

Développement du solaire au Maroc

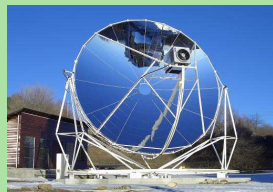
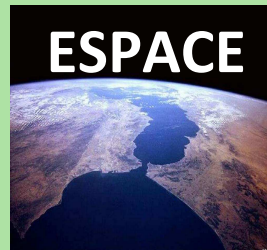
Le point de vue de l'investisseur

Par Raphael KAKON et Tarik AOURARH



Introduction

Pour produire de l'énergie Solaire nous avons besoin de...?



Technologie



Raccordement

Administration, RH

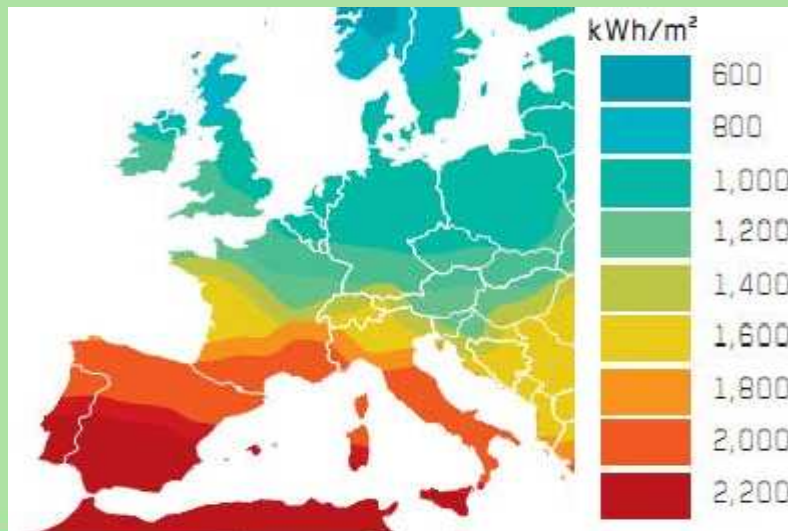
Introduction

A part pour le soleil, il nous faut donc...

€\$¥£

Pourquoi choisir le Maroc?

- Stabilité politique
- Position géographique
- Infrastructures
- Patrimoine solaire important
- Mobilisation de l'Etat marocain



Le solaire au Maroc?

Un acteur majeur : L'Office National de l'Electricité



- Production , transport et distribution d'électricité
- L'ONE produit 5300 MW dont 65% thermique (gaz, fioul, charbon..) et 23% hydraulique
- L'ONE distribue 55% de l'électricité nationale : 190.000 km de lignes

Des structures dédiées à l'investissement

- Le Fonds de Développement Energétique : 1 milliard de dollars
- Le Fonds Hassan 2: 15 milliards de dirhams (1,3 milliard d'euros)
- Le CDER
- La Société d'Investissement Energétique

Projets et initiatives:

→ Programme d'électrification rurale globale (PERG)
1996:

-Objectif initial: 80% à l'horizon 2010

-Réalisation actuelle : 96%



→ Initiatives Chourouk et Ecosol (1200 microcentrales PV)

→ Le grand projet 'Maroc Solaire':

- 5 sites
- 9 Milliards de dollars
- 10000 hectares
- 2000 MW



Conditions actuelles de rachat

L'initiative 9 : L'offre EnergiePro

- 1- Mise à disposition du réseau de l'ONE pour le transport d'énergie renouvelable produite par des privés.
 - L'utilisation du réseau est facturée à un tarif préférentiel.
- 2- Rachat de l'excédent de production à un tarif incitatif (120% du tarif pratiqué)

Les carences de l'initiative 9

- Les tarifs sont indexés sur les tarifs commerciaux de revente aux particuliers.
- Ces prix découlent d'une énergie produite en majorité à partir de fossiles dont le coût de production est largement inférieur au coût du photovoltaïque.

Les attentes de l'investisseur

- Un sous jacent séduisant
- Sécurisation des capitaux : risque faible
- Du rendement : la grandeur retenue est le TRI

Notre objectif : proposer des conditions tarifaires et législatives permettant d'attirer les investisseurs

Le contrat PV06 et l'approche TRI

- Le contrat PV06 : contrat d'achat d'électricité proposé par EDF conformément à l'arrêté du 10 juillet 2000
- Assure une rentabilité suffisante pour inciter l'investissement dans le photovoltaïque
- Nous avons modéliser ce contrat et réalisé un business plan complet pour une installation de 1MWc

A partir du modèle on obtient un TRI

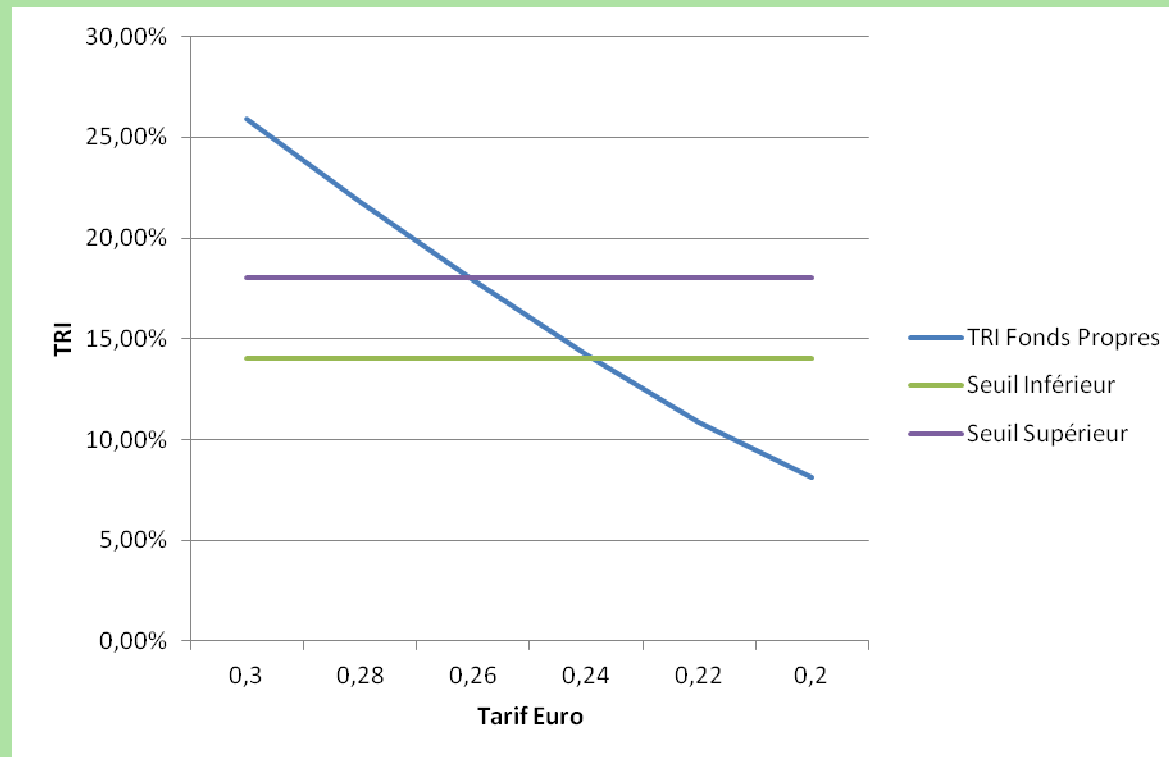
Transposition au Maroc

Nous avons changé les paramètres du modèle pour qu'il colle à la réalité marocaine:

- Le nombre d'heures d'ensoleillement
- Les indices qui indexent le tarif
- Le tarif du foncier
- ...

Nous avons fait tourner le modèle pour obtenir une fourchette de tarif offrant un TRI compris entre 14% et 18% et nous avons obtenu...

Résultats : Le Prix



- Une fourchette de prix comprise entre 24 c€ et 26 c€ par kWh
- Ce qui représente plus de 5 fois le tarif proposé par l'initiative 9 aux heures de pointe

Résultats : Un projet de loi

Décrets, arrêtés, circulaires

VERTUS GÉNÉRALES

Arrêté du 10 février 2010 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil.

Art. 1er. – Le présent arrêté fixe les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil.

Art. 2. – L'installation du producteur est éligible dans le contrat d'achat, qui précise ses caractéristiques principales :

1. Nombre et type de générateurs.
2. Puissance crête installée pour les générateurs photovoltaïques telle que définie par les normes IEC61215 et IEC61646 ou puissance électrique maximale installée dans les autres cas.
3. Puissance électrique active nominale de l'ensemble l'ensemble maximale produite par l'installation et fournie à l'acheteur et le cas échéant, puissance électrique active nominale d'autoconsommation (puissance maximale produite par l'installation et consommée par le producteur pour ses besoins propres).
4. Productibilité moyenne annuelle estimée (quantité d'énergie que l'installation est susceptible de produire en moyenne sur une période d'un an).
5. Facteur de marche annuelle estimée (quantité d'énergie que le producteur est susceptible de consommer pour ses besoins propres en moyenne sur une période d'un an).
6. Taux de disponibilité.

Art. 3. L'énergie active fournie par le producteur est facturée à l'acheteur sur la

base de tarifs définis ci-dessous. La taxonomie est de 2000 kWh hors TVA, le tarif appliqué à l'énergie active fournie est égal à :

$$T = 25 \text{ c€/kWh}$$

Art. 4. – La date de demande complète de contrat d'achat par le producteur détermine les tarifs applicables à son installation et est notifiée à l'article 3. Si la demande complète de contrat d'achat est notifiée après le 31 décembre 2005, les tarifs mentionnés à l'annexe du présent arrêté sont inchangés. Les tarifs de l'annexe de la demande par application du coefficient K défini ci-après :

$$K = \frac{PPV}{PPV_0} \times 0,5 + \frac{NCT}{NCT_0} \times 0,5$$

Formule dans laquelle :

La NCT est la valeur définitive de la dernière valeur connue au 1er janvier de l'année de la demande de l'installation de cet ouvrage.

La PPV est la valeur définitive de la dernière valeur connue au 1er janvier de l'année de l'indice des prix à la production industrielle.

La NCT et la PPV sont les valeurs définitives des dernières valeurs connues à la date de publication du présent arrêté.

Art. 5. – L'énergie annuelle susceptible d'être achetée, calculée à partir de la date anniversaire de la prise d'effet du contrat d'achat, est plafonnée. Le plafond est défini comme le produit de la puissance crête installée par une durée de 3000 heures. L'énergie produite au-delà des plafonds définis à l'article 5 est produite en rémanence au tarif prévu par la mesure d'urgence France Energie.

En cas de production perdue ou supérieure au plafond annuel, l'acheteur garantit au producteur des conditions afin de réduire la puissance de l'installation.

Art. 6. – Tout bénéficiaire d'un contrat d'achat est tarifé définitif dans les conditions

indiquées à l'article 3 ci-dessus, dans la mesure où elle respecte à la date de signature du contrat d'achat les conditions des décrets du 6 décembre 2009 et du 10 mai 2008, c'est-à-dire, sans installation mise en service pour le premier fois après la date de publication du présent arrêté et dont les générateurs photovoltaïques n'ont jamais produit d'électricité à des fins d'autoconsommation ou dans le cadre d'un contrat commercial. La date de mise en service de l'installation correspond à la date du premier raccordement électrique au réseau public. Le contrat d'achat est conclu pour une durée de 20 ans à compter de la mise en service de l'installation. Cette mise en service doit avoir lieu dans un délai de trois ans à compter de la date de demande complète de contrat d'achat par le producteur. En cas de dépassement de ce délai, la durée du contrat d'achat est réduite d'autant.

Art. 7. – Une installation mise en service avant la date de publication du présent arrêté ou qui a déjà produit de l'électricité à des fins d'autoconsommation ou dans le cadre d'un contrat commercial et qui n'a jamais bénéficié de l'obligation d'achat peut bénéficier d'un contrat d'achat aux tarifs définis dans les conditions indiquées à l'article 3 ci-dessus et multipliés par le coefficient K défini ci-après :

$$K = \frac{20 - N}{20} \quad \text{si } N \text{ est inférieur à 20 ans ;}$$

$$K = \frac{1}{20} \quad \text{si } N \text{ est supérieur ou égal à 20 ans ;}$$

où N est le nombre d'années, entières ou partielles, comprises entre la date de mise en service de l'installation et la date de signature du contrat d'achat.

Le producteur fournit à l'acheteur une attestation sur l'honneur précisant la date de mise en service de l'installation. Le producteur doit les justifications correspondantes (factures d'achat des composants, contrats d'achat, factures correspondant à l'électricité produite depuis la mise en service) à la disposition de l'acheteur.

Art. 8. – Chaque contrat d'achat comporte les dispositions relatives à l'installation des

tarifs qui lui sont applicables. Ces indications s'appliquent à chaque date anniversaire de la mise en service de l'installation, ou à chaque date anniversaire de la prise d'effet du contrat d'achat pour les installations qui relèvent de l'article 7, par l'application du coefficient K défini ci-dessus :

$$L = 0,4 + \frac{PPV}{PPV_0} \times 0,3 + \frac{NCT}{NCT_0} \times 0,3$$

Formule dans laquelle :

La NCT est la valeur définitive de la dernière valeur connue à la date anniversaire de la mise en service de l'installation, ou à la date anniversaire de la prise d'effet du contrat d'achat pour les installations qui relèvent de l'article 7, de l'indice des prix à la production industrielle.

La PPV est la valeur définitive de la dernière valeur connue à la date anniversaire de la mise en service de l'installation, ou à la date anniversaire de la prise d'effet du contrat d'achat pour les installations qui relèvent de l'article 7, de l'indice des prix à la production industrielle et des services aux entreprises pour l'ensemble de l'industrie (marché français).

La NCT et la PPV sont les valeurs définitives des dernières valeurs connues à la date de prise d'effet du contrat d'achat.

Les Limites de notre modèle

- Affiner le tarif de construction en faisant un benchmark chez des développeurs photovoltaïque
- Tenir compte du cout de raccordement en demandant une étude exploratoire à l'ONE
- Faire une réplique réelle de l'indice du coût horaire du travail ICHTTS1
- Faire une analyse de risque poussée pour obtenir un TRI cible unique

Conclusion

- En l'état de la science l'investissement dans le photovoltaïque au Maroc ne semble pas viable
- La solution est technologique
- Calcul du rendement nécessaire pour obtenir un prix intéressant
- Sur la voie du rendement : les nanotechnologies et les concentrateurs photovoltaïques

The logo of ENSTA ParisTech, featuring a stylized blue 'E' and 'P' with a blue circle in the center.

Merci pour votre attention

Des questions ?



ENSTA

ParisTech