



Projet de Renforcement du Marché Solaire en Tunisie

Campagne de Mesure Nationale des Performances des Installations Solaires Photovoltaïques Raccordées au Réseau





Projet RMS – GIZ TN

Composante 3: Assurance Qualité

Objectif:

Les installations solaires PV de petite et moyenne taille sont exploitées dans le respect des critères de qualité et de durabilité:

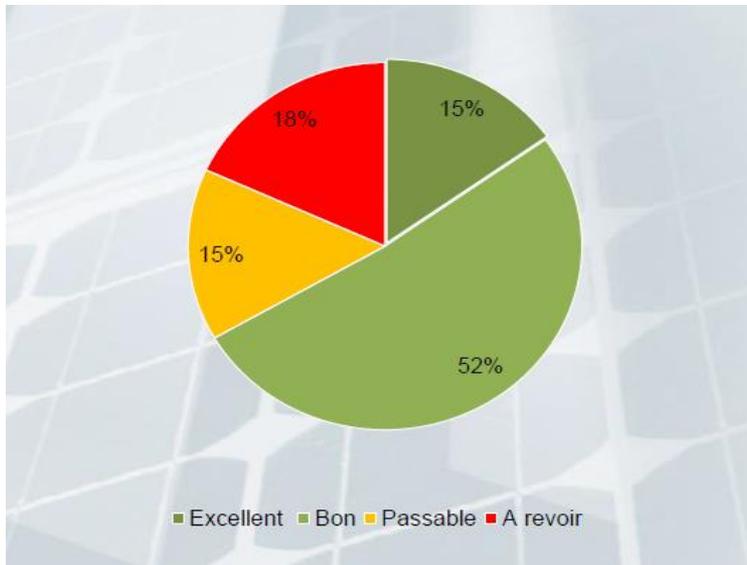
- Approche intégrée axée sur l'amélioration de la qualité des installations solaires PV (Planification, Conseil, Mise en œuvre et O&M).
- Etablissement des normes et des instruments d'assurance de la qualité des projets PV.
- Renforcement de capacités des intervenants pour de meilleures prestations destinées aux bénéficiaires finaux.
- Suivi du développement de la qualité dans les régions.

Campagne de mesure PV en 2015 – Retour sur les Résultats

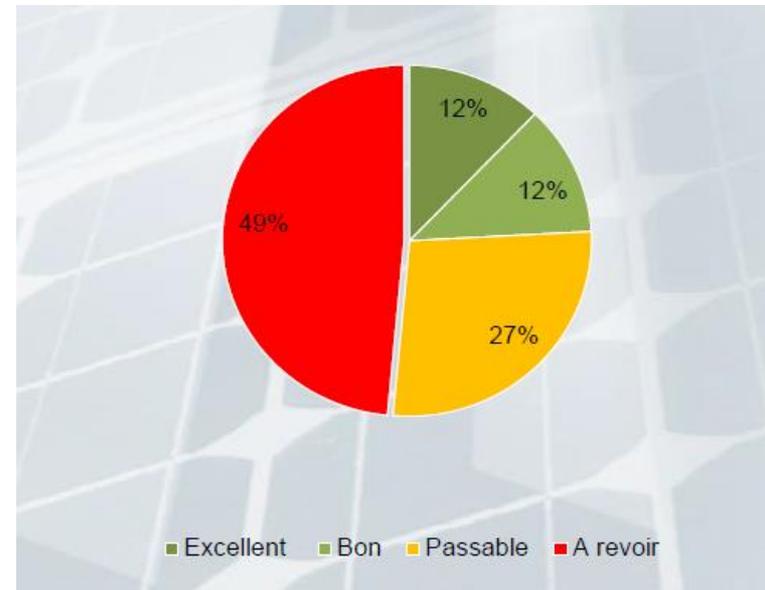
Région pilote: Sfax – Année 2015

Objectif : Audit de 60 installations (PV+ ST) dans la région de Sfax

Résultats:



Performance énergétique



Sécurité des installations



Campagne de mesure PV en 2015 – Retour sur les Résultats

Actions entreprises par le projet 'Développement du Marché Solaire':

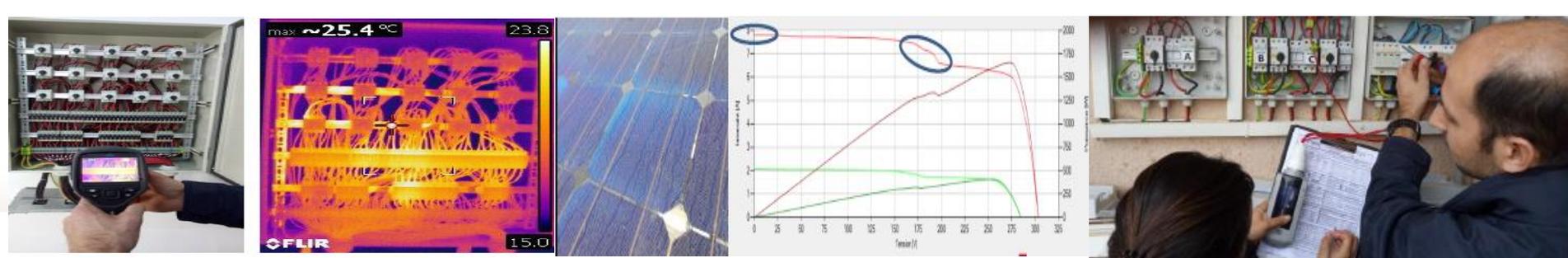
- Atelier de sensibilisation sur la sécurité des installations PV;
- 4 Sessions de Formation au profit des partenaires sur la réception technique des IPV (Sfax, Djerba et Tunis);
- Recommandations pour le groupe ad-hoc sur le référentiel technique pour les installations raccordées sur BT (Publication en Janvier 2019);
- Recommandations pour uniformisation / amélioration des procédures administratives et techniques par la STEG et ANME.

Etude Campagne de Mesure Nationale 2018 – Objectifs

- Faire une analyse d'un échantillon représentatif d'installations solaires photovoltaïques (PV) existantes dans diverses régions tunisiennes (~130 installations PV (MT+BT) à auditer parmi 13 000 IPV RR entre 2010 - 2016 ;
- Evaluer leurs états de mise en œuvre et leurs performances actuelles (en termes de qualité de mise en œuvre et de rendement énergétique) ;
- Identifier les défauts et anomalies les plus fréquents (choix du matériel, installation et mise en œuvre, exploitation et maintenance) et quantifier leurs impacts sur la rentabilité économique;
- Session de Formation au profit des bureaux de contrôle sur l'audit des installations PV raccordées au réseau.

Etude Campagne de Mesure Nationale – Résultats attendus

- Attirer l'attention des acteurs pertinents du secteur sur les défis actuels de la qualité de la mise en œuvre des installations photovoltaïques;
- Elaborer des recommandations pour palier aux anomalies fréquentes;
- Proposer des améliorations pour le maintien et l'amélioration de la performance des installations, et mettre en place un concept de service après-vente.





Sélection de l'échantillon et mesures de terrain

Données transmises par l'ANME

Critères de sélection

Installateur	District	Client	Résidentiel/ industriel	CITE	Date de MES	Référence	Gouvernorat	Puissance (kWc)	Zone	Première installation	Dernière installation	Première installation età >10kWc	Installation >10kWc	Installation à P<=2kWc	Petit installateur (<50 installations)	Installateur présent sur plus du 1/5 du territoire	Installateur présent uniquement dans ce gouvernorat	Commentaire (où voir l'installateur)	Installation à moins de 1 km du bord de mer)	Total
		KRISTOU MANSOU R	Résidentiel	AOUINA	16/01/2016	215106720	TUNIS	2,0	Z2	0	1	0	0	1	1	0	1			4
		MR MED JUGASS AS	Résidentiel	LES BERGES DU LAC	07/04/2016	5632290	TUNIS	2,0	Z2	0	1	0	0	1	1	0	1		*	4
		HERT TRAD ABDESSA LEM	Résidentiel	CARTHA GE BYRSA	21/04/2016	217777630	TUNIS	2,0	Z2	0	1	0	0	1	1	0	1			4

Sélection de l'échantillon et mesures de terrain



Mesures techniques:

- Mesures de courbes IV
- Données Modules
- Données Onduleurs
- Calcul Énergétique
- Analyse de rentabilité
- Mesures Tensions réseau STEG
- Conformité % normes de qualité et de raccordement
- Questionnaire de satisfaction client

Modules et structure

Onduleur

Coffrets DC/AC

Réseau

Questionnaire

ines		MISSION D'EXPERTISE 2018 D'INSTALLATIONS PV TUNISIENNES				giz International Services	
N° VISITE	N° SETEG	DATE	DEBUT	FIN			
GPS	" N " E		GOOGLEMAP via SMARTPHONE	OUI	NON		
PHOTO DU SITE	<input checked="" type="checkbox"/>	REMARQUE					
Nbre TOTAL MODULE	Pdc TOTALE	REMARQUE					
PHOTO TOITURE PV & FICHE MOD.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PRESENCE DEFAULT SUR MODULES PV	OUI	NON		
BONNE CONCEPTION STRUCTURE PV	OUI	NON	PROPRETE MODULES PV	OUI	NON		
BONNE FIXATION MODULES PV	OUI	NON	NETTOYAGE REGULIER MODULE	OUI	NON		
BON ETAT Cables PV & Connecteur & JB	OUI	NON	PHOTOGRAPHIE THERMIQUE Module, Connecteur & JB				
CONTRÔLE ESPACE ENTRE RANGEE PV	H: m D: m	CONFORMITE / BOUCLE INDUCTION	OUI	NON			
REMARQUE / LEST	REMARQUE						
METEO		Azimuth	Temp ext	°C			
RELEVÉ MASQUE	OUI	NON	REMARQUE Proche & Loistals				
CAPTEUR TRI-KA		OUI	NON	CAPTEUR TRI-KA	+	INCLINAISON	°
CAPTEUR TRI-KA		IGP (W/m²)	CAPTEUR TRI-KA	+	Temp Cell	°C	
Nbre TOTAL ONDULEUR	Pdc TOTALE	REMARQUE					
PHOTO LOCAL OND. & FICHE OND.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ARRET/PANNE/REMPLACEMENT	OUI	NON		
OND. N°1 CONFORME & FONCTIONNEL	OUI	NON	OND. N°2 CONFORME & FONCTIONNEL	OUI	NON		
Pdc instant	REMARQUE / ERREURS / EVENEMENTS		Pdc instant	REMARQUE / ERREURS / EVENEMENTS			
Heures fonct.			Heures fonct.				
Prod. Tot. kWh	CHAINE N°1	CHAINE N°2	CHAINE N°3	Prod. Tot. kWh	CHAINE N°1	CHAINE N°2	CHAINE N°3
Nbre MODULE / Chaîne			Nbre MODULE / Chaîne				
Pdc instantanée / Chaîne			Pdc instantanée / Chaîne				
MISE HORS SERVICE DE L'INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE (AC puis DC)							
MESURE I(V) TRI-KA / OND. N°1		OUI	NON	MESURE I(V) TRI-KA / OND. N°2		OUI	NON
REMARQUE							
COFFRET DC CONFORME & FONCTIONNEL	OUI	NON	COFFRET AC CONFORME & FONCTIONNEL	OUI	NON		
BORNIER & CONNECTEURS SERRES	OUI	NON	BORNIER & CONNECTEURS SERRES	OUI	NON		
BON ETAT FUSIBLES & PARAFONDRES DC	OUI	NON	BON ETAT FUSIBLES & PARAFONDRES AC	OUI	NON		
PHOTOGRAPHIE THERMIQUE COFFRET DC			PHOTOGRAPHIE THERMIQUE COFFRET AC				
REMARQUE							
COMPTEUR ELECTRIQUE	ENERGIE CONSOMMEE E+/0/1-80 (kWh)			ENERGIE INJECTEE E-/2-80 (kWh)			
ANALYSE DU RESEAU	L1/N (V)	L1 / T (V)	T/N (V)	L1 / L2 (V)			
	L2/N (V)	L2 / T (V)	RT (Ohm)	L2 / L3 (V)			
	L3/N (V)	L3 / T (V)	REMARQUE	L3 / L1 (V)			
CONFORMITE ARRIVEE RESEAU	OUI	NON	INVERSION / ORDRE DES PHASES	OUI	NON		
CONFORMITE CABLAGE DIFFERENTIEL	OUI	NON	PIQUET TERRE	Alu	Cuivre	Galva	<input checked="" type="checkbox"/>
REMARQUE							
REMISE EN SERVICE DE L'INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE (DC puis AC)							
QUESTIONNAIRE CLIENT REMPLI	OUI	NON	CONTACT & DOCUMENTS TECHNIQUES DU CLIENT	<input checked="" type="checkbox"/>			
REMARQUE / CLIENT							
DISTRIBUTION FLYER BDPV	OUI	NON	CONTACT DE L'INSTALLATEUR	<input checked="" type="checkbox"/>			
REMARQUE / INSTALLATEUR							

Critères – Défauts possibles rencontrés



Bon raccordement réseau STEG			Respect couleurs câbles			Sens câblage disj/diff OK			Présence différentiel			Présence disjoncteur			Bonne réalisation coffrets DC & AC			Bon serrage des borniers AC/DC			Bonne réalisation Terre / Structure			Boucle Induction champs PV			Présence Masque			Nettoyage régulier des modules			Propreté des modules le jour J			Présence dossier technique chez le client										
Bo	Pa	M	NC	Ou	No	NC	Ou	No	NC	30	30	NC	Ou	NO	NC	B	Pa	M	NC	Ou	No	NC	Bo	Pa	M	NC	Ou	No	NC	Im	Fai	Au	Ou	No	NC	Ou	No	NC	Ou	Non	NC					
n	ss	au		i	i		i	i	n	m	m		i	N		oss	au		n	n		n	ssa	au		n	ssa	au		n	n	por	ble	ble		n			n			n			n	
n	ab	vai	NC	i	n	NC	i	n	NC	n	A	NC	n	N	NC	ss	vai	NC	n	n	NC	Bo	ssa	vai	NC	n	n	NC	por	ble	ble	Ou	n	NC	Ou	n	NC	Ou	Non	NC						
	le	s								A	A					able	s													tant	cut															

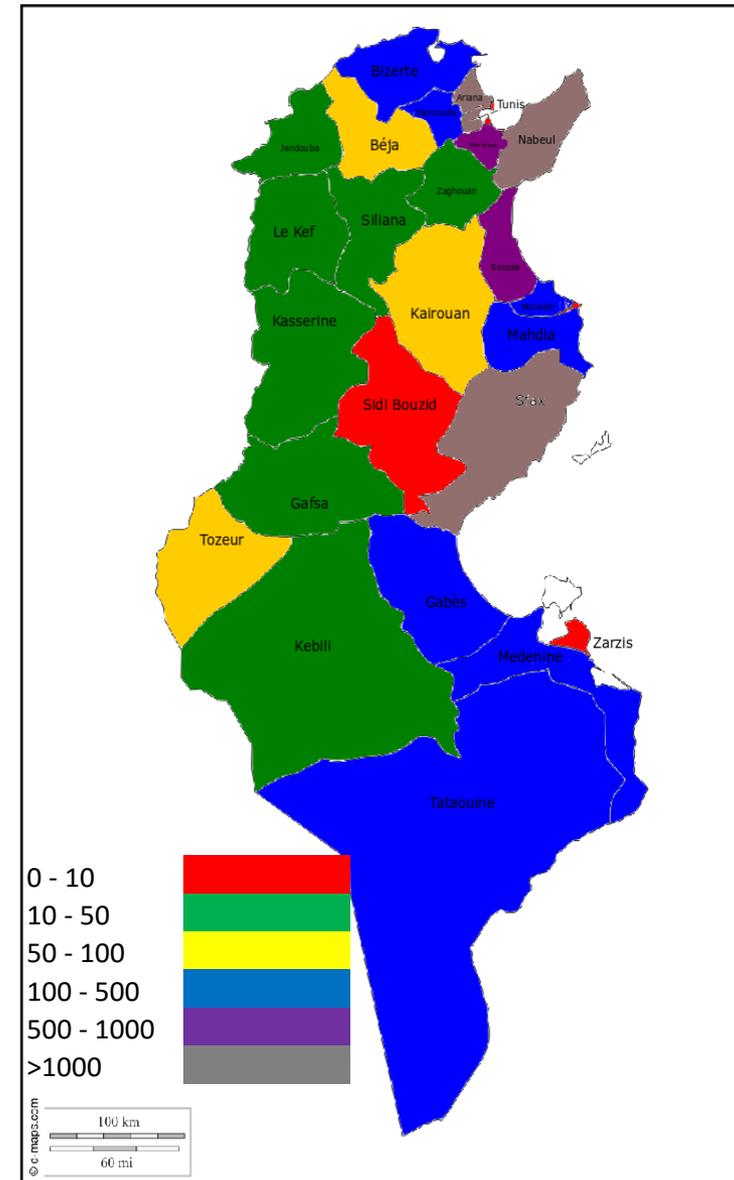
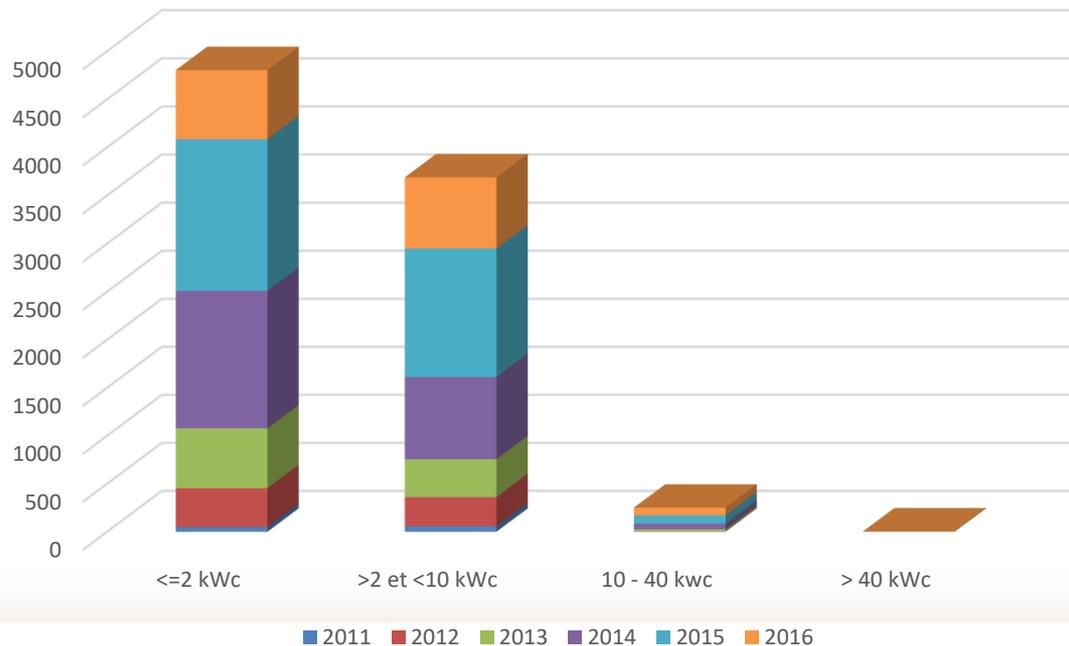
Evaluation des défauts rencontrés

Analyse du parc PV Tunisien – (2010 - 2016)



Total raccordé: 26,5 MWc en 2016

Puissance	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<=2 kWc	48	406	623	1432	1577	717
>2 et <10 kWc	57	304	395	856	1338	739
10 - 40 kWc	0	4	20	61	87	80
> 40 kWc	0	0	0	0	1	3



Programme des visites



Gouvernorat	Date	Nombre de jours	Nombre d'installations	Type d'installation
Tunis	15/01/2018-17/01/2018 26/01/2018	4	21	BT
Ariana	26/02/2018-27/02/2018 02/03/2018	3	17	BT
Ben Arous	28/02/2018	1	7	BT
Zaghouan	09/02/2018	0.5	1	BT
Béja	18/01/2018	1	5	BT
Le Kef	19/01/2018	1	5	BT
Bizerte	22/01/2018	1	6	BT
Nabeul	23/01/2018-24/01/2018 01/03/2018	3	18	BT
Sousse	25/01/2018	1	5	BT
Kairouan	29/01/2018	1	6	BT
Sfax	30-01/2018-31/01/2018	2	7	MT
Gabès	01/02/2018 05/02/2018	2	11	BT
Médenine	02/02/2018	1	5	BT
Kebili	06/02/2018	1	5	BT
Tozeur	07/02/2018-08/02/2018	2	10	BT
Gafsa	09/02/2018	0.5	1	BT

5 semaines
d'audit

15/01/2018
Au
09/02/2018

26/02/2018
Au
02/03/2018

Géolocalisation des installations contrôlées



<https://www.google.com/maps/d/edit?hl=fr&mid=1agbszdo0zsRWZZJYkHBr3rrgGNGdVme-&ll=35.64883697919634%2C8.718425593749998&z=8>

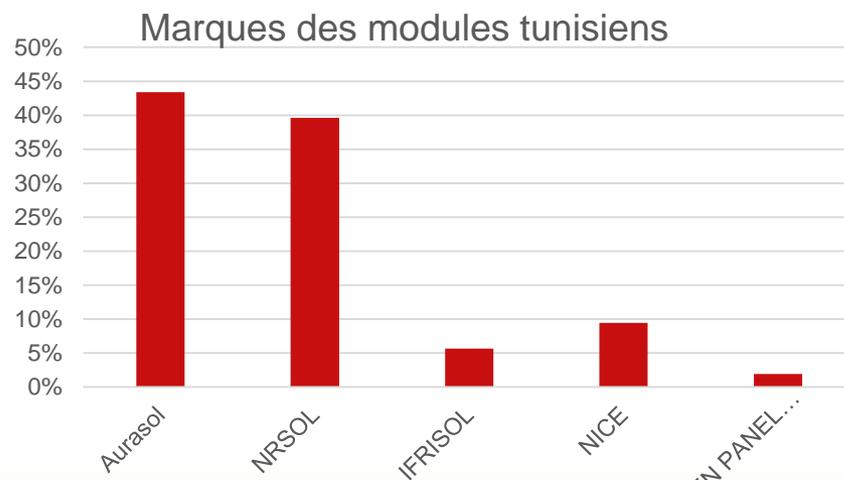
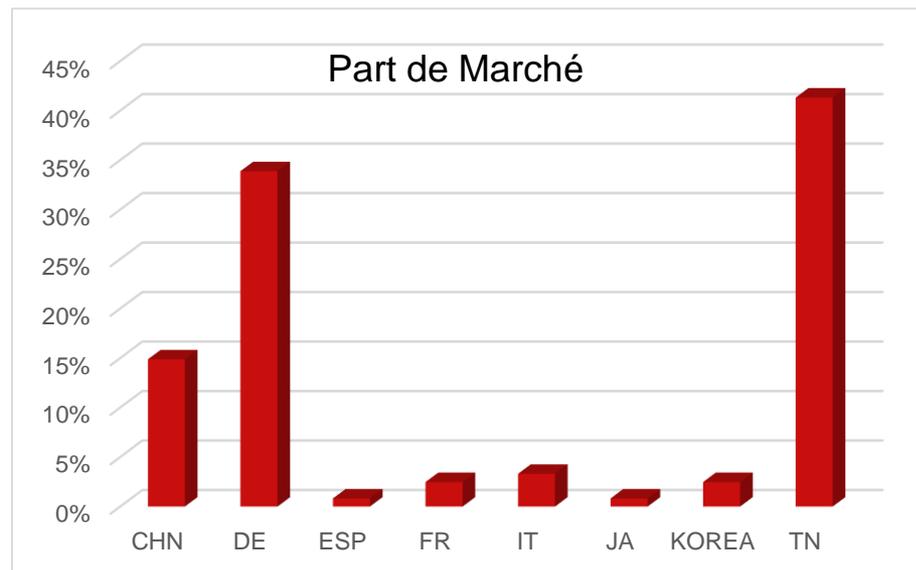
Nombre d'installations	131
Puissance totale (kWc)	900
Age moyen (an)	2.3
Production totale (MWh)	2780
Nombre de kilomètres (km)	~10000
Nombre de gouvernorats	16
Nombre d'installateurs	46



Modules



- **Qualité:**
 - **Module très irrégulier chez certains équipementiers Tunisiens.**
 - **Importation OK**
- **Technologies:**
 - **Mono**
 - **Polycristallin**
- **Provenance:**
 - **Tunisie 40%,**
 - **Allemagne 34%,**
 - **Chine 15%**
 - **Autres 11%**
- **Mise en œuvre:**
 - **Bonne dans l'ensemble**
 - **Ombrage proche**
 - **Boucle d'induction**
 - **Liaison de terminaison incertaine**



Fabrication locale – QIq défauts

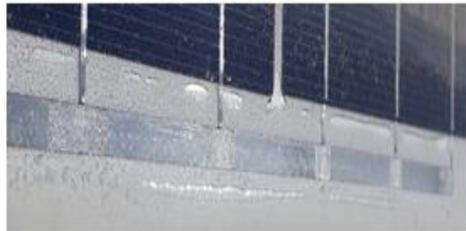


FIGURE 1: BULLES D'AIR A L'ENCAPSULATION

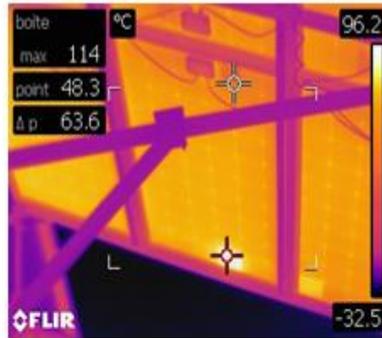


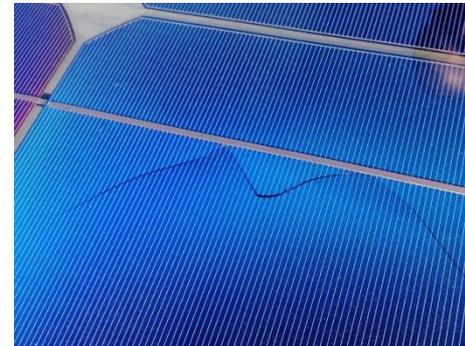
FIGURE 3: ECHAUFFEMENT D'UNE CELLULE RESISTIVE (100°C AU LIEU DE 35°C POUR LE RESTE DU MODULE)



FIGURE 2: DELAMINATION



FIGURE 4: DEFAT DE QUALITE SUR LA POSE DES BUS BARS



Coffrets DC/AC



➤ Exemple par rapport à l'électricité du bâtiment !

➤ Matériel

- Qualité élevée
- Quantité excessive !
 - Parafoudre discutable
 - Fusible pour 1 ou 2 chaînes inutile

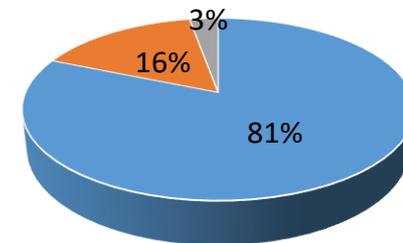
➤ Mise en œuvre

- Attention au respect des couleurs
- Respecter le sens de câblage
- Connecteur liaison champ inexistante ou défectueuse (sertissage)

➤ Connexion

- Embouts non adaptés aux câbles solaires (double isolation)
- Dérivation parafoudre défectueuse
- Sertissage cosse, embout, connecteur sans outil adapté
- Privilégier serrage par ressort au serrage à vis
- Serrage à vis : RE-serrage indispensable

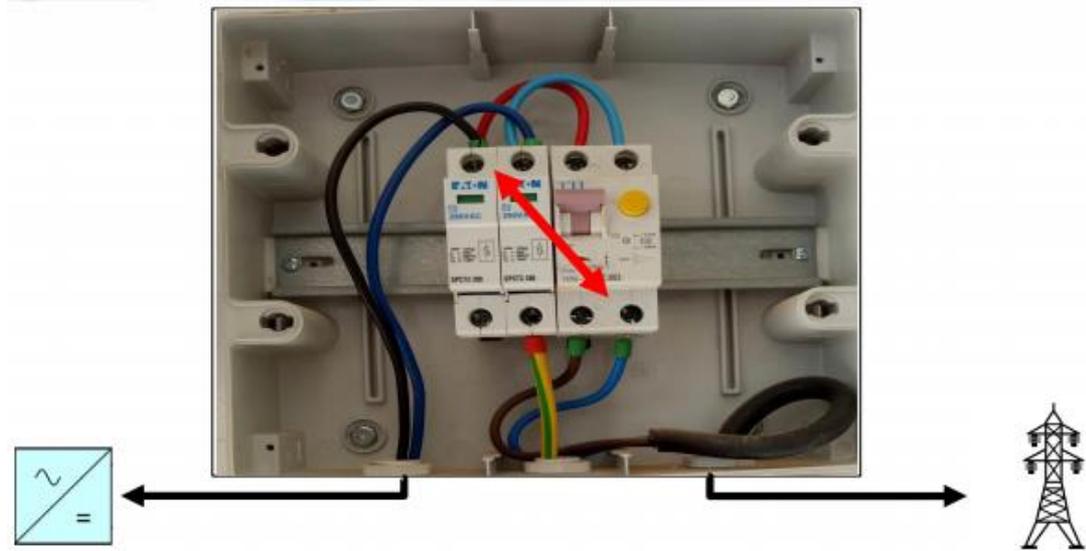
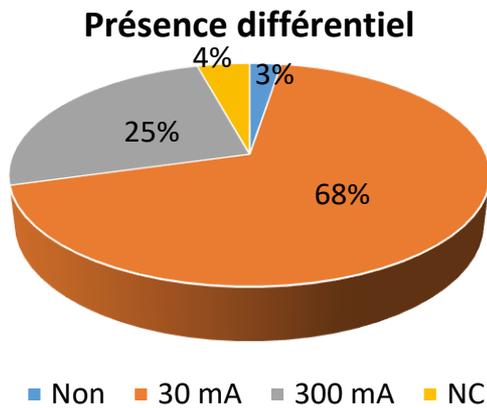
Bonne réalisation des coffrets DC/AC



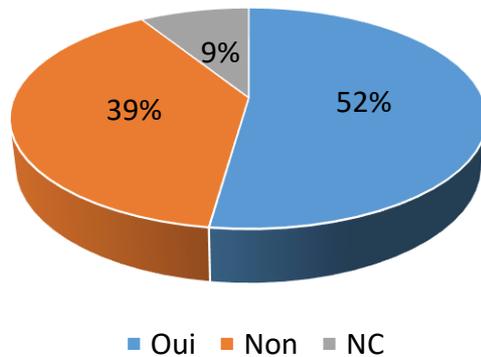
■ Bon ■ Passable ■ Mauvais



Erreurs fréquentes, pas de différentiel ou mauvais câblage



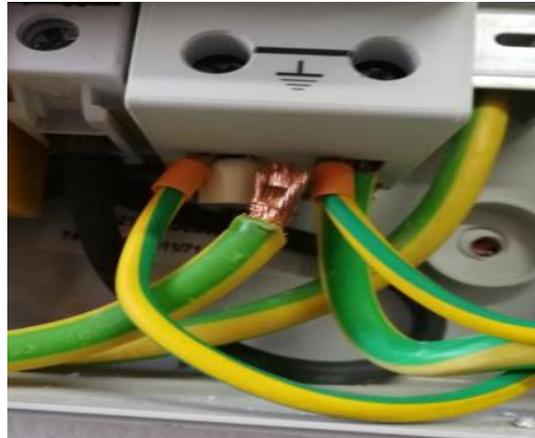
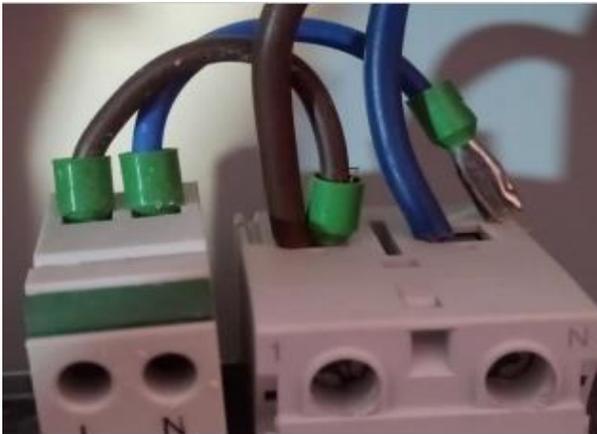
Sens câblage diff/disj correct



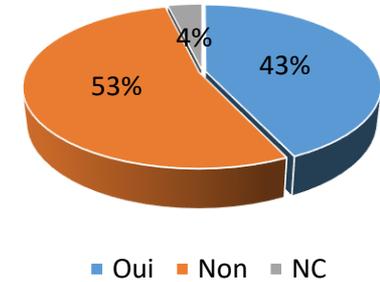
La règle d'usage veut des câbles hors tension en aval d'un disjoncteur lorsque celui-ci est ouvert.

Ici la personne risque l'électrocution au contact direct du réseau STEG.

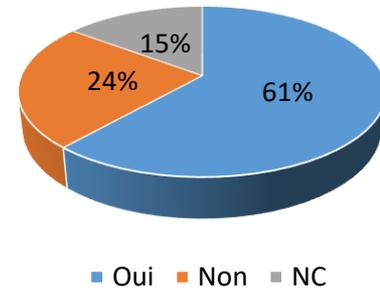
Connexions: embouts et dérivation



Bon serrage des borniers



Respect couleurs câbles AC



Raccordement réseau



➤ Catastrophique dans 60% des cas !

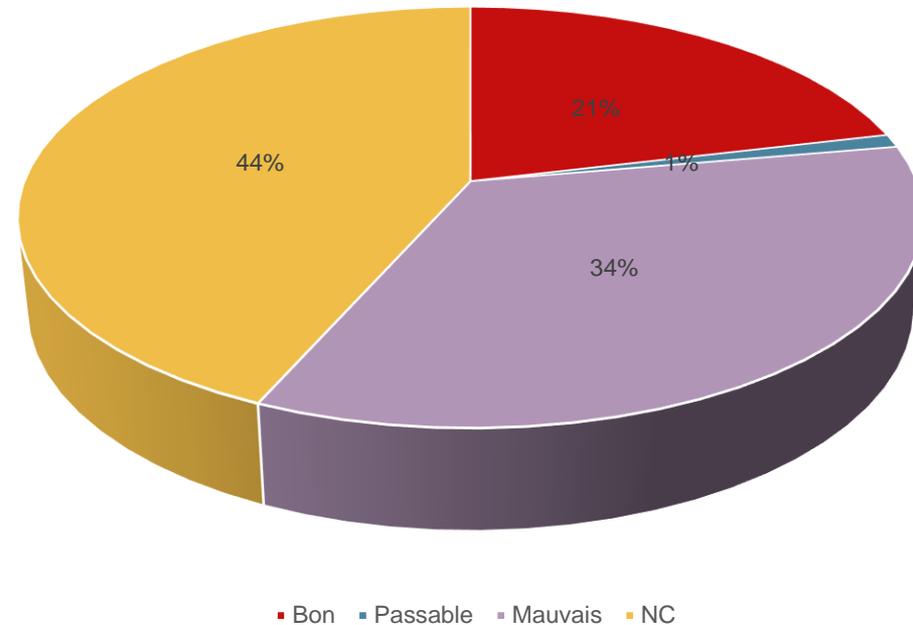
➤ Matériel

- Qualité médiocre, inadapté
- Quantité défailante

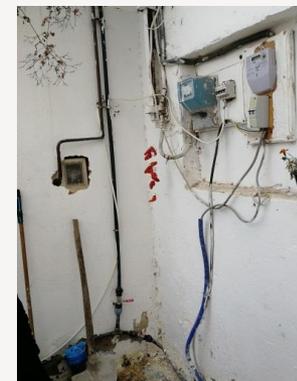
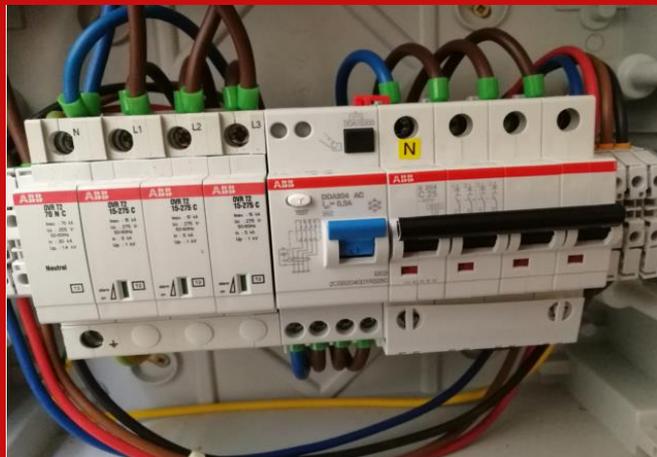
➤ Mise en œuvre

- Non conforme
- Connexions, respect couleurs, IP2X, sécurité des personnes...
- Amateurisme profond

Bon raccordement réseau STEG



Qualité coffrets PV vs Coffrets STEG

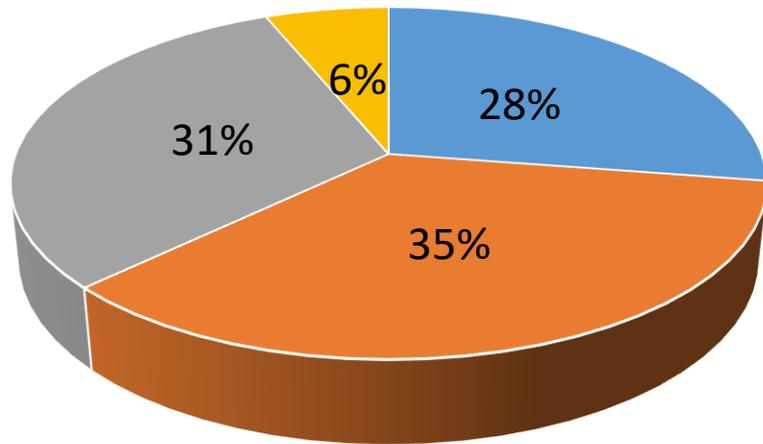




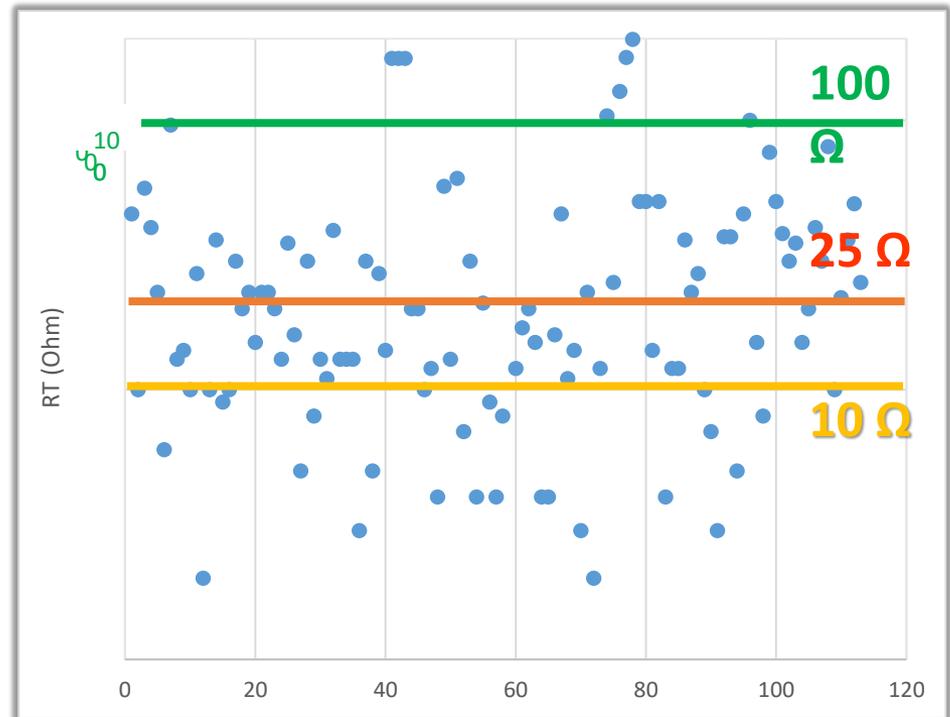
Mise à la Terre

Valeur moyenne: $R_t = 36\Omega$

94 % des résistances de terre mesurées $< 100\Omega$

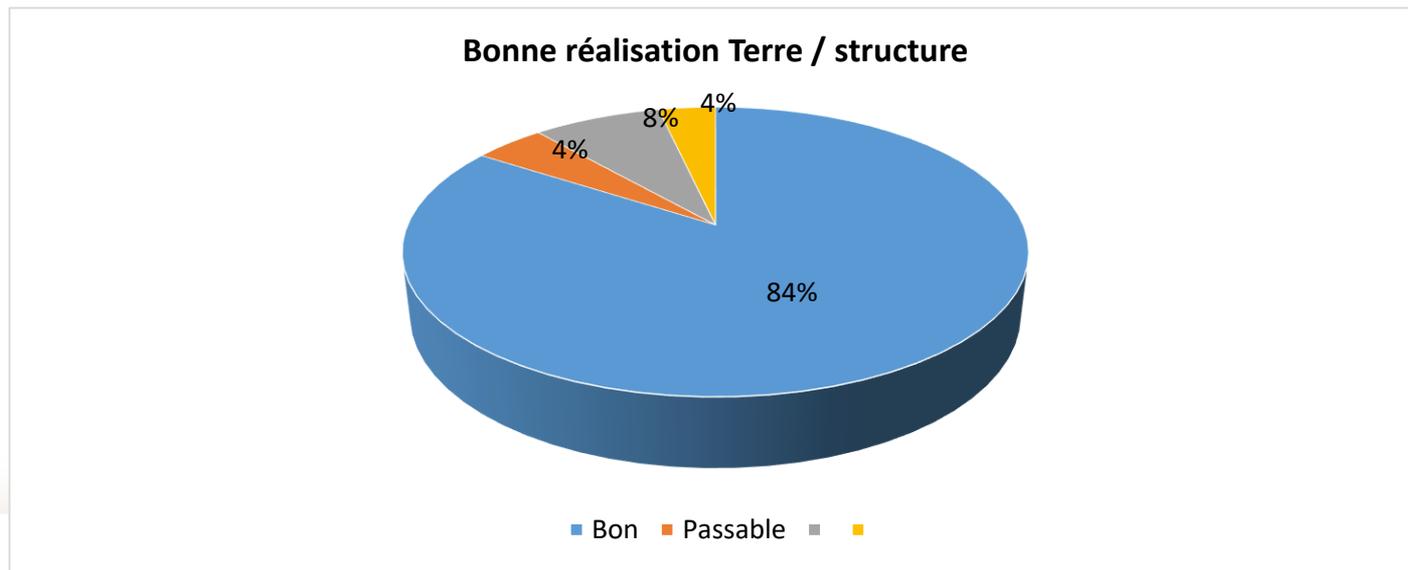


■ < 10 ■ $10 < R < 25$ ■ $25 < R < 100$ ■ > 100



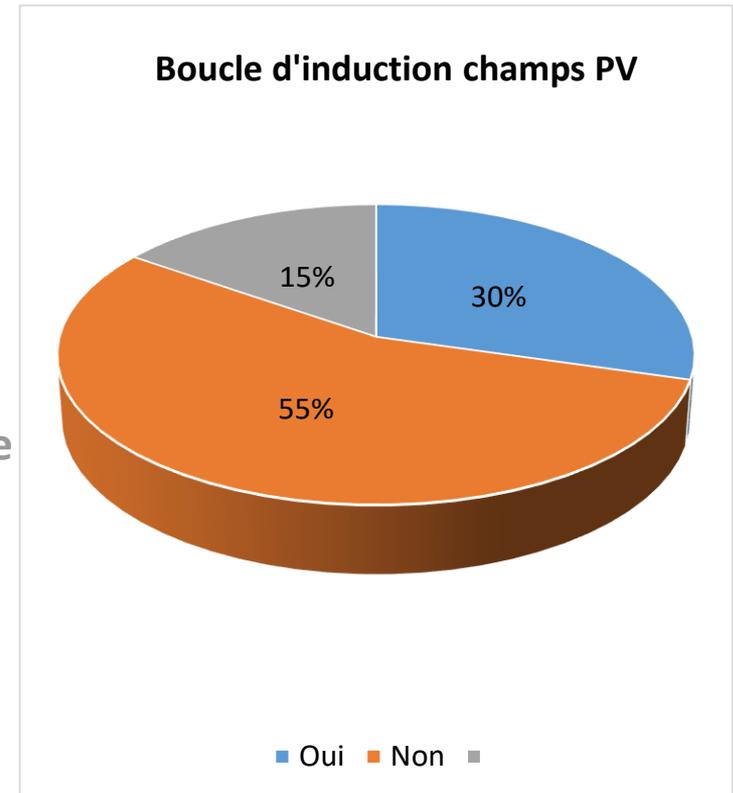


- Beaucoup d'effort, de temps, de matériel, de coûts inutiles !
 - **Connexions du référentiel pertinentes, simplifications intéressantes**
- Mise en œuvre
 - Bonne, simplification à venir
 - ➔ **Utiliser les rails comme LEP (Liaison Equipotential Principale)**
- Connexion
 - Corrosion importante couple galvanique entre métaux





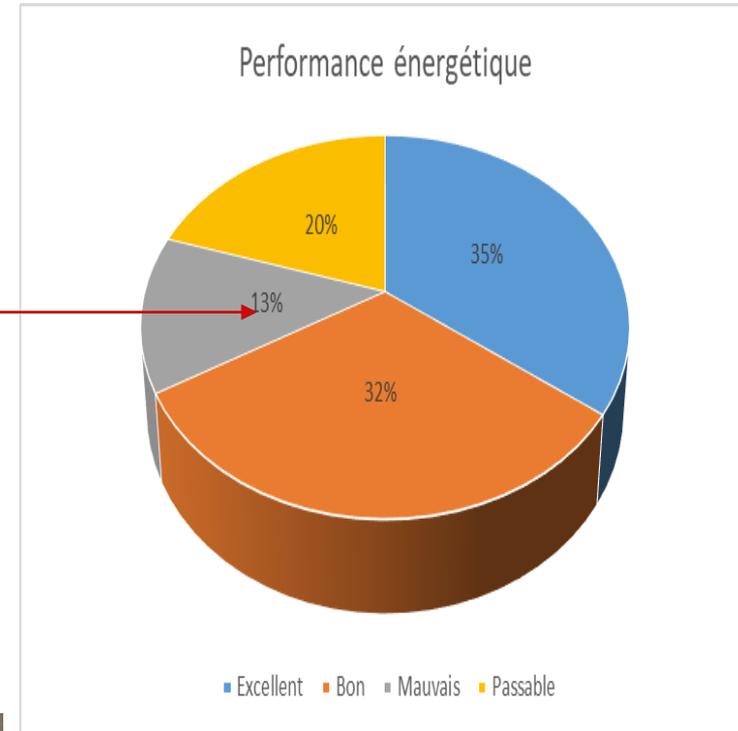
- **Problématique travaillée mais pas toujours solutionnée**
- Boucle entre polarités
 - Pose des module tête bêche: une solution simple et pratique
 - **Schéma de câblage sur site inexistant**
- Boucle entre polarités et terre
 - Toujours faire cheminer polarité et terre dans le même conduit de liaison
- Connexion
 - Corrosion importante couple galvanique entre métaux



Performance Energétique

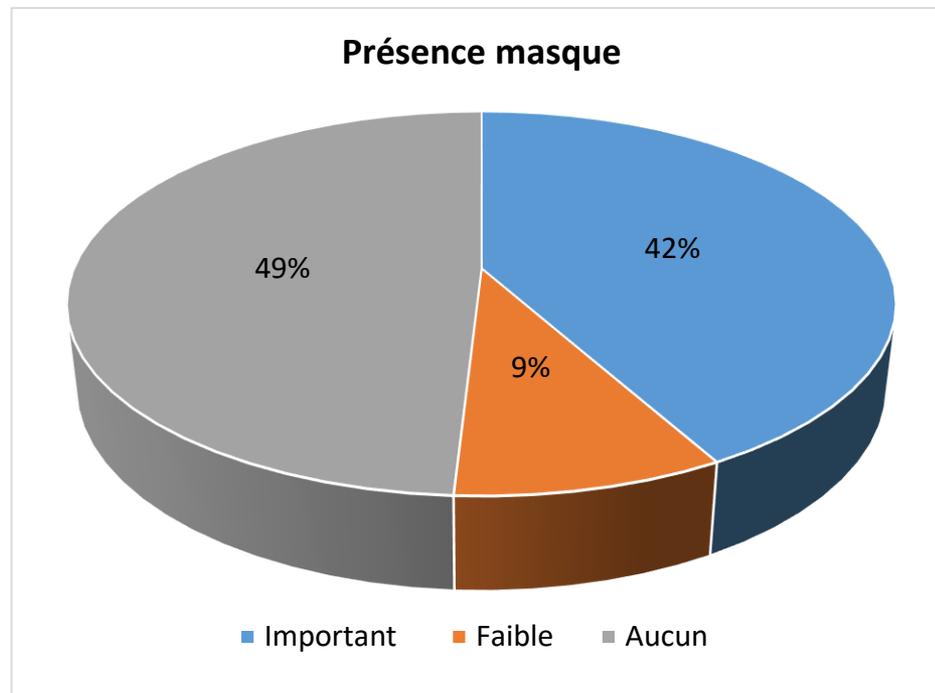


- Salissure des modules
- Mauvaise exposition
- Onduleurs tombés en panne
- Ombrage très proche

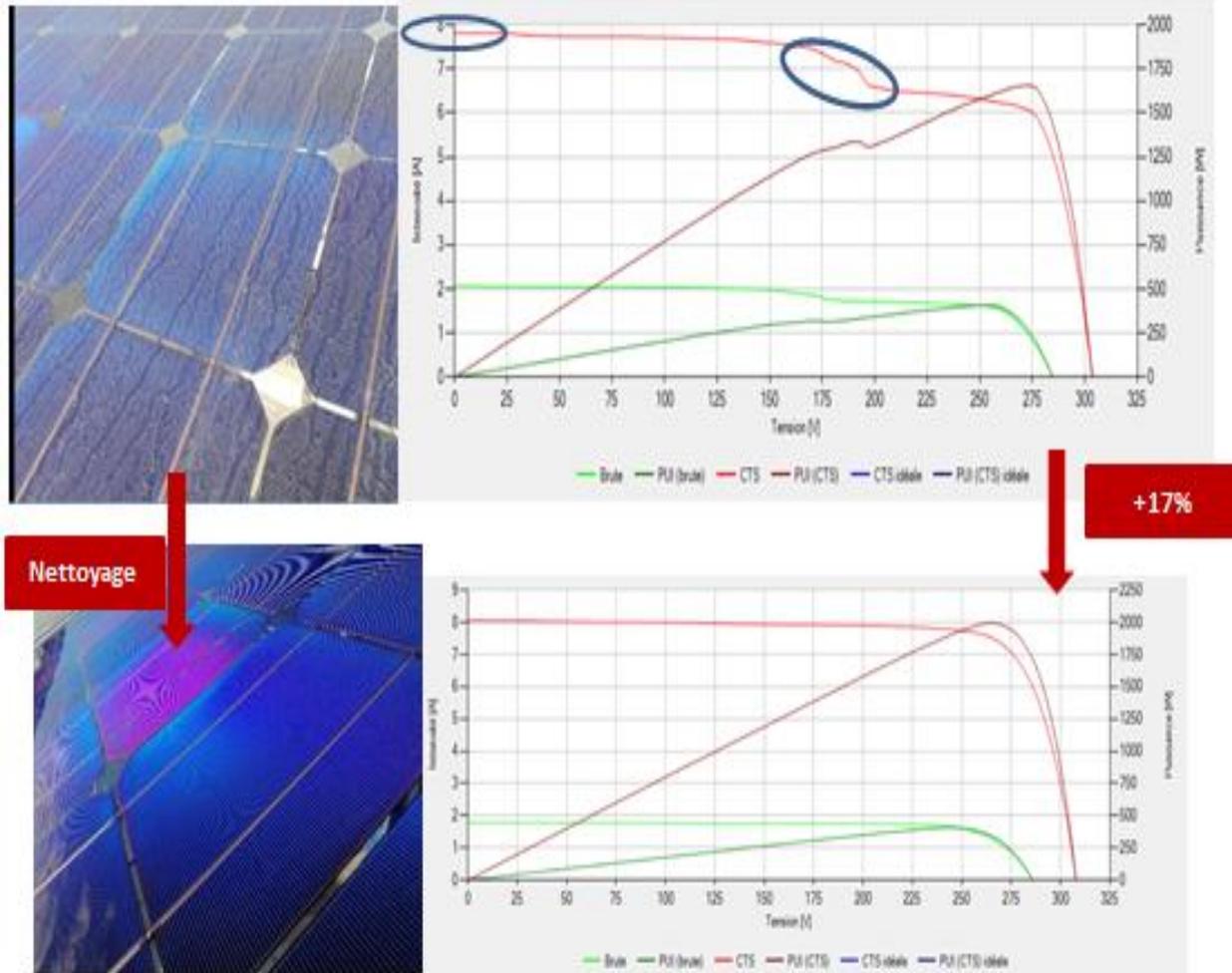


Excellent: performance >100%
Bon: performance > 90%
Passable: performance > 80%
Mauvais: performance < 80%

Ombrage proche à l'horizon



Nettoyage des modules



Première cause de perte de production !

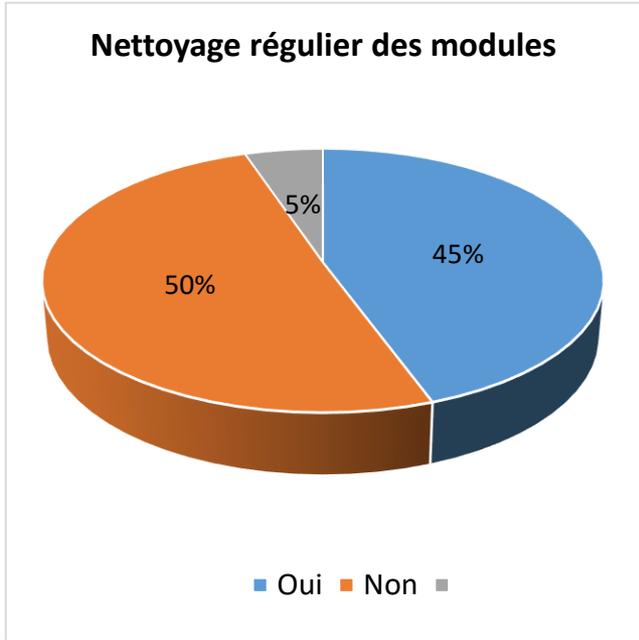
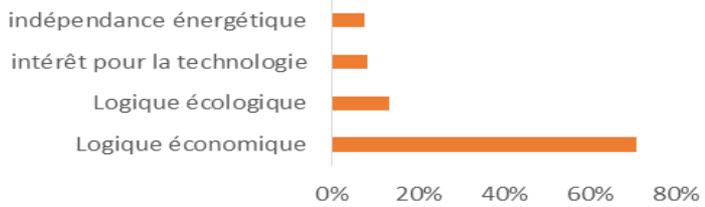


Figure 38: test de nettoyage

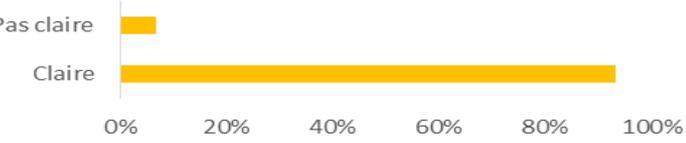
Questionnaire Client



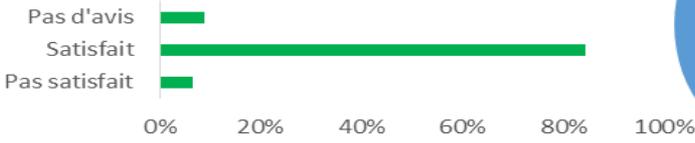
Qu'est ce qui vous a motivé en place une installation PV ?



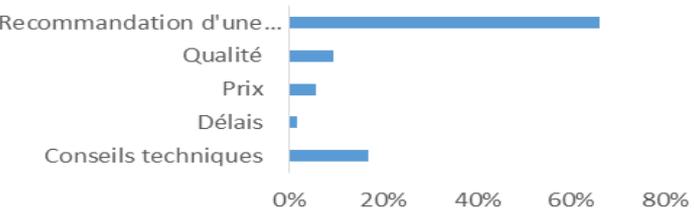
La communication avec votre installateur était-elle claire?



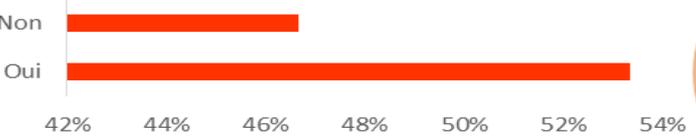
Etes vous satisfaits de la procédure administrative ?



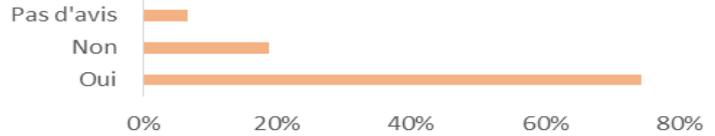
Comment avez-vous choisi votre installateur?



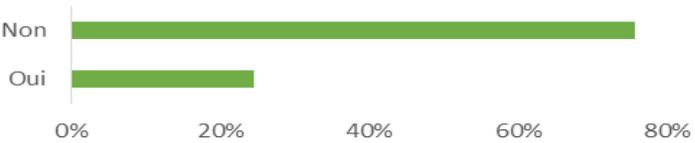
Faites-vous un relevé régulier de la production?



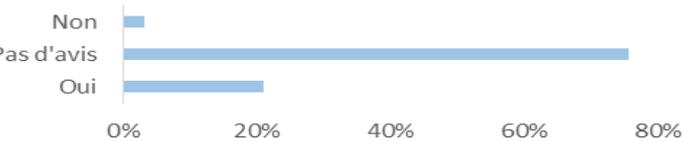
Etes vous satisfaits de la production ?



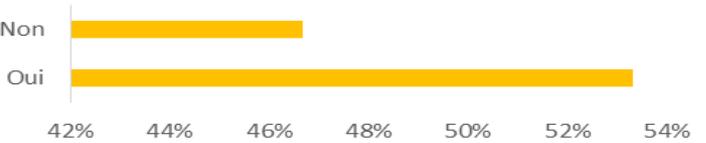
Connaissez-vous la rentabilité de votre installation?



Etes vous satisfaits de la rentabilité?



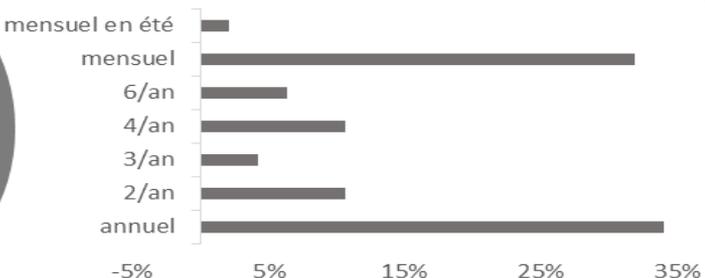
Nettoyez-vous les modules?



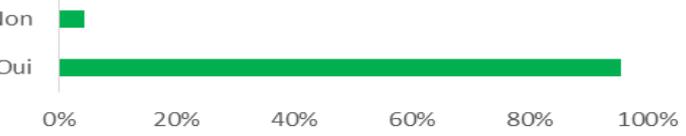
Faites-vous de la maintenance à votre installation?



A quelle fréquence nettoyez-vous les modules?



Recommanderiez-vous autour de vous de faire une installation PV?





Activités Futures pour le projet RMS/GIZ TN

- Fiches d'information pour mesures EE et ER
- Référentiel technique STEG en BT (Janvier 2019)
- Formation et processus d'introduction des Bureaux d'études sur la faisabilité des projets PV
- Formation et processus d'introduction des bureaux de contrôles dans la réception technique des projets PV
- Guide de bonnes pratiques pour l'exploitation et Maintenance
- Introduction du nouveau Label Tunisien 'CONFIANCE PV' pour mise à niveau des intégrateurs PV Tunisiens.



Merci pour votre attention

À son titre d'entreprise fédérale, la GIZ soutient le gouvernement allemand dans la réalisation de ses objectifs de coopération internationale pour le développement durable.

Publié par la:

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Sièges à Bonn et Eschborn, Allemagne

Cluster Energie et Climat en Tunisie

24, Rue du Japon, 5ième étage, 1073 Montplaisir

B.P. 753

1080 Tunis-Cedex

Tunisie

T + 216 71 901 355

F + 216 71 908 960

I www.giz.de www.facebook.com/GIZTunisie

Pour plus d'informations:

[https://energypedia.info/wiki/Projet_Renforcement_du_Marché_Solaire_en_Tunisie_\(RMS\)](https://energypedia.info/wiki/Projet_Renforcement_du_Marché_Solaire_en_Tunisie_(RMS))