



## Modes de Financement des projets solaires en Tunisie



### Rentabilité et Risques des Projets ER

Amin Chtioui

Tunis, le 27 Octobre 2014



# Sommaire

- Les calculs de rentabilité
- Les risques projets
- Exemples de projets



# Calculs de Rentabilité des Projets PV



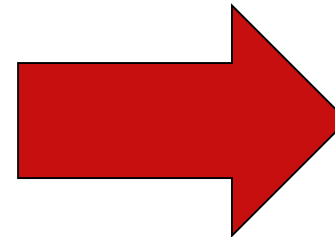
## Introduction

Paramètres pour l'installation PV	Paramètres pour la consommation	Paramètres pour l'investissement et le financement
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Taille du système</li> <li>▪ Coût d'investissement spécifique</li> <li>▪ Coût d'investissement absolu</li> <li>▪ Rendement spécifique</li> <li>▪ O &amp; M</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Consommation mensuelle</li> <li>▪ Tarifs moyens d'électricité</li> <li>▪ Prix de l'électricité résiduelle</li> <li>▪ Économies indirectes</li> <li>▪ Augmentation des prix de l'électricité</li> <li>▪ Coûts d'utilisation du réseau</li> <li>▪ Inflation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durée du projet</li> <li>▪ Subventions</li> <li>▪ Fonds propres</li> <li>▪ Échéance de la dette</li> <li>▪ Taux d'intérêt</li> <li>▪ Taux d'actualisation</li> <li>▪ VAN</li> </ul>



## Facteurs et paramètres d'influence outil de calcul

- Investissement
- Taille du Projet
- Subventions
- Productivité Spécifique Solaire
- Taux crédits / Fonds Propres
- Taux d'Actualisation
- Taux d'Inflation
- Durée de vie
- Evolution du prix du kWh



- **TRI**
- **VAN**
- **Temps de retour**



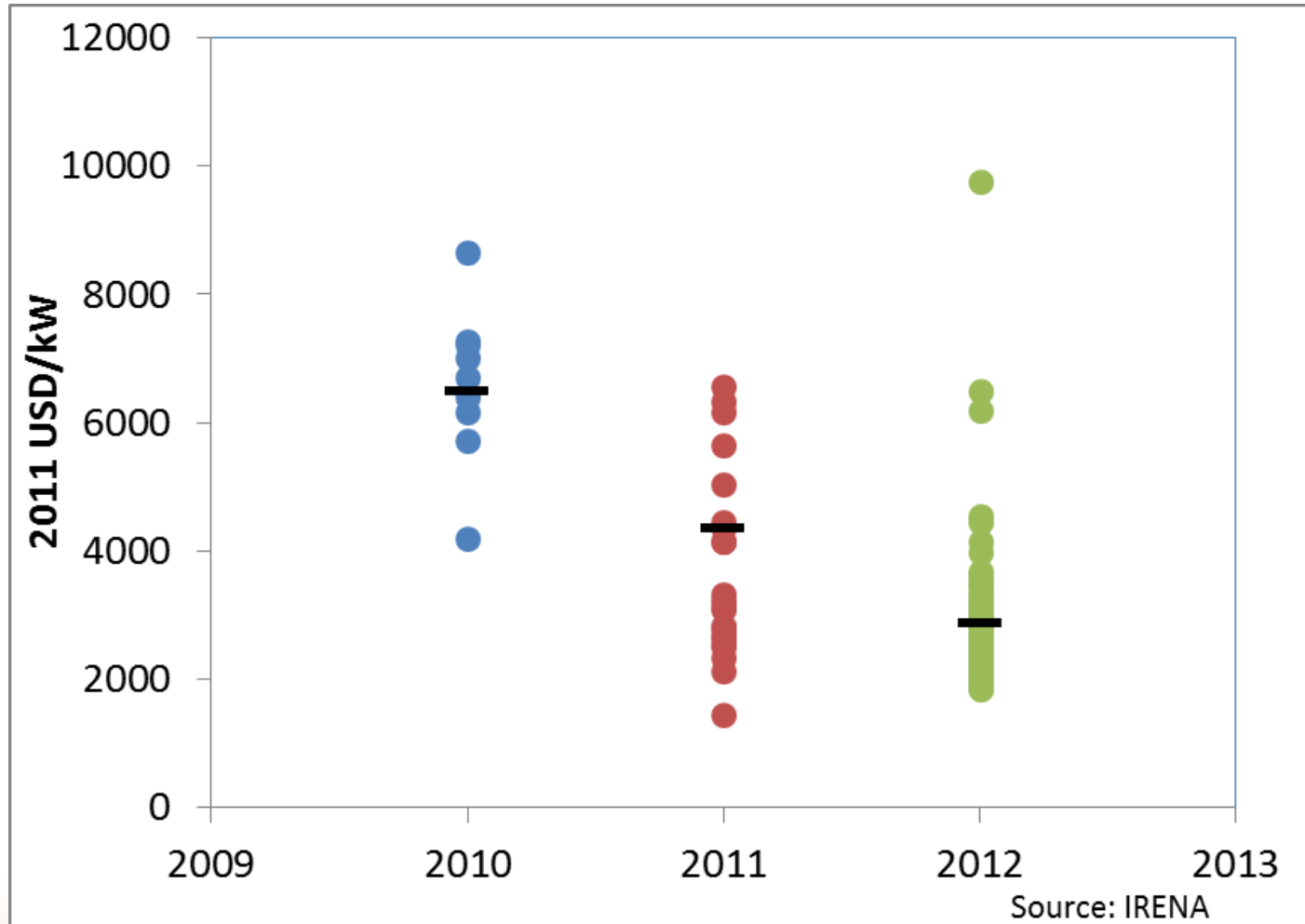
## Coûts d'Investissement - CAPEX

**Le coût d'investissement d'un projet PV dépend fortement de la taille du projet.**

- Installation résidentielle qqes kWc: de 4 000 à 8 000 DT/kWc
- Installation commerciale qqes 10 kWc de 3 300 à 5 000 DT/kWc
- Installation Moyenne 150 kWc: de 2 500 à 3 500 DT/kWc
- Grande installation >500 kWc: de 2 300 à 3 000 DT/kWc



# CAPEX - Grandes Installations Pays Non OCDE





## Répartition du CAPEX

Composante		% du CAPEX
Modules PV		25 – 40
Onduleurs		5 – 15
Génie Civil et structures		5 – 15
Equipements Auxiliaires		15 – 35
Etudes, Développement, financement...		10 – 20





## LCOE - Levelised Cost Of Electricity

Le LCOE ou PMA (Prix Moyen Actualisé) correspond au coût de production moyen de l'électricité sur la durée de vie du projet.

Son calcul tient compte de l'investissement initial, du taux d'actualisation, ainsi que des coûts d'exploitation et de maintenance.

Il s'exprime en DT/kWh.

**Indicateur permettant la comparaison des coûts de production de différentes technologies**



## Calcul du LCOE

LCOE= (Coûts du projet / Energie produite) actualisé

$$\text{LCOE} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

*I: Investissement*

*M: Coûts Exploitation et Maintenance*

*E: Energie annuelle produite*

*n: Durée de vie du projet*

*r: Taux d'actualisation*



# Tarifs STEG BT

## TARIFS DE L'ELECTRICITE EN BASSE TENSION à compter du **1<sup>er</sup> Mai 2014** (HORS TAXES)

### Basse Tension Générale

TARIF	SECTEUR	REDEVANCE DE PUISSANCE <sup>(1)</sup> (mill/kVA/mois)	PRIX D'ENERGIE POUR CHAQUE TRANCHE DE CONSOMMATION MENSUELLE (mill/kWh) <sup>(1)(2)</sup>				
			1-50	51-100	101-200	201-300	301-500
<b><u>Tranche économique</u></b>  (1 et 2 kVA & C° ≤ à 200 kWh/mois)	Résidentiel <sup>(3)</sup>	500	75				
	Résidentiel <sup>(4)</sup> & Non Résidentiel		108				
	Résidentiel <sup>(5)</sup> & Non Résidentiel <sup>(5)</sup>		140				
<b><u>Tranche économique</u></b>  (1 et 2 kVA & C° > à 200 kWh/mois)	Résidentiel	500	151		184	280	350
	<b><u>Tranche Normale</u></b>  ( > à 2 kVA )					Non Résidentiel	250



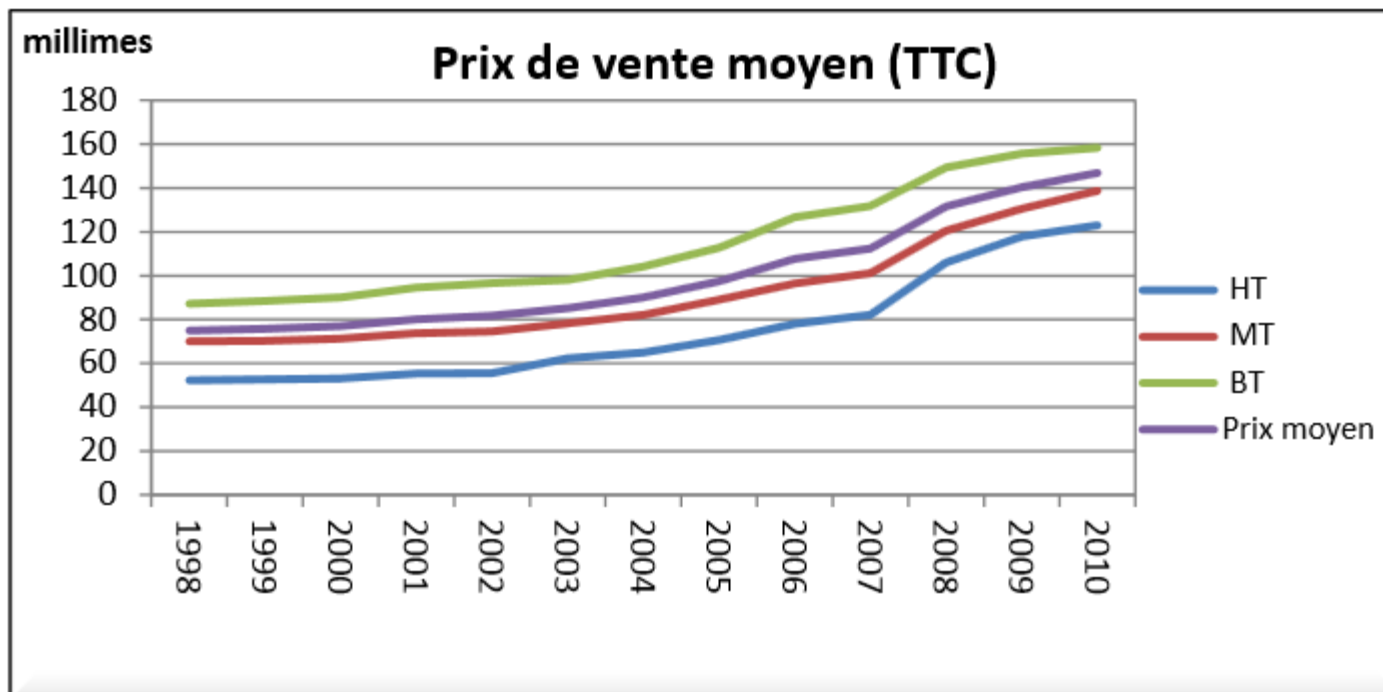
# Tarifs STEG MT

## TARIFS DE L'ELECTRICITE EN MOYENNE TENSION à compter du **1<sup>er</sup> Mai 2014** (HORS TAXES)

NIVEAU du TARIF	TARIF	REDEVANCE DE PUISSANCE <sup>(1)</sup> (mill/kW/mois)	PRIX D'ENERGIE (mill/kWh) <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>			
			Jour	Pointe matin été	Pointe soir	Nuit
MOYENNE TENSION	Uniforme	2 600 <sup>(3)</sup>	167			
	Postes horaires	8 000	152	238	218	115
	Cimentier (ciment gris)	6 500	177	311	268	129
	Pompage pour irrigation <sup>(4)</sup>	-	160	NA	Effacement	115
	Irrigation agricole	-	114	Effacement	132 <sup>(5)</sup>	88
	Secours	3 700	170	295	258	123



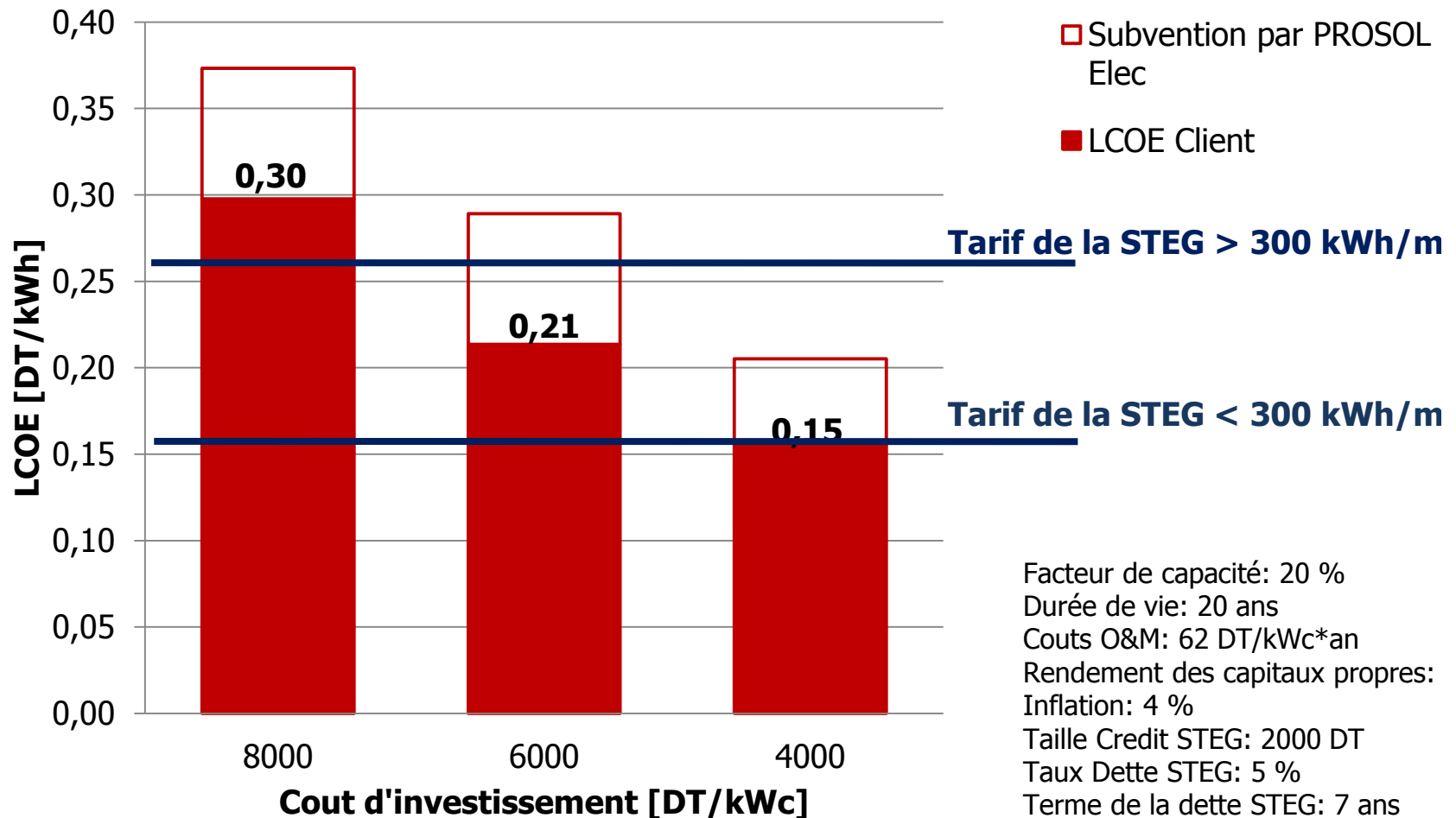
## Evolution des tarifs STEG



La tendance haussière s'accélère avec une augmentation prévue de 10% par an durant les prochaines années. L'objectif de l'Etat est de progressivement lever totalement les subventions.



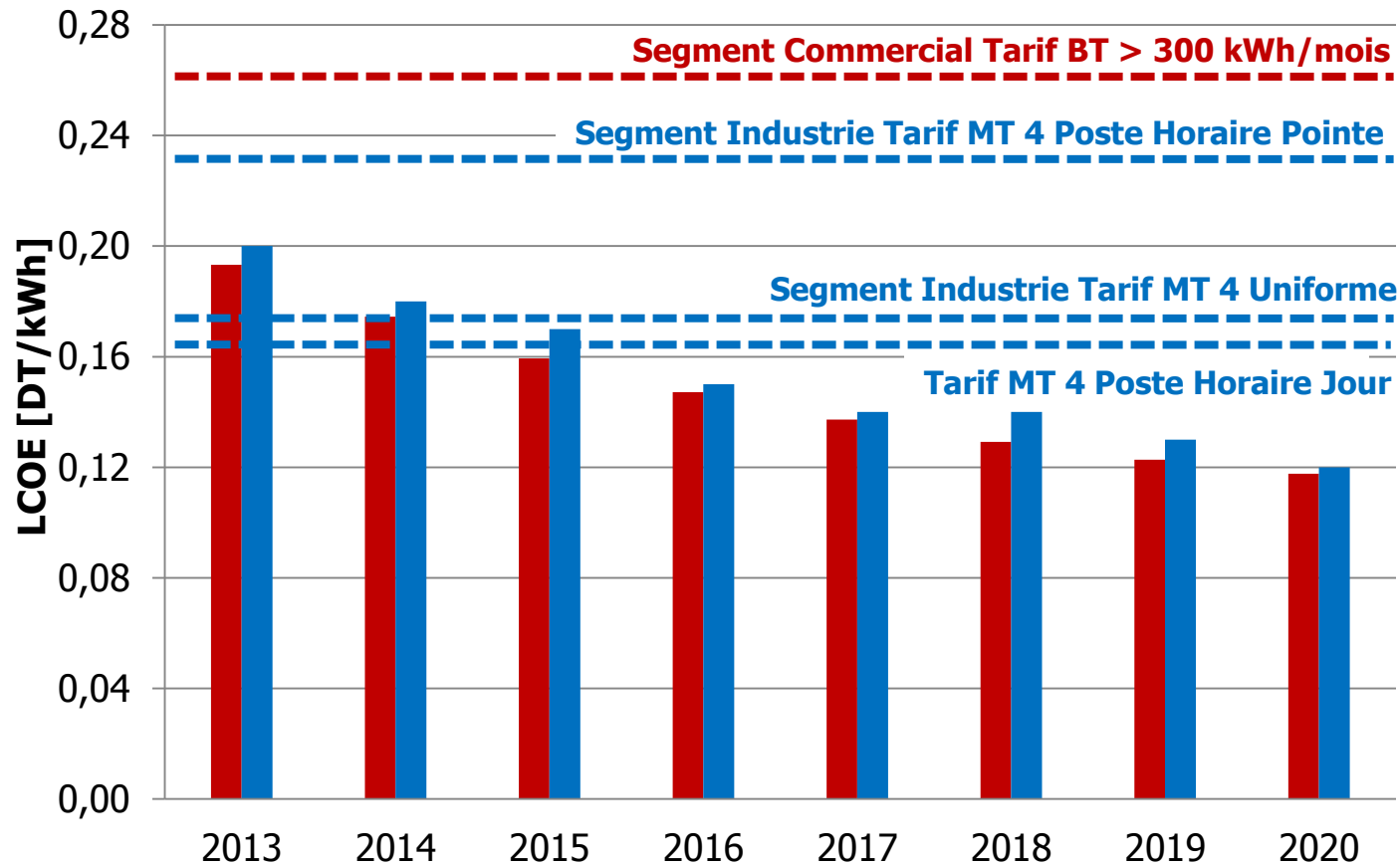
## La rentabilité pour les investisseurs résidentiels



- LCOEs entre 0,15 DT/kWh (4000 DT/kWc) et 0,30 DT/kWh (8000 DT/kWc)



# La rentabilité pour le Commercial / l'Industrie



Commercial 10kW-300kW BT	2013: 3700 DT/kWc	Taux d'intérêt nominal 8%, Inflation 4%
Industrie 100kW-1MW MT	2013: 3455 DT/kWc	Taux d'intérêt nominal 10%, Inflation 4%



# Identification des Risques Projets





## Financement des Projets PV

La particularité des projets PV est qu'il s'agit d'investissements faits en amont afin d'éviter des charges futures.

Les projets seront rémunérés par des économies sur la facture énergétique et non un CA supplémentaire.

Il est donc important d'identifier les risques projets liés à ce type d'investissements afin de les atténuer au maximum.



## Principaux Risques des Projets PV

- Risques technologiques (par exemple sous-performance, conformité)
- Risques de Conception (Dimensionnement, design de l'installation)
- Risques de projection de performance
- Risques d'exploitation (indisponibilité de l'installation, maîtrise des coûts)
- Risques contractuels (retards, dépassement des coûts).



## Risques Technologiques

- Modules PV (Fournisseur, certifications, conformité ISO, test en labo, Assurances)
- Onduleurs (certifications, résultats test labo, réception en usine...)

### **Les garanties:**

- Les modules PV ont une garantie produit de 10 ans et une garantie de 80% des performances sur 20 à 25 ans.
- Les onduleurs ont une garantie jusqu'à 10 ans, extensible à 20 ans pour certains fournisseurs.



## Risques de conception

- Adéquation du site choisi (Géologie du Terrain, zone inondable, sismicité, accès et routes...)
- Références de l'EPC (génie civile et structures, design et dimensionnement, conformité aux normes)
- Raccordement au réseau (normes et dispatchabilité)
- Retards et approvisionnement



## Risques liés aux performances

- Ensoleillement du site choisi (données satellite, atlas solaire)
- Rendement énergétique:
  - simulations et modélisations
  - dégradation des modules
  - accès au réseau
- Ombrages (visite du site, plan d'aménagement, immeubles...)



## Risques d'exploitation

- Expérience de l'équipe O&M
- Monitoring de l'installation (gestion des défaillances, rapidité d'intervention...)
- Taux de disponibilité de l'installation
- Disponibilité des pièces de rechange
- Maîtrise des coûts de fonctionnement



## Risques contractuels

- PPA (Power Purchase Agreement)
- Contrats constructeurs (limiter le nombre de vis-à-vis)
- Références de l'EPC
- Retards et surcoûts
- Contrats de maintenance (5 à 10 ans)



# Exemples de Projets





## Exemples de projets PV

- Pipeline de plusieurs projets en Tunisie (publics et privés)
- Réalisation de beaucoup d'installations résidentielles et commerciales connectées en BT
- Réalisation de quelques projets industriels en MT de puissance variant de 50kWc à 150kWc



## Exemples de calculs de rentabilité

### Dans le cadre de l'étude Enabling PV, 4 cas de référence ont été étudiés:

- Installation résidentielle de 2 kWc (Inv: 9 200 DT soit 4 600 DT/kWc)
- Installation commerciale de 15 kWc (Inv: 50 000 DT soit 3 300 DT/kWc)
- Bâtiment agricole de 150 kWc (Inv: 420 000 DT soit 2 800 DT/kWc)
- Grande installation de 500 kWc (Inv: 1 115 000 DT soit 2 300 DT/kWc)



## Exemples de calculs de rentabilité

- Les installations photovoltaïques en Tunisie sont toutes amorties durant la durée du projet de 20 ans, et ce quel que soit le segment de marché concerné
- Les projets photovoltaïques réalisés sont rentables sur le plan économique
- Réelle possibilité d'investissement : période d'amortissement inférieure à 10 ans
- Les calculs de sensibilité ont permis d'identifier les facteurs ayant le plus d'influence sur la rentabilité des projets photovoltaïques
  - Coût d'investissement et niveau de subvention
  - Le taux d'ensoleillement
  - La baisse des taux d'autoproduction affecte fortement la rentabilité, si tant est que l'électricité excédentaire n'est pas rémunérée



## Conclusions

- Le marché offre de réelles possibilités d'investissement : périodes d'amortissement entre 4 et 8 ans selon les projets
- Grand potentiel de marché, nombreuses applications possibles dans les secteurs résidentiels, commerciaux et industriels
- Ces projets ont souvent recours à des financements externes (capitaux empruntés)
- L'outil de calcul de rentabilité permet de vérifier par soi-même si le projet est financièrement intéressant



# 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

Développement du Marché Solaire

E [giz-tunesien@giz.de](mailto:giz-tunesien@giz.de)

I [www.giz.de](http://www.giz.de) [www.facebook.com/GIZTunisie](https://www.facebook.com/GIZTunisie)

En coopération avec



الوكالة الوطنية  
للتحكم في الطاقة  
ANME



# ANNEXES