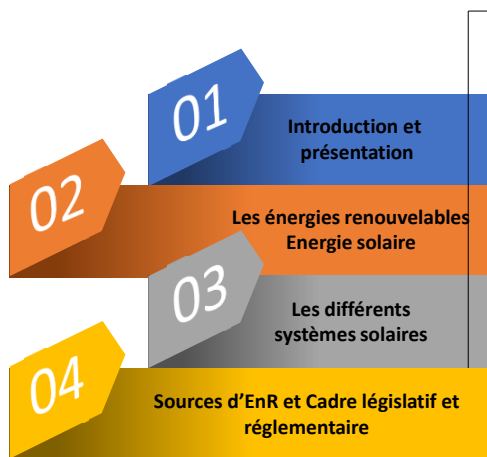


« la nouvelle Installation solaire »



1

☑ Plan de Formation

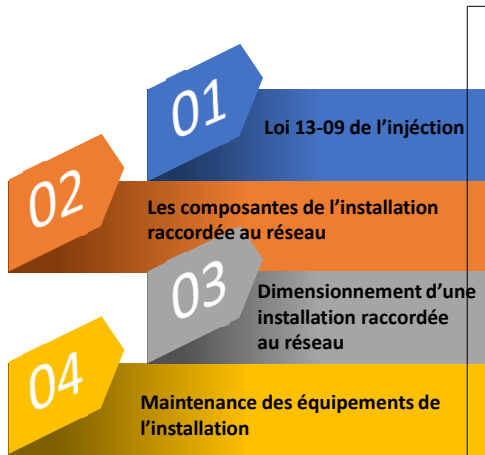


Niveau 1

Bases et principes du système solaire photovoltaïque

2

☑ Plan de Formation

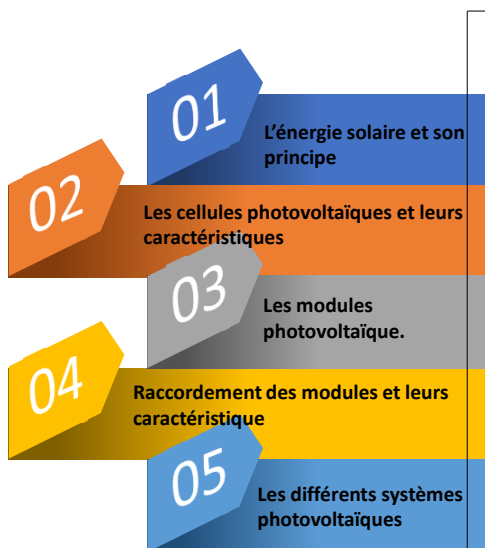


Niveau 2

Dimensionnement et maintenance des installations raccordées au réseau électrique

3

☑ Plan de Formation



Niveau 3





Etude de cas :
Projet solaire poste source
48 kwc

4



5

Les énergies renouvelables

	ENERGIE SOLAIRE		ENERGIE EOLIENNE
ENERGIE HYDRAU-LIQUE		ENERGIE BIOMASSE	

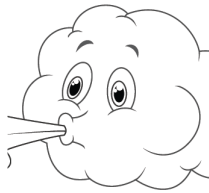
6

Les énergies renouvelables



Energie solaire

- Electricité
- Chaleur



Energie du vent

- Electricité



Energie hydraulique

- Electricité



Energie biomasse

- Electricité
- Chaleur

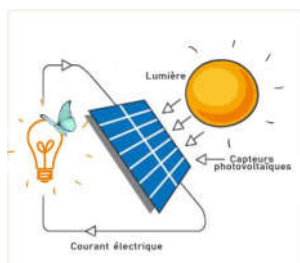
7

7

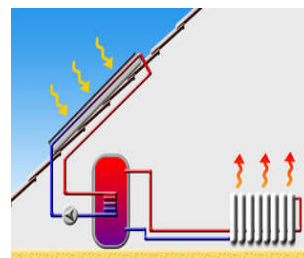
L'énergie solaire

- L'énergie solaire est une énergie renouvelable produite à partir de la conversion du rayonnement solaire.
- C'est également une source d'énergie intermittente (pas d'énergie solaire la nuit).
- L'énergie solaire, peut être convertie en chaleur ou en électricité

On distingue deux moyens principaux de la conversion de l'énergie solaire



Conversion en électricité
Panneaux solaires photovoltaïques



Conversion en chaleur
Chauffe-eau solaire

8

8

Avantages des énergies solaires

Energie gratuite, non polluante et inépuisable à l'échelle humaine

Source d'énergie électrique totalement silencieuse ce qui n'est pas le cas, par exemple, pour les installations éoliennes.

Opinion publique favorable à l'utilisation de l'énergie solaire. La population a le sentiment qu'il s'agit d'une énergie renouvelable propre et durable.



Coût d'installation et de maintenance réduit rapport à d'autres types d'installations telles qu'une centrale nucléaire.

- L'énergie solaire est propre et ne dégage pas de gaz à effet de serre

Favorable pour les sites isolés. Dans les cas où l'accès au réseau électrique est difficile, l'énergie solaire est une très bonne option.

9

9

Inconvénients des énergies solaires

- L'efficacité énergétique est faible par rapport aux autres sources d'énergie.
- La dépendance à la climatologie fait de cette source d'énergie une option irréalisable dans les régions où le ciel est généralement nuageux.
- L'inclinaison du soleil par rapport à la surface varie au cours des différents jours de l'année, cette variation influence la performance des panneaux solaires.
- Les heures de production d'énergie solaire ne coïncident pas toujours avec les heures de consommation, donc il est nécessaire de stocker l'énergie.

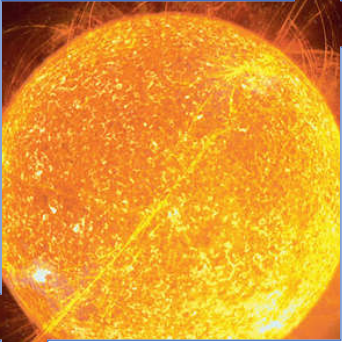
10

10



11

Structure de soleil



- Le soleil ?
 - Le soleil est l'étoile centrale de notre système solaire âgé 4,5 milliards d'années.
 - Le soleil est une grosse sphère de gaz, il se compose principalement de l'hydrogène avec un pourcentage égal à 92% et 8% de l'hélium.

12

Structure de soleil

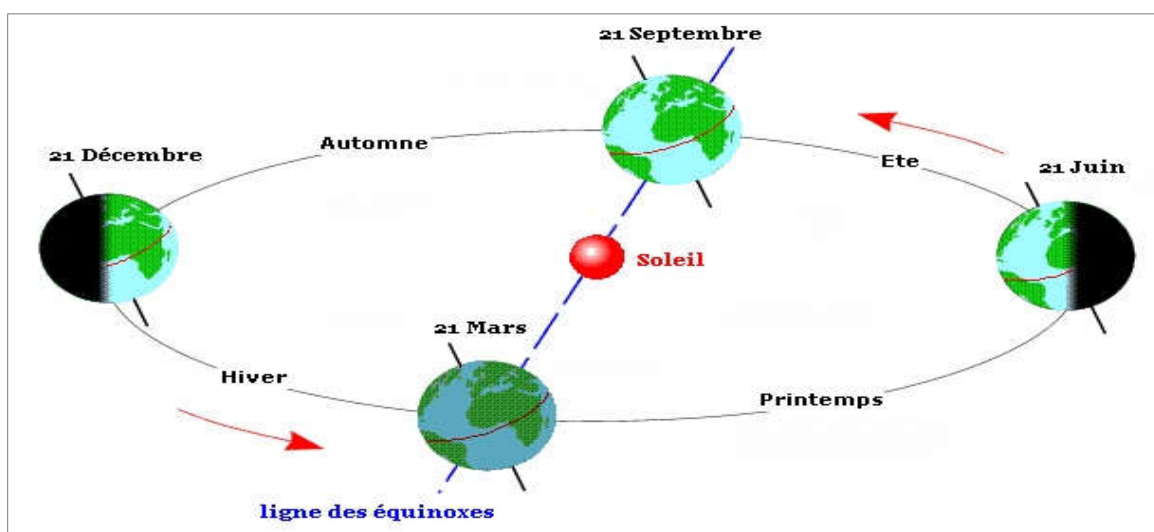


Quelques ordres de grandeur de dimensions solaire	
Terre-soleil	$150 \times 10^6 \text{ Km}$
Diamètre	$1,4 \times 10^9 \text{ m}$
Volume	$1,412 \times 10^{18} \text{ Km}^3$
Masse	$2 \times 10^{30} \text{ kg}$
Température (en son centre)	$15 \times 10^6 \text{ K}$
Température (à la surface)	5777 K
Energie reçu par la terre	$1353 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$

13

13

Mouvement de la terre

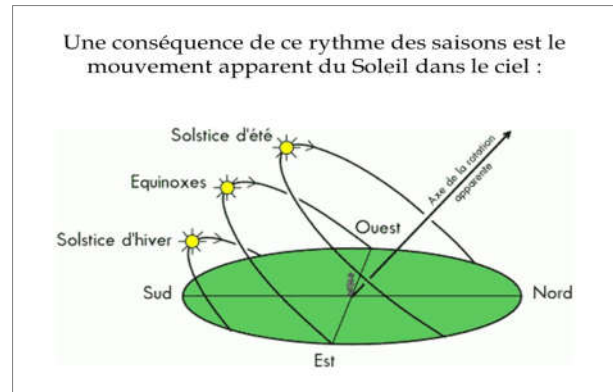


14

14

Mouvement de la terre

- En Solstice d'été, le soleil se lève au nord-est pour se coucher au nord-ouest.
- En Solstice d'hiver, le soleil se lève au sud-est pour se coucher au sud-ouest.
- Pendant les équinoxes, le soleil se lève à l'est pour se coucher à l'ouest.



15

15

Caractéristiques liées au rayonnement solaire

• Ensoleillement

- L'ensoleillement appelé aussi l'insolation est la mesure de rayonnement solaire tombant sur une surface pendant une période en KWh/m^2 .

• L'éclairement énergétique

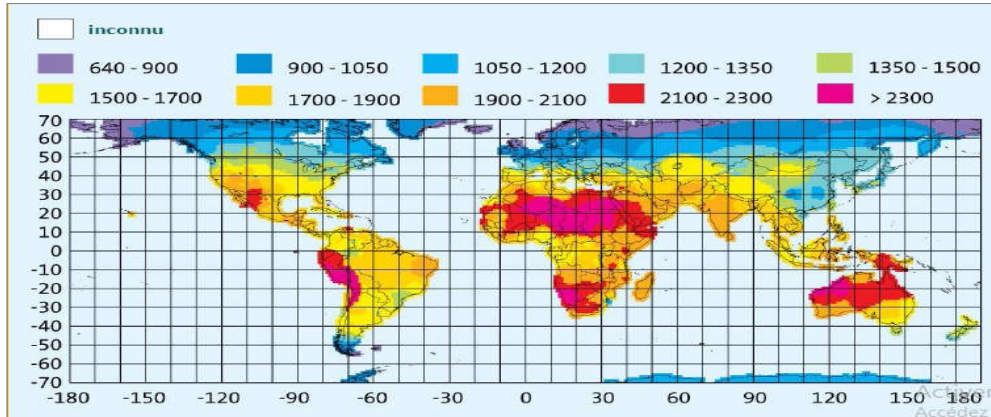
- L'éclairement énergétique appelé aussi l'irradiation, c'est la densité surfacique de flux de rayonnement en provenance du soleil arrivant au point considéré de la surface en W/m^2 .

16

16

Gisement solaire dans le monde

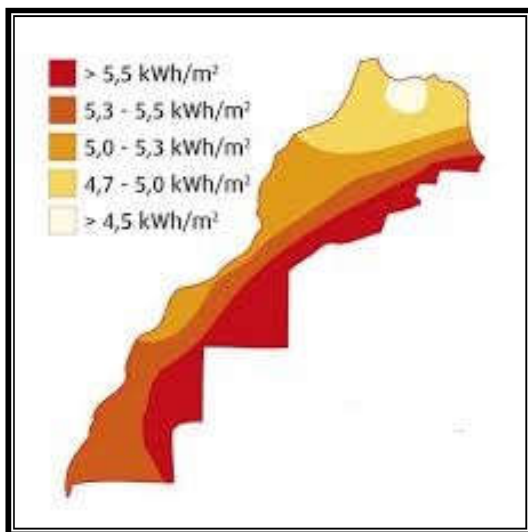
➤ Rayonnement solaire au sol dans le monde, en kWh/m².an



17

17

Gisement solaire au Maroc



• Rayonnement solaire annuel au Maroc, en kWh/m².an

- Le Maroc fait partie des zones privilégiées en ce qui concerne le rayonnement solaire. Il jouit d'une abondance de cette forme d'énergie.
- Un mètre carré au sol reçoit une énergie solaire plus de 5 kWh/jour avec une durée annuelle moyenne d'ensoleillement qui varie entre 2800 heures et 3000 heures.

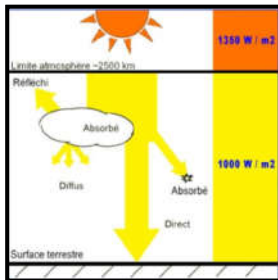
18

18

Différents types de rayonnement

• Le rayonnement direct

- Le plus puissant, qui provient directement du soleil en une ligne droite sans subir d'obstacles sur sa trajectoire (nuage, immeubles...). C'est lui qui nous aveugle lorsque l'on cherche à regarder le soleil par temps découvert.



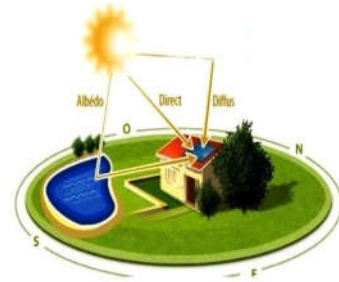
• Le rayonnement diffus

- Provient des multiples diffractions et réflexions du rayonnement solaire direct par les nuages. C'est grâce à lui qu'on peut voir clair même quand le temps est couvert.

• Le rayonnement réfléchi

- Résulte de la réflexion du rayonnement solaire direct par le sol (albédo).

La somme du rayonnement direct, diffus et réfléchi est appelée rayonnement solaire global.

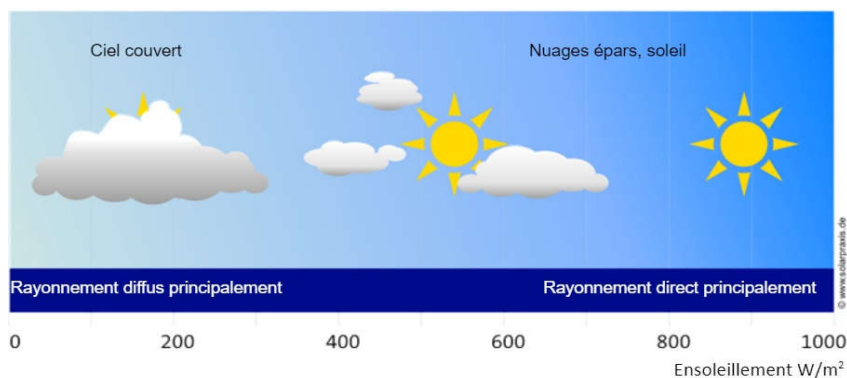


19

19

l'influence des conditions météorologiques

La présence du nuage engendre la présence de rayonnement diffus important, dont la puissance est souvent inférieure à celle du rayonnement direct



Rayonnement solaire en fonction de l'état du ciel

20

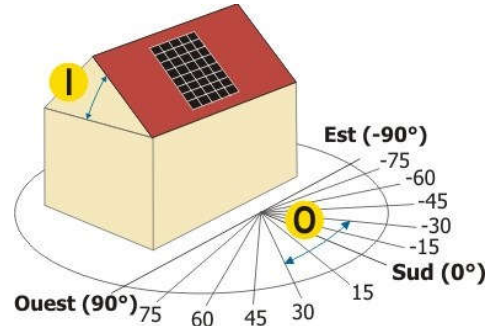
20

L'orientation & l'inclinaison

L'orientation **plein Sud** reste l'orientation optimale, néanmoins d'autres orientations sont tout à fait possibles et bénéficient d'une production tout à fait correcte.

INCLINAISON \ ORIENTATION	0°	30°	60°	90°
EST	93%	90%	78%	55%
SUD - EST	93%	96%	88%	66%
SUD	93%	100%	91%	68%
SUD - OUEST	93%	96%	88%	66%
OUEST	93%	90%	78%	55%

17/02/2020



L'inclinaison optimale d'une toiture est comprise entre **25 et 35°**, c'est en général l'inclinaison que l'on retrouve le plus en Maroc. Ce degré d'inclinaison vous permet d'avoir un rendement optimal, tout au long de l'année.

21

21

La productibilité

La production annuelle d'électricité d'un toit solaire peut être calculée avec une marge d'erreur inférieure à 10 %

L'ensoleillement annuel du site de notre installation solaire

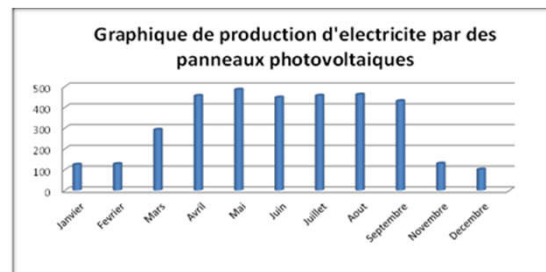
01

Le Facteur de correction calculé à partir de l'écart d'orientation par rapport au Sud

02

Performances des modules photovoltaïques et de l'onduleurs utilisés.

03

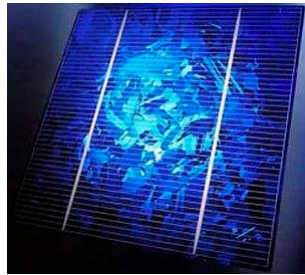


17/02/2020

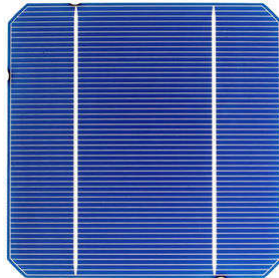
22

22

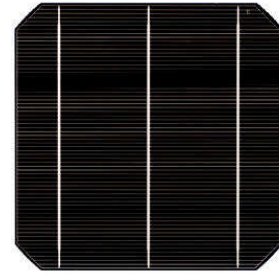
Les types des cellules



Cellules Polycristallines



Cellule monocristalline



Cellules amorphe

17/02/2020

23

23

Les types des cellules

Avantages & Inconvénients des cellules et leurs caractéristiques

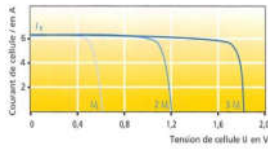
Technologie	Durée de vie	Avantages	Inconvénients	Perspectives
Silicium poly cristallin	10 ans à 90% Pc 25 ans à 80% Pc	Bon rapport coût / puissance surface	Moins chère par rapport au mono cristallin	Devrait dominer le marché dans les dix prochaines années
Silicium Monocristallin	25 ans à 90% Pc 30 ans à 80% Pc	Meilleur rapport coût / puissance surface	Chère et forte consommation en énergie pour la production	Bon avenir si le coût baisse en améliorant encore le rendement
Silicone amorphe	10 ans	Meilleur coût par Wc	Faible rendement donc grande surface de capteur faible durée de vie	Disparition des marché

17/02/2020

24

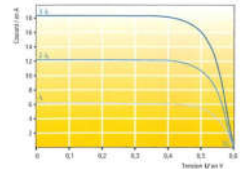
24

Raccordement des panneaux solaires



Mise en série

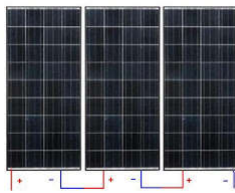
Mise en parallèle



Augmentation de la tension

Augmentation de courant

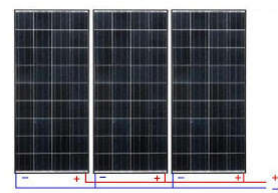
Branchement en série



24 V 8 A 24 V 8 A 24 V 8 A = 72 V 8 A

17/02/2020

Branchement en parallèle



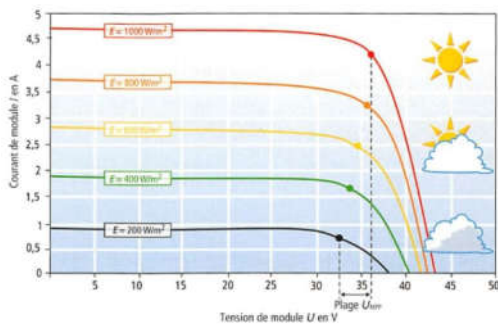
24 V 8 A 24 V 8 A 24 V 8 A = 24 V 24 A

Les conditions variantes de l'irradiation

Dépendance à l'irradiation à température constante

01

Température constante

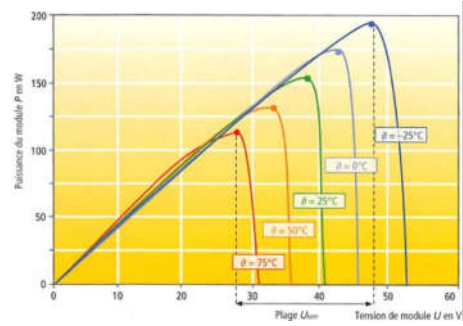


17/02/2020

Variation de la puissance à irradiation constante

02

Irradiation constante



26

03

Les différents systèmes solaires



27

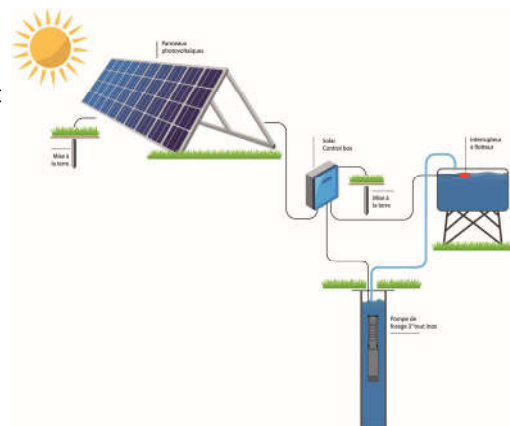
Les différents systèmes solaires

Système pompage - au fil de soleil

Ce système est le plus simple et le moins coûteux puisque l'énergie photovoltaïque est utilisée directement à partir des panneaux sans conversion (pompes DC) ou avec convertisseur DC/AC (pompes AC) ou stockage.

Domaine d'utilisation

- Irrigation des cultures
- Adduction en eau potable
- Gestion des réserves d'eau
- l'abreuvement des animaux



17/02/2020

28

28

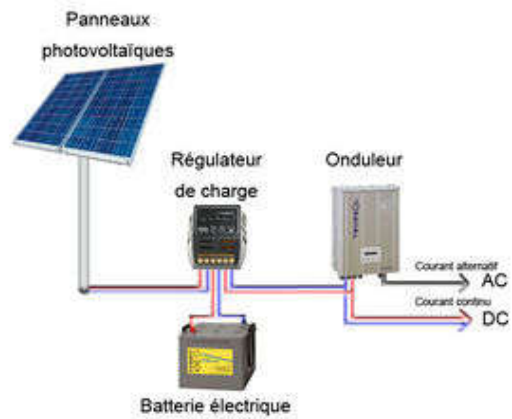
Les différents systèmes solaires

Système autonome – OFF GRID

Le **kit solaire** autonome avec stockage est une solution pour rendre un site isolé entièrement autonome sur le plan énergétique. Il peut aussi être utilisé pour combler des besoins ponctuels pour éclairer un endroit non relié au secteur tel qu'un abri de jardin.

Domaine d'utilisation

- Sites isolés ou inaccessibles
- Réseau de télécommunication
- Automobiles, caravanes, bateaux
- Météorologie, sécurité maritime...



17/02/2020

29

29

Les différents systèmes solaires

Système raccordé au réseau – ON GRID

Un système photovoltaïque raccordé au réseau est un système de production d'énergie électrique interconnecté à un réseau public de distribution d'électricité.

Domaine d'utilisation

- Etablissements publics ou privés
- L'industriel qui consomme de l'énergie
- Les centres commerciaux
- Villas et fermes raccordé eau réseau



17/02/2020

30

30

04

- Sources d'EnR et Cadre législatif et réglementaire

31

Données globales sur les sources d'énergies

1. Répartitions des énergies et leurs projections
2. Energie solaire vs éolienne
3. Parts de marché des pays producteur PV
4. Répartition de la demande mondiale en PV
5. Cas du Maroc

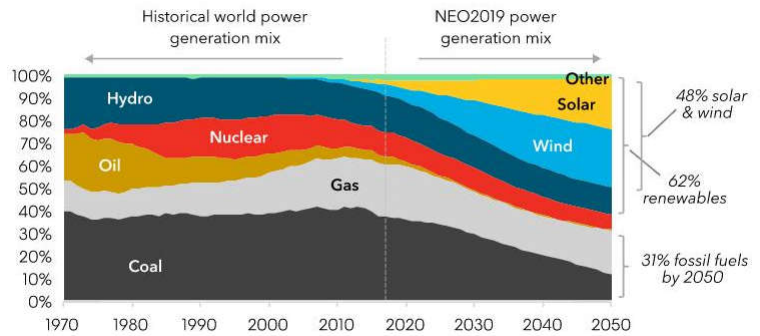
17/02/2020

32

32

Données globales sur les sources d'énergies

L'énergie solaire et l'énergie éolienne représenteront 50% de La production mondiale en 2050



La source : BloombergNEF

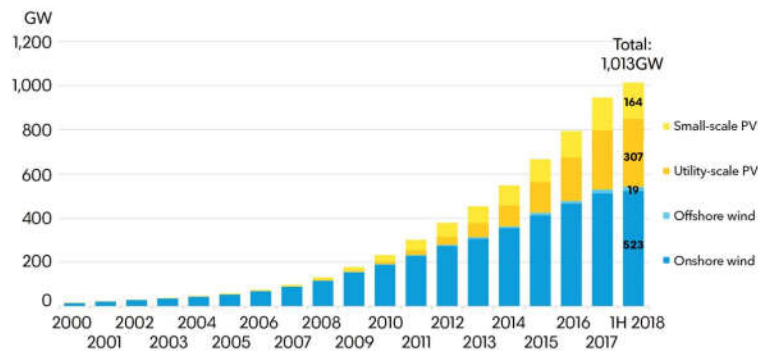
17/02/2020

33

33

Installations Solaires et éoliennes mondiales

Les installations mondiales des énergies solaire photovoltaïques et énergie éolienne



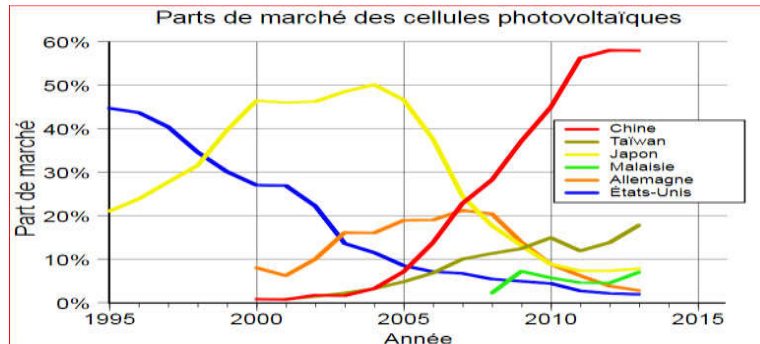
Source: Bloomberg NEF. Note: 1H 2018 figures for onshore wind are based on a conservative estimate; the true figure will be higher. BNEF typically does not publish mid-year installation numbers.

17/02/2020

34

34

Part de marché des pays producteurs PV



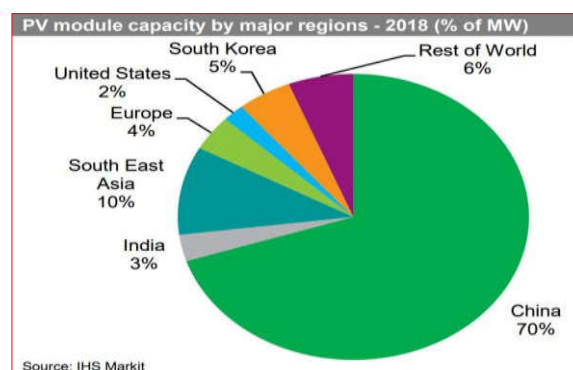
- **Chute vertigineuse** de la production des PV au **USA** à partir de 1995 au profit du **Japon**
- **Chute** de la production du **Japon** en 2005 après 10 ans de prospérité
- La production en **Allemagne a résisté 6 ans** avant d'entamer sa chute également en 2007
- **Ascension exponentielle** de la production **Chinoise** en 2004, malgré un **démarrage tardif**
- La production **Taiwanaise continue de résister**

17/02/2020

35

35

Part de marché des pays producteurs PV 2018



- **Domination de la Chine** en terme de production de PV avec 70%
- La capacité de production de l'Asie est de 88%
- Les USA et l'Europe ne produisent que 6%
- La **Corée du sud** s'y met également avec 5% de part de marché

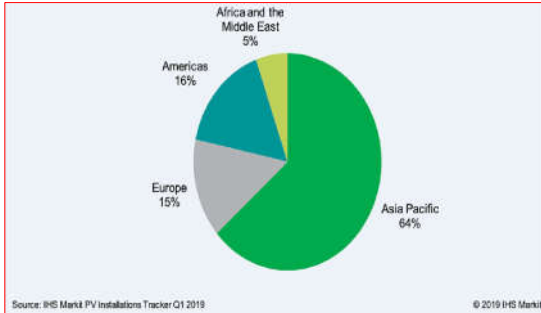
17/02/2020

36

36

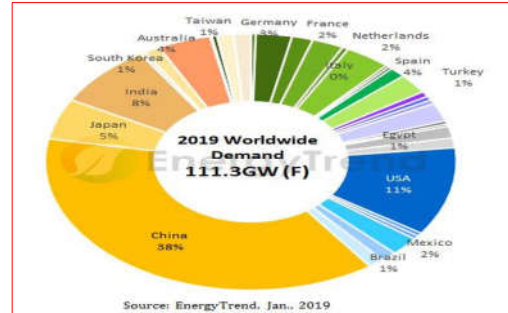
Répartition mondiale de la demande PV 2018/2019

Les installations solaire photovoltaïque en 2019



- Environ **2/3** de la demande mondiale en PV est localisée en **Asie Pacifique**
 - La région **Mena** ne constitue que 5% de la demande mondiale
- 17/02/2020

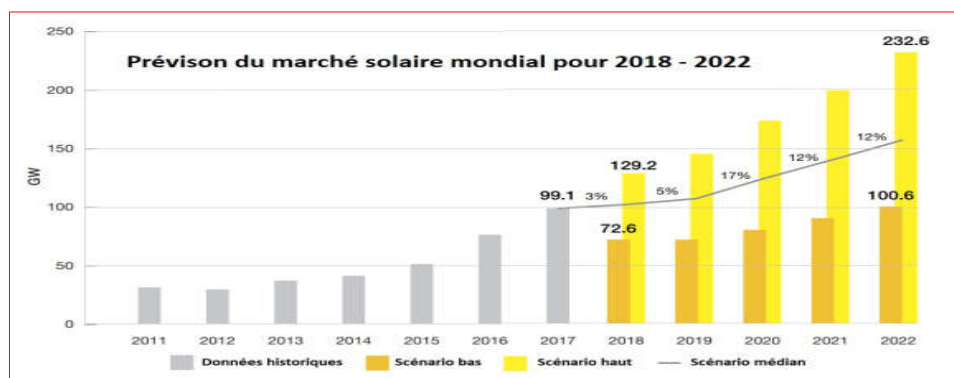
La demande mondiale sur le marché du PV



- **14 pays** constituent 83% de la demande mondiale
 - La **Chine** en prend environ la **moitié**
- 37

37

Répartition mondiale de la demande PV 2018-2022



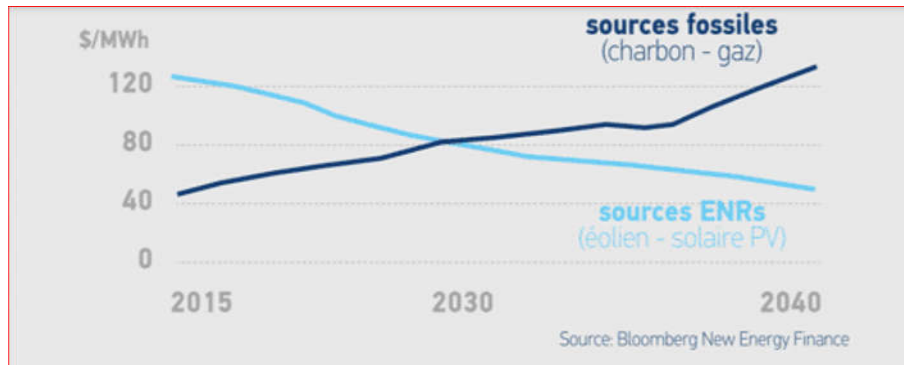
Une croissance de la demande à 2 chiffres : croissance moyenne de **13,5%** entre 2019 et 2022 (**Hypothèse médiane**)

17/02/2020

38

38

Evolution des coûts de production au MWh



Inversement en 2030 de la courbe des coûts de production selon les différentes sources : fossiles (charbon et gaz) vs ENRs (éolien et solaire PV)

17/02/2020

39

39

Energies renouvelables >> Cas du Maroc



17/02/2020

40

40

EN CHIFFRES

L'OBJECTIF NATIONAL

42%

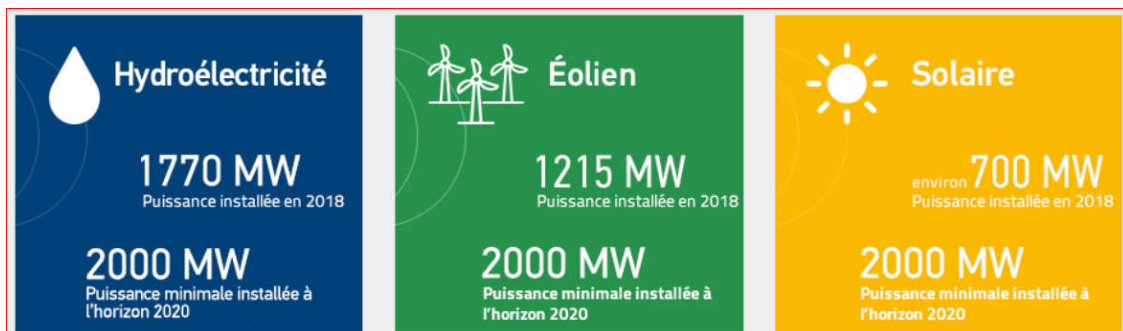
du mix énergétique d'origine renouvelable à l'horizon 2020

+52%

du mix énergétique d'origine renouvelable à l'horizon 2030

3

ressources prioritaires : le solaire, l'éolien, l'hydraulique



6000 MW au total de potentiel énergétique à installer à l'horizon 2020 ce qui présente 42% de nos besoins énergétiques.



Le potentiel le plus important est celui du **Solaire** :
4560 MW à installer à l'horizon 2030

17/02/2020

43

43

Investissement global en EnR

Investissement global dans le secteur énergétique entre 2016 et 2030 de **quarantaine Milliards de dollars**, dont **trentaine milliards de dollars** pour les projets de production d'énergie renouvelable.



Réduction de 32% des émissions de gaz à effets de serre (GES) à l'horizon 2030

17/02/2020

44

44

Projets solaires au Maroc à l'horizon 2030



7 SITES OPÉRATIONNELS

- NOOR OUARZAZATE I - CSP
- NOOR OUARZAZATE II - CSP
- NOOR OUARZAZATE III - CSP
- NOOR OUARZAZATE IV - PV
- NOOR LAÏYOUNE I - PV
- NOOR BOUJDOUR I - PV
- AIN BENI MATHAR - CSP

1 SITE EN DEVELOPPEMENT

- NOOR MIDELT I - HYBRIDE CSP-PV

16 SITES EN PHASE D'ÉTUDE

- NOOR LAÏYOUNE II - PV
- NOOR BOUJDOUR II - PV
- NOOR TAROUDANT - PV
- NOOR KELÂA DES SRAGHNA - PV
- NOOR BEJAAD - PV
- NOOR LHAJEB - PV
- NOOR LAKHTATBA - PV
- NOOR AIN BENI MATHAR - PV
- NOOR GUERCIF - PV
- NOOR TANTAN - PV
- NOOR TATA - PV
- NOOR OUTAT EL HAJ - PV
- NOOR AIN BENI MATHAR - PV
- NOOR BOUDNIB (ERRACHIDIA) - PV
- NOOR BOUANANE (BOUARAFI) - PV
- NOOR ENJIL (BOULMANE) - PV

CSP : Concentrated Solar Power

PV : PhotoVoltaïque

17/02/2020

45

45

Projets éoliens au Maroc à l'horizon 2030

3 SITES OPÉRATIONNELS

- AMOUDOUL
- TANGER I
- TARFAYA

1 PROJET DE REPOWERING

- KOUDIA AL BAIDA

6 SITES EN DÉVELOPPEMENT (PEI - PROJET ÉOLIEN INTÉGRÉ)

- TAZA
- MIDELT
- BOUJDOUR
- JBEL LAHDID
- TANGER II
- TISKRAD



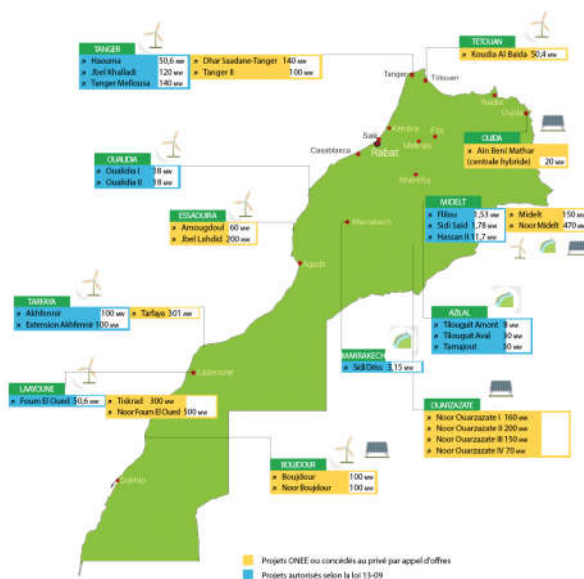
17/02/2020

46

46

Carte de répartition de grands projets solaires et éoliens au Maroc

Carte présente l'ensemble des projets développés ou en cours de développement au Maroc



17/02/2020

47

47

Cadre législatif et réglementaire

Pour accompagner cette stratégie prometteuse, un arsenal juridique moderne a été élaboré, en l'occurrence :

- La **loi 13/09** sur les énergies renouvelables (Projet de loi n° 40-19 modifiant et complétant la loi n° 13-09)
- La **loi 47/09** relative au développement de l'efficacité énergétique
- La **loi 16/09** portant la création de l'Agence MASEN en tant qu'établissement public.

17/02/2020

48

48

Cadre législatif et réglementaire



Augmentation du seuil de la puissance installée de 12 à 30 MW pour l'hydraulique

La loi 13-09 relative aux EnR excluait de son champ d'application les projets dont la puissance était supérieure à 12 MW. Ce seuil est désormais augmenté pour atteindre 30 MW.

Possibilité de vente de l'excédent d'énergie produite

La possibilité de vente de l'excédent de la production électrique de sources renouvelables aux gestionnaires de réseau à hauteur de 20 % de la production annuelle et dont les modalités et les conditions commerciales de rachat de l'excédent « sont fixées par voie réglementaire ».

Ouverture du marché électrique de la Basse Tension

L'annonce du principe de l'ouverture du marché électrique de sources renouvelables à la basse tension dont l'accès et le raccordement sont subordonnés « à des conditions et modalités fixées par voie réglementaire ».

17/02/2020

49

49



Votre partenaire en énergie propre et gratuite



Niveau 2 :
" Dimensionnement et maintenance
Des installations solaires photovoltaïque
Raccordées au réseau"

50

50

Les payes dominants

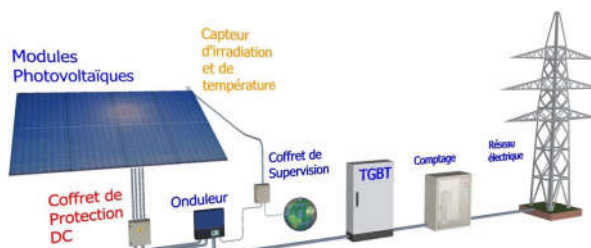


51

Schéma de raccordement

Une installation photovoltaïque raccordée au réseau est généralement composée :

- Générateur photovoltaïque.
- Système de pose au sol ou sur toiture.
- Onduleurs.
- Système de protection électrique.
- Câbles électriques.
- Compteur réseau.
- Parfois, l'installation est dotée d'un système de supervision local ou à distance.



52



Les composants d'une installation raccordée au réseau

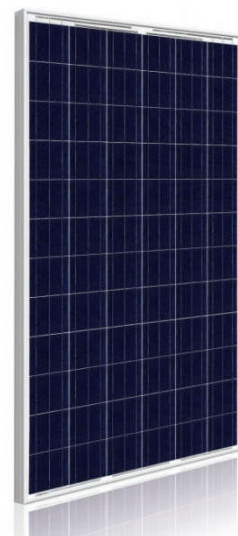
53

53

Les composants

Panneaux photovoltaïques

Le générateur photovoltaïque produit un courant électrique continu. Les modules sont connectés en parallèle ou/et en série de façon à obtenir des caractéristiques électriques (tension, courant,...) compatibles avec le ou les onduleurs réseau.



54

Les composantes

Onduleur :

L'onduleur réseau est un convertisseur électrique permettant de transformer le courant électrique continu du générateur photovoltaïque en courant alternatif compatible avec le réseau électrique national.



55

Les composantes

Système de protection

Système de protection

Protection courant continu

- Une protection courant continu est exigée en amont de l'onduleur.

Protection courant alternatif

- Une protection courant alternatif est exigée en aval de l'onduleur.

56

Les composantes

COMPTEURS :

Production d'électricité

01

Consommation d'électricité

02

Dans le cas d'une installation photovoltaïque reliée au réseau avec injection totale, le gestionnaire du réseau ajoute deux compteurs d'énergie



57

Les composantes

Câblage et accessoires

Une installation photovoltaïque comprend plusieurs types de câble en fonction des contraintes électriques ou extérieure



Une connectique débrochable spécifique au photovoltaïque est utilisée sur la partie courant continu



Câble PV sont Les câbles reliant les modules au coffret de protection courant continu sont spécifiques au photovoltaïque et ses contraintes.



58

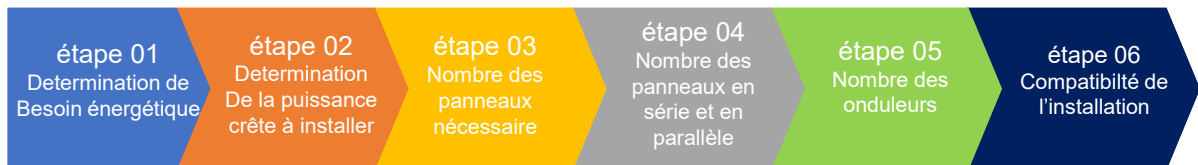


Les étapes de dimensionner une installation raccordée au réseau

59

59

Dimensionnement d'une installation raccordée au réseau



60

Mots	Signification	Unité
E_c	Energie Consommée	(Wh
P_c	Puissance Crête	Wc
t	Temps de fonctionnement	h
E^+	La partie supérieure	-
E^-	La partie inférieur	-
U_{mpp}	Tension	V
I_{mpp}	Courant	A
I_{sc}	Courant court	A

Le Watt exprime une puissance

Un watt (symbole : W) est la **puissance** d'un système énergétique dans lequel est transférée uniformément une énergie de 1 joule pendant 1 seconde.

On consomme des wattheures

Un wattheure (symbole : Wh) correspond à l'**énergie consommée par un appareil d'une puissance d'un watt (1W) qui a fonctionné pendant une heure.**

La puissance d'un panneau photovoltaïque: le kWc

La puissance crête (symbole : Wc) d'un système photovoltaïque correspond à la **puissance électrique délivrée par ce même système dans des conditions standards d'ensoleillement (1000 W/m²), de température (25°C)**



1- Détermination de besoin électrique : Méthode de la facture électrique



La consommation électrique d'un bâtiment varie au cours du temps. Certains appareils électriques sont branchés en permanence (les ordinateurs, les imprimantes, les téléphones fixes etc.) ; d'autres sont utilisés à différents moments de la journée.

63

1- Détermination de besoin électrique : Calcul de la Consommation Conventioneerelle des logements



Cette méthode est basée sur la détermination de la puissance unitaire de chaque équipement utilisé et ainsi que leurs périodes de fonctionnement, on peut calculer la valeur d'énergie électrique consommée par ces équipements, par la relation suivante :

$$E_c(Wh) = [P(W) \times N_b \times T(h)]$$

64

2- Puissance crête à installer :



Pour dimensionner une installation solaire, on doit déterminer la valeur de la puissance crête à installer

$$P_c = \frac{E_c(\text{kWh/an}) \times Irr_{std}(\text{kW/m}^2)}{I_r(\text{kWh/m}^2/\text{an}) \times K}$$

$$Irr_{std} = 1 \text{ kW/m}^2 \\ K = 0,65$$

65

3- Nombre des panneaux à installer :



Calculer le nombre nécessaire pour couvrir les besoins de l'installation par la relation suivante :

$$Nb = \frac{P_c \text{ du champ (kWc)}}{P_c \text{ unitaire (kWc)}}$$

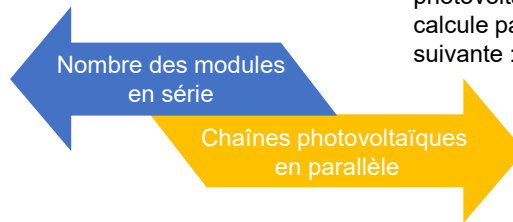
66

4- Nombre des panneaux en série et en parallèle :

La plage de tension MPPT permet de calculer le nombre minimum et maximum de modules photovoltaïques en série.

$$Nb \text{ max en serie} = E^{+} \left[\frac{U_{mpp \text{ max}}}{1,15 \times U_{mpp}} \right]$$

$$Nb \text{ min en serie} = E^{-} \left[\frac{U_{mpp \text{ min}}}{0,85 \times U_{mpp}} \right]$$



Le nombre maximum de chaînes photovoltaïques en parallèle se calcule par la formule simple suivante :

$$Nb \text{ max en parallèle} = \frac{I_{mpp}}{1,25 \times I_{cs}}$$

5- Nombre des onduleurs :



Calculer le nombre des onduleurs nécessaire pour assurer le fonctionnement de l'installation par la relation suivante :

$$Nb = \frac{Pc \text{ du champ (kWc)}}{Pc \text{ unitaire d'onduleur (kW)}}$$

6- Productivité :

Calculer le nombre des onduleurs nécessaire pour assurer le fonctionnement de l'installation par la relation suivante :

Productivité (kWh) = Irradiation (kWh/m²/an) x Surface des panneaux (m²) x Rendement du panneaux



69

6- Productivité :

Productivité (kWh/an) = Irradiation (kWh/m²/an) x Surface des panneaux (m²) x Rendement du panneaux

Irradiation à Casablanca = 1752 (kWh/m²/an)

Surface = 139 x 1.94 = 269,66m²

Rendement du panneaux = 17.78%

Productivité (kWh/an) = 1752 x 269,66 x 0,1778
= 84MWh/an



70

6- Compatibilité de l'installation :

Grandeur	Condition
Puissance (W)	+/- 20% Puissance du champ = P d'onduleur
Tension (V)	La tension délivrée par le parc à ne jamais dépasser la tension DC max de l'onduleur
Courant (A)	Le courant délivré par le parc à ne jamais dépasser le I_{mpp} de l'onduleur



71



Votre partenaire en énergie propre et gratuite



La maintenance des équipements d'une installation raccordée au réseau

72

72

Maintenance des équipement

1- maintenance préventive:

- ✓ Assurer de sa conformité au design prévu.
- ✓ Assurer de la bonne installation de tous ses composants.
- ✓ Commencer par une inspection visuelle complète de l'installation et devra être fréquemment répétée.



73

Maintenance des équipement

2- maintenance de module :








- ⚙ Salissure et/ou dégradation à la surface des modules.
- ⚙ Vérifier les boîtes de jonction.
- ⚙ Vérifier la présence de bris de glace.
- ⚙ Effectuer des mesures sur-site (tension, courant) tous les 3 ans
- ⚙ Contrôler les connections à la terre.

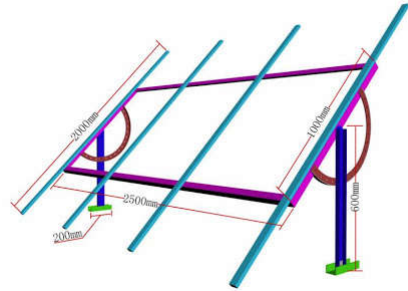


74

Maintenance des équipement

3- structure de support de module :

-  Contrôler la présence de corrosion sur les poutres.
-  Chercher les déformations potentielles.
-  Vérifier la position du lestage.
-  Vérifier l'étanchéité à l'eau aux points de fixation.
-  Vérifier l'étanchéité à l'eau de la couverture.
-  Si présence d'un tracker, contrôler les parties mécaniques, le mécanisme d'orientation.
-  Contrôle de la rigidité des poutres et vérifier les connexions à la terre .



75

Maintenance des équipement

4- les onduleurs :

Onduleurs centraux

- Vérifier que les travaux de maintenance sont effectués avec la fréquence et les exigences demandées par le constructeur .






Onduleurs décentralisés

- Contrôler la présence éventuelle d'humidité pour les onduleurs installés à l'extérieur.
- Si les onduleurs sont installés dans une salle spécifique, contrôler le bon fonctionnement de la ventilation .

76

Maintenance des équipement

5- Boîtes de jonction :






-  Tester le bon fonctionnement des éléments de déconnexion
-  Contrôler la présence éventuelle d'insectes, de poussière et/ou d'humidité à l'intérieur des boîtes.
-  Contrôler le verrouillage du mécanisme de découplage.
-  Vérifier l'état général et l'imperméabilité de la boîte.
-  Vérifier les fusibles de chaque chaîne de module.



77

Maintenance des équipement

6- Câblage et accessoires :

-  Vérifier la bonne pose des câbles et des chemins de câble.
-  Contrôler les points de fixation.
-  Chercher la présence de rupture d'isolation.
-  Contrôler les lieux pouvant entraîner une déformation ou une coupure des câbles (coins par exemple).
-  Contrôler l'élasticité des câbles (bonne tenue de l'isolation).



78



Niveau 3 : " Développement et supervision des installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau "

79

79

Supervision des installation photovoltaïque raccordée au réseau

Système monitoring

Quels que soient la taille et l'usage d'une installation PV, le système de monitoring a pour objectif principal de :

1 Suivre l'énergie PV produite

2 Evaluer la performance du système PV

3 Détecter les dérives ou les dysfonctionnements

4 Avertir immédiatement en cas de défaut.



80

80

Système monitoring

1- Installations PV pour bâtiments commerciaux et industriels:

Dans les installations PV pour exportation vers le réseau, le système de monitoring fournit:

Energie produite

La mesure de l'énergie PV produite et le calcul de son intérêt économique sur une base quotidienne et mensuelle.

Performance du système

Détection de la diminution du rapport de performance et identification des causes potentielles

L'enregistrement des données

L'architecture de monitoring est basée sur un enregistreur de données communiqué avec les onduleurs,

81

81

Système monitoring

2 - Installations à grande échelle :

Les systèmes pour installations à grande échelle, de 500 kWc et plus, sont capables de monitorer la totalité de l'installation, de l'entrée de chaîne au point de connexion au réseau.

Contrôle à distance

Ces systèmes sont basés sur un système SCADA permettant le monitoring de contrôler à distance des équipements motorisés.

Inclure des autres équipements

- une station météo
- Les capteurs d'irradiance.
- un contrôleur de site
- des compteurs spécifiques tels que des compteurs de consommation.

Site de l'installation

Ces systèmes SCADA peuvent être locaux et/ou distants, avec des capacités de redondance et un traitement de données très performant.

82

82



PROJET D'UNE INSTALLATION SOLAIRE SUR TOITURE POUR ALIMENTATION DES SERVICES AUXILIAIRES DU POSTE SOURCE DAR BOUAZZA

83

83

Station raccordé au réseau dar bouaza 48 kW

Calcul manuel

Puissance crête à installer :



Pour dimensionner une installation solaire, on doit déterminer la valeur de la puissance crête à installer. L'administration de Lydec ont déjà défini cette valeur

$$P_c = 48\text{kWc}$$

84

84

Station raccordé au réseau dar bouaza 48 kW

Calcul manuel

Nombre des panneaux à installer :



Calculer le nombre nécessaire pour couvrir les besoins de l'installation par la relation suivante :

$$Nb = \frac{Pc \text{ du champ (kWc)}}{Pc \text{ unitaire (kWc)}}$$

$$Nb = \frac{48}{0.345} = 139 \text{ Panneaux}$$

85

85

Dimensionnement d'une installation raccordée au réseau

Calcul manuel

Nombre des panneaux en série et en parallèle :

Nombre des modules en série

Nombre des modules en parallèle

$$Nb \text{ max en serie} = E^{+\left[\frac{Umpp \text{ max}}{1,15 \times U \text{ mpp}}\right]} = E^{+\left[\frac{800}{1,15 \times 38,9}\right]} = 18$$

$$Nb \text{ max en parallèle} = \frac{I \text{ mpp}}{1,25 \times Ics} = \frac{33}{1,25 \times 9,31} = 3$$

$$Nb \text{ min en serie} = E^{-\left[\frac{Umpp \text{ min}}{0,85 \times U \text{ mpp}}\right]} E^{-\left[\frac{320}{0,85 \times 38,9}\right]} = 9$$

86

Calcul manuel

Nombre des onduleurs :

Nous avons choisi d'installer 2 onduleurs pour des raisons de sécurité et de maintenance.



$$Nb = \frac{Pc \text{ du champ (kWc)}}{Pc \text{ unitaire (kWc)}} = \frac{48}{20} = 2 \text{ onduleurs}$$

Calcul manuel

Compatibilité :

	Condition		Conforme
Puissance	Puissance du champ = +/- 20% Puissance d'onduleur	<ul style="list-style-type: none"> • Puissance du champ 24 • 20%P d'ond = 24 	Vrai
Tension	La tension délivrée par le parc à ne jamais dépasser la Umpp DC max de l'onduleur.	$18 \times 47.3 = 851.4 \text{ V} < 1000 \text{ V}$	Vrai
Courant	Le courant délivré par le parc à ne jamais dépasser le Impp de l'onduleur	$8 \times 9.31 = 74,48\text{A} < 132\text{A}$	Vrai

Remarque:

Compatibilité en puissance: ne donne le nombre totale des panneaux a installer.

Compatibilité en tension: ne donne le nombre en série des panneaux a installer.

Compatibilité en courant :donne le nombre en parallèle des panneaux a installer.

Calcul manuel

Résumé :

Puissance Installée (kWc)	48
Nombre des panneaux	139
Nombre des onduleurs	2
Nombres des chaines	8

Calcul à l'aide de logiciel PVSYST

PVsys présente les résultats dans un rapport complet, intégrant des graphiques et des tableaux spécifiques. Ces données peuvent être exportées dans un autre logiciel.



Station raccordé au réseau dar bouaza 48 kW

Les caractéristiques des champs : Panneaux

Caractéristiques des champs de capteurs (2 type de champs définis)

Module PV		Si-mono	Modèle JKM 345M-72	
Base de données PVsyst originale		Fabricant Jinkosolar		
Sous-champ "Sous-champ #1"				
Nombre de modules PV	En série	17 modules	En parallèle	3 chaînes
Nombre de modules PV	En série	18 modules	En parallèle	1 chaînes
Nombre total de modules PV	Nbre modules	69	Puissance unitaire	345 Wc
Puissance globale du champ	Nominale (STC)	23.80 kWc	Aux cond. de fonct.	21.18 kWc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)	U mpp	599 V	I mpp	35 A
Sous-champ "Sous-champ #2"				
Nombre de modules PV	En série	17 modules	En parallèle	2 chaînes
Nombre de modules PV	En série	18 modules	En parallèle	2 chaînes
Nombre total de modules PV	Nbre modules	70	Puissance unitaire	345 Wc
Puissance globale du champ	Nominale (STC)	24.2 kWc	Aux cond. de fonct.	21.18 kWc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)	U mpp	599 V	I mpp	35 A
Total	Puissance globale champs	Nominale (STC)	48 kWc	Total
		Surface modules	264 m²	139 modules
			Surface cellule	232 m²
Onduleur				
Base de données PVsyst originale		Modèle	Sunny Tripower 20000TL-30	
Caractéristiques		Tension de fonctionnement	320-800 V	Puissance unitaire
				20.0 kWac
Sous-champ "Sous-champ #1"				
	Nbre d'onduleurs	2 * MPPT 50 %	Puissance totale	20 kWac
			Rapport Pnom	1.17
Sous-champ "Sous-champ #2"				
	Nbre d'onduleurs	2 * MPPT 50 %	Puissance totale	20 kWac
			Rapport Pnom	1.17
Total	Nbre d'onduleurs	2	Puissance totale	40 kWac

91

91

Station raccordé au réseau dar bouaza 48 kW

Les caractéristiques des champs : Onduleurs

Onduleur		Modèle	Sunny Tripower 20000TL-30	
Base de données PVsyst originale		Fabricant	SMA	
Caractéristiques		Tension de fonctionnement	320-800 V	Puissance unitaire
				20.0 kWac
Sous-champ "Sous-champ #1"				
	Nbre d'onduleurs	2 * MPPT 50 %	Puissance totale	20 kWac
			Rapport Pnom	1.17
Sous-champ "Sous-champ #2"				
	Nbre d'onduleurs	2 * MPPT 50 %	Puissance totale	20 kWac
			Rapport Pnom	1.17
Total	Nbre d'onduleurs	2	Puissance totale	40 kWac

92

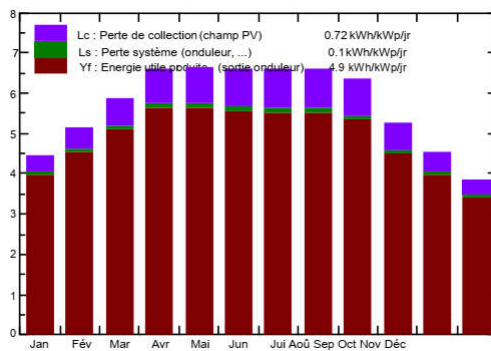
92

Station raccordé au réseau dar bouaza 48 kW

Productibilité de l'installation

L'énergie électrique produite

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Janvier	91.0	32.09	12.84	138.3	135.0	5.881	5.764	0.888
Février	106.4	43.74	13.95	143.8	140.2	6.068	5.947	0.881
Mars	154.6	58.98	15.83	182.9	178.1	7.568	7.415	0.864
Avril	188.0	63.34	16.63	197.7	192.4	8.095	7.924	0.854
Mai	216.3	73.29	18.91	205.8	199.5	8.384	8.211	0.851
Juin	216.8	82.49	21.41	197.8	191.2	8.003	7.842	0.845
Juillet	219.8	81.09	23.05	204.2	197.6	8.198	8.032	0.838
Août	203.5	73.29	23.48	205.1	199.1	8.210	8.041	0.836
Septembre	168.3	56.01	22.19	191.4	186.5	7.678	7.519	0.837
Octobre	128.4	48.45	20.54	163.6	159.5	6.664	6.531	0.851
Novembre	93.6	36.08	16.28	136.8	133.4	5.732	5.618	0.875
Décembre	78.2	34.80	14.50	119.7	116.6	5.085	4.987	0.888
Année	1864.8	683.64	18.33	2087.1	2029.2	85.567	83.832	0.856



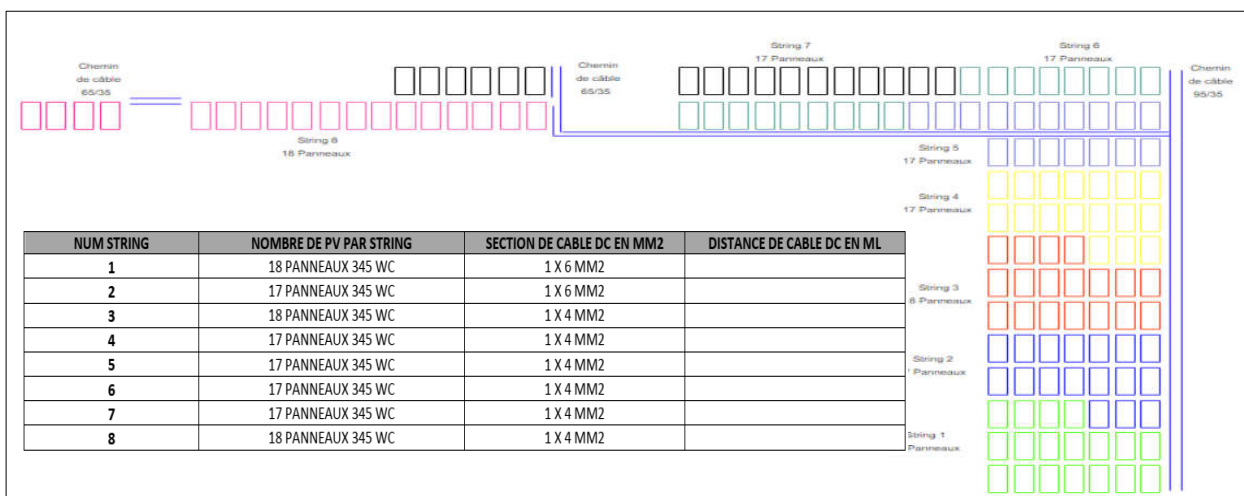
Énergie électrique produite annuelle 85.56 MWh

93

93

Station raccordé au réseau dar bouaza 48 kW

Schéma de câblage

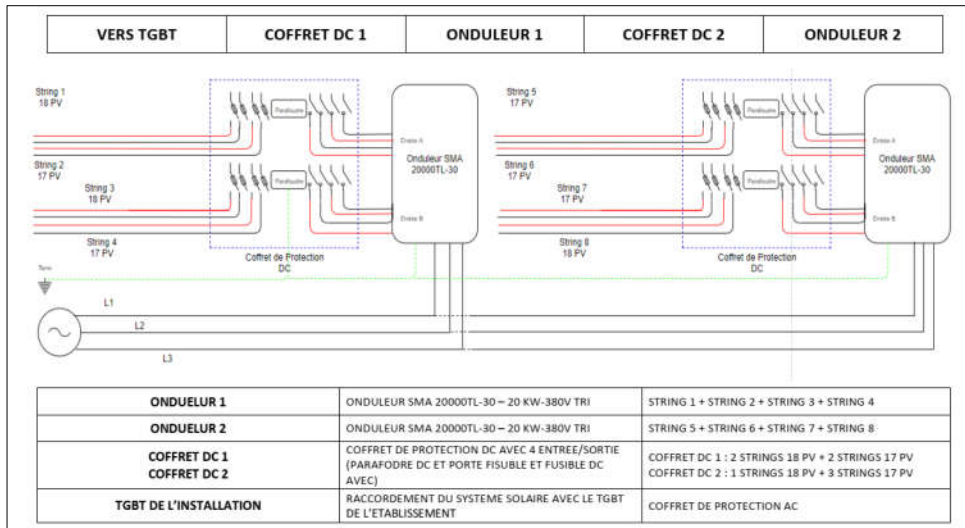


94

94

Station raccordé au réseau dar bouaza 48 kW

Schéma unifilaire de l'installation de câblage



95

95

Les étapes de réalisation du projet

1- Sensibilisation sur la norme de sécurité et visite de lieu:



96

Les étapes de réalisation du projet

2- Transport et manutention des équipements



Les étapes de réalisation du projet

2- Transport et manutention des équipements



Les étapes de réalisation du projet

3- Installation des supports et des panneaux



99

Les étapes de réalisation du projet

3- Installation des supports et des panneaux



100

Les étapes de réalisation du projet

4- Raccordement des panneaux :



101

Les étapes de réalisation du projet

5- Chemin des câbles et mise à la terre



102

Les étapes de réalisation du projet

5- Chemin des câbles et mise à la terre



103

Les étapes de réalisation du projet

6- Installation du coffret DC et Onduleur dans local technique



104

Les étapes de réalisation du projet

6- Installation du coffret DC et Onduleur dans local technique



105

Les étapes de réalisation du projet

7- Système monitoring et station météo



106

Les étapes de réalisation du projet

7- Système monitoring et station météo



107

Les étapes de réalisation du projet

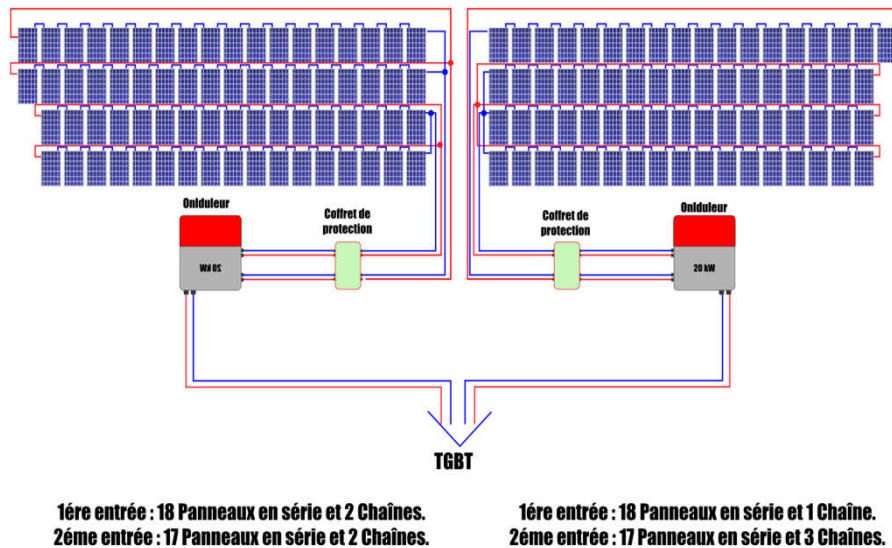
8- mise en service et suivi de la performance de l'installation et la réception finale



108

Schéma de câblage et d'implantation

Station dar Bouazza 48 kW



109

Maintenance des équipements

Station dar Bouazza 48 kW



La maintenance se fait pour les composants suivants :

- Les panneaux solaires photovoltaïques
- L'onduleur
- Matériel BT (armoires de protection, connexion)
- Câbles, goulottes, boîtes de jonctions et structure métallique du champ photovoltaïque.

110

Maintenance des équipements

Station dar Bouazza 48 kW



Panneaux photovoltaïques:

	I. Opérations de contrôle			
1	- Inspection visuelle des surfaces des panneaux photovoltaïques.	Contrôle visuel	Electricien	6 mois
2	- Vérification des câbles d'alimentation en sortie des modules.	Contrôle visuel	Electricien	6 mois
3	- Mesure de tension/courant/puissance (Sortie de centrale).	Mesures	Electricien	6 mois
4	- Vérification des supports mécaniques des panneaux.	Contrôle visuel	Electricien	6 mois
5	- Mesure du PR.	Mesures	Electricien	6 mois
		Mesures	Electricien	6 mois
	II. Opérations systématiques			
6	- Nettoyage des surfaces des panneaux photovoltaïques.	Opération systématique	Electricien	3 mois

111

Maintenance des équipements

Station dar Bouazza 48 kW



Onduleurs:

	I- Opérations de contrôle			
1	- Etat externe.	Contrôle visuel	Electricien	6 mois
2	- Environnement de l'appareil.	Contrôle visuel	Electricien	6 mois
3	- Vérification des câbles d'alimentation.	Contrôle visuel	Electricien	6 mois
4	- Contrôle du bruit d'onduleur.	Contrôle audio	Electricien	6 mois
5	- Historique des alarmes.	Contrôle visuel	Electricien	6 mois
6	- Paramétrage.	Vérification	Electricien	6 mois
7	- Mesure de tension (entrée d'onduleurs).	Mesures	Electricien	6 mois
8	- Mesure de tension (sortie d'onduleurs).	Mesures	Electricien	6 mois
19	- Température ambiante.	Mesures	Electricien	6 mois
	II- Opérations systématiques			
10	- Nettoyage extérieur.	Opération systématique	Electricien	1 an
11	- Serrage des connexions de câbles.	Opération systématique	Electricien	1 an
12	- Dépoussiérage.	Opération systématique	Electricien	1 an

112

Maintenance des équipements

Station dar Bouazza 48 kW



Matériel BT (armoires de protection, connexion)

	I- Opérations de contrôle			
1	- Contrôle de l'état des câbles BT	Contrôle visuel	Electricien	1 an
2	- Contrôle de l'état des connexions	Contrôle visuel	Electricien	1 an
3	- Contrôle des dispositifs de protection contre les surintensités	Contrôle visuel + test	Electricien	1 an
4	- Contrôle des dispositifs de verrouillage	Contrôle visuel	Electricien	1 an
5	- Mesure d'isolement des câbles et du matériel BT	Mesure	Electricien	2 ans
6	- Essai des dispositifs différentiels	Essai fonctionnel	Electricien	1 an
	II- Opérations systématiques			
7	- Nettoyage des armoires	Opération systématique	Electricien	1 an
8	- Serrage des connexions BT	Opération systématique	Electricien	2 an
9	- Serrage des connexions des masses	Opération systématique	Electricien	2 an
10	- Prise d'images thermographie à infrarouge des armoires	Opération systématique	Electricien	1 an

113

Maintenance des équipements

Station dar Bouazza 48 kW



Câbles, goulottes, boîtes de jonctions et structure métallique du champ photovoltaïque.

	I. Câbles et passages de câbles			
1	- Contrôle de l'état des câbles	Contrôle visuel	Electricien	1 an
2	- Contrôle de l'état des connexions	Contrôle visuel	Electricien	1 an
3	- Mesure d'isolement et continuité des câbles	Mesure	Electricien	1 an
	II. Goulottes			
4	- Ouverture de la goulotte sans endommagement des couvercles	Opération systématique	Electricien	2 an
5	- Nettoyage goulotte et câbles	Opération systématique	Electricien	2 ans
6	- Nettoyage des passages de câbles et remise en état	Opération systématique	Electricien	2 ans
7	- Remise en ordre des câbles dans leurs passages et attachements nécessaires	Opération systématique	Electricien	2 ans
	III. Structure des panneaux			
8	- Contrôle régulier de la structure	Opération systématique	Electricien	1 an

114

