

# Solarama



COLLÈGE

L'énergie solaire photovoltaïque

## une solution d'avenir



Le climat, ça chauffe ?

Utiliser des énergies plus durables, pourquoi ?





# SOMMAIRE



L'énergie solaire ? C'est sûr, tu en as entendu parler. Tu as déjà aperçu des **panneaux solaires** sur le toit des maisons ou des centres commerciaux. Et tu as forcément dans ton sac une calculatrice qui fonctionne grâce au soleil. Mais **l'énergie solaire**, sais-tu vraiment ce que c'est ? Comment ça marche ? Pourquoi dit-on que c'est une solution d'avenir ? Solarama décrypte pour toi...



## ÇA COMPTE

**1 journée de soleil =  
27 ans de consommation  
électrique mondiale !**

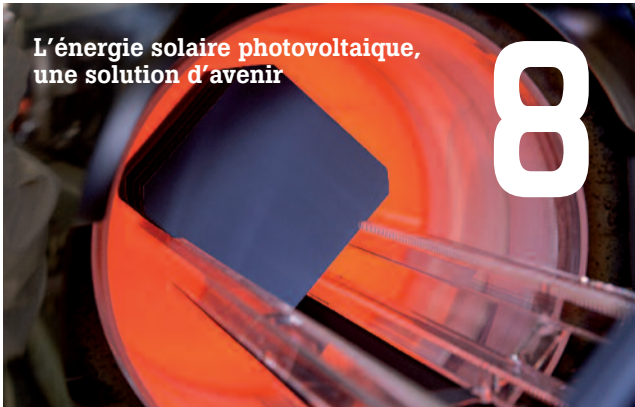




Transformer du sable en panneaux photovoltaïques !



Le réchauffement climatique, c'est quoi ?



L'énergie solaire photovoltaïque, une solution d'avenir

#### 4 Utiliser des énergies plus durables, pourquoi ?

- L'énergie au cœur de notre vie.
- Des énergies plus durables.
- Le solaire, une solution pour demain ?

#### 5 Le réchauffement climatique, c'est quoi ?

- L'effet de serre : un processus naturel... amplifié par les activités humaines.
- Mais est-ce que c'est grave s'il fait plus chaud ?
- Faisons vite, ça chauffe !

#### 7 Mais au fait qu'est-ce que l'énergie ?

- Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme.
- Comment mesure-t-on l'énergie ?

#### 8 L'énergie solaire photovoltaïque, une solution d'avenir

- C'est quoi au juste ?
- Comment crée-t-on de l'électricité avec la lumière du soleil ?
- Cela fonctionne avec tous les matériaux ?
- Quand le ciel est nuageux ou dans les pays froids, ça marche quand même ?

#### 9 Un peu d'histoire

- Une histoire de famille !
- D'abord dans l'espace !

#### 10 Transformer du sable en panneaux photovoltaïques !

- La chaîne de fabrication d'un panneau.
- Les énergies : des choix économiques, politiques et environnementaux.

#### 12 Et que fait-on des panneaux solaires photovoltaïques ?

- Installer des panneaux et les connecter au réseau électrique local.
- Installer des panneaux et produire son électricité de manière autonome.

#### 14 Relevons les défis du photovoltaïque !

- Réduire les coûts.
- Augmenter le rendement.
- Améliorer la flexibilité du réseau.
- Améliorer les batteries.

#### 16 Le solaire photovoltaïque : une économie, des entreprises, des métiers, des hommes et des femmes.

- Interviews de professionnels.
- Les acteurs économiques d'une entreprise de panneaux solaires photovoltaïque.





# Utiliser des énergies plus durables, pourquoi ?



## L'énergie au cœur de notre vie

Pour aller au collège ou partir en vacances, quand tu regardes la télévision ou que tu surfes sur Internet, tu as besoin d'**énergie**. Elle est aujourd'hui essentielle à notre développement et elle est partout : pour produire notre alimentation, fabriquer nos vêtements, nos meubles ou nos habitations... et même pour nous soigner ! Imagine un hôpital sans électricité pour faire fonctionner les appareils : impensable ! C'est bien parce que l'énergie est devenue essentielle à notre **développement** que sa consommation mondiale ne cesse de croître.

Et la demande en énergie **s'amplifie** d'autant plus que la population mondiale augmente et que de nouveaux pays, comme la Chine et l'Inde, s'industrialisent de plus en plus.

## Des énergies plus durables

Depuis la révolution industrielle du 19<sup>ème</sup> siècle, les pays occidentaux ont surtout exploité et consommé les **énergies fossiles**. Aujourd'hui, ce sont encore celles qui sont le plus largement utilisées. Mais elles sont loin d'être parfaites... D'une part, les énergies fossiles ne sont pas inépuisables et d'autre part, elles sont assez **polluantes** et l'une des causes principales du réchauffement climatique. Depuis une trentaine d'années, pour répondre à la fois à la demande croissante en énergie et limiter les émissions de **gaz à effet de serre**, l'homme s'est donc tourné vers les **énergies renouvelables**.

## Le solaire, une solution pour demain ?

L'énergie solaire est l'une de ces nouvelles énergies. Elle en est encore à ses débuts, mais son potentiel est déjà plein de **promesses** et elle est de plus en plus développée et utilisée.

Dans tous les cas, aujourd'hui, nous avons besoin de toutes les énergies, fossiles et renouvelables, pour faire face à l'énorme demande mondiale en énergie ! ■



## Lumière sur...



On les appelle les **énergies fossiles** car elles sont produites à partir de roches issues de la fossilisation des êtres vivants : pétrole, gaz naturel et charbon. Il faut des milliards d'années à la nature pour transformer ces êtres vivants en pétrole ou charbon. A l'échelle de l'homme, elles ne sont pas renouvelables et elles existent en quantité limitée sur terre.

On les appelle les **énergies renouvelables** car elles se renouvellent à l'échelle humaine du temps : les énergies issues du soleil, du vent, de l'eau, des marées, du bois... sont des énergies renouvelables. Elles peuvent aussi être intermittentes, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas disponibles tout le temps. Par exemple, la nuit il ne peut pas y avoir d'énergie solaire ou quand il n'y a pas de vent, il ne peut pas y avoir d'énergie éolienne.

# Le réchauffement climatique, c'est quoi ?

## L'effet de serre : un processus naturel...

Pendant la journée, la Terre absorbe la **chaleur** du soleil qui repart la nuit venue vers l'espace. Une partie de cette chaleur est piégée par des gaz (vapeur d'eau, gaz carbonique,...) naturellement présents dans notre atmosphère. Elle peut ainsi jouer un **rôle bénéfique** qui ressemble à celui des serres de culture, c'est pourquoi on les appelle les « gaz à effet de serre ».

Sans ce phénomène naturel, la température de notre planète serait de  $-18^{\circ}\text{C}$ . Ce serait bien trop froid pour pouvoir y vivre !

## ...amplifié par les activités humaines

Depuis le 19<sup>ème</sup> siècle, les activités humaines comme l'industrie, le chauffage, les transports en voiture ou en avion, ont massivement augmenté la concentration des gaz à effet de serre dans notre atmosphère notamment le **gaz carbonique** et le méthane. A cause de cette trop grande production de gaz, les températures sur Terre augmentent et dérèglent le climat.



## ÇA COMPTE

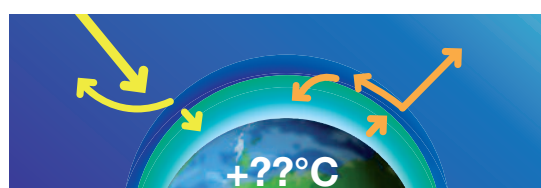
Les émissions mondiales de **gaz à effet de serre** (GES) ont augmenté de 80% entre 1970 et 2010 (Source GIEC - 5<sup>ème</sup> Rapport publié en avril 2014)



L'effet de serre est un processus naturel : sans lui, il ferait  $-18$  degrés à la surface de la Terre.



En attrapant et en emprisonnant l'énergie du soleil, l'atmosphère joue ainsi un rôle identique à celui d'une serre.



En augmentant la part de gaz à effet de serre par le développement des activités humaines, on provoque une augmentation de la température moyenne.

Le phénomène des gaz à effet de serre





## Mais est-ce que c'est grave s'il fait plus chaud ?

D'après les experts, la température moyenne sur Terre pourrait augmenter de 1,3 à 5,3°C à la fin du 21<sup>ème</sup> siècle. On voit ainsi qu'en France, les journées avec une température dépassant 25°C sont plus nombreuses.

Le réchauffement climatique a donc déjà des **conséquences** sur de nombreuses espèces animales et végétales qui sont gravement menacées. On sait que les glaciers des montagnes et la banquise fondent : le niveau de la mer augmente. Et d'autres phénomènes auront également lieu si le climat continue de se dérégler : l'augmentation de la fréquence des vagues de chaleur, des pluies très intenses ou des sécheresses.

Par ailleurs, **l'élévation du niveau moyen des océans** met en péril de nombreuses populations. On pense que le niveau des mers pourrait s'élever jusqu'à 98 cm d'ici à 2100 !

Cela signifie par exemple que les îles Maldives disparaîtraient sous les eaux. En France aussi, il pourrait y avoir de graves inondations en bord de Mer du Nord notamment. Le changement climatique déclenchera aussi des phénomènes qui auront un impact sur nos populations, notre santé, notre économie, notre alimentation...

**Une espèce animale sur six risque de disparaître sous les effets du réchauffement climatique si les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) se poursuivent au rythme actuel.**

## Faisons vite, ça chauffe !

Tu as peut-être entendu parler de la COP21 qui s'est réunie à Paris en 2015 ? **La conférence des parties** réunit tous les ans les pays du monde entier pour décider des actions à mener pour diminuer la production des gaz à effet de serre et limiter ainsi le réchauffement climatique. Car on doit tous agir pour limiter le réchauffement climatique et ses conséquences. **L'énergie solaire photovoltaïque est une des solutions.** ■



# Mais au fait qu'est-ce que l'énergie ?



## ÇA COMPTE

1 kWh = 3 600 000 J  
et 1 J = 1 watt seconde

### Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme

L'énergie est ce qui permet d'agir : sans elle pas de mouvement, pas de lumière et même pas de vie ! Au sens physique, l'énergie caractérise la capacité à modifier un état, à entraîner de la chaleur, de la lumière ou du mouvement. L'énergie peut se **transmettre** d'un objet ou d'un système à un autre : par exemple la chaleur d'un radiateur est transférée à l'air de la pièce ; sur un vélo, le mouvement des pédales est transmis aux roues. Lors de sa transmission, l'énergie change souvent **de forme**.

Ces différentes formes peuvent être l'énergie cinétique (liée au mouvement), l'énergie chimique (composition chimique), l'énergie lumineuse (rayonnement lumineux) ou l'énergie électrique.

Cette dernière devient thermique et produit de la chaleur pour ton four et le fer à repasser de la maison. Elle est transformée en rayonnements visibles pour les lampes, et invisibles pour le micro-ondes etc. L'homme utilise ces transformations pour produire la forme d'énergie qu'il souhaite : ainsi l'énergie chimique contenue dans le bois se transforme en chaleur lorsqu'on le fait brûler. Celle du vent, captée par une éolienne, devient énergie mécanique, elle-même transformée en électricité par un alternateur.

**La lumière** du soleil peut être transformée en électricité par l'énergie solaire photovoltaïque.



### Lumière sur...

En économie et dans l'industrie pour comparer entre elles les différentes sources d'énergie, l'unité utilisée est le baril équivalent pétrole (bep) ou la tonne équivalent pétrole (tep).

### Comment mesure-t-on l'énergie ?

L'énergie se mesure en **joules (J)** ou en kilowattheures (kWh). La puissance, elle, se mesure en **watts (W)**. Pour prendre un exemple, c'est avec cette unité que le compteur d'énergie électrique indique l'énergie transférée aux appareils électriques qui sont branchés. Regarde sur le compteur électrique qui est chez toi : la puissance nominale (notée P) d'un appareil électrique est la **puissance électrique** qu'il reçoit lorsqu'il est soumis à sa tension nominale.

Plus elle est élevée, plus l'appareil est efficace : l'éclat de la lampe est plus fort, l'aspirateur aspire mieux... Mais attention, certains appareils ont également une puissance électrique très élevée par défaut de conception ou manque d'efficacité énergétique. ■

63

SCIENCES

Lorsque l'énergie d'un corps est transmise à d'autres corps, on parle alors de transfert d'énergie. Lorsque l'énergie d'un corps change de forme, on parle alors de conversion d'énergie.

À propos des transformations chimiques, Lavoisier avait énoncé une règle simple: « **Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme.** »

Lorsqu'une énergie diminue celle-ci n'est pas perdue : elle est soit **transférée** à d'autres corps, soit **convertie** en d'autres formes d'énergie.

Lorsqu'une énergie augmente, elle ne se crée pas à partir de rien : elle provient d'autres corps ou résulte de la conversion d'autres énergies. En résumé, tout changement d'énergie correspond soit à un transfert d'énergie d'un corps vers un autre corps, soit à une conversion d'énergie.



# L'énergie solaire photovoltaïque, une solution d'avenir

Zoom  
sur

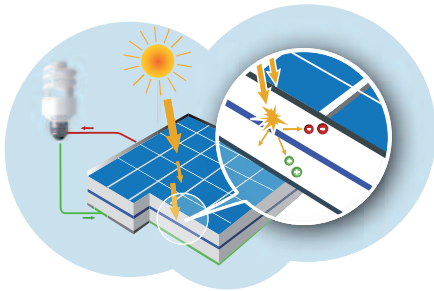
Le mot **photovoltaïque** vient du grec « photos » qui signifie lumière, et du nom du physicien italien **Alessandro Volta**, inventeur de la pile électrique. C'est aussi lui qui a donné son nom au volt, l'unité de mesure de la tension.

## Le solaire photovoltaïque, c'est quoi au juste ?

C'est la transformation de l'énergie lumineuse en énergie électrique.

## Comment crée-t-on de l'électricité avec la lumière du soleil ?

C'est ce qu'on appelle « l'effet photovoltaïque ». La lumière est composée de particules de lumière : les « **photons** », qui contiennent de l'énergie. Lorsque les photons du soleil frappent certains matériaux, ils excitent les **électrons** qui peuvent ainsi être collectés à la surface du panneau photovoltaïque et produire un courant électrique.



## Cela fonctionne avec tous les matériaux ?

Non, cela ne fonctionne qu'avec certains matériaux, qu'on appelle des **semi-conducteurs**.

Leur particularité : tantôt conducteurs, tantôt isolants, ils ne laissent passer le courant électrique qu'à partir d'un certain apport d'énergie, comme par exemple le rayonnement du soleil.

## Quand le ciel est nuageux ou dans les pays froids, ça marche quand même ?

Oui, ce n'est pas parce qu'on ne voit pas le soleil ou qu'il fait froid que le panneau photovoltaïque ne fonctionne pas : c'est la lumière solaire directe

et le rayonnement diffus qui l'active, pas la chaleur. Plus la luminosité extérieure est forte, plus le panneau produit de l'électricité, que le soleil soit visible ou non. ■



## Lumière sur...



L'avantage avec le soleil, c'est qu'on peut utiliser soit sa lumière, soit sa chaleur.

- 1) **Le solaire photovoltaïque** utilise la lumière du soleil pour produire de l'électricité.
- 2) **Le solaire thermique** transforme le rayonnement solaire en chaleur grâce à certains matériaux pour chauffer. Tu l'as peut-être déjà expérimenté : un panneau noir, un peu d'eau... Et voilà une bonne douche chaude à peu de frais ! C'est le principe du chauffe-eau solaire qu'on voit fleurir sur les toits.
- 3) On peut aussi utiliser la chaleur du soleil pour évaporer de l'eau. Avec cette vapeur on fait tourner des turbines et on produit l'électricité comme avec une dynamo. On appelle cela **le solaire concentré**.



# Un peu d'histoire

## Une histoire de famille !

Tout commence en 1839. Le physicien français **Antoine Becquerel** constate que certains matériaux font des étincelles lorsqu'on les expose à la lumière. Pour lui, l'origine de cette réaction ne fait aucun doute : ces étincelles viennent d'une conversion directe de la lumière en électricité. Il vient de découvrir l'effet photovoltaïque ! Son fils, Edmond, présentera leurs travaux à l'Académie des sciences mais ce n'est qu'un siècle plus tard qu'on en verra les applications concrètes.

## D'abord dans l'espace !

Les premiers panneaux photovoltaïques ne sont utilisés qu'à partir de 1959. Ils servent d'abord à l'industrie spatiale : ils permettent aux satellites de produire leur propre énergie dans l'espace.

La première vraie maison expérimentale alimentée par des panneaux photovoltaïques date, elle, de 1973. Puis, dans les années 1980, montres, **calculatrices**, balises radio et météo se généralisent. Au milieu des années 1990, l'Allemagne et le Japon lancent des programmes d'installations photovoltaïques sur les toits.

Depuis le début des années 2000, l'énergie photovoltaïque a entamé son développement dans de nombreux pays. On en voit aujourd'hui sur le toit des **parkings**, des gymnases, des fermes... ■



## ÇA COMPTE

**Les coûts de l'énergie solaire photovoltaïque ont déjà été divisés par 100 en 20 ans.**



SCIENCES

## Le soleil, à l'origine de presque toutes les énergies renouvelables !

Le rayonnement solaire journalier atteignant la Terre contient **10 000 fois** plus d'énergie que ce qu'utilise quotidiennement l'humanité ! On utilise directement la lumière et la chaleur du soleil au travers de l'énergie solaire photovoltaïque et thermique. Mais le soleil, ou sa chaleur, sont à l'origine des vents, des courants et de la photosynthèse qui permet aux plantes de créer de la matière organique. De ce fait, utiliser l'énergie éolienne, des barrages hydrauliques ou du bois et des plantes (qu'on appelle la biomasse) revient à utiliser indirectement l'énergie solaire. Finalement, il n'y a guère que la géothermie ou l'énergie des marées qui ne soient pas issues de l'énergie solaire.



# Transformer du sable en panneaux photovoltaïques !

## La chaîne de fabrication d'un panneau

### 1 SILICIUM

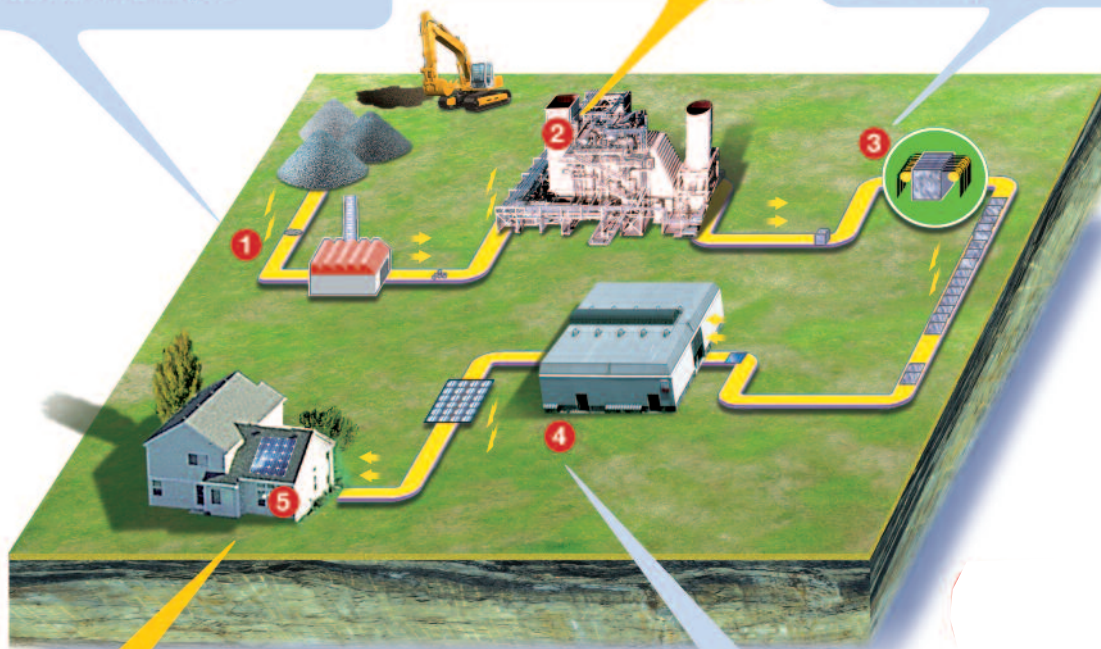
Le silicium est issu de la silice, principal composant du quartz et du sable. Très bon semi-conducteur, c'est la matière première d'une cellule photovoltaïque. Pour être utilisable, il faut le purifier à 99,999999 % en utilisant des réactions chimiques.

### 2 LINGOT

Le silicium est fondu à haute température, puis refroidi pour en faire un lingot.

### 3 WAFER

Le lingot est découpé en fines tranches d'environ 0,2 mm d'épaisseur, qu'on appelle wafers ou plaquettes.



### 5 PANNEAU PHOTOVOLTAÏQUE

Plusieurs dizaines de cellules sont assemblées entre elles, encapsulées dans un film plastique puis insérées entre une feuille de verre et une plaque support.

### 4 CELLULE

Pour transformer ces wafers en cellules sensibles à la lumière, on leur fait subir un traitement physico-chimique : à la fin du processus, elles sont dotées d'un pôle  $\oplus$  et d'un pôle  $\ominus$ . On les recouvre alors de conducteurs électriques pour collecter le courant.



## ÇA COMPTE

Le silicium est le 2<sup>ème</sup> élément le plus abondant dans la croûte terrestre, après l'oxygène.



## Les énergies : des choix économiques, politiques et environnementaux

L'énergie solaire photovoltaïque a de sacrés atouts ! C'est une **énergie renouvelable**, elle peut être installée partout, même en ville, sur le toit des maisons, des parkings, des immeubles et elle est exploitable aussi bien en montagne, dans un village isolé que dans les grandes villes, dans le Nord comme dans le Sud. Mais pourquoi n'utilise-t-on pas l'énergie solaire partout ? Parce que, comme toutes les énergies actuellement maîtrisées, elle a aussi des inconvénients. Le coût d'investissement des panneaux est encore élevé, même si la lumière du soleil est ensuite gratuite et inépuisable. Elle est aussi intermittente : il faut pouvoir la stocker pendant la nuit. Ce sont les **défis** sur lesquels les chercheurs se penchent !

C'est pour cela qu'aujourd'hui les États font le choix du **mix énergétique**. Comme son nom l'indique, cela correspond à un mélange de plusieurs énergies qui permettent de fournir l'énergie nécessaire à la consommation d'un pays, sans mettre en péril le climat et notre avenir. Chaque pays fait des choix différents correspondant aux énergies dont il dispose, à ses contraintes économiques et à sa **politique environnementale**.

La Californie par exemple, qui est très ensoleillée, installe de nombreuses fermes solaires. Même si on a des ressources en énergies fossiles, on peut faire le choix des énergies renouvelables. Ainsi au Moyen-Orient dont le sous-sol regorge de pétrole, les gouvernements diversifient leurs sources d'énergie. L'Arabie Saoudite s'est, par exemple, engagée à installer 41 GW d'énergie solaire (dont 16 GW d'origine photovoltaïque) ce qui permettrait de répondre à la demande en électricité du pays pendant la journée et ce, toute l'année. ■



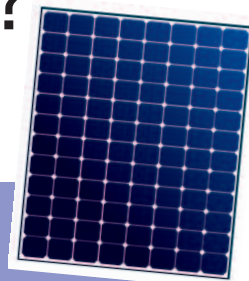
### Lumière sur...

**On n'a pas encore trouvé l'énergie parfaite, mais voici à quoi elle ressemblerait :**

- Elle serait disponible **tout le temps**, là où l'on en a besoin.
- Elle serait économiquement **compétitive**.
- Elle serait **respectueuse de l'environnement**, en terme de gaz à effet de serre ou de pollution, mais aussi de sécurité. Le nucléaire par exemple, ne produit que de la vapeur d'eau lors de son exploitation. En revanche, il nécessite une gestion irréprochable pour éviter des accidents industriels.
- Enfin, elle serait **facile à transporter**.



# Et que fait-on des panneaux solaires photovoltaïques ?



## Installer des panneaux et les connecter au réseau électrique local

Pour favoriser le développement de l'énergie solaire, la plupart des pays européens incitent leurs réseaux locaux d'électricité à racheter plus cher l'électricité d'origine solaire. En France, par exemple, les personnes ou entreprises qui se sont équipées de panneaux solaires photovoltaïques choisissent de revendre toute leur production d'électricité, car c'est plus intéressant sur le plan économique. La totalité de la production est donc revendue au distributeur d'énergie électrique français. On achète ensuite l'électricité dont on a besoin. En Allemagne, au contraire, les personnes consomment leur propre électricité et ne revendent que ce qu'elles ne consomment pas.

## Où peut-on installer du solaire photovoltaïque raccordé au réseau ?

- Toits des particuliers
- Bâtiments industriels, hôpitaux, écoles...
- Grandes centrales au sol

Zoom sur

**La plus grande centrale solaire photovoltaïque au monde a été inaugurée en 2015 en Californie.**

Avec une puissance atteignant plus de 570 mégawatts, la centrale Solar Star permet d'approvisionner 255 000 foyers locaux en électricité et également d'éviter l'émission d'environ **570 000 tonnes de rejet de CO<sub>2</sub> par an** (l'équivalent du rejet de 2 millions de voitures par an).



## ÇA COMPTE

**Les panneaux les plus utilisés ne transforment en moyenne que 15 à 24,1 % des rayons du soleil.**



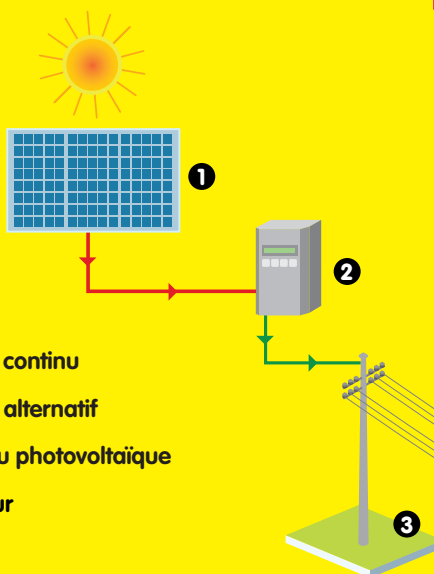
## Lumière sur...

### Installation raccordée au réseau

#### L'onduleur

Le courant produit par les cellules photovoltaïques est un courant continu.

Pour pouvoir alimenter les équipements électriques, il faut le transformer en courant alternatif grâce à un appareil électronique appelé l'onduleur.







## Lumière sur...

### L'électricité facteur de développement

L'accès à l'énergie dans les pays en développement est essentiel pour améliorer les conditions de vie, la santé, l'éducation et le développement économique. L'utilisation de certaines énergies peut même être un enjeu de **santé publique** ! Dans certains pays, la combustion du bois, du charbon de bois, des déchets agricoles et des déjections animales fournit plus de 80 % de l'énergie primaire. Or cela est souvent dangereux. En 2014, l'Organisation Mondiale de la Santé estime que plus de 2 millions de personnes, principalement des femmes et des enfants, meurent prématurément chaque année parce qu'ils ont été exposés à la pollution de l'air intérieur générée par la combustion de ces matières organiques. La qualité et la sûreté des énergies utilisées doivent donc encore évoluer dans beaucoup de pays.

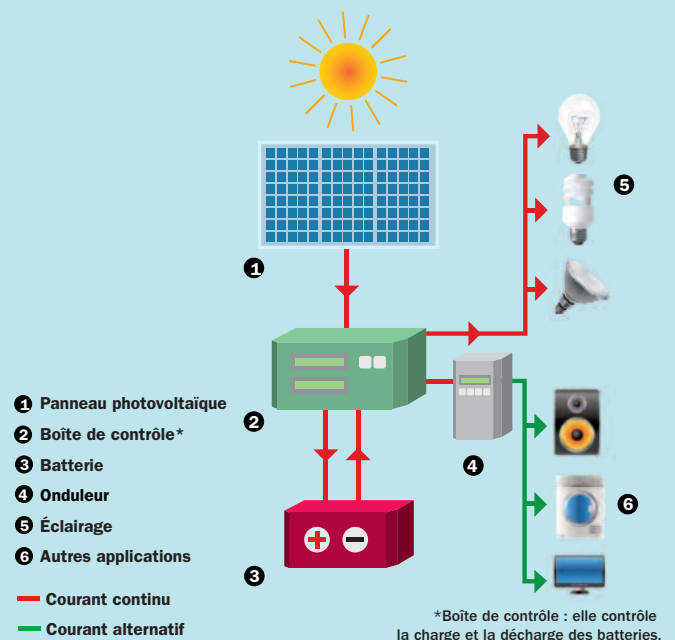
### Installer des panneaux et produire son électricité de manière autonome

Dans les zones qui ne peuvent pas être alimentées par le réseau public, l'énergie photovoltaïque est une solution logique pour produire de l'électricité de manière autonome. Le jour, la lumière du soleil produit de l'électricité grâce aux panneaux, et elle est stockée par un système de batteries pour être utilisée la nuit. L'autoconsommation est très utilisée dans les pays en voie de développement dans lesquels les conditions d'accès au réseau électrique ne sont pas toujours en place.

### Comment utiliser les installations autonomes ?

- Electrification de villages isolés
- Antennes de transmission d'information
- Alimentation d'une pompe pour puiser l'eau

### Installation autonome

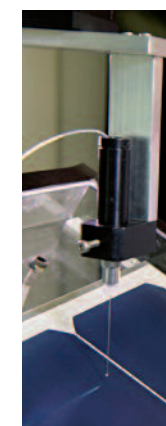
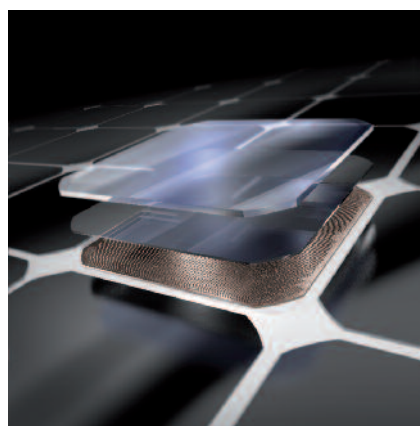
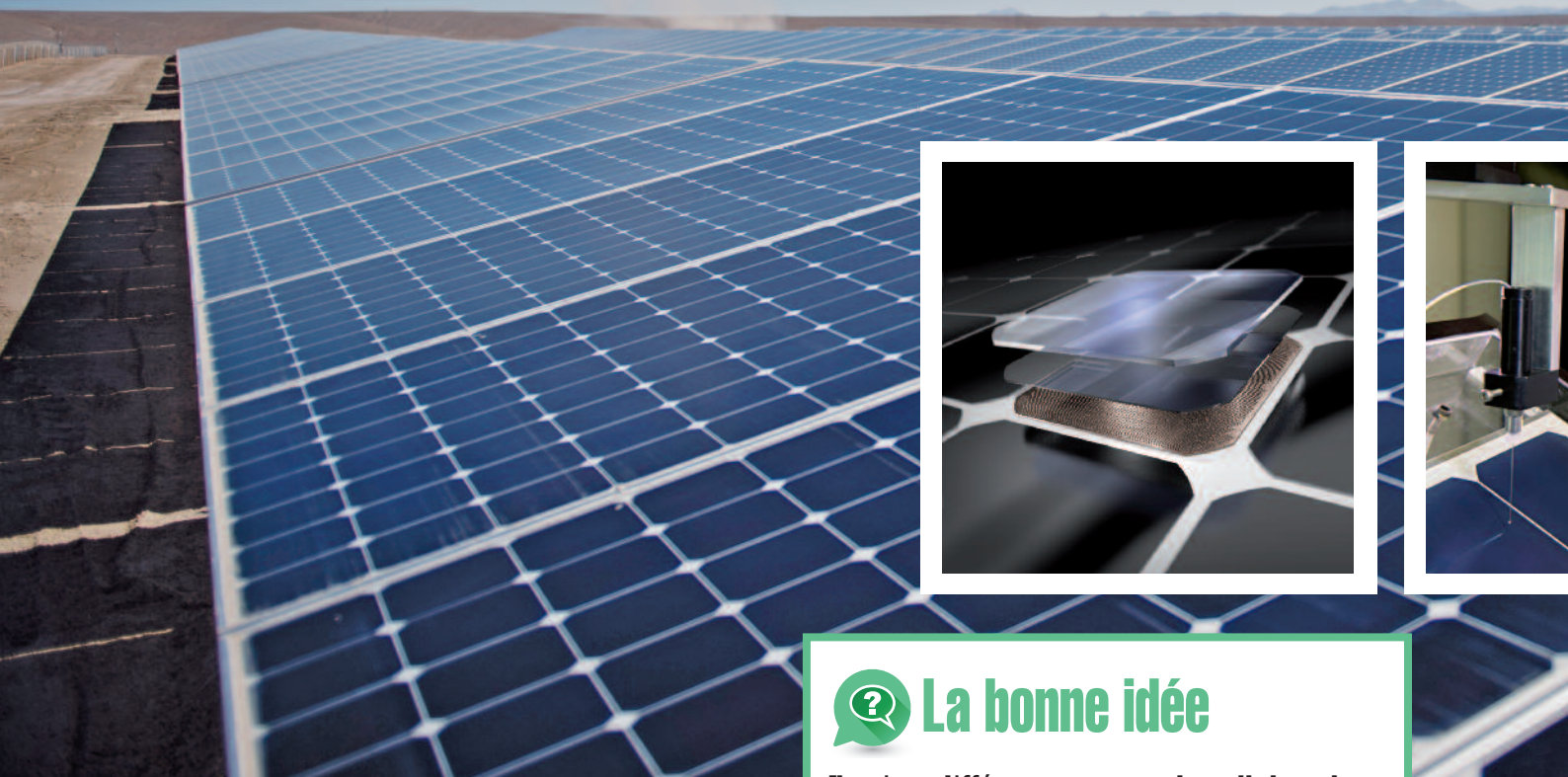


## La bonne idée

Alimenter une pompe destinée à puiser l'eau avec des panneaux solaires photovoltaïques ! On la pompe quand il y a du soleil et on la consomme quand on en a besoin. Voilà une vraie bonne idée utilisée dans des pays en voie de développement.

# Relevons les défis du photovoltaïque !

Dans nombre de laboratoires de recherche d'entreprises, de grandes écoles et d'universités en France, comme dans le monde entier, des équipes cherchent des solutions qui nous permettront de mieux utiliser l'énergie solaire photovoltaïque.



## La bonne idée

Il existe différentes sortes de cellules photovoltaïques. **Les cellules dites silicium cristallin**, sont les plus fiables et produisent, grâce à de nombreuses technologies, le plus d'électricité à un coût raisonnable.

**Les cellules couches minces** permettent de réduire les coûts des matières premières en les projetant en fines couches sur un support. Elles ont un moins bon rendement que la technologie précédente, mais permettent d'autres applications comme les panneaux souples par exemple.

Les **cellules organiques** ont aussi dépassé le stade du laboratoire. Moins chères, flexibles, transparentes, ces cellules utilisent des polymères et on pourra les intégrer partout (vêtements, sacs, emballages).

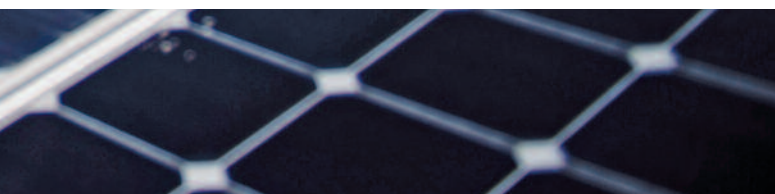
Quelle bonne idée : un sac qui produit de l'électricité, sympa pour recharger les portables, lecteurs MP3 ou caméras !

## 1<sup>er</sup> défi : réduire les coûts

Pour devenir compétitive, il faut que l'électricité produite soit moins chère que l'électricité que l'on achète : tout dépend du prix de l'électricité, de l'ensoleillement et de la réglementation nationale. Pour réduire les coûts, les industriels peuvent augmenter la productivité, réduire le nombre d'étapes de fabrication, introduire de nouvelles technologies, économiser les matériaux et augmenter les performances.







### 2<sup>ème</sup> défi : augmenter le rendement

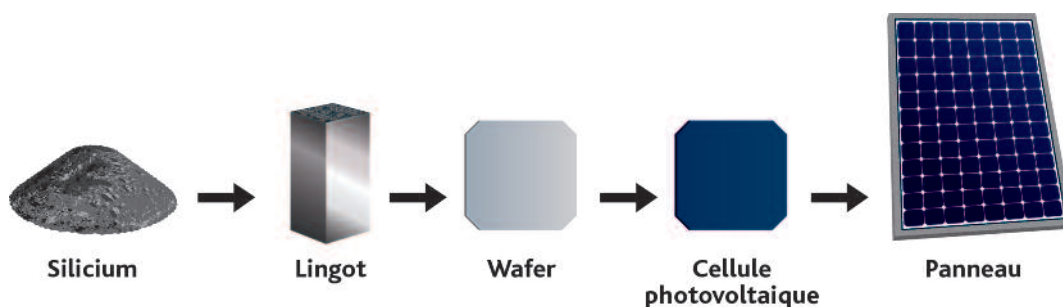
C'est un des moyens les plus efficaces pour réduire les coûts. Aujourd'hui, avec la technologie la plus répandue du silicium cristallin, les panneaux les plus utilisés ne transforment en moyenne que 15 à 18% des rayons du soleil. Les meilleurs panneaux, eux, ont un rendement pouvant atteindre 24,1%. Tous les efforts des chercheurs tendent à augmenter ce rendement pour produire plus d'électricité avec un même panneau, c'est-à-dire mieux capter et convertir la lumière du soleil.

### 3<sup>ème</sup> défi : pour les systèmes raccordés, améliorer la flexibilité du réseau

Aujourd'hui, l'électricité est produite par quelques centrales et acheminée aux consommateurs via le réseau électrique. Mais multiplier les panneaux solaires revient à multiplier les sources de production d'électricité dans un pays. Or, si l'on sait aujourd'hui acheminer l'électricité produite par quelques usines à des milliers de consommateurs, il n'est pas évident de la transporter depuis plusieurs milliers de points de production. Et c'est d'autant plus compliqué que l'énergie solaire n'est produite... qu'en plein jour, alors qu'en France et en Europe, le pic de consommation électrique se fait souvent en soirée. Il va falloir adapter les réseaux à ce défi logistique !

### 4<sup>ème</sup> défi : pour les systèmes isolés, améliorer le stockage, le coût et la durée de vie de batteries

Le principal enjeu pour ceux qui souhaitent consommer l'électricité solaire qu'ils produisent est de pouvoir stocker cette électricité. Pour que ce système devienne accessible, il va falloir rallonger la durée de vie des batteries, trouver des matériaux moins toxiques pour leur fabrication et réduire leur coût. Autant de défis passionnants à relever pour les chercheurs et les industriels !



# Le solaire photovoltaïque : une économie, des entreprises, des métiers, des hommes et des femmes.



**Louis**  
Créateur et gérant  
d'ENERPUR  
ETANCHEITE

Louis est diplômé d'une **école de commerce** et a débuté son parcours professionnel dans l'économie du sport, en tant que consultant.

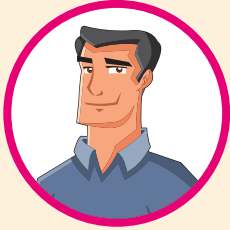
Après quelques années, il a eu le projet de créer une entreprise, avec des amis, dans le secteur de la construction. Il a passé son **CAP de couvreur** et lancé ENERPUR, une société spécialisée dans l'étanchéité de toitures, et l'installation de panneaux solaires photovoltaïques sur les maisons, les immeubles, les écoles, les bâtiments industriels, etc. Louis a 36 ans, et avec son associé, ils sont aujourd'hui responsables de 12 salariés. 7 ans après sa création, l'entreprise génère un chiffre d'affaires de 3 millions d'euros. ENERPUR réussit à marier un secteur traditionnel (l'étanchéité) et un secteur innovant (le solaire photovoltaïque) en s'appuyant sur des connaissances théoriques apprises à l'école, et sur un savoir-faire pratique appris au fur et à mesure des réalisations. On pourrait penser que Louis a un profil « particulier » pour un artisan chef d'entreprise, mais en fait... non. Les cadres supérieurs sont de plus en plus nombreux à quitter leur statut de salarié, certes confortable, pour vivre l'aventure de l'artisanat et créer (ou reprendre) une entreprise ! ■



**Céline**  
Directrice Service Client  
et administration des  
ventes EMEA (Europe  
Middle Est Africa)  
SunPower France

Céline travaille chez SunPower, fabricant de cellules et de panneaux solaires, et concepteur de projets solaires photovoltaïques (PV). Dans son entreprise le service client est primordial ! 3 équipes s'occupent des clients : l'équipe qui aide techniquement les clients professionnels (les installateurs), celle qui suit les commandes et livraisons et enfin celle qui va renseigner les consommateurs et les orienter vers des installateurs. Car si vous voulez installer des panneaux solaires sur votre maison, ou si vous êtes un professionnel et que vous souhaitez en installer sur votre entrepôt ou dans votre champ, ce n'est pas directement SunPower qui vous en vendra mais l'entreprise répondra à vos questions. C'est important. Céline est Directrice du "Customer Care and Order to Cash". Elle a fait des **études de physique**, puis s'est dit que finalement c'était le commerce qui l'intéressait davantage, elle a donc choisi d'être technico-commerciale. Puis elle a découvert la "relation client" (la livraison, le service après vente) et à 30 ans... elle a repris ses études pour faire un **Master 2 en management et logistique !** Céline a insisté pour vous parler directement :  
*"Chers lecteurs, chers collégiens. Il est aujourd'hui indispensable de savoir parler anglais si vous souhaitez travailler dans une entreprise internationale, même si c'est une PME. Dans mon entreprise tous les salariés parlent anglais ! Travaillez votre anglais et essayez d'aller le pratiquer à l'étranger, c'est très important pour votre avenir !" ■*





**David**  
*Directeur logistique*  
*SunPower France*

David travaille chez SunPower. Son métier : faire en sorte que les panneaux produits dans les usines de Toulouse et à côté de Metz arrivent chez le client installateur le jour prévu. Avec seulement 2 retards sur 500 livraisons sur un trimestre, David a d'excellents résultats ! Il fait appel à une entreprise de transports routiers pour les livraisons (on parle de "sous-traitance") et par cargo sur mer. Car SunPower EMEA livre des panneaux solaires dans toute l'Europe, en Afrique et au Moyen-Orient. L'entreprise emploie 9000 personnes dans le monde et son CA est de 2.6 milliards de dollars.

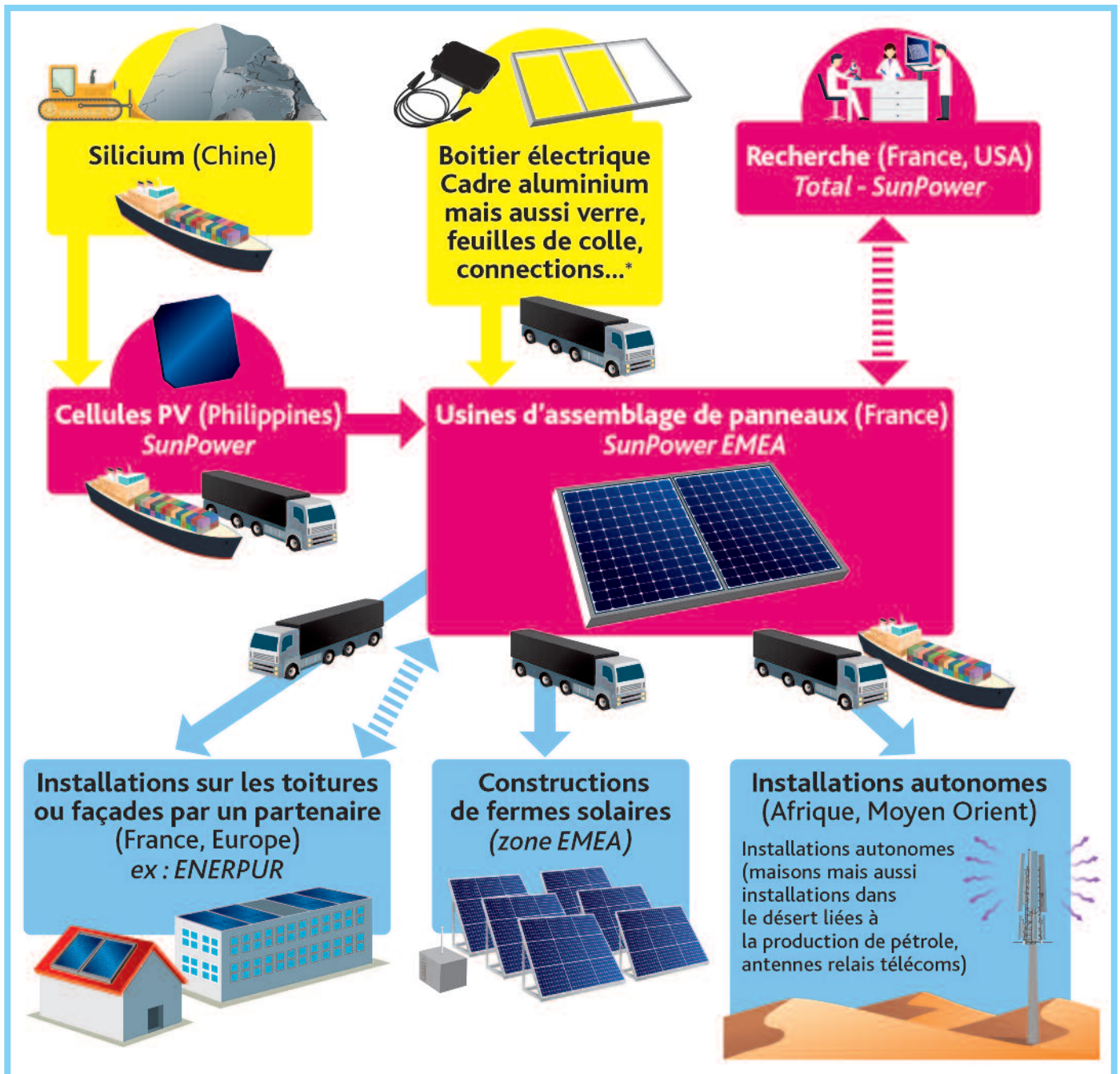
Après 5 années d'études (**DUT + bachelor** en Angleterre), David a géré la logistique d'entreprises fabriquant des ordinateurs, des jouets, des climatiseurs et des distributeurs de cafés/sodas ! Il a découvert le solaire et c'est petit à petit devenu une passion. Il est fier de fournir des produits qui préservent l'environnement et représentent l'avenir énergétique pour les générations à venir. Il ne s'en rendait pas compte mais quand son fils de 3 ans a appelé son nouveau doudou "panosolère", David a réalisé qu'il aimait beaucoup ce qu'il faisait et que ses proches devaient le ressentir ! ■



David, le doudou  
« panosolère »  
de son fils et un vrai  
panneau solaire



# Les acteurs économiques d'une entreprise de panneaux solaires photovoltaïques



**Recherche/Conception/Fabrication par SunPower et son entreprise actionnaire (Total)**

**Sous-traitance à des entreprises**

**Vente aux clients d'Europe, du Moyen Orient et d'Afrique (EMEA)**

**Relation fournisseur/client**

**Relation partenaire**

\* Le silicium est importé de Chine, les autres composants du panneau (cadre en aluminium, verre, boîtier électrique, feuilles de colle, connections...) sont importés d'Europe (Allemagne, Italie, Norvège, Belgique) d'Asie (Japon, Corée du Sud) et d'Amérique du Nord (Etats-Unis).





## Eric

**Travailler en prospective  
(c'est-à-dire « prévoir l'avenir »)  
pour un grand énergéticien**

### - Quel est votre parcours professionnel ?

Initialement je suis ingénieur en électronique de puissance (électronique utilisée dans les centrales électriques, dans les onduleurs photovoltaïques, etc...) C'est la même chose que l'électronique que l'on peut faire au collège sauf que la petite carte électronique du cours de Technologie fait la taille d'une table. Après mes études, j'ai travaillé dans la construction puis j'ai rejoint une chaîne d'hypermarchés pour rénover leurs centres commerciaux. Mais le jour de mon arrivée mon responsable m'a dit : « dis-donc tu n'as pas fait de l'électricité ? » Je lui ai répondu que oui et il m'a dit : « on envisage d'installer des panneaux solaires photovoltaïques sur nos magasins, on ne sait pas trop ce que ça va donner, est-ce que tu voudrais bien t'en occuper ? » On a commencé à trois dans une cave à Saint-Etienne. L'année suivante, l'activité rapportait déjà beaucoup d'argent au groupe. Et moi, j'étais tombé dans le solaire ! (rires) J'ai rejoint le groupe Total en 2012 pour développer les projets solaires de très grande taille à l'international. Aujourd'hui je suis au département prospective de l'activité solaire.

### - C'est quoi la prospective ?

C'est notre équipe « marc de café » ou « boule de cristal » (rires). Mon rôle est de détecter les signaux qui annoncent des changements technologiques ou de marché. Je dois les interpréter et conseiller mon entreprise afin qu'elle prenne les bonnes décisions stratégiques dans le futur. Par exemple, en 2007, un module photovoltaïque coûtait 3 ou 4€ par watt et aujourd'hui il ne coûte que 53 centimes d'euros par watt ! Beaucoup de gens ont été surpris par cette baisse et de nombreuses entreprises, qui n'ont pas su changer assez vite, ont disparu.

Pour faire des prévisions les plus justes possibles, je rencontre des organisations, des entreprises ou des chercheurs. Je travaille par exemple avec des constructeurs automobiles sur l'avenir des batteries qu'ils ne peuvent plus utiliser dans leurs voitures électriques mais qui pourraient avoir une seconde vie dans nos maisons.

### - Oh et comment voyez vous les voitures dans 50 ans ? Comme dans Star Wars ?

La forme, je ne sais pas, mais côté énergie elles seront probablement électriques pour les petits déplacements en ville. Mais cela ne devrait représenter qu'un tiers des véhicules. Pour les trajets plus longs, elles seront hybrides, c'est-à-dire qu'elles utiliseront l'électricité et certainement une part d'énergies fossiles en complément. Ce seront des voitures beaucoup moins polluantes mais sans tous les problèmes d'autonomie, de chargement ou de poids des batteries que l'on connaît avec des voitures 100% électriques. La question qui reste à éclaircir c'est : quand ? Nous commençons à voir ces véhicules arriver, beaucoup de choses peuvent se passer, mais cela se généralisera très certainement avant 50 ans.

### - En un mot, comment qualifieriez-vous l'énergie solaire ?

Avenir. Et pour moi : passion. C'est pour ces deux raisons que j'adore mon métier.





Et si tu choisissais  
de travailler, toi aussi, dans  
le **solaire photovoltaïque** ?  
Rends-toi sur

[www.kit-pedagogique.total.com](http://www.kit-pedagogique.total.com)

Tu y trouveras des fiches métiers,  
des vidéos et des interviews  
d'experts du solaire.



Ce document a été imprimé sur  
du papier recyclé. L'imprimeur  
qui a réalisé ce document est  
certifié Imprim'Vert.