



### ***Le soleil -comme le nucléaire -dans un imaginaire d'énergie inépuisable –moteurs pour le progrès de l'humanité ?***

*L'énergie solaire comme l'énergie électro- nucléaire ont une origine comparable , à la fois dans l'imaginaire des hommes - celle d'une énergie inépuisable- et à la fois dans la réalité géophysique –celle d'une énergie fabriquée à partir des éléments constitutifs de la matière- quelle soit sur terre ou dans le soleil , par recombinaison d'atomes ,produisant de la chaleur par photons et rayonnement ou transformation des atomes d' modeste caillou de la planète qu'est le minerai d'uranium.*

*Les rapports de l'homme avec la nature ont toujours conditionné sa survie et l'organisation de la société dans ses capacités à maîtriser les éléments constitutifs de cette nature.*

*L'imaginaire, en donnant forme et réalité à l'utopie, a été déterminant dans le fondement et les développements des civilisations, que ce soit à travers les luttes sociales et politiques pour l'organisation de la société et le progrès social que par l'avancement des sciences et des connaissances .*

*Découvrir les rapports de la terre, du soleil , des planètes , des galaxies avec Copernic ,Galilée ,Einstein, comme devenir un homme oiseau , produire la force « vapeur »,se déplacer dans le ciel ,inventer l'automobile , utiliser la force du vent ,aller explorer les planètes , domestiquer la matière ou le rayonnement pour en faire une source d'énergie inépuisable par l'atome ou le photon etc...Voilà des actes à mettre au crédit du génie de l'homme dans sa quête à toujours dépasser les limites pour une plus grande libération par la connaissance.*

*Mais la réalité historique oblige à constater que les avancées des sciences et des techniques sont toujours très en avance sur l'organisation de la société pour le bien être de chacun dans le partage des richesses produites par ces mêmes techniques et pour le progrès social . .*

*La volonté d'accaparement de ces richesses par les acteurs financiers et les intérêts personnels s'est toujours faite au détriment des intérêts du plus grand nombre et de la collectivité toute entière.*

*De tout temps, cet accaparement par une minorité a du être combattu, souvent très durement, pour l'intérêt du plus grand nombre.*

*L'énergie solaire (thermique et photovoltaïque) n'échappe pas à cette situation dans l'actualité. Celle-ci se caractérise par le véritable hold-up sur la collectivité publique que constitue la rente versée par les consommateurs d'électricité aux propriétaires des installations de capteurs solaires à travers un maquis de décrets et de règlements et sans apports réels pour l'emploi par les fabrications et la mise au point en France des composants industriels clefs de l'énergie solaire.*

*Les kwh produits par les capteurs solaires sont rachetés par EDF à un prix de 3 à 10 fois supérieur au coût de production de ses propres centrales .*

*Ce processus entraîne mécaniquement une hausse du prix de électricité pour l'usager par l'augmentation de la CSPE sur sa facture .Cette surfacturation de la CSPE ( Contribution au Service Public de l'Electricité) , initialement prévue par la loi pour améliorer le service public de l'électricité, est détournée de son attribution pour en réalité servir à payer la rente aux propriétaires des systèmes de capteurs solaires.*

*C'est par conséquent l'utilisateur - **par sa propre facture**- qui va payer cette rente avec la CSPE dont l'augmentation atteindra selon certaines sources plus de 15%. Pour que ce véritable scandale soit caché, le gouvernement s'apprêterait à ne plus rendre publiques les éléments constitutifs de cette CSPE qui englobe également les rentes payées aux autres propriétaires des systèmes ENR comme la biomasse et les éoliennes*

*Pour le solaire , cette rente se montera à plus de 3 milliards d'Euros, **par an**, à partir de 2021, et à plus de 7milliards d'Euros / an pour l'Eolien quand le système marchera à plein régime, si rien n'est fait pour l'arrêter.*

*Il faut réorienter ces richesses- créées par les énergies renouvelables -vers la recherche, la formation, l'emploi technologique pérenne - de façon à rendre possible un accès à ces énergies , sans discrimination , et dans le cadre d'un mix énergétique mis en œuvre par un pôle public de l'énergie avec la constitution de véritables filières industrielles .*

*Plan de la fiche « Energie solaire » (projet au 25 mai 2010)*

**p 3)La problématique clef : les facteurs limitants du solaire (photovoltaïque PV et thermique)**

**p4)Généralités -Le soleil et la terre**

**p4)Les paramètres repères**

**1)Variabilité du rayonnement solaire p4**

**2)Atlas du flux solaires p4**

**3)Principes –Historique- Techniques et Développements -PV et Thermique p4**

- **Conversion thermique passive et active p4**
- **Conversion thermodynamique p5**
- **Conversion photovoltaïque p5**
  - **Historique p5**
  - **Techniques et développements p6**
  - **Les efforts de RetD dans le photovoltaïque p6**

**4)Les coûts –quelques repères pratiques –les réalisations - p7**

- **Evolutions du kwh produit par solaire PV p7**
- **Prix de rachat du kwh produit par PV (intégration dans la facture usager- CSPE ) p8**
- **Installations solaires PV –les coûts et les projets p8**
- **Installations solaires thermiques p9**

**5) Evolutions –Développements –quelques données p9**

***La problématique « clef » pour le solaire : LES FACTEURS LIMITANTS DU SOLAIRE – Photovoltaïque (PV) et Thermique) -***

- le coût de production propre varie selon les sources de 150 à 550 Euros le Mwh (voir développement §4) (repère : 40 et 60 Euros les Kwh nucléaires, thermiques gaz et charbon)
- les tarifs de rachat du Kwh PV par EDF , à un prix de 3à 10 fois supérieur à sa propre production, institue une rente pour les installateurs et propriétaires de panneaux solaires PV qui est payée par l'augmentation du tarif électricité pour tous les utilisateurs –
- Ce système de rachat par les propriétaires constitue un véritable hold up caractérisé par le détournement de la loi votée sur le service public de l'Electricité , puisque le surcoût payé par l'utilisateur est intégré dans la ligne « CSPE » de la facture (Contribution au Service public de l'Electricité ) alors qu'il s'agit du paiement de la rente aux propriétaires de panneaux PV et non de l'aide au service public dans les régions rurales défavorisées .

Cette rente pour les propriétaires se chiffrera à plus de 3 milliards d'Euros quand le système fonctionnera à plein régime et si rien n'est fait pour l'arrêter.

Ce mécanisme aura ses propres limites « politiques » d'acceptabilité par les utilisateurs domestiques et industriels en fonction de la capacité qu'auront les forces sociales et politiques à faire comprendre ce transfert de richesses de la collectivité vers une minorité de rentiers.

Cette rente est comparable aux effets du bouclier fiscal pour les contribuables les plus riches. Elle grèvera d'autant les moyens pour la Ret D dans les énergies , les emplois et les formations nécessaires dans la fabrication industrielle des éléments de cette filière

- le poids du carbone
  - dans la fabrication des éléments et matériels constitutifs du solaire PV et Thermique - de l'aval à l'amont en intégrant le transport de ceux-ci –
  - en intégrant la production et le retraitement de la principale matière première (Silicium dans le PV ) comme celui des matériaux « rares » et « dopants » comme le cuivre , le gallium, l'indium , et le sélénium constitutifs des futurs cellules PV et batteries associées .
  - en intégrant la fabrication des batteries anciennes et nouvelles génération (ion lithium) , dont l'intégration au PV est obligatoire
  - et en prenant en compte que les modes de calcul de ces bilans « carbone » sur tout le cycle PV+batteries ne font pas l'unanimité dans les milieux scientifiques :
- la maîtrise des matières premières « rares » constitués par le cuivre et produits dopants pour le PV du futur et le lithium pour les nouvelles batteries. Les gisements de ces matières premières semblent être limités et concentrés dans certaines zones géographiques dont les pays pauvres et en développement ( Amérique du Sud–Chine - 'Afrique) qui entendent tirer des ressources de leurs propres richesses
- La mise en improductivité des terres agricoles pour la mise en place des installations PV et thermiques (40 Mw solaire monopolise 110 hectares de terres agricoles)
- les influences sur la climatologie par la couvertures de milliers de Km2 pour le solaire thermique sur les grandes surface dans les déserts « chauds et ensoleillés » , (le projet Neal au Sahara pour la production de 22% de l'électricité dont l'Europe a besoin) et la façon de combler la continuité de production nécessaires pour ces besoins électriques malgré l'intermittence diurne du rayonnement solaire sur ces surfaces .
- le caractère discontinu de la production du kwh électrique solaire en raison de l'intermittence du rayonnement solaire –ce qui oblige à la fois :
  - à dimensionner le stockage par batterie ou autres systèmes physicochimiques mais dont la fabrication alourdit le bilan carbone et le financement global
  - et pour les grosse centrales solaires (PV ou thermiques) ,à prévoir les centrales thermiques à démarrage rapide ou mise en veille pour prendre la place du solaire défaillant–ce qui alourdit également le bilan carbone du Kwh solaire et le financement global.

## LE SOLEIL ET LA TERRE –GENERALITE

-----

Chaque cm<sup>2</sup> de la photosphère du soleil rayonne une puissance de 6,45 kw  
Le flux global d'énergie libérée par le soleil est de  $4 \cdot 10^{26}$  puissance 23 kw  
( $4 \cdot 10^{26}$  puissance 11 Tw)

L'énergie solaire reçue par la terre est de  $1,76 \cdot 10^{17}$  puissance 5 Tw  
600 Tw de cette énergie sont exploitables

A comparer avec la puissance électrique de la production installée sur la terre : 3,6Tw

### Repères

*Certaines sources « prospectives » ( Centre aéronautique et spatial allemand –DLR équivalent du CNES français ) font état que les déserts « chauds » couvrent 36 millions de km<sup>2</sup> sur les 149 millions de km<sup>2</sup> de terre émergées sur la planète et que l'énergie solaire frappant chaque année 1 km<sup>2</sup> de désert est en moyenne de 2,2 Twh soit 80 millions de Kwh par an - 1% de la surface des déserts suffirait pour produire la totalité de l'électricité nécessaire à l'humanité*

*L'AIE vient de déclarer (mai 2010) que l'énergie solaire pourrait produire près du ¼ (22%- 9000 Twh) de la production électrique mondiale d'ici à 2050 ,(en utilisant les 2 techniques photovoltaïque et concentrateurs thermiques) , à condition que les Etats apportent leur soutien dans les 10 prochaines années pour faire baisser le coût de fabrication des systèmes solaires .*

## LES PARAMETRES REPERES

### • Variabilité du rayonnement solaire reçu

Le rayonnement solaire capté peut être direct ou diffus

Hors atmosphère, la puissance du rayonnement capté est de 1367 W/m<sup>2</sup> (surface perpendiculaire au flux d'énergie) Il est constant .

Au sol , la puissance captée est inférieure à 1000w/m<sup>2</sup> –Elle dépend de plusieurs facteurs :

- couleur de la surface (le noir absorbe presque totalement )-
- altitude (+7% pour 1000m)-
- hauteur du soleil sur l'horizon (0,5 kw/m<sup>2</sup> soleil à 15 ° -+ de 0,9 kw/m<sup>2</sup> au delà de 60°)
- intensité et durée d'ensoleillement (situation météo –géographie- période)  
affaiblissement de 20% en ville- de 40% en bord de mer – de 40% si le temps n'est pas clair- de 50% entre hiver et été par ciel clair

### • Atlas du flux solaire (DOE des Etats-Unis )

En brut : rayonnement solaire globale annuel reçu sur un plan d'inclinaison égale à la latitude et orienté vers le sud

- RU : 850 à 1300 kwh/an/m<sup>2</sup>
- Allemagne : 1050 à 1450 kwh/an/m<sup>2</sup>
- Espagne : 1600 à 2200 kwh/an /m<sup>2</sup>
- Etats-Unis : 1400à 2450 kwh/an /m<sup>2</sup>
- France : 1387(Nord) à 1999 kwh/an/m<sup>2</sup>(façade méditerranéen)

## 1. PRINCIPES -HISTORIQUE -TECHNIQUES ET DEVELOPPEMENT

**Conversion thermique ( passive –active ) et thermodynamique**  
**Conversion photovoltaïque**

- **Conversion thermique passive –active ;**

Elle est passive lorsqu'elle dépend de l'architecture et de l'aménagement des bâtiments pour bénéficier au maximum de l'apport solaire (exemple : mur « Trombe »)

Elle est active lorsqu'il y a des capteurs solaires eau ou air

**Repères**

*Capteurs solaires « chauffe eau » -surface 2 à 4 m<sup>2</sup> rendement énergétique 30 à 40% pour l'eau à 60°*

*Capteurs solaire « chauffage » - 1m<sup>2</sup> de capteurs pour 10 m<sup>2</sup> de surface habitable d'une région tempérée (économie de chauffage de 30%)*

*L'Observatoire de l'Energie faisait état en 1988 que le solaire thermique était plus favorable à la production d'eau chaude que le chauffage des volumes proprement dit .*

- **Conversion thermodynamique.**

Il s'agit, par concentration du rayonnement solaire, de produire de la vapeur à partir de l'eau, pour faire de l'électricité

**3 technologies sont utilisées**

- **miroirs cylindro paraboliques** – concentrent l'énergie sur un tube au point focal du miroir et parallèle à lui ; ils tournent autour d'un axe horizontal pour suivre le soleil  
les températures obtenues sont de l'ordre de 250 à 400 ° ( réalisées : grandes centrales LUZ dans le désert Mojave près de Los Angelés)

**Technologie en développement dans une version simplifiée** : les capteurs miroirs sont cylindrique fixes et en linéaires .Ils chauffent l'eau contenue dans un tube situé dans l'axe « foyer » , pour faire de la vapeur et produire de l'électricité.

**Repères :**

*Une centrale solaire thermique de 100Mw demande 200 ha de surface au sol de capteurs (2 ha par Mw)*

*Selon un projet géant (Solartec ou Trec) , près de 25% de l'électricité consommée en Europe pourrait être fournie en 2050 par 19000km<sup>2</sup> au Sahara*

*Le projet est étudié (Société NEAL) de la connexion électrique de 3000 kms entre Adrar en Algérie et Aix la Chapelle (Allemagne) a été lancé le 13 nov 2007*

*Un volet du projet Trec concerne une centrale solaire dans le Sinai pour alimenter la bande de Gaza et un autre concerne une centrale solaire pour dessaler l'eau de mer au Yémen (épuisement probable des réserves d'eau souterraines d'ici à 15 ans )*

*Le coût du kwh produit se situerait selon certains sources entre 0,14 et 0,18 euros kwh avec une baisse à 0,08 /0,12 euros le kwh pour 5000 Mw installée dans le monde*

*La centrale de 40 mW prévue à Brandis en Allemagne couvre 110 ha de bonnes terres agricoles*

*L'Algérie construit une centrale hybride avec une centrale au gaz de 150Mw et une centrale solaire thermique de 30 Mw à Hassi Rmel (Sahara)-mise en production : 2010*

- **centrales à tour**

miroirs orientables qui renvoient l'énergie sur une chaudière placée en haut de la tour

Thémis à Fond Romeu dans les Pyrénées (1983-1986) a servi à valider la technique – et sert aujourd'hui aux expériences d'astrophysiques

- **miroirs collecteurs paraboliques (peuvent approcher 20 m de diamètres )**

Technologie expérimentales en développement (France Allemagne Australie Espagne )

- **la conversion photovoltaïque** .

### HISTORIQUE ;

Elle a été découverte par Becquerel en 1839-

Son principe en est que lorsque les photons frappent certains matériaux comme les panneaux de silicium , ils délogent des électrons de la surface de ces matériaux qui est impacté par le rayonnement –ce qui produit une différence de potentiel entre les 2 surfaces de ce matériaux , celle au soleil et celle à l’ombre .

Les matériaux utilisés sont des semi conducteurs –aux caractéristiques intermédiaires entre isolants et conducteurs –Ils présentent la particularité que leurs électrons peuvent circuler librement dans le matériau si on lui apporte une faible énergie (de l’ordre de 1,12 électron volt pour le silicium). Cette énergie peut provenir soit d’un champ électromagnétique (potentiel électrique) –c’est la base de l’électronique- soit par une illumination (photons) –c’est la base du photovoltaïque.

Le courant électrique obtenu est continu. Il nécessite des batteries pour que l’énergie électrique puisse être stockée et régulée entre les période d’ensoleillement et les périodes sans soleil.

Il nécessite aussi des systèmes de conversion « continu- alternatif » (onduleurs) pour être utilisé dans les utilisations habituelle domestiques ou industrielles .

Le rendement d’un onduleur est de 0,6 kwh alternatif pour 1 kwh continu

#### *Repère historique*

*Jusqu’en 1954 , les cellules photovoltaïque sont du domaine de la curiosité des laboratoires*

*C’est la technologie spatiale qui a impulsée un bond technologique réalisé par le laboratoire Bell aux USA dans la mise au point des cellules avec un rendement de 4 à 6%-*

*En France les premières cellules photovoltaïques virent le jour en 1960 au CNRS*

### TECHNIQUES ET DEVELOPPEMENTS

- plus de 85% des panneaux photo voltaïque (PV) utilisent comme matériau le Silicium(matériau de base dans l’électronique) sous plusieurs formes :
  - silicium amorphe et silicium cristallin (mono ou multi)
    - c’est la 1<sup>ère</sup> génération- matériaux de base de la production industrielle actuelle – avec un rendement industriel de 5 à 7% pour le premier (60 Watts crête /cm<sup>2</sup>)et de 15 à 17% pour le second (100 à 150 watts crête /cm<sup>2</sup> entre mono et multi) avec les mêmes techniques de production que les semi-conducteurs de l’électronique.
    - silicium amorphe à couche mince –c’est la 2<sup>ème</sup> génération –avec une RetD importante –un rendement plus faible de 7% mais compensé par le triple avantage : moins complexe , moins énergétivore , et moins consommateur de matière première (un meilleur coût)
    - les matériaux organique à couches minces et flexible –c’est la 3<sup>ème</sup> génération – avec support flexible (composés organiques –matières plastiques et structuration de la matière à l’échelle du nanomètre- avec un rendement faible de 5% mais une réduction dans le coût de fabrication industrielle en grand volume
    - des matériaux composites avec composants « dopants » (di séléniure de Cuivre - Indium -Sélénium – dioxyde de Titane -Tellure de cadmium), Cette génération fait l’objet d’une Ret D importante , avec des rendements de laboratoire allant jusqu’à 30% . Elle comporte 2 paramètres stratégiques
      1. la disponibilité des métaux rares « dopants » dont la planète a des réserves limitées
      2. le coût du recyclage de ces métaux rares en fin de vie du matériau PV et sa signature carbone sur tout le cycle :matière première – fabrication –recyclage

#### Les efforts de Ret D dans le PV (photovoltaïque) .

-Ils sont très importants aux USA ( le budget annuel est passé à 140 millions d’euros/an – multiplié par 3 en 2 ans ) comme en Chine (ce qui n’est pas sans signification ) ,

–En Allemagne autour de 175 millions d’Euros/an où St Gobain a inauguré sa première usine de panneaux PV le 16 oct 2006

-Au Japon à plus de 100 millions d’Euros/an

- **En France** , - il se situe autour de 24 millions d’Euros/an

- **L'ANR (Agence Nationale de la Recherche)** fixe des moyens en R et D pour un objectif de prix des systèmes PV à 1000 Euros le Kw , ce qui permettrait de produire de l'électricité à un coût inférieur à 10 centimes le Kwh pour 2030 (soit équivalent grosso modo au tarif moyen actuel d'un consommateur domestique )
- **Le rapport d'orientation (France) sur la stratégie nationale de ReD dans le domaine énergétique** (horizon 2020-2050) fixe les axes de recherche suivants dans l'objectif (commun à tous les laboratoires dans le monde ) d'abaisser le prix du Watt crête en dessous du seuil symbolique de 1 Euro :
  - amélioration des rendements et baisse des coûts des cellules 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> génération (10% à 40%)
  - nouveaux concepts dans les architectures des cellules à très haut rendement sur la totalité du spectre solaire
  - nouveaux matériaux constitutifs des PV (organiques et inorganiques) à très bas coûts
- **Dans ses objectifs , le CISEL (EDF –ENSP –Physique Chimie de Paris-St Gobain )** recherche la faisabilité industrielle d'un module de 0,1 m2 avec un rendement de 10% avec une nouvelle technologie de dépôts en couche mince par solution (très faible coût) – à base de diélenium / cuivre /indium– Faible moyens :28 personnes et 5 millions d'euros de budget /an
- **Le CEA** est le lieu plus important de RetD solaire dans le cadre des Nouvelles Technologies de l'Energie (NTE)

#### 4) LES COÛTS –QUELQUES REPERES PRATIQUES –LES REALISATIONS –

- **L'évolution du kwh produit :**
- Le coût du Kwh produit par une cellule PV est en 2008 10 fois inférieur au coût 1980 pour un matériau PV dont la durée de vie dans son optimum de fonctionnement se situe entre 15 et 35ans selon les technologies silicium
- Mais , selon les sources , les technologies et l'emplacement ,le coût du kwh PV varie en 2008 /2009 du simple au double :entre 150 à 300 Euros le Mwh électrique ( 15 à 30 centimes d' Euros le Kwh)– chiffre qui peut atteindre plus de 550Euros le Mwh (55 à 58 c d'Euros le kwh)quand la production PV est intégrée au bâti (rapport Syrota)
- La part du silicium intervient dans 50% du prix du kwh PV
- L'évolution du prix du **Watt- crête** avec les cellules silicium PV 1<sup>ère</sup> génération, aurait marqué aux USA (en pilote industriel) une baisse de 90 dollars en 1976 (pour une puissance installée de 0,50 Mw) à 5 dollars en 2001 (pour une puissance installée de 1000Mw)

##### *Quelques définitions et repères*

**Le Watt crête** (Wc) caractérise la puissance d'une cellule monocristalline d'une surface de 1 dm<sup>2</sup> . La puissance crête représente la puissance délivrée par le panneau au point de puissance maximum dans le diagramme Intensité Tension et pour une irradiation solaire de 1000W/m<sup>2</sup> (rayonnement moyen reçu à la surface du sol par temps clair (4 h en hiver -10h en été) , pour une température de 25°(perte de rendement de 0,4% par degré )

**1 Kw crête** représente la puissance fournie par 10 m<sup>2</sup> de modules solaires avec une technologie courante, ce qui correspond à une énergie produite de 850kw/h à Lille et de 1250kw/h à Nice par année moyenne

**10 m<sup>2</sup> de cellule PV**, dans une technologie classique avec un rendement de 10% ,produit au maximum par jour 5kwh dans le sud de la France

- **L'ANR (Agence Nationale de la Recherche)** fixe des moyens en RetD pour un objectif de prix des systèmes PV à 1000Euros le Kw , ce qui permettrait de produire de l'électricité à un coût inférieur à 10 centimes le Kwh pour 2030 (équivalent au tarif moyen d'un utilisateur domestique en 2010 )

- Les chiffres d'affaires des constructeurs a atteint 15 milliards de dollars à travers le monde – les investissements dépassent par an 1,8 milliards de dollars
- **Le rapport d'orientation (France )sur la stratégie nationale de RetD dans le domaine énergétique** (horizon 2020-2050) fixe les axes de recherche suivants dans l'objectif (commun à tous les laboratoires dans le monde ) d'abaisser le prix du Watt crête en dessous du seuil symbolique de 1 Euros :
  - amélioration des rendements et baisse des coûts des cellules 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ième</sup> génération (10% à 40%)
  - nouveaux concepts dans les architectures des cellules à très haut rendement sur la totalité du spectre solaire
  - nouveaux matériaux constitutifs des PV (organiques et inorganiques) à très bas coûts
- **les activités du CISEL (EDF R et D)** : recherche de la faisabilité industrielle d'un module de 0,1 m2 avec un rendement de 10% avec une nouvelle technologie de dépôts en couche mince par solution (très faible coût)

### **Prix de rachat du kwh par EDF et intégration de ce prix dans la CSPE (facture usager) .**

Pour un coût de production de 15 à 30 centimes d'euros le Kwh(selon les sources ) et avec une installation fonctionnant 20 ans (espérance affichée) , l'évolution du prix d'obligation d'achat du kwh par EDF a été la suivante en augmentation permanente de 2002 à 2010 :

- mars 2002 –contrat de 20 ans - :15,25 cEuros / kwh France Métro  
et 30,50 cEuros /kwh Corse et Dom
- janvier 2006 – contrat de 20 ans : 30 cEuros /kwh France Métro + prime de 25cE /kwh  
pour intégration au bati  
et 40cE /kwh en Corse et DOM + prime de 15cE /kwh
- janvier 2010 :
  - **pour PV intégré aux bâtiments** (habitation / santé/ enseignement/ à enjeux architecturaux) : **58 cE/kwh** d'habitation,
  - **pour les autres bâtiments et ceux existants** : **50 cE /kwh** .
  - **pour l'intégration simplifiée au bati** (locaux industriels , agricoles, commerciaux) : **42 c/kwh** pour l'intégration simplifiée au bâti (locaux industriels , agricoles, commerciaux)
  - **pour installation au sol** : **de 31Ce/kwh** pour les régions métropolitaines les + ensoleillées à **37,7 cE /kwh** pour les régions les moins ensoleillées

Ce prix d'achat par EDF (rente du propriétaire des panneaux PV producteurs de Kwh ) est couvert par la ligne CSPE (Contribution au Service Public de l'Electricité )que comporte la facture aux consommateurs d'électricité (

### **installations solaires PV- les coûts et les projets** .

La part du silicium intervient dans 50% du prix du kwh PV

#### Utilisations du PV

- Installation à Carpentras (architecte YVES Guitier et société GSE)  
**Siège de la société Relais Vert** : 5750 m2 de surface – coût de construction 586 euros HT /m2 – capacité de production de 840.000 kwh pour une consommation de 250000 Kwh- technique du silicium cristallin
- 3centrales solaires
  - Lunel – Gard – 503 kw -230 m2 sur 1,5 ha
  - Lhospitalet Lot -5,5 Mw sur 12 ha
- Projet Marseille  
160 000 m2 de toitures à PV -production potentielle annuelle de 14 millions de Kwh (consommation de 7000 ménages)- contrat sur 20 ans –redevance de 0,5 à 1 euros le m2 pour la ville –opérateurs investisseurs : Suez Gdf – Solaire Direct –Yomatec-Tenergie –EDFEN –travaux en 2011g
- un propriétaire privé (professeur de physique –Jausiers 05-interviewLe Dauphiné 24 mai 2010)



18 m2 -12 panneaux PV de 1,5 m2 – amortis sur 3 ans – 10.000Kwh –rente de 30.000 Euros versés par EDF ; estimations rente sur 20 ans avec le mécanisme actuel : 30.000 Euros

- PACA : 2010 – 18200 installations (moyenne 90Mw) –baisse de 30% du prix des modules solaires PV

#### **Fabrications- Construction des panneaux PV**

- **Photowatt** est le seul fabricant à maîtriser l'ensemble des étapes de fabrication du silicium au panneau  
Capacité de production : 60Mw- 108 personnes –Isère- Rhône Alpe
- **Une cinquantaine de Sociétés** se caractérisent comme fabricants –assembleurs –vendeurs de panneaux PV ( dont des sociétés américaines , allemandes , chinoises , japonaises ) dont une dizaine font de la recherche et fabrication des éléments de base en silicium
- **En Rhône Alpe** : projet de fabrication de panneaux PV avec importation des cellules silicium- soutenu par le Conseil Régional et les pouvoirs publics
- **En PACA** : le site industriel de microélectronique et de semi conducteur situé à Rousset (Gardanne) , créée dans les années 1980, a reçu des subventions publiques et comporte des entreprises à mêmes bases technologiques –Atmel (actuellement la société américaine) 1000 salariés sur Rousset et ST Microelectronics (groupe ex Thomson) de 3000 salariés au niveau global – Spécialisées dans les recherche développement fabrication sur les semi-conducteurs (mais orientés vers les puces électroniques , les mémoires flash et les composants des systèmes informatiques ) , ces entreprises de ce site ,aménagé par les pouvoirs publics, sont en perpétuel évolution –vente –acquisition avec des plans sociaux à la clef

#### **Installations solaires thermiques.**

400 Mw installés dans le monde en majorité en Californie

- Projet géant hypothétique « Désertec »-fédéré par les Allemands (avec Siemens -St Gobain- Eon et Rwe) avec l'accord de l'Algérie- installations au Sahara 300 Kms sur 300 – fourniture de 15 % des besoins Europe en Electricité avec boucle géante de transport électrique . Coût estimé plus de 400 milliers d'Euros

Ce projet est parfois appelé « Néal » avec un objectif supérieur (22% de l'électricité consommé en Europe )

- Projet en cours de démarrage en Espagne de 800Mw

### **5) EVOLUTIONS –DEVELOPPMENTS -QUELQUES DONNEES**

**Nb :les sources d'informations statistiques sont à prendre avec beaucoup de précaution –elles sont disparates**

**Des incohérences et contradictions apparaissent par exemple**

**Entre France et France + Dom Tom**

**Entre puissance et production**

**Entre solaire PV Solaire Thermique thermodynamique (électricité avec chaleur) et thermique actif (chauffe-eau solaire chauffage )**

**Entre Kwh électrique et Kwh thermique**

**Malgré cela on observe une convergence des chiffres et des données vers une puissance quasiment exponentielle du solaire (PV et thermique ) par addition des petites installations unitaires pour le PV électrique et par création de centres de production importants pour le solaire thermique électricité**

- **Investissements dans la production:** (source PEW Institute)

Chine : 34,6 milliards de dollars dont 80% dans le solaire et l'éolien

USA :18,6 milliards « dont 45% «

RU : 11,2 milliards « dont 80% «

Espagne : 10,4 milliards de dollars dont 90% dans le solaire et l'éolien

Allemagne : 4,3 « dont 40% «

France : 1,8 « dont 30% «

- **Un quart de la production électrique issue du solaire d'ici à 2050 ?**

C'est une hypothèse considérée comme possible par l'AIE (Agence internationale de l'Energie de l'OCDE) à condition de baisser les coûts de production de cette technologie, ce que ne prévoit pas l'AIE avant 2020 et si les

efforts sont mis dans la technologie du solaire thermique par concentration pour permettre d'atteindre la parité avec le kwh classique .

En associant solaire PV et thermique à concentration , 9000 Terawatts/h pourraient être produits dans le monde (soit le ¼ de la production mondiale ) ce qui économiserait (toujours selon l'AIE ) 6 milliards de tonnes/an d'émissions de CO2 ( sur une émissions mondiale de 35 milliards de tonnes de CO2 par an –dont 10 milliards de tonnes par le charbon )

- **production PV 2008:** 43 à 46 Gwh France 4200 Gwh Europe des 27 – (dont plus de 3500Gwh en Allemagne )
- **production solaire thermique 2008 :** autour de 1000Mwh th France -20 000Mwh th Europe- (plus de 8000Mwh en Allemagne )
- **capacité puissance installée 2006:** 0,023 Gw France- 3220 Gwh Europe des 27 -6263 Gwh OCDE
- **contribution du solaire** à l'approvisionnement énergétique dans **les pays en Europe** (chiffres 2007) marginal et variable : de 1ktep (Irlande -0,006 % de son apro total) à 580 ktep( Allemagne 0,171% de son apro total )  
USA : 1403 ktep – 0.059 % de son apro global)  
Japon :568 ktep – 0,108% «

- **évolution de la production d'énergie solaire France**

- PV raccordé : 0 en 1990 à 43 à 46 Gwh en 2008
- PV non raccordé : 0 en 1990 à autour de 20 Gwh en 2008
- Thermique électricité :12 ktep en 1990 à autour de 70 ktep en 2008

- **Evolution de la production mondiale de cellules photovoltaïques 1993-2007**

- 69,1 kw en 1993 à 3773 kw en 2007- courbe exponentielle

- **Evolution des capteurs solaires thermiques 1996-2008 dans l'UE**

- 6985 m2 installés 1993 à 28546 m2 2008

de 6,3 m2 au RU pour 1000 habitants à 26,7 m2 en France ,137 m2 pour l'Allemagne , 345 m2 pour Chypre et 843m2 pour la Grèce

- 19.928 Mw thermique cumulés en 2008

-----

Clnt :Projet fiche solaire 17 mai 2010 réévaluée 25 mai 2010 revu 1<sup>er</sup> juin