



# الضخ الكهروضوئي وتطوير المناطق الصحراوية

*Le pompage photovoltaïque et le  
développement des régions sahariennes*

تقديم: *Présenté par:*

*LABED Sifeddine العابد سيف الدين*

# Sommaire

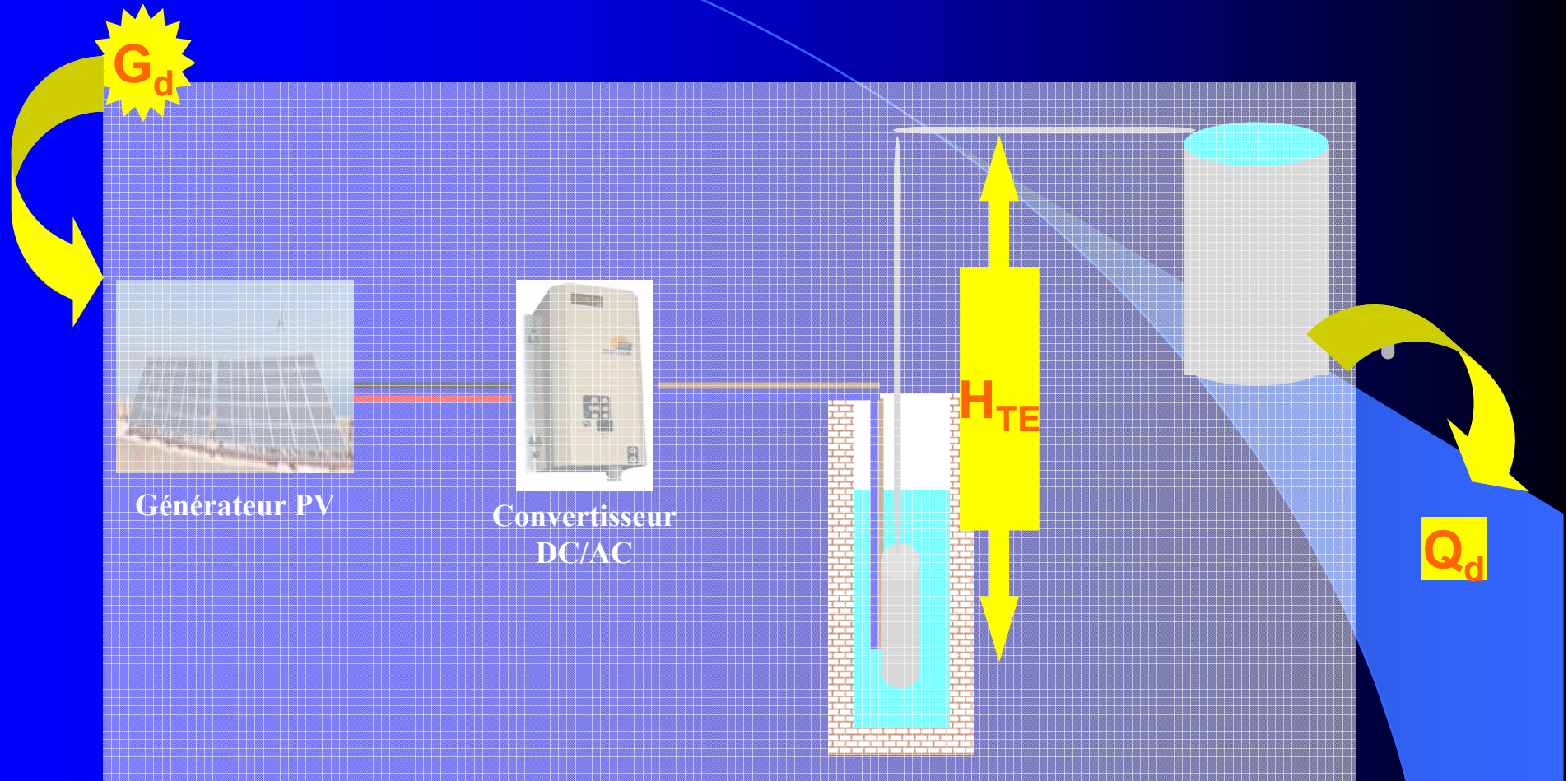
- 1) Introduction**
- 2) Aspects techniques du pompage photovoltaïque**
- 3) Aspects économiques: Coûts et service rendu**
- 4) Exemple de programme de pompage: Le projet Meda**
- 5) Perspectives du pompage PV et le développement des régions sahariennes**
- 6) Conclusions / Recommandations**

# 1. Introduction

- Aménagement du territoire requiert la considération des zones sahariennes comme zones stratégiques
- Deux éléments sont essentiels:
  - *Eau & Energie*



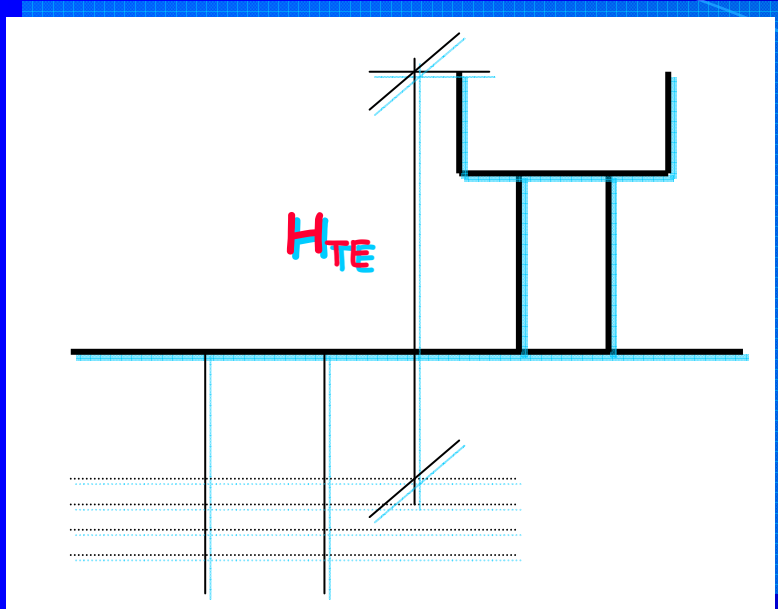
# Le système photovoltaïque de pompage



**‘ Le photovoltaïque ‘ : Générateur + Convertisseur+ Pompe**

**‘ L’hydraulique ‘ : Puits + Réservoir + Conduites + Accessoires**

# Dimensionnement d'une installation de pompage PV

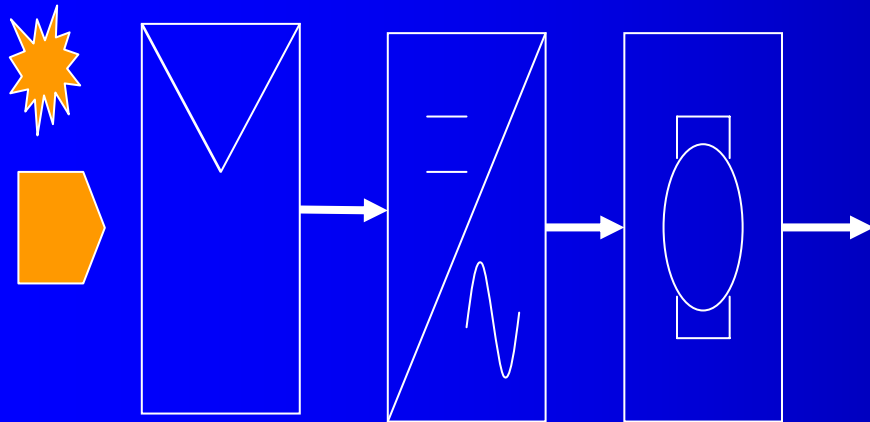


$$\text{Energie nécessaire} = E_H = m \cdot g \cdot H_{TE}$$

$$E_H(\text{kJ}) = 10 \cdot Q_d(\text{m}^3) \cdot h(\text{m})$$

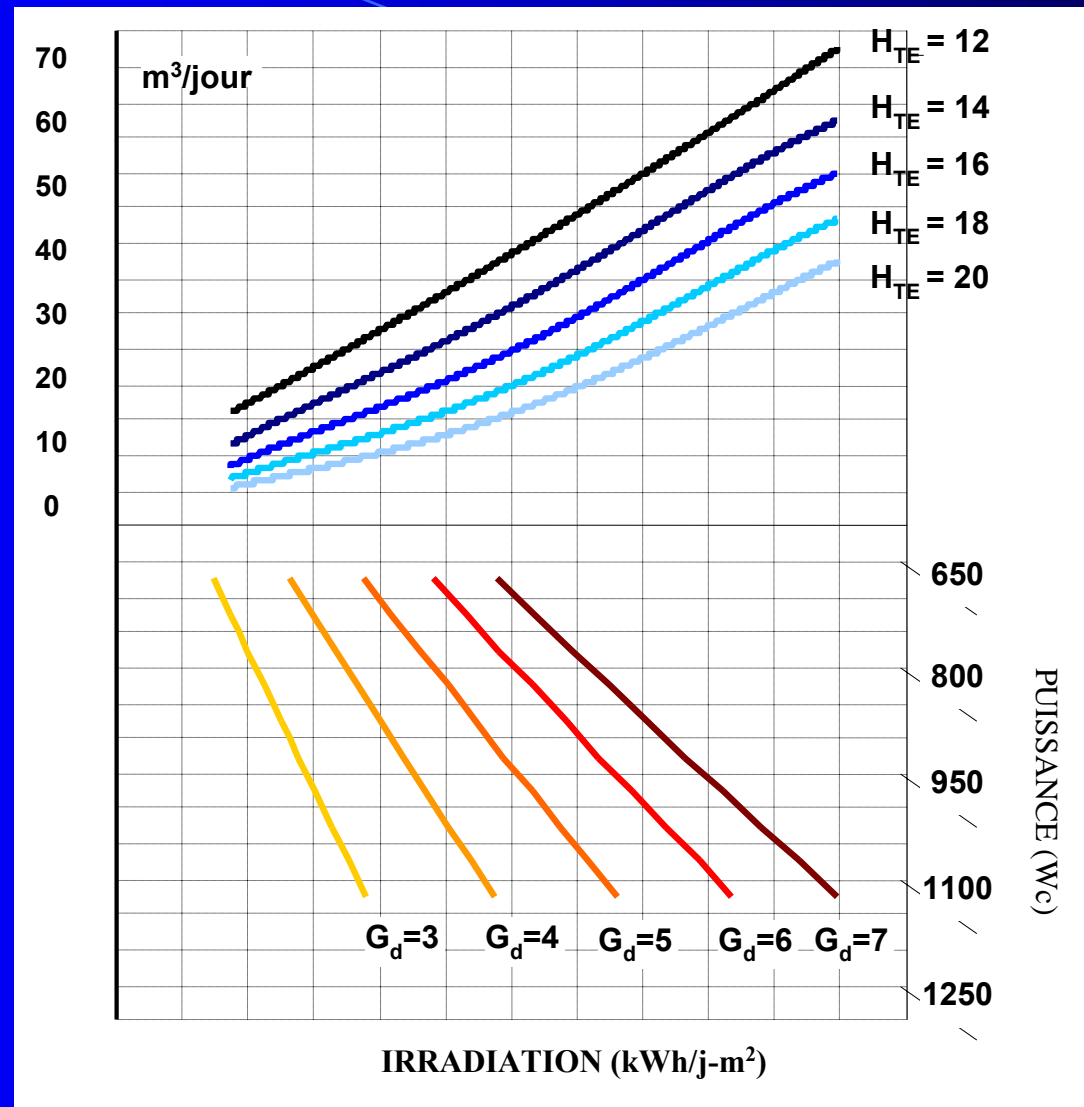
$$E_H(\text{Wh}) = 2,77 Q_d(\text{m}^3) \cdot h(\text{m})$$

$$E_H = P_E^* \times \frac{G_d}{G^*} \times \eta_{OPd} \times \eta_I \times \eta_{MB}$$



$$P_E^* (\text{W}) \approx 10 \cdot Q_d(\text{m}^3) \cdot H_T(\text{m}) \cdot \frac{G^*}{G_d}$$

# Courbes typiques et dimensionnement



Courbe typique des performances d'une pompe en conditions d'utilisation reliant : débit, hauteur de pompage, irradiation et puissance du générateur photovoltaïque

# Coût d'une installation photovoltaïque

Type de coûts	Expression analytique	Légende et nomenclature
Initial	$C_{in} = C_{IH} + C_{PV} \cdot A + C_{INVMP} \cdot P_{INV}$ $C_{IH} = f_{IH} \cdot (C_{PV} \cdot A + C_{INVMP} \cdot P_{INV})$ $f_{IH} = 0.3 - 0.5$	<p><b>C<sub>in</sub></b> Coût initial</p> <p><b>C<sub>PV</sub></b> Coût du générateur PV installé (10\$/W c)</p> <p><b>A</b> Taille du générateur PV (W c)</p> <p><b>C<sub>INVMP</sub></b> Coût convertisseur + motopompe (1-2\$/W)</p> <p><b>P<sub>INV</sub></b> Puissance nominale convertisseur (W)</p>
Opération & Maintenance	$OM_{PV} = OM_0 \cdot M$ $M = \frac{1 + g_m}{t - g_m} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{1 + g_m}{1 + t} \right)^N \right]$	<p><b>I<sub>0</sub></b> Coût initial convertisseur/motopompe</p> <p><b>C<sub>0</sub></b> Coûts divers (Etude, transport, régulateur, convertisseur...etc.)</p> <p><b>OM</b> Coûts d'opération et de maintenance</p> <p><b>OM<sub>0</sub></b> Coûts de maintenance 1ère année</p> <p><b>M</b> Facteur d'actualisation des coûts de maintenance</p>
Remplacements	$R_{INV} = I_0 \cdot R$ $R = \sum_{i=1}^n \left( \frac{1 + g_r}{1 + t} \right)^{\frac{N}{n+1}}$	<p><b>R<sub>INV</sub></b> Coûts de remplacement du convertisseur</p> <p><b>R</b> Facteur d'actualisation des coûts de remplacements</p>
Durée de vie	$P_{PV} = C_{in} + OM_{PV} + R_{INV}$	<p><b>P<sub>PV</sub></b> Coûts de durée de vie</p> <p><b>N</b> Durée de vie (années)</p>
Coût de revient du kWh	$kWh_{PV} = \left[ \frac{P_{PV}}{E_y \cdot N} \right]$	<p><b>E<sub>y</sub></b> Energie PV annuelle produite par le système</p>
Coût de revient du m <sup>3</sup>	$C_w = \left[ \frac{P_{PV}}{E_w \cdot N} \right]$	<p><b>E<sub>w</sub></b> Quantité d'eau annuelle fournie par le système</p> <p><b>t</b> Taux d'escompte</p> <p><b>g<sub>m</sub></b> Taux d'inflation des coûts de maintenance</p> <p><b>g<sub>r</sub></b> Taux d'inflation des coûts de remplacement</p> <p><b>n</b> Durée de vie des batteries (années)</p>



## Exemple de calcul: Cas d'un puits à Ouargla

Caractéristiques:  $H_{TE} = 30\text{m}$ ,  $Q_d = 30\text{m}^3/\text{jour}$ ,  $H_d = 6\text{kWh/j-m}^2$

$f_{IH}$	gm	k	N	$n_{INV}, n_{MP}$	$gr_{INV}$	$gr_{MP}$
0,5	0,06	0,1	20	10	0,04	0,04

$$P^* = 10 \times 30 \times 30 / 6 \sim 1.5 \text{ kWc}$$

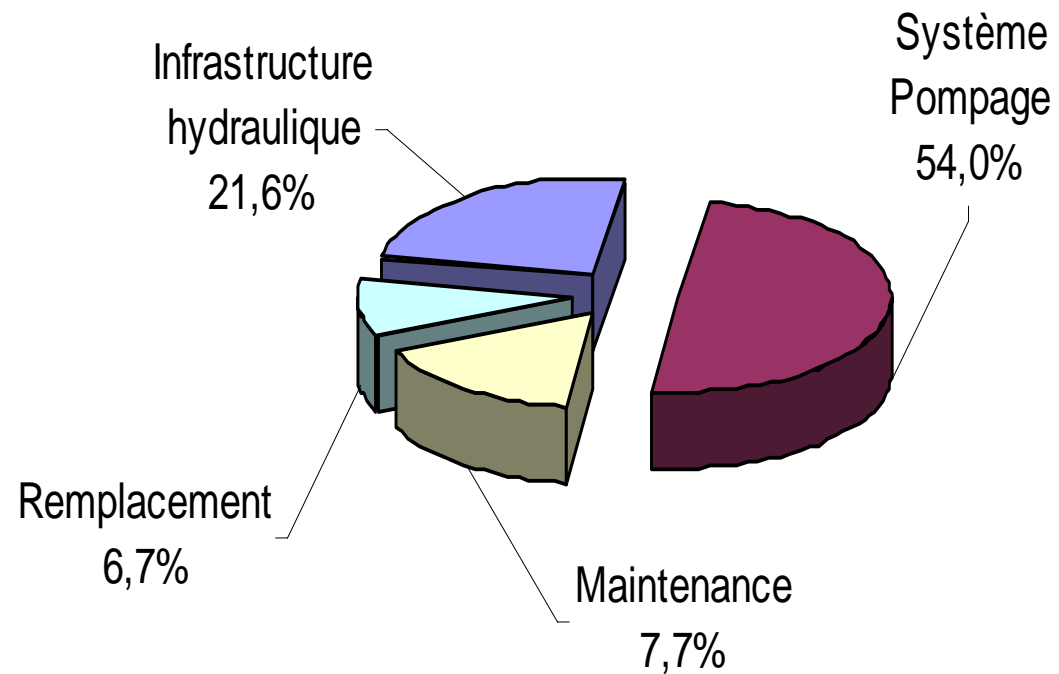
$$E_y = 365 \times (P^* / G_{ref}) \times (\eta_G / \eta_{ref}) \times H_d = 365 \times 1.5 \times 0.86 \times 6 = \mathbf{2825 \text{ kWh}}$$

$$E_w = 365 \times Q_d = 365 \times 30 = \mathbf{10950 \text{ m}^3}$$

$C_{PV}$	$OM_{PV}$	$R_{INV}$	$R_{MP}$	$P_{PV}$	\$/kWh	\$/m <sup>3</sup>
\$21 124	\$6 917	\$2 039	\$2 039	\$42 680	\$0,75	\$0,20
1 795 540 DZD	587 945 DZD	173 315 DZD	173 315 DZD	3 627 800 DZD	64 DZD	17 DZD



## Répartition des coûts de durée de vie

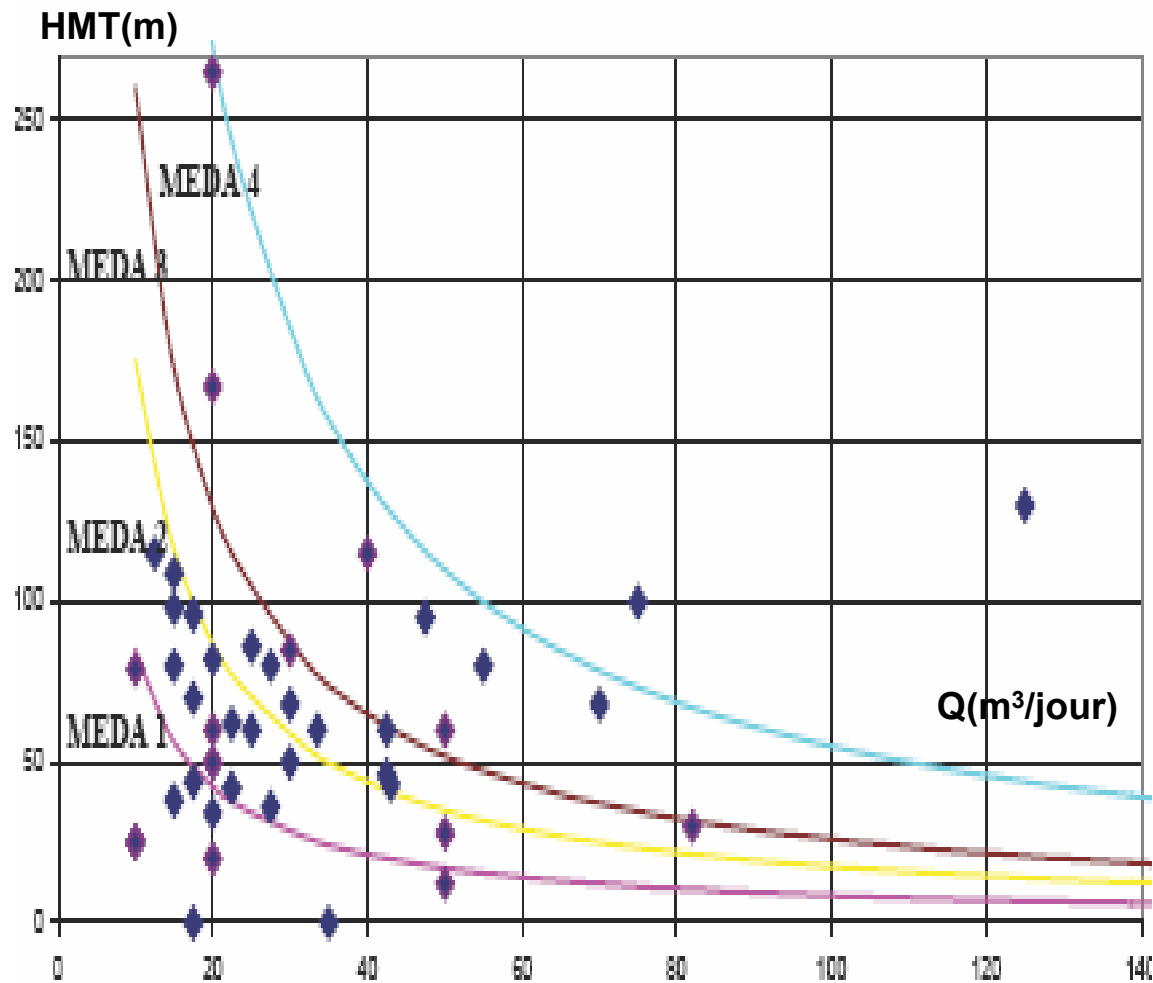


## Exemple de programme de pompage: le projet Meda

Type	Maroc	Algérie	Tunisie	Taille générateur PV (kWp)	Fourniture/jour m <sup>4</sup> ( $H_{TE} \times Q_d$ )
Meda 1	5	0	3	1.6	840
Meda 2	10	4	5	3.0	1740
Meda 3	5	1	1	4.5	2610
Meda 4	9	5	4	8.5	5500



# Standardisation des systèmes de pompage PV Projet Meda



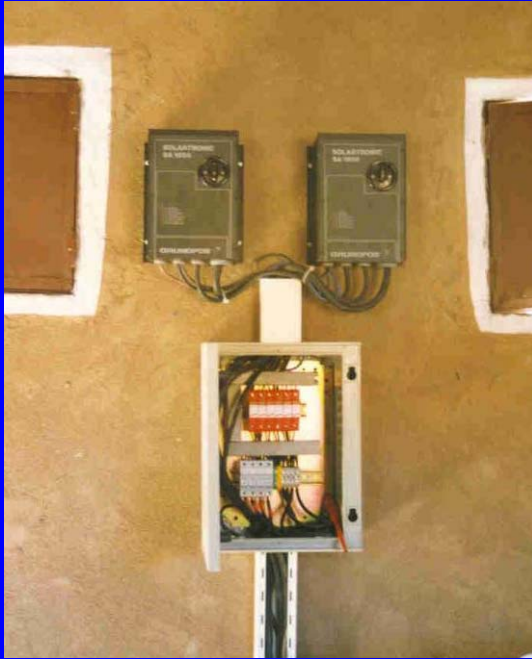
Type	Service (paramètres de référence)
MEDA 1	850 m <sup>4</sup> /jour (20 m <sup>3</sup> /jour, 42 m)
MEDA 2	1750 m <sup>4</sup> /jour (30 m <sup>3</sup> /jour, 58 m)
MEDA 3	2600 m <sup>4</sup> /jour (30 m <sup>3</sup> /jour, 87 m)
MEDA 4	5500 m <sup>4</sup> /jour (50 m <sup>3</sup> /jour, 110 m)

Tableau 1. Standardisation des systèmes

# Evolution de la technologie

1996

Convertisseur  
+ Pompe solaire



1999

Convertisseur +  
Pompe centrifuge AC  
+ Boîtier de contrôle



2002

Variateur de fréquence  
+ Pompe centrifuge AC

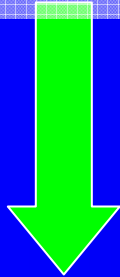
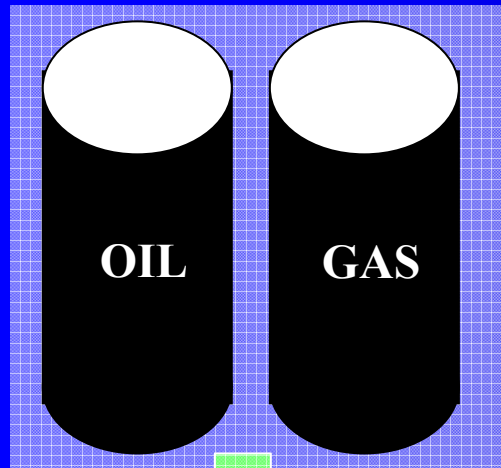




# Perspectives du pompage photovoltaïque en Algérie

**DILEMME:**

**20 Prochaines années**



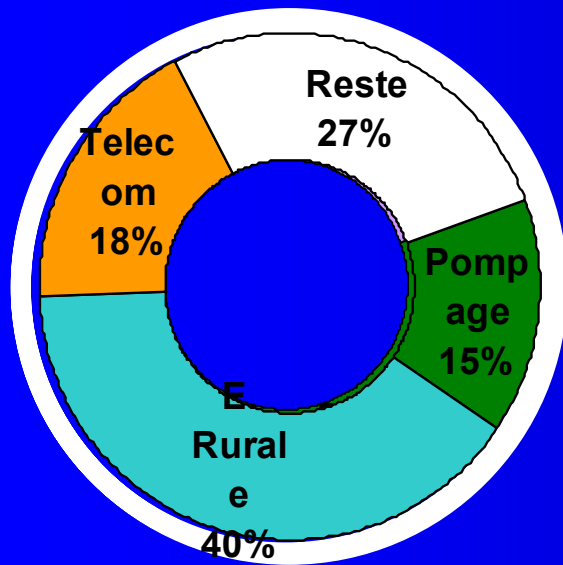
**POPULATION : x 2**

**BESOINS ENERGETIQUES : x 2**



**AUCUNE SOURCE ALTERNATIVE  
DEVELOPEE !**

# Segments de marché & Pompage photovoltaïque



2005

- Population et besoins alimentaires x 2 = Terres x 2  
**Pompage/Agriculture: 100.000 ha x 1-1.5 kWc =  
100 – 150 MWc**

- **Déclassement total ou partiel des centrales Diesel /1985**  
**Centrales PV/Diesel = Solution viable économiquement**  
**70 – 160 MWc**

- ~ 50000 maisons non électrifiables moyen/long terme  
**Electrification rurale = Sys. centralisés ou décentralisés**  
**0.5- 1.0kWc/maison = 25 – 50 MWc**

- **Augmentation taux de connexion de 4 à 20/100hab.**  
**Télécom = Sys.PV ++ compétitifs ~ 4000 sites**  
**Quelques MWc**

- Pas d'indicateurs, dépend de l'environnement socio-éco  
**Reste = P. Cathodique, loisirs, froid,...etc.**  
**Quelques MWc**

# Conclusions

- ➡ **Préserver nos ressources en eau comme nos hydrocarbures**
- ➡ **Accélérer le recours aux énergies renouvelables, solaire; éolien...**
- ➡ **Lancer un programme de pompage PV pour l'agriculture saharienne**
- ➡ **Recourir en particulier à des études régionales pluridisciplinaires**
- ➡ **Instruire les générations futures quant à une '*culture*' de préservation de l'eau**





