

N°69

BELGIQUE / BELGIË  
RD  
BRUXELLES X  
P601197

# RÉACTIF

Le point énergie de la Wallonie pour les professionnels et décideurs

Trimestriel : décembre 2011, janvier et février 2012

## Solaire photovoltaïque : Les nouveaux défis wallons



Wallonie



Service public  
de Wallonie



économisons  
l'énergie

CAHIER GÉNÉRAL

Edito | p. 2

THEMA : SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Les nouveaux défis du photovoltaïque wallon | p. 3

Quand l'industrie photovoltaïque wallonne rayonne | p. 5

Recherche photovoltaïque : la relève est là ! | p. 6-7

Construction Le photovoltaïque au service de l'architecture | p. 8

ISSOL Un fleuron wallon qui s'exporte bien | p. 9

Centre PEREX Le photovoltaïque à la loupe | p. 10

Agenda | p. 16

# Edito

Pour ce dernier numéro de l'année 2011, nous avons choisi de reparler d'une des filières renouvelables les plus prometteuses en Wallonie : le solaire photovoltaïque.

Grâce aux investissements financiers mis en place par les pouvoirs publics dès 2007, le rythme d'installation s'est fortement accru ces dernières années. En effet, de 167 kWc installés sur son territoire en 2007, la Wallonie atteint fin 2011 la barre des 87 MWc !

Et les perspectives ouvertes par la recherche pour les années à venir sont des plus intéressantes ! La lecture de notre thème devrait facilement vous en convaincre.

Notre cahier technique met quant à lui à l'honneur deux cas concrets : un bel exemple de restauration verte à Kain et les importantes économies d'énergie réalisées par le Collège Notre-Dame de Basse-Wavre. Le Facilitateur URE process a pensé aux férus de chimie à qui il propose un article sur l'excès d'air dans la combustion.

En bref, il y en a pour tous les goûts. Nous vous souhaitons une bonne lecture et d'ores et déjà une année 2012 radieuse !

La rédaction

CAHIER TECHNIQUE

Le Carmel de Kain se met au vert | p. 11

Économies d'énergie au Collège Notre-Dame de Basse-Wavre | p. 12

L'excès d'air dans la combustion peut nuire à la santé ... de votre porte-monnaie ! Pourquoi faut-il s'inquiéter de l'air comburant ? | p. 13-15

## RÉACTIF

Publication réalisée par le Service public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Aménagement du territoire, Logement, Patrimoine et Energie.



**Comité de rédaction :**

Sylvie Goffinon, Saâd Kettani, Valérie Martin, Carl Maschietto.

**Ont collaboré à ce numéro :**

Sonya Chaoui, Pierre-Etienne Durieux, Jacques Michotte, Laurence Polain, Fanny Roux, Marie Schippers, Alain Stéphenne, Gilles Tihon

**Mise en page :**

Perfecto sprl - www.perfecto.be

**Crédits photos :**

Issol (1, 3, 9), istockphoto.com (2, 6), Konarka (7), Samyn & Partners (8), Kettani (10).

**Abonnements :**

- Via le site : <http://energie.wallonie.be>
- Par courriel : [valerie.martin@spw.wallonie.be](mailto:valerie.martin@spw.wallonie.be)
- Par courrier postal, demande d'abonnement : Service public de Wallonie DGO4 - Département de l'Énergie et du Bâtiment durable Chaussée de Liège, 140-142 - 5100 JAMBES

Imprimé sur papier 100% recyclé.

Toute reproduction, même partielle, est autorisée et encouragée, sous réserve de la mention précise : «Réactif n°69 - Service public de Wallonie - mois - année - auteur(s)».

**Editeur responsable :**

Ghislain GERON - Service public de Wallonie Chaussée de Liège, 140-142 - B-5100 Jambes



Les degrés-jours

Station d'Uccle - Dj 15/15

Août 11	3 / * -3
Septembre 11	7,1 / * -13,2
Octobre 11	97 / * -33,2

\*écart par rapport à la normale



# Les nouveaux défis du photovoltaïque wallon

Considéré comme l'un des atouts de notre mix énergétique, le photovoltaïque fait désormais l'objet de toutes les attentions en Wallonie. Explication de Marie Schippers, directrice f.f. de la Direction de la Promotion de l'Energie durable à la DGO4.

« Le photovoltaïque est une énergie renouvelable qui a un bel avenir même sous nos latitudes. » Pour Marie Schippers, le constat est sans appel. « Car même s'il subit des variations liées aux saisons et à la couverture nuageuse, le soleil est disponible partout et le rapport coût/rendement des cellules ne cesse de diminuer. De plus, un de ses avantages est qu'il ne nécessite quasi aucun entretien. »

Largement soutenu par les pouvoirs publics wallons depuis 2007, le solaire photovoltaïque compte désormais parmi les filières les plus prometteuses de notre mix énergétique, au même titre que l'éolien, la cogénération, la biomasse ou la géothermie. Et si les systèmes de petite puissance (jusqu'à 10 kW) ont bénéficié de mesures d'accompagnement particulièrement attractives, les grands systèmes restent encore à promouvoir.

« Si l'on souhaite que le photovoltaïque devienne une partie significative du mix énergétique en Wallonie, il faut absolument promouvoir l'installation de grands systèmes afin de répondre aux attentes du tertiaire et de l'industrie. Le Facilitateur leur fournit conseils et assistance. Mais il

faudrait encore adapter les mécanismes de soutien et rendre la filière encore plus attrayante. »

D'autant que l'Europe (Directive 2009-28 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables) a imposé à la Belgique d'atteindre 13 % d'énergie renouvelable dans sa consommation d'ici 2020... Et que le Gouvernement wallon s'est engagé à tendre à 20 %. Ambitieux s'il en est, ce seuil impose désormais à la Région d'optimiser toutes les filières d'énergie renouvelable, dont le photovoltaïque n'est pas la moindre. Afin de

booster le secteur, la Wallonie table désormais sur la recherche scientifique et le développement industriel.

« Les chercheurs wallons soutenus par la DGO4 se focalisent sur deux axes majeurs: le premier concerne la réduction des coûts de production des modules photovoltaïques via le développement de matériaux organiques ou les cellules de Grätzel. Le second axe concerne la recherche sur les cellules à concentration. Plutôt adaptées aux pays où la part de rayonnement solaire direct est importante, comme par exemple l'Espagne, ces solutions sont destinées prioritairement à l'exportation.

## Le Facilitateur PV

**Thibaut Melard de l'asbl EF4** est le Facilitateur solaire photovoltaïque pour la Wallonie. Il est chargé de mener des actions d'information et de conseil pour aider au développement harmonieux de la filière photovoltaïque dans la région. Concrètement, ses objectifs sont : d'assurer une veille technologique et une coordination de la filière photovoltaïque d'assurer le monitoring quantifié de l'évolution de la filière en Wallonie d'informer

et de conseiller les investisseurs potentiels concernant le photovoltaïque. Il s'adresse plus particulièrement au secteur public et aux entreprises. Tout auteur de projet peut donc s'adresser gratuitement à lui afin de réaliser une étude quant à la pertinence économique, juridique et administrative d'un projet photovoltaïque.

**Tél. 010/23 70 00**  
**Fax 010/23 70 09**  
**E-mail : [facilitateurpv@ef4.be](mailto:facilitateurpv@ef4.be)**  
**<http://www.ef4.be>**

De même, la recherche sur les Smart Grids qui prend en compte l'intégration de la photovoltaïque sur le réseau électrique a une place primordiale dans les objectifs de la recherche en Wallonie\* ».

En Wallonie, la filière est également génératrice d'emplois verts de l'amont (production) à l'aval (installation). « Sur notre territoire, nous n'avons pas la possibilité matérielle d'installer de vastes parcs photovoltaïques, car nous n'avons

pas de grands espaces disponibles. Les installations photovoltaïques vont donc se trouver sur les bâtiments résidentiels, tertiaires et industriels. Pour renforcer le secteur, la Wallonie se focalise sur la qualité de ces installations. A cette fin, en plus de la formation des installateurs créée dès 2007, nous travaillons à la mise en place de la certification des installateurs exigée par la Directive « renouvelable » ainsi qu'à des labels de qualité pour les entreprises. »

Sans oublier bien évidemment la fin de vie des matériaux et le recyclage des panneaux photovoltaïques pris en charge via des programmes dédiés, notamment européens tels que le projet PV Cycle.

SKe

## Label QUEST Une garantie qualité incontestable

Conçu pour optimiser la qualité des installations photovoltaïques chez l'utilisateur final, le label QUEST s'appuie sur 4 piliers.



→ **Choix des composants du système** : proposer des produits de qualité (labellisés), reconnus au niveau européen ou utiliser des composants conformes aux normes nationales et internationales.

→ **Capacités de conception** : veiller au dimensionnement du système, à l'intégration au bâti et au reste de l'installation électrique et/ou HVAC (Heating Ventilation Air-conditioning).

→ **Intégrité commerciale** : conclure avec le client un contrat de vente basé sur une offre de prix ou un devis ferme. Le contrat doit également contenir des clauses de livraison et de garantie claires.

→ **Capacités de montage, de raccordement et de régulation de l'installation** : s'assurer du paramétrage optimal de la régulation. La réception et la mise en service de l'installation doivent être faites dans les règles de l'art.

Tous les fournisseurs et les entreprises d'installation labellisées QUEST sont repris sur la liste affichée sur le site : [www.questforquality.be](http://www.questforquality.be)

\* sur le Programme Mobilisateur de recherche RELIABLE, voir p. 16

## RECYCLAGE

# La seconde vie du photovoltaïque

D'une durée de vie de 20 à 30 ans, les premiers panneaux solaires installés dans les années 90 soulèvent aujourd'hui la question du recyclage.



Fondée en 2007, l'association PV cycle regroupe plus de 200 entreprises internationales productrices et importatrices de panneaux solaires en Europe (plus de 90 % des panneaux photovoltaïques vendus en Europe). Son objectif : établir une filière de recyclage qui devrait être opérationnelle en 2015.

Dès 2008, ses membres se sont ainsi engagés à récupérer au moins 65 % des panneaux installés en Europe depuis 1990, et à

recycler 85 % des déchets récoltés. Concrètement, le démonstrateur du panneau solaire est chargé de rapporter le panneau usagé dans l'un des 173 points de collecte existant aujourd'hui en Europe (en Belgique, six points de collectes existent déjà en Flandre). De là, ils sont transférés vers une usine de recyclage afin de récupérer entre autres le silicium. Celui-ci sera ensuite réutilisé dans la fabrication de nouveaux panneaux.

Infos : [www.pvcycle.org](http://www.pvcycle.org)

# Quand l'industrie photovoltaïque wallonne rayonne

Reconnue pour ses compétences industrielles et technologiques en matière d'énergie photovoltaïque, la Wallonie se positionne avantageusement sur la scène internationale. Explication de Cédric Brüll, directeur du cluster wallon TWEED (Technologies Wallonnes Énergie - Environnement - Développement durable).



## Quel est le profil des entreprises actives dans la filière du photovoltaïque en Wallonie ?

Actuellement en Wallonie, la majorité des acteurs de la filière photovoltaïque sont des installateurs. Ce secteur compte beaucoup de petits entrepreneurs et quelques gros installateurs. L'autre versant du secteur concerne les industriels qui sont actifs dans le développement de solutions photovoltaïques. C'est essentiellement pour cette catégorie d'entreprises technologiques, mais également pour les acteurs de la recherche et de la formation, que le cluster travaille.

## Quelles sont les grandes tendances du marché photovoltaïque ?

Au cours de ces dernières années, au niveau mondial, on a pu noter au sein de l'industrie photovoltaïque une forte croissance de la part de marché des acteurs asiatiques, particulièrement chinois (50 % du marché des modules en 2010), au niveau de la production de cellules/modules solaires photovoltaïques. L'essentiel de leur production est destiné actuellement au marché européen. Et la Belgique n'échappe pas à la tendance.

## Comment les industriels wallons peuvent-ils tirer parti de cette tendance ?

Les installateurs profitent de cette tendance en disposant de produits meilleur marché. Les entreprises actives dans le développement industriel ont dû se repositionner pour proposer des solutions innovantes, notamment en matière d'intégration dans les bâtiments.

## La demande de produits sur mesure et modulables est-elle en hausse ?

## TWEED EN BREF

Fondé en 2008, Le cluster TWEED (Technologie Wallonne Energie - Environnement et Développement durable) est une organisation wallonne qui rassemble une centaine d'entreprises. Le Cluster s'attache à jouer un rôle majeur en matière de business développement dans les secteurs de l'énergie durable.

Il s'organise notamment en groupes de travail afin des stimuler la mise en place de projets

(incubateur de projets) au sein des grandes filières de l'énergie durable : éolien, biomasse, solaire, efficacité énergétique dans l'industrie, ... Il représente également le savoir-faire de ses membres au niveau local et international.

<http://www.clustertweed.be>

La demande est bien réelle. Pour les solutions les plus simples, les panneaux chinois sont difficiles à concurrencer. Pour les projets intégrés par contre, l'industrie européenne a une carte à jouer. Les architectes et les concepteurs sont de plus en plus demandeurs de produits étroitement liés à la toiture ou à la façade, intégrés dans le verre ou l'acier. La Wallonie compte une recherche et une industrie relativement innovantes qui peuvent sans problème répondre à ces nouveaux défis.

## Le tertiaire et l'industrie ont-ils un intérêt à investir dans le photovoltaïque ?

Compte tenu de l'augmentation continue des prix de l'énergie fossile, un investissement dans l'énergie renouvelable permettrait aux entreprises de garantir la maîtrise de leurs coûts de production sur le long terme. Trop d'industriels l'oublient et se focalisent sur leur « core business ». Quoi qu'il en soit, l'histoire est en marche et l'évolution va donner raison à ces nouvelles technologies. Je suis convaincu qu'une grande partie du marché du photovoltaïque à venir en Wallonie se trouve dans les toitures du tertiaire et de l'industrie.

## Qu'en est-il de la recherche ?

Beaucoup d'acteurs possèdent un savoir-faire pointu. Certaines entreprises disposent

de centres de recherche internes très efficaces et proposent un certain nombre d'innovations très intéressantes. Avec les clusters et les pôles de compétitivité, le plan Marshall permet à ces entreprises de se positionner sur le plan international, notamment au niveau de l'optique ou des nouveaux matériaux. Les nouvelles tendances comme le solaire couche mince ou organique sont des technologies dans lesquelles la Wallonie pourrait avantageusement se positionner. Le défi actuel est de définir les besoins du marché et de susciter des vocations auprès des entreprises.

## Quels sont dès lors vos projets en matière de promotion de la filière ?

Après avoir réalisé des cartographies dans la sous-traitance éolienne et dans le traitement et la valorisation des boues, nous nous attachons maintenant au secteur photovoltaïque. L'objectif de notre projet est d'identifier les acteurs wallons ayant des compétences intégrables à la chaîne de valeur dans la filière solaire PV et de positionner leur savoir-faire par rapport aux besoins du secteur et aux défis en matière d'innovation technologique. Nous invitons d'ailleurs tous les acteurs de la filière à se rendre sur notre site pour se faire connaître.

SKe

# RECHERCHE

## Photovoltaïque : la relève est là !

Responsable du Service de Chimie des Matériaux Nouveaux de l'Université de Mons-Hainaut, le Professeur Roberto Lazzaroni explore les propriétés photovoltaïques des matériaux organiques. Des pistes de recherche prometteuses pour une filière en pleine évolution...

Crise énergétique oblige, les énergies alternatives sont désormais au centre de toutes les préoccupations industrielles et scientifiques. Parmi les solutions évoquées, le photovoltaïque se taille la part du lion. Spécialisée dans la chimie des matériaux nouveaux, l'équipe du professeur Lazzaroni explore depuis plusieurs années des pistes innovantes basées sur la technologie des polymères.

### Miser sur les polymères

« Les plastiques que nous étudions ont des propriétés électriques et optiques différentes des plastiques que nous utilisons dans la vie de tous les jours », explique-t-il. « Alors que

les plastiques habituels sont des isolants électriques, ceux que nous étudions sont des conducteurs ou semi-conducteurs. Ils ont la propriété de réagir de deux manières : lorsqu'ils sont sollicités par de l'énergie électrique, ils peuvent émettre de la lumière (les OLED par exemple). A contrario, ces polymères peuvent également capter l'énergie lumineuse pour la transformer en énergie électrique. Ce sont ces nouveaux matériaux photovoltaïques qui font l'objet de toute notre attention. »

Si la recherche fondamentale est active depuis une bonne dizaine d'années dans ce domaine, la technologie proprement dite n'en est qu'à ses balbutiements. « L'effet photovoltaïque de ces nouveaux matériaux

n'a été que récemment découvert », souligne-t-il encore. « À titre de comparaison, les propriétés du silicium ont été découvertes il y a plus de soixante ans. Ce qui nous laisse une belle marge de progression. »

À un niveau expérimental, ces matériaux organiques sont testés dans des prototypes. Notamment par la société américaine Konarka, leader mondial du domaine, qui propose plusieurs applications pilotes à petite échelle comme des couvertures d'abribus, etc.

### Rendements en hausse

Les matériaux organiques pourraient-ils à terme remplacer le silicium ? Selon beaucoup de scientifiques, cette technologie est inscrite dans l'avenir. Seul bémol actuel : son efficacité énergétique. « Les rendements des matériaux organiques sont beaucoup moins élevés que ceux du silicium qui atteint des rendements de 16 à 17 % », précise le professeur Lazzaroni. « Les matériaux organiques plafonnent à 8 % pour l'instant. Sur ces 10 dernières années, les rendements ont cependant régulièrement progressé, passant de 4 % il y a cinq ans, à 6 % il y a deux ans et à 8 % aujourd'hui. À terme, nous tablons sur 10 % de rendement, considérant cependant que les performances du silicium seront impossibles à atteindre. »

Pour lui, l'intérêt de ces matériaux organiques réside dès lors dans leur rapport prix/rendement. « Ces matériaux peuvent être conditionnés en films très minces et être facilement intégrés dans divers matériaux comme l'acier ou le verre. Ainsi, si le rendement est deux fois moindre que celui du silicium, le prix de production est également quatre fois moins

### WARE

#### Le centre virtuel wallon de recherche en énergie



Lancé en février 2011, le WARE a pour objectifs de renforcer la mise en réseau des chercheurs wallons actifs dans le domaine de l'énergie, d'intégrer la recherche wallonne dans le cadre européen et plus particulièrement dans les travaux du SET-Plan (Strategic Energy Technology Plan) et de l'EERA (European Energy Research Alliance), d'améliorer l'usage en recherche appliquée des concepts et résultats nouveaux développés en recherche fondamentale en Wallonie, de développer les filières vertes et de permettre l'innovation technologique.

Mis en œuvre par le Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, le WARE est organisé en comices ou groupes d'intérêt thématiques rassemblant les unités et organismes de recherche sur des thèmes précis. Une réunion annuelle rassemble tous les comices et la communauté industrielle en vue d'un échange d'informations.

Le comice « Énergie solaire » a été mis en place en mars 2011. Il est composé de 25 groupes de recherche issus d'universités, de hautes écoles et de centres de recherche wallons et bruxellois. Un des buts de ce regroupement d'équipes complémentaires est d'atteindre une masse critique permettant de s'insérer notamment dans des programmes de recherche européens et par exemple dans le Programme Photovoltaïque Conjoint de l'EERA ([www.eera-set.eu](http://www.eera-set.eu)).

élevé. Ce qui finalement les rend potentiellement deux fois plus intéressants. Sans compter qu'ils sont souples et très flexibles, et donc d'un point de vue architectural beaucoup moins contraignants que les panneaux solaires composés de modules au silicium. En Wallonie, nous travaillons notamment avec des sidérurgistes et des verriers pour développer de nouvelles fonctionnalités. »

## Une recherche en pointe

Le silicium risque-t-il de disparaître à terme ? Les scientifiques estiment qu'il restera le matériau de prédilection durant encore au moins une bonne dizaine d'années. Les panneaux au silicium pourront ensuite être progressivement remplacés par des nouvelles technologies comme les matériaux polymères ou les films minces à base de matériaux minéraux. Pour le professeur Lazzaroni, la recherche wallonne a des atouts à faire valoir, car la Région a pris la mesure de l'enjeu qui sous-tend ces nouvelles technologies.

« À l'échelle wallonne, la DGO4 vient de prendre l'initiative de fédérer les groupes de recherche qui travaillent sur le photovoltaïque sous une même enseigne : ils forment un groupe de travail au sein de la Wallonia Alliance for Research in Energy (WARE – voir encadré ci-contre). D'autre part, le plan Marshall 2.Vert favorise les activités industrielles en rapport avec les technologies photovoltaïques. On assiste à une véritable impulsion à l'échelle des pouvoirs publics. De leur côté, les groupes de recherche universitaires participent à des programmes de recherche internationaux. »

Une impulsion de bon augure qui devrait positionner notre Région au rang des acteurs qui comptent en matière d'énergies alternatives.

SKe



Abribus recouvert de panneaux solaires organiques (Konarka Power Plastic® by Ryan Hughes)

## R&D - SOLWATT PROGRAMME MOBILISATEUR DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT EN ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

### MUSICAL : Micro-Usinage de cellules Solaires Intégrées en Couches minces par Ablation Laser

**Consortium : MULTITEL, ULg-CSL, LASEA S.A., KS Techniques, SSE (IT)**

La recherche a pour objectif l'amélioration de l'utilisation des technologies laser lors de la fabrication de cellules solaires photovoltaïques en couches minces. Les partenaires visent à déterminer les conditions optimales d'usinage laser ainsi que la

réalisation d'un dispositif à laser fibré bas coût à impulsions ultra-brèves permettant de diminuer les zones thermiquement affectées (exemple : moins de micro-craquelures).

### WAL-ID-SOL : Widely Achromatic Lens based on Innovative Diffractive micropatterns for Solar concentration

**Consortium : ULg-HOLOLAB, ULg-CSL, AMOS, OPTIM Test Center S.A.**

La recherche porte sur la concentration solaire photovoltaïque bas coût par fabrication de lentilles plastiques.

Les cellules solaires à haut rendement (>30%) utilisent une très large gamme spectrale (380 à 1600 nm). La plupart des lentilles sont incapables de focaliser correctement le flux solaire sur cette gamme.

L'étude des lentilles et les tests relèvent des compétences de Hololab (ULg). La Société AMOS peut graver les microstructures sur des moules/inserts. La Société Optim est capable de fournir des répliques par des techniques d'injection plastique. Le Centre Spatial de Liège peut générer la matière des moules/inserts et réaliser des répliques par des techniques d'emboutissage.

Le consortium a réalisé des prototypes de lentilles de Fresnel combinées performantes optimisées pour diminuer les aberrations chromatiques.

### SUNTUBE : Nouveaux Matériaux Organiques pour Cellules Photovoltaïques Incorporant des Nanotubes de Carbone

**Consortium : UMons – SCMN, UMons – SMPC, ULB – LCP, UCL – DICE, ULg – CERM, FUNDP – COMS**

Depuis quelques années sont apparus de nouveaux matériaux semi-conducteurs, moléculaires ou polymères, qui, comme le Silicium, montrent un effet photovoltaïque. Etant donné leur faible coût de production et leur facilité de mise en œuvre, ces nouveaux matériaux organiques constituent une alternative pour le développement de cellules solaires bon marché et de grande taille. Cependant, les performances photovoltaïques de ces matériaux organiques sont encore modestes. L'objectif du projet SUNTUBE est donc de développer de nouvelles classes de semi-conducteurs organiques aux performances améliorées. Le consortium réunit des groupes de recherche universitaires actifs dans la conception et

la synthèse de matériaux semi-conducteurs moléculaires et polymères, dans la caractérisation et la modélisation de leurs propriétés optiques et électriques, dans leur mise en œuvre sous forme de films minces et dans la fabrication et l'évaluation de cellules solaires. Il s'agira d'optimiser les trois fonctions que doivent remplir les matériaux actifs : absorption de la lumière, génération des charges électriques et transport de ces charges vers les électrodes.

Pour cette dernière fonction est étudiée l'incorporation de nanotubes de carbone au sein de la couche semi-conductrice active.

### NANOROD : Développement de nouvelles cellules photovoltaïques à base de nanofils de ZnO

**Consortium : Ulg – CMI, FPMs – SSMatériaux, UCL – PCPM, It4ip S.A.**

Le projet vise à mettre au point une nouvelle génération bas coût de capteurs photovoltaïques de type « cellules de Grätzel » en combinant des méthodes de synthèse dérivées des nanotechnologies.

Les cellules de Grätzel ont été inventées en 1991 et fonctionnent sur le principe de la photosynthèse artificielle. Dans ces capteurs, un colorant organique est fixé à la surface d'un semi-conducteur bon marché. Ce colorant a la propriété d'absorber la lumière et d'utiliser l'énergie lumineuse pour libérer des électrons, qui seront injectés dans le semi-conducteur. Des électrodes collectrices et un électrolyte polymère complètent la cellule, qui peut

donc fournir du courant électrique lorsqu'elle est illuminée.

Le rendement de ces capteurs reste inférieur aux capteurs à base de silicium mais leur fabrication requiert moins d'énergie.

La recherche consiste à remplacer le dioxyde de titane granulaire, habituellement utilisé dans ce type d'application, par une photoélectrode nanostructurée à base d'oxyde de zinc et d'étudier l'impact du changement de structure sur le transfert du courant électrique.

## CONSTRUCTION

# Le photovoltaïque au service de l'architecture

Architecte et ingénieur, Philippe Samyn porte un regard sans compromis sur l'intégration du photovoltaïque dans l'architecture contemporaine. Analyse.

## Selon vous, comment l'architecture doit-elle intégrer les nouvelles technologies ?

Je suis convaincu que la technologie doit être au service de l'Homme. Et non l'inverse. Pendant trop longtemps, l'architecture – notamment durant la deuxième moitié du XXe siècle – a été le parent pauvre de cette réflexion. Les bâtiments sont devenus caricaturaux parce qu'une croyance excessive dans la technologie a influencé les concepts. Il suffit pour s'en convaincre d'observer les immeubles des années 80 qui ont été conçus avec des faux planchers de près de 50 cm pour installer tous les câbles informatiques de l'époque. Aujourd'hui, l'architecture s'apaise et reprend ses droits. Elle intègre de manière plus douce les progrès de la science.

## Comment faut-il dès lors penser l'intégration du photovoltaïque ?

À l'heure actuelle, le photovoltaïque doit être pensé comme un élément de parure de façade ou de toiture. Il serait illusoire de miser sur la seule rentabilité énergétique. Lorsque l'on pense photovoltaïque, il faut également penser durée de vie des cellules. Leur durée moyenne actuelle est de 20 à 25 ans, ce qui implique que l'on doit déjà intégrer leur remplacement dans notre réflexion architecturale.

Sur le long terme, personne ne peut cependant prédire ce que le photovoltaïque va devenir. Les matériaux évoluent et leur rentabilité aussi. Qui aurait pu imaginer, il y a 25 ans, que nous dispose-

rions d'aciers exceptionnels et d'entreprises capables de les mettre en œuvre. Il fallait faire preuve d'une immense imagination. Il en est de même pour le panier énergétique dans 25 ans... nous dépendons des progrès de la technologie.

## Comment avez-vous intégré le photovoltaïque dans vos créations ?

Je l'ai intégré pour la première fois en 1998. C'était pour une caserne de pompiers aux Pays-Bas. À l'époque, le maître d'ouvrage n'avait pas de budget pour une toiture vitrée et le fournisseur d'énergie local voulait investir dans le photovoltaïque. C'est finalement grâce au photovoltaïque que nous sommes parvenus à financer la toiture vitrée.

L'atelier d'architecture Samyn & Partners est chargé de construire une vaste ombrelle photovoltaïque au dessus du bâtiment du Conseil de l'Union européenne à Bruxelles.



Le complexe « Galaxia » que nous avons construit à Libin (province du Luxembourg) a bénéficié d'un même « accord harmonieux ». Destiné à accueillir des PME spécialisées dans le domaine spatial, ce centre d'entreprises est composé de bâtiments en bois recouverts d'une gigantesque serre vitrée. Nous souhaitons donner à l'édifice une façade digne de ses ambitions tout en disposant d'un grand paravent en front d'autoroute. Nous avons opté pour une façade en verre en utilisant la technique des serres agricoles. On s'est ensuite posé la question de la protection solaire, et du coup, le photovoltaïque s'est imposé à nous, offrant le double avantage de la protection solaire et de la production énergétique. Dans ce même esprit, nous sommes en train de construire une vaste ombrelle photovoltaïque au dessus du bâtiment du Conseil de l'Union européenne à Bruxelles et, avec BEAI, une toiture « solaire » pour le nouveau siège d'AGC (ex Glaverbel) à Louvain-la-Neuve.

SKE



# ISSOL

## Un fleuron wallon qui s'exporte bien

Implantée sur le site des Plénesses à Thimister (en province de Liège), ISSOL compte parmi les entreprises wallonnes les plus dynamiques dans le domaine du solaire photovoltaïque. Reconnue bien au-delà de nos frontières, l'entreprise mise en effet sur les technologies de pointe pour ses applications professionnelles et les solutions architecturales qu'elle préconise. Son credo : adapter l'architecture des bâtiments pour tirer au mieux parti d'une source d'énergie renouvelable et inépuisable.

« En tant que bureau d'études et producteur-intégrateur de panneaux solaires, nous envisageons le photovoltaïque comme une nouvelle opportunité de créativité qui allie dimension esthétique et performance énergétique ». Directeur général d'ISSOL, Laurent Quittre voit ainsi dans le développement du photovoltaïque, une nouvelle expression dans l'art de bâtir.

Créée en 2006, son entreprise a mis moins de six ans pour s'imposer dans la cour des grands. S'appuyant sur sa maîtrise de la fabrication de modules photovoltaïques, ISSOL se positionne désormais comme une référence dans les solutions photovoltaïques BIPV (Building Integrated Photovoltaics) de grande envergure.

« Tous les ingrédients sont là pour réussir cette indispensable métamorphose vers l'énergie solaire », précise-t-il encore. « Les panneaux photovoltaïques deviennent moins coûteux, plus perfor-



Au centre Galaxia (Barrière de Transinne) l'électricité est produite par des panneaux photovoltaïques sur une superficie de plus de 2 000 m<sup>2</sup>.

ments, sont assurés d'une durée de vie d'au moins trente ans, avant d'être remplacés et recyclés ».

Au rang de ses projets les plus emblématiques, ISSOL revendique entre autres sa participation à la réalisation du très spectaculaire Centre Galaxia situé à proximité de l'Euro Space Center à Transinne-Libin et du complexe « El Centre Del Mon » à Perpignan en France.

L'entreprise qui distribue ses produits via un réseau d'installateurs en Belgique et en Europe, fabrique également des capteurs photovoltaïques pour des centrales solaires à la recherche de puissance. Cerise sur le gâteau : tous les panneaux solaires qu'elles utilisent sont exclusivement fabriqués en Belgique.

SKe

### Gare de Perpignan – ISSOL couvre le « Centre du Monde » !

**En son temps, le fantasque Salvador Dali avait désigné la gare de Perpignan comme étant le « centre du monde ». Au vu de la formidable métamorphose avant-gardiste que vient de subir le bâtiment, on serait tenté de le croire.**

Le nouvel ensemble architectural « El Centre Del Mon » que forment la gare de Perpignan et son centre d'affaires, vaut en effet le coup d'œil. Sa grande originalité consiste en une longue verrière conçue par



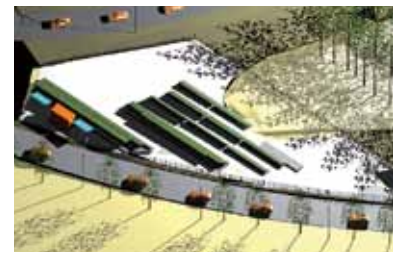
ISSOL. Large de 14 m et s'étalant sur une longueur d'environ 200 m, ce toit photovoltaïque prend la forme d'un ensemble de vagues translucides destiné à alimenter l'édifice en électricité. Composée de cellules de silicium de type monocristallin à haut rendement (17,5 %), la structure fait à la fois fonction de toit de protection, de pare-soleil et d'unité productrice d'énergie.

Pour concevoir et construire cette vague photovoltaïque, ISSOL a été sollicitée par la première société immobilière d'Espagne, et par un bureau d'architectes de Barcelone. Convaincu de sa portée économique, ISSOL n'a pas hésité à financer l'investissement (1,2 millions €) du projet. Par la revente d'électricité à Electricité Réseau Distribution France, IGPsol (la filiale française d'ISSOL) compte en effet rentabiliser son engagement financier sur 20 ans. Un bel exemple du dynamisme wallon à l'étranger !

## Centre PEREX

# Le photovoltaïque à la loupe

En l'espace de quelques années, l'offre des constructeurs d'installations photovoltaïques a explosé. Pour tester la fiabilité des équipements proposés sur le marché, le Service Public de Wallonie va procéder à des tests « grandeur nature » au Centre PEREX de Daussoulx. Éclairage d'Alex Dubuisson, Responsable du projet pour le SPW (DGT2).



Bien connu de tous les automobilistes wallons (notamment comme unité de gestion et de supervision des autoroutes wallonnes), le Centre PEREX de Daussoulx est également le nœud informatique du SPW. À ce titre, le site a été choisi pour devenir le théâtre d'une expérience pilote destinée à jauger l'efficacité des unités de production photovoltaïques.

« Nous allons implanter sur le site toutes les technologies photovoltaïques existantes afin de vérifier si les déclarations avancées par les constructeurs correspondent bien à la réalité », explique Alex Dubuisson. « Pour les besoins de l'expérimentation, nous allons installer tout ce que le marché offre en matière de panneaux : monocristallins, polycristallins, couches minces, etc. Nous allons également tester les principaux types de suiveurs, qu'ils soient avec horloge ou à poursuite automatique. Ces dernières installations permettent aux panneaux de suivre le soleil afin d'optimiser l'exposition et par là d'augmenter le rendement des panneaux. Conçus pour transformer le courant continu en courant alternatif, les onduleurs participent également à la performance globale des installations photovoltaïques. »

Le but de l'expérimentation est de disposer d'informations pertinentes et objectives sur l'efficacité avérée des systèmes.

« Pour recueillir ces données, nous allons disposer sur les divers composants une batterie de capteurs capables de mesurer les températures, la vitesse du vent, les performances techniques des installations... Toutes ces données seront ensuite rapatriées vers le centre PEREX avant d'être traitées par les équipes de l'ULB. »

Lancé en 2009, le projet a débuté par une longue phase d'étude confiée à deux bureaux d'études chargés de travailler sur la structure des panneaux et sur l'aspect connectique et informatique du projet. À la fin de l'expérimentation in situ – prévue mi 2012 – les équipes de l'ULB prendront le relais durant deux années afin de traiter et de comparer les données recueillies. Les résultats de l'étude seront alors accessibles au grand public afin qu'il puisse disposer d'une information fiable sur les systèmes proposés.

SKe

# Le Carmel de Kain se met au vert

Réconcilier patrimoine, efficacité énergétique et respect de l'environnement, c'est le pari un peu osé que se sont lancé Sarah et Etienne, les nouveaux propriétaires de l'ancien Carmel du Saulchoir à Kain. Après la partie affectée au logement, ce sont maintenant les salles de réception et autres locaux à vocation hôtelière qui sont rénovés.



Différentes techniques utilisées pour l'isolation des murs.

Le Carmel du Saulchoir était un vaisseau de pierre à la dérive avant que ses nouveaux propriétaires ne décident de le ramener à la vie. Une rénovation lourde, au cours de laquelle des critères environnementaux stricts, notamment quant au choix des techniques et matériaux, ont été respectés.



Attention portée à l'étanchéité à l'air du bâtiment permettant au freine-vapeur de jouer pleinement son rôle.

Pour pouvoir conjuguer faible demande d'énergie et volumes architecturaux imposants, l'isolation et l'étanchéité à l'air ont bénéficié d'une attention toute particulière. Pour les toitures et les sols, c'est l'insufflation d'ouate de cellulose qui a été retenue. Cette technique permet une répartition homogène de l'isolant et offre, lors

des périodes plus chaudes de l'année, un déphasage thermique qui évite aux occupants d'avoir recours à des sources de refroidissement telles que ventilateurs ou climatiseurs.

Bien que les murs en pierre dépassent un mètre d'épaisseur, leur coefficient de transmission thermique U s'élève à 1,15. Ainsi, malgré leur épaisseur importante, ils laissent passer presque 3 fois plus de chaleur par unité de temps qu'un mur isolé selon les normes actuelles. Leur isolation est donc un impératif. Cependant, pour des raisons architecturales évidentes, seule l'isolation par l'intérieur est envisageable. Le choix s'est donc porté sur des panneaux de fibres de bois. Après la pose d'un freine-vapeur en enduit, la finition est assurée par un plafonnage à l'argile, technique demandant très peu d'énergie grise. Grâce à cette isolation par l'intérieur, la déperdition thermique des murs est presque divisée par deux puisque le coefficient est descendu à 0,59. Un grand effet pour 4 petits centimètres d'épaisseur !

**Pierre-Etienne DURIEUX**

Facilitateur URE Indépendants pour la Wallonie

## Utile d'isoler des murs épais en pierre ?

Pour les constructions aux murs épais en brique ou pierre, on a parfois tendance à confondre performance d'isolation et inertie. Si une paroi en pierre possède généralement une bonne capacité à emmagasiner la chaleur et à la restituer au fil du temps (son inertie), elle ne possède pas pour autant des qualités isolantes importantes. En effet, la pierre, à épaisseur égale, est un matériau 4 fois moins isolant thermiquement que la laine minérale ou la laine de bois.

Un guide d'aide à la conception « Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines » a été réalisé par la cellule de recherche Architecture et Climat de l'UCL dans le cadre de la recherche ISOLIN, financée par le Département de l'Énergie et du Bâtiment durable. Ce guide et l'outil de calcul qui l'accompagne sont disponibles gratuitement sur le site <http://energie.wallonie.be>.

## Formations "Eco-Construction"

La rénovation de la future salle de séminaire a fait l'objet d'ateliers participatifs organisés par l'asbl ELEA, en partenariat avec la Grappe Eco-Construction Wallonie Picarde, dans le cadre des formations qu'elles donnent au Carmel de Kain à destination de divers corps de métiers actifs dans l'Eco-Construction.

Pour en savoir plus sur les formations de l'asbl sur l'étanchéité à l'air, l'isolation naturelle et la performance énergétique : [www.lanaturemamaison.be](http://www.lanaturemamaison.be)



# Économies d'énergie au Collège Notre-Dame de Basse-Wavre



Le développement durable fait de longue date partie des préoccupations du Collège Notre-Dame de Basse-Wavre. En 2009, les Directions du primaire et du secondaire ont rassemblé toutes les initiatives autour d'un projet d'établissement fédérateur, avec l'aide de l'asbl COREN qui leur a fourni un encadrement méthodologique et des outils d'action. Dans ce cadre, diverses actions ont été menées : amélioration de la mobilité, du tri des déchets, achats scolaires plus durables, organisation d'une semaine du développement durable, mise en place d'éco-délégués dans les classes... En parallèle, des investissements économiseurs d'énergie ont été réalisés, et, pour poursuivre la démarche, la Direction a décidé de renforcer les compétences en énergie de son économat. Celui-ci a suivi cette année la formation de Responsable énergie de la Wallonie.

## Économies d'électricité

Pour limiter les consommations électriques d'éclairage, l'école a commencé par réaliser un diagnostic de son installation (identification du niveau d'éclairage dans chaque pièce, identification du matériel installé et des consommations associées). Le système d'éclairage a ensuite été remplacé dans certains locaux pour permettre une mise aux normes (éclairage suffisant) et pour limiter les consommations d'énergie.

- **Remplacement de tubes fluo d'ancienne génération et de lampes à incandescence par du matériel plus performant** (tubes fluo T5 à ballast électronique, lampes fluocompactes, LED). La durée de vie allongée du matériel permet également des économies en terme de maintenance.
- **Placement dans les couloirs d'un détecteur de mouvement avec luxmètre** : l'éclairage ne s'enclenche que lors du passage d'une personne ET lorsque la lumière naturelle est insuffisante. La durée d'éclairage ne représente plus que 21 % de ce qu'elle était auparavant : la minuterie diminue l'éclairage de +/- 50 %, le détecteur de lumière de +/- 30 %

### Économie réalisée :

Passage d'une consommation de 341 400 kWh/semaine à 61 066 kWh/semaine, soit plus de 80 % d'économies d'énergie qui représentent 39 € d'économie par semaine d'activité pour les 8 bâtiments (15 582 m<sup>2</sup>).

## Économies de chauffage

- **Placement de vannes thermostatiques administratives inviolables pré-réglées sur 20°C** pour éviter que les vannes ne soient bloquées en position maximale (coût +/- 25 € / pièce)
- **Modification du circuit de distribution de chauffage du réfectoire** : le réfectoire était chauffé 25 heures /semaine alors qu'il n'est utilisé que 8 heures /semaine. La modification des circuits a permis d'instaurer une régulation adaptée aux horaires d'occupation.
- **Installation d'un dispositif de régulation du chauffage**  
L'économat remarque que les consommations d'un bâtiment n'ont pas baissé alors que tous les châssis ont été changés.

### Économie réalisée :

Passage d'une consommation de 952 kWh/semaine à 304 kWh/semaine pour le réfectoire, soit une économie de 65 litres de fuel/semaine.  
Consommation totale du bâtiment : 11 000 litres/an.  
Économie sur une saison de chauffe (20 semaines) : 65 x 20 = 1300 litres (650 €), soit 11 % d'économie sur la consommation totale.  
Coût du dispositif : 3000 €  
**Temps de retour simple sur investissement = 4,5 ans**

Grâce à l'analyse des température enregistrées dans deux bâtiments, il constate que la régulation fonctionne dans un bâtiment mais pas dans l'autre. Résultat : le chauffage n'était pas coupé la nuit ni le week-end. Une nouvelle régulation est installée dans ce bâtiment.

### Matériel utilisé :

- Station météo avec enregistreur de température. Coût : 200 €
- Régulation pour le contrôle d'une chaudière à brûleur 1 ou 2 allures, de deux circuits équipés d'une vanne de mélange 3 ou 4 voies motorisée et de pompes de circulation, d'un circuit direct avec pompe de circulation, d'une production d'eau chaude sanitaire
- Coût : 1700 € par régulation

## Autres actions...

- **Calorifugeage de 152 m de tuyaux**  
Coût : 684 €  
Économie de 802 litres /an de fioul  
Temps de retour simple sur investissement = 1,7 an (si 1 litre de fioul = 0,50 €)
- **Changement de 200 châssis**  
Temps de retour simple sur investissement = 30 ans
- Mais aussi réduction des problèmes d'infiltration d'air, amélioration du confort thermique et acoustique, résolution des problèmes de sécurité, etc.

D'autres investissements sont encore en projet comme la création d'un sas d'entrée dans les bâtiments, l'instauration d'un système de contrôle à distance pour l'éclairage, le chauffage et la distribution d'eau. En conclusion, l'institution a investi dans des actions d'économie d'énergie, qui permettent aussi d'économiser le temps de l'économat, qui peut ainsi mieux suivre les installations et développer de nouveaux projets. Envie de suivre cet exemple et de faire, vous aussi, des économies d'énergie ? Contactez les Facilitateurs URE pour bénéficier de leur accompagnement gratuit !

## Plus d'informations sur l'énergie?

L'action «Réussir avec l'énergie» vise la sensibilisation à l'énergie dans les écoles. Vous trouverez sur le site des Facilitateurs Education Energie [www.educ-energie.ulg.ac.be](http://www.educ-energie.ulg.ac.be) des informations méthodologiques, des outils, des idées d'actions et des contacts utiles !

Fanny ROUX

Facilitateur URE non marchand de la Wallonie

# L'excès d'air dans la combustion peut nuire à la santé ... de votre porte-monnaie !

## Pourquoi faut-il s'inquiéter de l'air comburant ?

### 1. L'air comburant

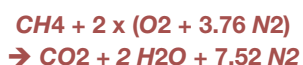
Beaucoup de procédés thermiques industriels tels que les fours et séchoirs sont chauffés au gaz naturel. Sa combustion nécessite de l'air "comburant" ou, plus précisément, de l'oxygène en quantité suffisante pour permettre à l'hydrogène et au carbone du gaz de s'oxyder ("brûler") complètement. En s'oxydant, l'hydrogène forme de la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) tandis que le carbone forme du gaz carbonique ou dioxyde de carbone, ce fameux CO<sub>2</sub> qui contribue à l'effet de serre. Par exemple, le méthane (CH<sub>4</sub>), principal gaz combustible contenu dans le gaz naturel (de l'ordre de 85 à 90 % du volume) s'oxyde suivant l'équation chimique suivante :



Cette équation exprime que pour brûler complètement un volume de méthane, il faut lui donner deux volumes d'oxygène et que les fumées seront constituées d'un volume de CO<sub>2</sub> et de deux volumes de vapeur d'eau.

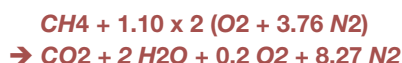
Malheureusement, la nature ne nous met pas à disposition de l'oxygène pur mais bien un mélange d'azote et d'oxygène : l'air que nous respirons. Celui-ci contient environ 78 % d'azote (N<sub>2</sub>), 21 % d'oxygène (O<sub>2</sub>) et 1 % de gaz dit "rares" dont le principal est l'argon (Ar). Dans la pratique industrielle, on simplifie généralement les choses en considérant que l'air est fait de 79 % d'azote et 21 % d'oxygène. Il est alors important de prendre conscience que pour fournir un volume d'oxygène à un combustible (notre méthane pur par exemple), nous emportons avec lui 79/21 = 3.76 volumes d'azote. Or cet azote ne participe pas à la combustion (sauf à la formation de quelques ppm<sup>1</sup> d'oxydes d'azote : les "NO<sub>x</sub>") et traverse le four ou le séchoir en le refroidissant au passage ! Pour maintenir la température souhaitée, nous devons donc consentir à brûler plus de combustible qu'il ne serait nécessaire si l'on pouvait fonctionner à l'oxygène pur plutôt qu'à l'air.

Commençons par voir quelle quantité d'air il faut pour brûler notre volume de méthane. Vu que nous disposons d'air comburant et non d'oxygène pur, l'équation ci-dessus devient :



et l'on constate que pour brûler un volume de méthane il faut fournir deux fois la somme d'un volume d'oxygène et de 3.76 volumes d'azote soit : 2 x (1 + 3.76) = 2 x 4.76 = 9.52 volumes d'air. Ce facteur 9.52 n'est autre que le "rapport air/gaz" qu'il

faut maintenir à l'entrée d'un brûleur qui serait alimenté en méthane pur, de manière à permettre la combustion complète du méthane. En maintenant tout juste ce rapport 9.52, on dira que la combustion est "stœchiométrique" c'est-à-dire que l'on apporte tout juste l'oxygène théoriquement nécessaire pour la combustion complète. En pratique, pour garantir la combustion complète du carbone, il s'avère nécessaire de mettre un petit excès d'air aux brûleurs, ce qui revient à augmenter légèrement le rapport air/gaz. Si, par exemple, on maintient un rapport air/gaz de 10.47 au lieu du rapport 9.52 strictement nécessaire pour brûler le méthane, on dira que le coefficient d'excès d'air est de 10.47/9.52 = 1.10 et que l'excès d'air est de 10 % (on fournit 110 % de l'air strictement nécessaire). Dans ce cas, l'équation précédente devient :



et il restera alors un peu d'oxygène dans les fumées. Dans le cas ci-avant, on voit qu'il reste 0.2 volume d'O<sub>2</sub> dans les fumées qui comportent par ailleurs un volume de CO<sub>2</sub>, deux volumes de vapeur d'eau et 8.27 volumes d'azote. Ceci revient à avoir 0.2 volume d'O<sub>2</sub> dans 1 + 2 + 0.2 + 8.27 = 11.47 volumes de fumées soit une concentration volumique de 0.2/11.47 = 1.74 % d'O<sub>2</sub> dans les fumées humides ou 0.2/9.47 = 2.11 % d'O<sub>2</sub> dans les fumées sèches (telle que mesurée par un appareil "externe" après condensation de la vapeur d'eau). On comprend alors que non seulement nous devons payer du combustible supplémentaire pour chauffer l'azote, l'inévitable plus celui qui accompagne l'excès d'O<sub>2</sub>, mais pour chauffer aussi l'excès d'oxygène.

A noter que le rapport air/gaz stœchiométrique d'un gaz naturel courant est d'environ 9.7 ... 9.8 plutôt que les 9.52 du méthane pur. Ceci résulte évidemment du fait que le gaz naturel est un mélange de méthane et d'autres gaz tels que l'éthane, le propane et le butane dont la combustion nécessite de plus grands volumes d'oxygène. En pratique, avec un excès d'air de 5 ou 10 %, on applique donc souvent un rapport air/gaz de l'ordre de 10 ... 10.5.

### 2. Le rendement de combustion

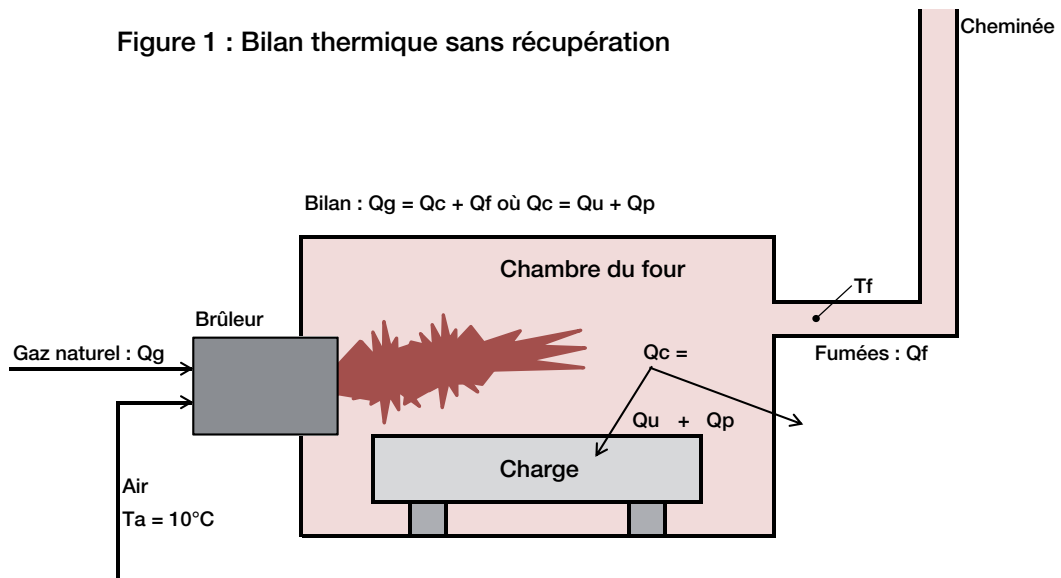
Pour comprendre l'enjeu de la maîtrise de l'air comburant, il est utile d'introduire la notion de rendement de combustion. Pour cela, examinons la figure 1 ci-contre.

Il s'agit ici de la situation banale d'un four sans récupération de chaleur. Faisons le bilan thermique de la chambre de ce four, on définit :

- Q<sub>g</sub> : la puissance thermique apportée au brûleur, par le gaz naturel

1. 1 « parties par million », c'est-à-dire 1 mg par kg ou 1 gramme par tonne

Figure 1 : Bilan thermique sans récupération



- $Q_c$  : la puissance thermique disponible dans la chambre
- $Q_f$  : la puissance thermique emportée par les fumées à la sortie de la chambre (ce qu'on appelle la "perte à la cheminée")

Le bilan thermique de la chambre exprime la conservation de l'énergie ("tout ce qui entre, ressort") :

$$Q_g = Q_c + Q_f$$

c'est-à-dire que la puissance apportée au(x) brûleur(s) est égale à la puissance disponible dans la chambre plus la puissance emportée par les fumées. Attention que toute la puissance  $Q_c$  disponible dans la chambre n'est pas utilisée pour chauffer la charge. En effet, une partie  $Q_p$  de cette puissance est perdue, typiquement, par conduction au travers des parois de la chambre. Le solde,  $Q_c - Q_p = Q_u$ , est la puissance servant à chauffer la charge, c'est la puissance utile. La somme  $Q_f + Q_p$  représente donc la puissance totale perdue.

Nous pouvons maintenant définir le rendement de combustion comme étant le rapport de la puissance  $Q_c$  disponible dans la chambre à la puissance apportée (et donc payée) au brûleur :

$$\text{Rendement de combustion} = \frac{Q_c}{Q_g}$$

Comme le bilan thermique ci-dessus nous indique que :

$$Q_c = Q_g - Q_f$$

on peut réécrire le rendement de combustion comme étant :

$$\text{Rendement de combustion} = 1 - \frac{Q_f}{Q_g}$$

Attention : ne pas confondre ce rendement avec celui du four pris globalement. Le rendement global du four doit être défini comme étant le rapport de la puissance transmise à la charge c'est-à-dire la puissance utile  $Q_u$  à la puissance apportée au brûleur :

$$\text{Rendement global du four} = \frac{Q_u}{Q_g}$$

Comme la puissance utile  $Q_u$  n'est autre que :

$$Q_u = Q_c - Q_p$$

on définit le rendement de la chambre par :

$$\text{Rendement de la chambre} = \frac{Q_u}{Q_c}$$

ce qui permet de comprendre que le rendement global du four n'est autre que :

$$\text{Rendement global du four} = \text{Rendement de combustion} \times \text{Rendement de la chambre}$$

Par la suite, nous nous pencherons principalement sur les manières d'accroître le rendement de combustion. En effet, le rendement de la chambre est très dépendant :

- de la qualité de l'isolation des parois (fibre céramique, briques, béton réfractaire, ...)
- du type de four (four cloche, four à sole mobile, four à rouleaux, four à longerons mobiles, four poussant, ...)
- de l'étanchéité (état des portes, de la voûte, ...)

Ainsi, le rendement de la chambre peut atteindre quelques 95 % pour une chambre quasi étanche et bien isolée mais surtout

sans circuit de refroidissement interne à l'eau. Par contre, un four même bien isolé et relativement étanche mais comportant un système de refroidissement interne (par exemple le refroidissement à l'eau des chenets d'un four à longerons mobiles) présentera un rendement de chambre de l'ordre de 85 %.

Comme nous le verrons plus loin, la lutte contre les défauts d'étanchéité est probablement la première manière d'améliorer le rendement de la chambre d'un four existant sans investissement démesuré. Par contre le type de four et surtout l'existence d'un système de refroidissement s'impose généralement en fonction de la géométrie des produits et du mode d'exploitation (par batch ou en continu). C'est pourquoi, à part l'imposition d'un bon niveau de maintenance, il est difficile d'agir sur le rendement de la chambre d'un four autrement qu'en maintenant son étanchéité et son isolation. En particulier, la bonne tenue de l'isolation thermique des chenets d'un four à longerons doit être et rester une priorité.

Ainsi, nous voulons surtout mettre en évidence les moyens d'agir sur le rendement de combustion :

$$\text{Rendement de combustion} = 1 - \frac{Q_f}{Q_g}$$

dont la valeur dépend essentiellement :

- du volume de fumées
- de la température des fumées

Nous allons donc examiner les moyens d'action dont on dispose pour réduire le volume des fumées et la température de celles-ci.

### 3. Le rapport air/gaz

Pour réduire le volume des fumées et donc augmenter le rendement de combustion d'un four, il faut, avant toute autre chose, s'inquiéter du rapport air/gaz.

Deux configurations typiques impliquent des approches différentes :

- régulation proportionnelle avec vannes modulantes
- régulation on/off par brûleur

Nous nous limitons ici au cas d'une régulation proportionnelle pour laquelle ce sont les vannes de gaz et d'air qui modulent et assurent le maintien du rapport air/gaz adéquat pour une "zone de chauffe" comportant un ou plusieurs brûleurs. En général c'est l'air qui pilote le gaz de manière à garantir qu'il n'y ait de gaz au brûleur que s'il y a de l'air (donc pas d'air => pas de gaz). Pour cela, il y a éventuellement une liaison physique (mécanique ou pneumatique par exemple) entre les deux vannes et, lorsque la température chute sous la consigne, la régulation ouvre la vanne d'air qui ouvre la vanne de gaz. Sur les installations industrielles d'une certaine importance, la liaison entre la vanne d'air et la vanne de gaz est entièrement réalisée par une électronique de mesures et de régulation. Lorsque la température chute sous la consigne, la régulation commande l'ouverture de la vanne d'air et une mesure du débit d'air (souvent au moyen d'un diaphragme) permet le calcul du débit

de gaz requis. Ce calcul consiste à diviser le débit d'air mesuré par le rapport air/gaz demandé (la consigne de rapport air/gaz) :

$$\text{Consigne de débit de gaz (Nm}^3\text{/h)} = \frac{\text{débit d'air mesuré (Nm}^3\text{/h)}}{\text{consigne de rapport air/gaz}}$$

et est réalisé en temps réel de manière cyclique.

La régulation adapte alors l'ouverture de la vanne de gaz de manière à obtenir une mesure de débit de gaz (diaphragme) aussi proche que possible de la consigne calculée.

On notera au passage que si le plus souvent c'est l'air qui pilote le gaz, cette solution n'est pas la panacée universelle. En effet, lorsque la régulation de température demande une augmentation rapide de la puissance thermique au brûleur, la vanne de gaz s'ouvre en principe en retard par rapport à la vanne d'air et le mélange air/gaz passera par une période de manque de gaz (ou d'excès d'air) qui n'occasionne pas de risque. Par contre, lorsque la régulation de température provoque une diminution rapide de la puissance, la vanne de gaz se ferme en retard sur celle d'air et le mélange peut être trop riche (manque d'air) pendant la période de transition. Dans ce cas, il y a formation de CO avec des risques de postcombustion (éventuellement explosive) dans le four, le carneau ou la cheminée avec altération des réfractaires par l'atmosphère réductrice. C'est pourquoi les installations les plus soignées sont configurées pour fonctionner en régulation croisée, c'est-à-dire que lors d'une augmentation de la puissance, c'est l'air qui pilote le gaz et lors d'une diminution, c'est le gaz qui pilote l'air.

Nous voyons donc que, dans le cas d'une régulation proportionnelle électronique, pour maîtriser le rapport air/gaz et, par-là, le volume des fumées, il faut :

- maîtriser la valeur de consigne de rapport air/gaz
- disposer de bonnes mesures de débits d'air et de gaz
- idéalement, connaître l'état actuel de l'air atmosphérique (t° et humidité)

La seconde partie de cet article à lire sur le site <http://energie.wallonie.be> (Accueil > Professionnels > Se documenter > Trimestriel "Réactif"), aborde point par point ce que ceci implique et comment il est possible d'agir sur le rendement de combustion. Il y est notamment question du préchauffage de l'air comburant par récupération de la chaleur des fumées et de suroxygénation de l'air comburant.

**Ir. Jacques Michotte, 3j-Consult**  
Facilitateur URE process pour la Wallonie

## • La Wallonie investit dans les Réseaux durables et Intelligents

Le lancement d'un Programme Mobilisateur RELIABLE (Réseaux ELectriques Intelligents et durABLEs), mis en œuvre dans le cadre du Plan Marshall 2.Vert et doté d'un budget indicatif de 6,8 millions d'euros, a été approuvé il y a peu par Le Gouvernement wallon afin de promouvoir et de soutenir en Wallonie la recherche portant sur le réseau intelligent dans sa globalité. Cinq axes de recherche prioritaires ont été définis :

- Gestion du réseau, intégration des parties prenantes et de l'énergie verte ;
- Rentabilité et consommateurs ;
- Approche sociologique ;
- Equipementiers ;
- Stockage de l'énergie.

Les objectifs principaux de cet appel à projet « RELIABLE » sont les suivants :

- Atteindre les objectifs fixés de réduction des émissions des gaz à effet de serre ;
- Intégrer les énergies renouvelables ;
- Limiter les consommations ;
- Promouvoir le développement économique de la Wallonie ;
- Entretien et développer les réseaux dans des conditions économiquement acceptables.

La description complète de cet appel à projets se trouve sur le site Energie de la Région Wallonne : <http://energie.wallonie.be>.

Les dates importantes à respecter pour pouvoir participer à ce projet sont les suivantes :

- 24 janvier 2012 à 12 h :  
clôture des soumissions des déclarations d'intention
- 31 janvier 2012 à 12 h :  
clôture des demandes de réunion
- 29 février 2012 à 12 h :  
clôture du dépôt des propositions détaillées
- 29 février 2012 à 12 h :  
clôture du dépôt des conventions de parrainage

Si vous recherchez pour votre organisation :

- une analyse de la situation énergétique de votre site
- des informations sur les meilleures technologies
- une méthodologie appropriée à votre problème
- des informations sur le contexte réglementaire et les aides financières
- des bureaux d'études ou des fournisseurs d'équipements
- des formations ciblées

N'hésitez pas à contacter les Facilitateurs URE !

- Bâtiments non résidentiels

Tél. 069/78 96 51

[faciliteateur.ure.batiment@icedd.be](mailto:faciliteateur.ure.batiment@icedd.be)

- Processus industriels

Tél. 0800/97 333

[faciliteateur.ure.process@ccilb.be](mailto:faciliteateur.ure.process@ccilb.be)

[faciliteateur.ure.process@3j-consult.com](mailto:faciliteateur.ure.process@3j-consult.com)

FACILITATEUR  
**URE**

## • La certification énergétique des bâtiments résidentiels existants

Wavre, le 18 janvier 2012

Herstal, le 25 janvier 2012

Libramont, le 1er février 2012

Public cible

- Notaires et collaborateurs
- Agents immobiliers, directeurs d'agence, collaborateurs commerciaux...

Programme

- La certification énergétique dans son contexte.
- La réglementation énergétique en matière de bâtiment en Wallonie
- Les procédures et modalités de certification (le déroulement de la certification, l'importance des preuves acceptables, les certificateurs habilités, les coûts de la certification, la durée de validité ...).
- Quels sont les informations et résultats fournis dans un certificat ?
- Quelles sont leurs significations ?
- Quel est le rôle des différents acteurs dans le cadre de la vente d'un bien immobilier ?
- Comment réagir face à un mauvais certificat ?
- Les outils, les aides et les primes en matière d'investissement économiseur d'énergie ? Quelles sont les conditions techniques à respecter ?
- Repas/débat

Prix : 160 €

Infos : [gillot.catherine@cunic.be](mailto:gillot.catherine@cunic.be)

Organisation :

Centre Universitaire de Charleroi – CUNIC

Institut Polytechnique de Charleroi – IPC

## • Lancement du Programme Mobilisateur RELIABLE

Le 6 janvier 2012 à Jambes

Public cible : chercheurs et entreprises

Programme et inscriptions sur [energie.wallonie.be](http://energie.wallonie.be)

## • Formation: responsable énergie pour le secteur tertiaire

Du 1er mars au 31 mai 2012 à Grâce-Hollogne

Public-cible : toute personne en charge des aspects énergétiques du patrimoine bâti d'un établissement ou institution du secteur tertiaire

Organisation : GEFORTEC

Programme et inscriptions sur [energie.wallonie.be](http://energie.wallonie.be)