير من الأحيان استخدام إمدادات الطاقة. ومع ذلك، فإن إمدادات الطاقة في تلك المواقع تواجه العديد من القيود: بعد، عدم إمكانية الوصول وبيئة صعبة. وبالإضافة إلى ذلك، ربط هذه المواقع إلى شبكة التوزيع و"تبيين أن بتكاليف عالية جدا.

الطاقة الشمسية الضوئية لديها العديد من المزايا: وصيانة منخفضة والاستثمار المربح، الحكم الذاتي (يمنع إمدادات الوقود والحد من استبدال البطارية)، وصديقة للبيئة، والقدرة على التكيف مع هذه الحلول لأنواع أخرى من المواقع أو المتطلبات.

في هذا العمل، ونحن نخطط أبعاد النظام الضوئية تطبيقها على منشآت معالجة المياه المستعملة

وتظهر النتائج على الدور الهام للحقل PV في إمدادات مستقلة من مياه الصرف الصحي مياه الصرف الصحي

كلمات الدالة: الخلايا الكهروضوئية، والإشعاع الشمسي، ومعالجة مياه الصرف الصحي، وتحجيم، والمحاكاة.