

# EX PRES SO.

LE STOCKAGE  
D'ÉNERGIES  
RENOUVELABLES

04. LE STOCKAGE À COURT TERME    11. LE STOCKAGE À LONG TERME    13. L'INTERVIEW    14. LA CERTIFICATION PMP

L'INFO SERRÉE  
DE LA HAUTE  
EFFICACITÉ  
ÉNERGÉTIQUE

WWW.MAISONPASSIVE.BE | TRIMESTRIEL |  
AVRIL - MAI - JUIN 2019 |

N° 12

## # BILLET D'HUMEUR

### Construire zéro énergie aujourd'hui ? Une évidence

Le dernier rapport spécial du GIEC de 2018 conseille de limiter le réchauffement planétaire à 1,5 °C. Cela implique de réduire les émissions de gaz à effet de serre d'environ **45% en 2030** (soit au-delà de l'objectif européen) et d'atteindre des **émissions nettes nulles vers 2050!**

Pour 2030, **la Belgique s'est engagée** envers l'Europe à **réduire de 35% ses émissions de gaz à effet de serre**. Cette diminution s'inscrit dans le plan climat européen de 2030 qui prévoit une réduction de 40% des émissions de gaz à effet de serre en 2030.

Pour 2050, il n'existe, aujourd'hui, aucun plan pour la Belgique. En 2011, la Commission européenne a publié une « **feuille de route pour une économie compétitive et pauvre en carbone à l'horizon 2050** ». Celle-ci identifie plusieurs trajectoires devant mener à une réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'ordre de 80 à 95% en 2050 par rapport à 1990 et contient une série de jalons à moyen terme.

**Entre 2005 et 2020, sur une période de 15 ans, nous avons réussi à réduire de +/- 20% nos émissions. Il nous reste le double du délai pour réduire celles-ci de 70% à 80%.** On voit donc bien que les mesures à mettre en œuvre devront être d'une autre ampleur que celles qui ont été mises en place jusqu'ici.

En se basant sur les statistiques des permis d'urbanisme, le taux de renouvellement du parc immobilier belge ne dépasse pas 1% par an. En d'autres termes, il faudrait plus d'une centaine d'années pour renouveler complètement le parc immobilier belge!

Il est donc indispensable que **les nouvelles constructions soient neutres énergétiquement** - non pas autonomes car ce ne serait ni acceptable sur le plan social, ni acceptable sur le plan environnemental - mais bien neutres sur base annuelle, **voire qu'elles produisent plus d'énergie qu'elles n'en consomment**.

Et on parle bien de la consommation totale de chaque immeuble, comprenant tous les postes (chauffage, électricité domestique, eau chaude sanitaire, refroidissement, éclairage, etc.).

Certes, ces besoins énergétiques peuvent être assumés par les énergies renouvelables, mais comme l'a démontré le dernier *Expresso*, dans l'hypothèse très optimiste où on développerait massivement les énergies renouvelables en Belgique, nous devrions encore réduire notre besoin énergétique de 60% afin d'atteindre les objectifs énoncés par le GIEC.

Construire un immeuble « zéro énergie » (sur toutes les énergies utilisées) est possible aujourd'hui. Les solutions techniques sont connues. Il est donc urgent d'accélérer les exigences sur les nouvelles constructions : **exiger le passif** (ou quasi passif comme en Région bruxelloise) **pour d'une part réduire le besoin des immeubles et d'autre part, produire des énergies renouvelables sur site en fonction des surfaces disponibles!**

Dans le même ordre d'idée, **les rénovations énergétiques doivent également être envisagées** de manière ambitieuse afin de ne pas s'arrêter au milieu du chemin.

C'est évidemment contraignant, mais tout permis d'urbanisme délivré aujourd'hui avec des exigences environnementales insuffisantes est un acte manqué!

Denis Lefébure, président du CA

# AVANT-PROPOS

Dans notre précédent numéro, nous vous faisons part de notre volonté de proposer un « après-passif », un nouveau contexte pour la conception des bâtiments à haute performance énergétique de demain. Ce contexte se veut volontairement innovant et exigeant car il répond à une problématique de grande ampleur : le ralentissement du dérèglement climatique et la sauvegarde de notre environnement au sens large. Nous vous l'annoncions donc, notre stratégie est ambitieuse et repose sur un avenir énergétique 100% renouvelable dans le but de pousser le secteur vers l'excellence et de contraindre les pouvoirs décideurs à des visions et engagements sur le long terme.

Nous avons parcouru ensemble les sources d'énergie renouvelable, en avons estimé leur potentiel maximal et, de cet exercice, ressortait l'inévitable nécessité de réaliser une économie d'énergie considérable. Le passif n'est donc pas un excès injustifiable mais bien une étape nécessaire à l'atteinte d'une filière énergétique 100% renouvelable. Après avoir analysé la thématique de la production d'énergie, il est à présent temps de se pencher sur la question du stockage. Qu'il soit à court terme (quelques heures) ou à long terme (saisonnier), le stockage d'énergie est la pièce manquante du puzzle qui permet de dresser un tableau complet dans lequel la surproduction et les intermittences dues aux variations météorologiques ne représentent plus une contrainte au déploiement des modes de production renouvelable.

Au sein de ce numéro, nous parcourons donc les différentes technologies de stockage jugées techniquement et économiquement viables. La liste ne sera peut-être pas exhaustive, mais elle tentera de dresser un tableau le plus complet possible des solutions disponibles pour le stockage à court terme et à long terme, à petite et grande échelle et de puissances différentes.



# LE STOCKAGE À COURT TERME

Nous vous présentons ici un panel des technologies existantes de stockage à court terme. On remarquera que ce type de stockage est une source de créativité pour un grand nombre d'acteurs du secteur énergétique et qu'il permet d'atteindre plusieurs échelles ; de l'habitation unifamiliale à un territoire de taille moyenne en passant par le quartier, l'ilôt ou le logement collectif. Mais il y a fort à parier que ces technologies se développeront encore davantage à l'avenir pour proposer des solutions toujours plus flexibles en termes de configuration et d'utilisation et davantage adaptées aux productions locales d'énergie.

## LE STOCKAGE INERTIEL

Le principe du stockage inertiel ne date pas d'hier ; de grands volants d'inertie en métal étaient déjà utilisés au 19<sup>e</sup> siècle pour lisser la production discontinue des machines à vapeur. Aujourd'hui, cette technologie semble regagner de l'intérêt suite au développement des énergies renouvelables intermittentes.

Un volant d'inertie est un système constitué d'une masse cylindrique et d'un moteur/alternateur. Lorsque cette masse est mise en rotation, l'énergie électrique transmise par le moteur au cylindre est stockée en énergie cinétique. La quantité d'énergie pouvant être stockée par ce système va dépendre de la vitesse de rotation du cylindre d'une part, et de son moment d'inertie d'autre part, c'est-à-dire de sa masse et sa distance par rapport à l'axe de rotation. La vitesse étant limitée par des contraintes mécaniques, il existe deux types de volants :

- Les volants d'inertie à basse vitesse en acier : le matériau utilisé est moyennement résistant aux contraintes mécaniques mais il est relativement lourd
- Les volants d'inertie à haute vitesse en fibre de carbone : ce matériau est plus léger que l'acier mais résiste mieux aux contraintes et peut donc atteindre une vitesse plus élevée

Le stockage des volants d'inertie cités ci-dessus est un stockage de courte durée. Le temps de charge/décharge du cylindre est de l'ordre de quelques minutes. Lorsque le moteur cesse sa mise en rotation, le cylindre peut garder l'énergie stockée entre 15 à 30 minutes, avec un rendement allant de 85% à 90%. En cas de besoin, le moteur devient alternateur et reconvertit l'énergie cinétique du cylindre en énergie électrique à injecter dans le réseau.

## # STOCKAGE À COURT TERME

Pour atteindre un tel rendement, un travail est fait pour minimiser les frottements du cylindre en rotation. En général, celui-ci est placé dans une enceinte « sous-vide » et le raccord rotor/stator se fait via un palier magnétique ou un roulement à bille haute performance. Cette technologie est pourvue d'une puissance très élevée, mais l'énergie disponible est elle limitée. Elle répond donc au besoin de lissage des irrégularités de production/consommation dans le contexte des énergies renouvelables. Un volant peut ainsi produire ou absorber l'énergie nécessaire suite à un déséquilibre de courte durée entre production et consommation, avec un temps de réaction allant de la microseconde à la minute.

Le volant d'inertie trouve également son intérêt dans un contexte où une coupure de courant peut avoir de lourdes conséquences, comme dans le milieu médical ou informatique. Il servira dans ce cas de relais entre une coupure d'électricité et le lancement de groupes électrogènes et assurera la continuité de l'alimentation en électricité.

Un exemple d'application est la société Beacon Power qui a fait naître aux Etats-Unis une centrale de 200 volants d'inertie capable de délivrer une puissance de 20 MW durant 15 minutes. Cette centrale est dédiée à la régulation de fréquence du réseau. Au Canada, il existe également une centrale de 5 MW gérée par la société Temporal Power, dédiée cette fois au lissage de la production électrique d'éoliennes.

### STOCKAGE JOURNALIER : LE VOLANT D'INERTIE EN BÉTON

La société Energiestro développe aujourd'hui des volants d'inertie en béton précontraint, dans l'objectif de réduire les coûts. La durée de stockage de ce volant ne serait plus que de l'ordre de quelques minutes mais à l'échelle d'une journée, cela représente une alternative intéressante aux batteries de stockage. Le but de ces volants est de stocker la production d'énergie diurne venant de panneaux solaires photovoltaïques, et de la restituer pendant la nuit pour répondre aux besoins d'une habitation ou d'un quartier en autoconsommation. Ce système est encore en cours de développement à l'heure actuelle, mais les caractéristiques annoncées sont les suivantes :

- **Temps de charge/décharge :** 1 heure
- **Puissance :** 10 kW
- **Capacité :** 10 kWh
- **Temps de stockage :** une dizaine d'heures
- **Masse :** 5.500 kg
- **Dimensions du cylindre :** 1,25 m de diamètre et 2,2 m de hauteur



#### Le volant d'inertie en béton

##### Avantages

- Durée de vie quasi illimitée
- Insensible à la température
- Matériaux non toxiques (aucune présence de plomb, cadmium, lithium, cobalt, etc.)

##### Inconvénients

- Plus encombrant et plus lourd (3 kWh par tonne pour 100 kWh par tonne pour une batterie « Lithium-ion »)

## # STOCKAGE À COURT TERME

# LE STOCKAGE THERMIQUE

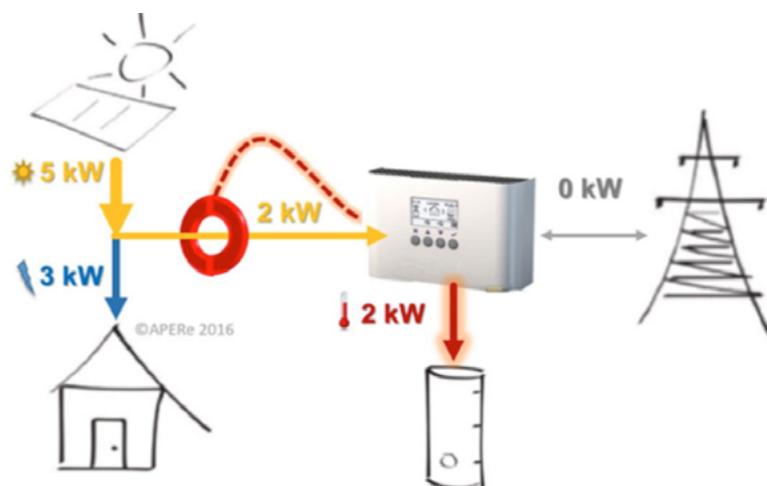
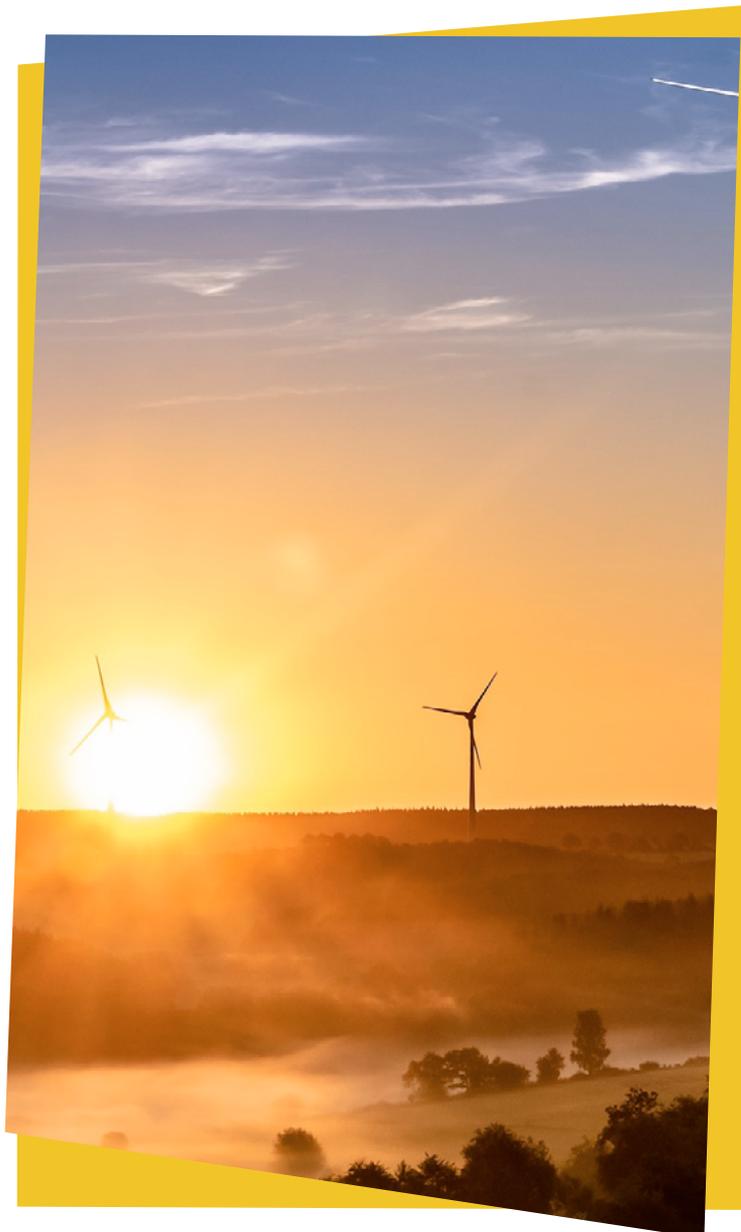
### STOCKAGE JOURNALIER : À L'ÉCHELLE D'UNE HABITATION

La forme la plus connue de stockage thermique est le ballon d'eau chaude sanitaire que l'on retrouve dans la plupart des habitations. Cette installation peut stocker de l'énergie thermique venant de panneaux solaires thermiques ou Photovoltaïques. Ce stockage est non réversible, c'est-à-dire que l'énergie stockée sous forme de chaleur ne sera pas (re)transformée en électricité. L'installation permet cependant de chauffer l'eau chaude sanitaire au moment où l'énergie solaire est la plus généreuse, et d'en bénéficier pendant les heures non ensoleillées.

La combinaison stockage thermique et panneaux photovoltaïques peut être assurée par un PVheater. Il s'agit d'un petit boîtier qui permet d'utiliser le surplus de production d'électricité venant des panneaux pour chauffer l'eau chaude sanitaire, via une résistance électrique. S'il n'y a pas de surplus de production photovoltaïque, la résistance n'est pas alimentée. Le PVheater possède alors une fonction permettant d'utiliser l'électricité du réseau.

La puissance de la résistance électrique varie en fonction des modèles, mais se situe généralement autour de 3 kW. La durée de stockage de la chaleur produite dans le ballon peut aller de quelques heures à 2 jours.

Sur l'illustration suivante<sup>2</sup>, l'installation photovoltaïque met à disposition une puissance de 5 kW dont 3 kW sont consommés dans le logement. Le surplus (2 kW) est stocké dans un ballon d'eau chaude grâce au PV heater. Il n'y a aucune injection sur le réseau électrique.



2. L'utilisation de ce système a été testée dans le cadre d'une étude de l'APERe : <https://www.renouvelle.be/fr/technologies/nous-avons-teste-le-pvheater-un-stockage-de-lelectricite-Photovoltaïque-excedentaire>

### STOCKAGE À GRANDE ÉCHELLE (LOGEMENT COLLECTIF, QUARTIER)

Il existe des réservoirs isolés à plus grande échelle, qui permettent un stockage non plus journalier mais intersaisonnier. Ils peuvent être en surface ou enterrés, et sont généralement stratifiés, de façon à ne pas mélanger l'eau chaude avec l'eau froide revenant du réseau qui est réinjectée en bas du réservoir. Cette solution présente l'avantage d'une conception simple entraînant de faibles coûts de construction. La température de stockage reste limitée à 100 °C dans le cas d'un stockage de l'eau à pression atmosphérique. Ce sont des systèmes de stockage thermique composés d'un grand réservoir d'eau chaude stratifié et enterré, ce qui permet l'utilisation des espaces au dessus du réservoir. L'eau est chauffée de 10 °C à 90 °C, et peut être stockée durant 6 mois, entraînant des pertes de moins de 10%. Cette eau chaude peut ensuite être envoyée dans des réseaux de chaleur. L'énergie thermique stockée peut provenir de pompe à chaleur, de chaudière électrique ou encore de la géothermie ou directement de panneaux solaires thermiques.

Il existe également du stockage d'eau chaude pressurisée : la température de l'eau stockée peut aller au-delà de 100 °C. La densité énergétique du stockage est donc plus élevée que pour un stockage à pression atmosphérique, ce qui permet notamment de se passer d'équipements tels que des pompes, en réglant la pression du réservoir de façon adéquate.

#### Le miroir des énergies à Brest

##### Avantages

- Augmentation des énergies renouvelables et de récupération de 2.500 MWh/an, soit l'équivalent de la consommation de 400 logements
- Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 12.700 tonnes sur 20 ans
- 4.470 TEP (tonnes équivalent pétrole) substituées sur 20 ans

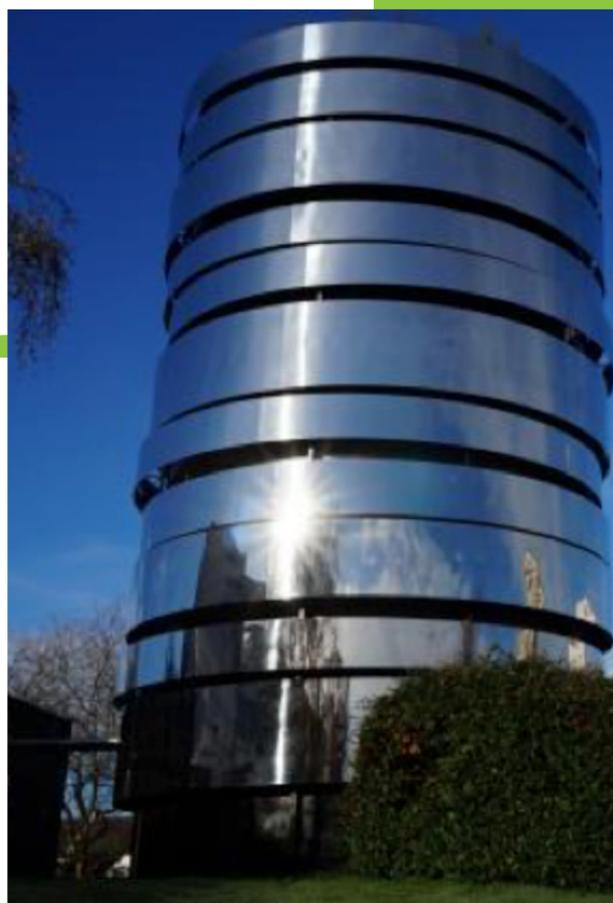
Source : [www.dalkia.fr](http://www.dalkia.fr)

On retrouve un exemple de système de stockage de chaleur à grande échelle dans **Le miroir des énergies à Brest**. Inauguré en novembre 2016, le « miroir », de 20 mètres de haut et qui contient un réservoir de 1.000 m<sup>3</sup>, est le premier stockage thermique sur un réseau de chaleur en France. En effet, la métropole de Brest possède un réseau de chauffage urbain alimenté par l'incinération des ordures ménagères et une chaufferie biomasse. Ce réseau chauffe notamment l'université, laquelle recourait auparavant au gaz pour chauffer rapidement lors des pics de consommation importants. Par ailleurs, l'énergie non utilisée est réinjectée dans le réseau urbain.

### STOCKAGE DE FROID

On estime à 25% la part d'électricité utilisée pour des applications de refroidissement en Belgique. Pourquoi alors ne pas également stocker de l'énergie sous forme de froid ? C'est ce que propose la société belge Desimone, avec son projet « Accutherm ». Cette solution consiste à produire du froid lorsqu'il y a un surplus de production d'électricité, et de stocker ce froid via des matériaux à changement de phase. Ce froid peut ensuite être utilisé pour des applications spécifiques comme des chambres froides.

- **Capacité de stockage** : 80 kWh par m<sup>3</sup> de « batterie »
- **Durée de charge** : 8 heures
- **Autonomie** : 60 heures en décharge totale
- **Pas d'usure de la « batterie »**



## # STOCKAGE À COURT TERME

### LE STOCKAGE PAR GRAVITÉ

Le stockage par gravité consiste à transformer l'énergie électrique en énergie potentielle. Concrètement, il s'agit de déplacer une certaine masse à une certaine hauteur. Un tel système aura donc une capacité de stockage qui dépendra de la masse et de la hauteur.

L'utilisation de ce type de stockage se fait à **échelle industrielle** car elle nécessite de grandes infrastructures et beaucoup d'espace. Comparons maintenant la densité énergétique de cette solution avec une batterie domestique de 13,5kWh (en négligeant les rendements) :

Batterie	Stockage gravité
<b>Poids</b> : 122 kg	<b>Masse à déplacer</b> : 50 t
<b>Taille</b> : 1,15 m x 0,76 m x 0,16 m	<b>Hauteur</b> : 100 m

Cette rapide comparaison permet de mettre en évidence la quantité de matière et de dénivelé nécessaires au stockage par gravité.

SOURCE : « La centrale d'accumulation par pompage de Coo ». Electrabel S.A — Florence Coppenolle

### POMPAGE-TURBINAGE (STEP)

Le pompage-turbinage ou STEP (**Station de Transfert d'Énergie par pompage**) est une méthode de stockage hydraulique grâce à la gravité. C'est jusqu'à présent le seul système de stockage par gravité ayant fait ses preuves.

Une STEP dispose d'un réservoir inférieur et d'un réservoir supérieur. Une conduite appelée « conduite forcée » munie d'une turbine réversible relie ces bassins. En période de surplus de production, l'eau est ainsi pompée du bassin inférieur vers le bassin supérieur à l'aide de la turbine. À l'inverse, en période de pic de consommation, l'eau est turbinée, c'est-à-dire qu'elle emprunte la conduite forcée depuis le réservoir supérieur et permet de faire tourner la turbine. Sur l'axe de la turbine, se trouve un générateur qui permet de transformer la rotation en électricité.

Ce type de centrale est privilégié dans les régions utilisant l'énergie nucléaire, les centrales fonctionnant en continu. Les STEP permettent ainsi de stocker la surproduction nocturne. C'est d'ailleurs pour du stockage jour/nuit que celles-ci sont dimensionnées.

#### Le pompage-turbinage (STEP)

##### Avantages

- Rendement moyen : 75%
- Longévité de l'installation
- Puissance et capacité importantes
- Rapidité de mise en route (2 min)

##### Inconvénients

- Installation volumineuse
- Nécessite un relief particulier



Centrale de Coo - Trois-Ponts

## # STOCKAGE À COURT TERME



En Belgique, la centrale de Coo-Trois-Ponts fonctionne avec ce principe. Elle dispose de trois bassins (deux supérieurs et un inférieur) dont la capacité totale atteint 8.450.000 m<sup>3</sup> à chaque niveau. Le dénivelé entre les bassins supérieurs et le bassin inférieur est de 275 m. Chaque bassin a une conduite forcée d'un diamètre de 6,5 à 8 m et d'une longueur totale de 1 km.

- **Puissance max :** 1.164 MW
- **Temps de charge :** 6 heures
- **Temps de décharge :** 5 heures
- **Capacité :** 5.000 MWh
- **Production annuelle :** 1.600 GWh

### DES TECHNOLOGIES INNOVANTES

La société Energy Vault, spécialisée dans les produits de stockage d'énergies renouvelables, a développé une solution de stockage par gravité à l'aide de blocs de béton. Une plateforme automatisée organise ainsi le positionnement de blocs de béton à l'aide de 6 grues (voir photo ci-dessous). Les blocs sont ainsi prélevés en bas de la tour puis déposés en haut en utilisant le surplus de production d'énergie.

En période de pénurie d'énergie, il se passe exactement l'inverse et le processus de descente permet de produire de l'énergie. Le principe est exactement le même que les centrales hydroélectriques de turbinage/pompage décrites plus haut mais l'eau est ici remplacée par des « briques » en béton réalisées sur mesure.

Ce système est encore à l'état de prototype. Il mesurerait 120 m de haut et permettrait de stocker seulement 35 MWh à l'aide de plusieurs milliers de blocs de 35 tonnes. Afin de réduire fortement le coût et l'empreinte écologique, du béton recyclé est utilisé.

La quantité d'énergie produite paraît donc assez faible comparée à la solution de pompage-turbinage. Cependant, elle a l'avantage de ne pas dépendre du relief.

D'autres systèmes innovants de stockage par gravité existent. Par exemple, la société ARES a mis au point un système de stockage par gravité qui consiste à faire monter ou descendre des wagons lourdement chargés. Un tel dispositif disposerait de plusieurs centaines de wagons se déplaçant entre une gare située en aval et une gare située en amont. Les wagons se déplaceraient vers la gare en amont afin de stocker de l'énergie et rejoindraient la gare en aval afin de la restituer. Les deux gares seraient reliées par plusieurs rails, ce qui permettrait une puissance de stockage et déstockage plus importante. Le nombre de wagons pouvant être stockés dans les deux gares et le dénivelé détermineraient ainsi la capacité de stockage.

Le stockage par gravité est donc moyennement intéressant. En effet, si l'on tient compte des principes élémentaires dont il s'inspire, l'intérêt n'est pas des moindres. Malheureusement, la densité énergétique est très faible : une batterie de 122 kg permet ainsi de stocker la même énergie que 18 m<sup>3</sup> d'eau pompés vers les bassins supérieurs de la centrale de Coo-Trois-Ponts. Néanmoins, à grande échelle ce système permet de stocker et de restituer de grosse quantité d'énergie rapidement.



## # STOCKAGE À COURT TERME

# LES BATTERIES

Le stockage par batteries est sans nul doute la technologie la plus populaire. Une batterie est un ensemble d'accumulateurs électriques également appelé cellules. Ces cellules permettent de stocker l'électricité sous forme chimique et de la restituer. **Il existe énormément de types de batteries mais leur fonctionnement est toujours le même.** Les cellules d'une batterie sont toujours pourvues d'une cathode (chargée positivement), d'une anode (chargée négativement) et d'un électrolyte (lieu de transfert des charges). Ce sont les matériaux qui constituent ces trois composants qui différencient les types de batteries.

Les batteries ont l'avantage d'avoir une densité de stockage très importante. Mais leur durée de vie est limitée à quelques milliers de cycles charges/décharges. Aujourd'hui, la plus performante est la « lithium-ion » qui permet une densité massique d'énergie jusqu'à 265 Wh/kg et peut compter jusqu'à 5.000 cycles charges/décharges.

Les batteries permettent de faire fonctionner les appareils électriques sans que ceux-ci soient reliés au secteur, mais ici, c'est son utilisation dans le cadre du stockage d'énergie qui nous intéresse. Elle est en effet largement utilisée par les particuliers qui disposent de panneaux photovoltaïques. La batterie va permettre de stocker l'énergie en période de surproduction (au milieu de la journée, pour une installation plein sud), et permettre de l'utiliser en période de pénurie (le matin et le soir).



### BATTERIE SODIUM-ION

La batterie sodium-ion a un bel avenir dans le stockage d'énergie renouvelable chez le particulier. Malgré l'inconvénient d'être volumineuse (3 x plus que la solution lithium-ion), elle présente le double avantage d'être moins coûteuse et d'utiliser des ressources nettement plus abondantes. En effet, le sodium est un composé de NaCl également appelé sel de table!

Types de batterie	Densité énergétique
Nickel-Fer	30 Wh/kg
Plomb	35 Wh/kg
Sodium-ion	90 Wh/kg
Lithium	100 à 265 Wh/kg

### Batteries

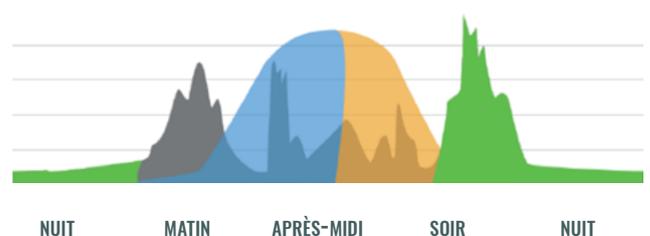
#### Avantages

- Densité de stockage importante
- Bon rendement (90 %)
- Peut s'installer partout
- Mise en route instantanée

#### Inconvénients

- Durée de vie limitée
- Coût de recyclage
- Utilisation de ressources limitées

SOURCE: Enersol



- Consommation
- Réinjection sur le réseau
- Chargement de la batterie
- Utilisation de l'énergie stockée

# LE STOCKAGE À LONG TERME

Dans la gamme du stockage long terme, le procédé du « Power-To-Gas » est la solution privilégiée par de nombreux acteurs, sans nul doute pour sa polyvalence, sa grande capacité de stockage mais également son intérêt économique. A l'étude depuis plus d'une décennie, le « Power-To-Gas » (P2G) est entré en phase de développement dans de nombreux pays depuis 2012, dont la Belgique (voir l'interview de Fluxys page 13).

## LE POWER-TO-GAS

Concrètement, le procédé consiste à produire de l'oxygène (O<sub>2</sub>) et de l'hydrogène (H) par électrolyse de l'eau. Cette électrolyse serait donc amenée à utiliser l'électricité excédentaire des sources renouvelables telles que l'éolien offshore (déjà d'actualité), et également le photovoltaïque et l'éolien onshore (dans un futur plus ou moins proche c'est-à-dire lorsque les réseaux permettront une meilleure gestion des flux).

Si l'oxygène peut être relâché dans l'atmosphère, l'hydrogène sera quant à lui valorisé dans une multitude de filières industrielles, de transport, voire même résidentielles. Aujourd'hui, pour des raisons de sécurité et de performance, le réseau gazier impose ses limites : maximum 2 à 3% d'hydrogène dans le mélange. C'est là que la seconde étape du procédé « P2G » joue un rôle encore plus intéressant : par adjonction de CO<sub>2</sub> au moyen d'un processus appelé « méthanation », l'hydrogène (H) est transformé en méthane de synthèse (CH<sub>4</sub>), lequel est 100% compatible avec les réseaux gaziers actuels, les installations résidentielles, le transport, les process industriels, etc. Le méthane étant facilement stockable, l'énergie renouvelable peut ainsi être facilement stockée pendant plusieurs mois avant d'être réinjectée sur le réseau sous forme gazière ou électrique.

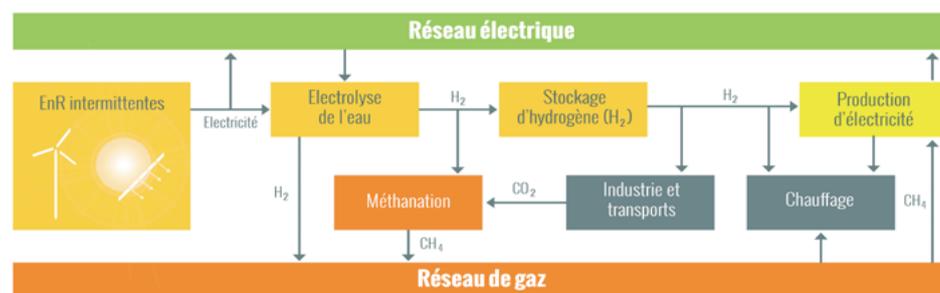


Figure 2 : Schéma de principe du "Power-To-Gas". Source : European Power-To-Gas Platform

Concernant le rendement global de ce procédé, le Fraunhofer<sup>3</sup> annonçait en 2011 des rendements évoluant de 54% à 73% pour l'obtention d'hydrogène au départ de l'électrolyse de l'eau. Le procédé visant à obtenir du méthane de synthèse au départ de l'électrolyse d'eau était quant à lui annoncé avec un rendement évoluant de 49% à

64%. De nombreux projets ont vu le jour depuis quelques années en vue d'évaluer les performances des différentes technologies possibles et ce à différentes échelles (de 0,3 à 6 MW).

De récentes études<sup>4-5</sup> mettent en évidence des procédés qui permettraient d'atteindre des rendements de 70 à 80% à bas-coûts pour des procédés de type Electricité > Gaz > Electricité. L'avenir du « P2G » semble donc assez prometteur au vu des récentes évolutions technologiques et des nombreux projets de recherche européens qui voient le jour<sup>6</sup>.

Cependant, quelques barrières sont encore à lever. Actuellement, la majorité des défis technologiques se situent au niveau de l'efficacité de l'électrolyse de l'eau (développement de nouveaux catalyseurs moins coûteux et plus efficaces) et du procédé de « méthanation » (développement de catalyseurs et gestion de la température de l'échange).

Le stockage de l'énergie renouvelable n'est pas une thématique récente. Comme en témoignent les nombreux projets de recherche et développement d'entreprises actives dans la production et la gestion de l'énergie en Belgique, en Europe et partout à travers le monde, l'intérêt pour le « Power-To-Gas » a débuté il y a déjà plus de 10 ans et a validé la faisabilité technique du procédé.

Les recherches actuelles visent principalement à améliorer la réaction d'électrolyse en vue de maximiser le rendement et à obtenir des mélanges gazeux de la meilleure qualité possible.

Ces améliorations technologiques n'empêchent cependant pas le procédé de se développer dans des applications concrètes. À titre d'exemple, nous pourrions citer l'installation « GRHYD » à Dunkerque où les premiers 100 logements seront alimentés en hythane, un mélange de gaz naturel et d'hydrogène (jusqu'à 20%) produit sur place au moyen du premier démonstrateur « Power-To-Gas » de France, développée par Engie. À terme, ce sont plus de 200 logements de ce quartier qui seront alimentés par cette nouvelle énergie décarbonée.

3. Institut allemand spécialisé dans la recherche en sciences appliquées

4. Jensen; et al. (2015). «Large-scale electricity storage utilizing reversible solid oxide cells combined with underground storage of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>»

5. Butera, Giacomo; et al. (2019). «A novel system for large-scale storage of electricity as synthetic natural gas using reversible pressurized solid oxide cells»

6. <http://europeanpowertogas.com/news/>

## # STOCKAGE À LONG TERME



### ET L'EAU DANS TOUT ÇA ?

Bien que cette technologie semble être la base d'un avenir énergétique renouvelable, à l'annonce du procédé « électrolyse de l'eau », nous n'avons pu nous empêcher d'avoir une pensée pour notre or bleu. Transformer de l'énergie électrique en gaz au moyen d'eau, est-ce réellement un processus à promouvoir ? Nous avons creusé cette problématique afin d'en ressortir des données concrètes, lesquelles sont synthétisées ci-dessous.

- Il faut 1 l d'eau et 5 kWh d'électricité pour produire 1 m<sup>3</sup> d'hydrogène à 0 °C et à pression atmosphérique<sup>7</sup>
- Ce mètre cube d'hydrogène pèse 0,085 kg (selon la masse volumique de l'hydrogène à 15 °C et à pression atmosphérique)
- Si 1 l d'eau produit 0,085 kg d'hydrogène, 11,8 litres d'eau sont nécessaires à la production d'1 kg d'hydrogène
- Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) de l'hydrogène est de 141.860 kJ/kg, soit 39,41 kWh/kg
- La quantité d'énergie obtenue à l'issue d'un processus d'électrolyse et de combustion de l'H<sub>2</sub> est donc de 3,35 kWh/litre d'eau
- Autrement exprimé, il faut environ 300 litres d'eau pour produire 1 MWh d'énergie

Cette approche purement mathématique a été confrontée aux expériences de Fluxys qui annonce un volume d'eau réel de 370 litres pour 1 MWh d'hydrogène converti.

Prenons une hypothèse (extrême) dans laquelle 100% de l'énergie renouvelable produite est stockée. Dans notre Espresso précédent (n°11) consacré à la production renouvelable belge, nous avons évalué son potentiel de production à +/- 160 TWh.

Si 370 litres d'eau sont nécessaires pour 1 MWh d'hydrogène converti, 59.200.000 litres d'eau sont nécessaires pour générer les 160 TWh d'énergie au moyen de l'électrolyse de l'eau (en considérant un rendement de 100% pour le côté sécuritaire de l'approche).

Comment interpréter ce chiffre ? On pourrait le ramener à une consommation d'eau par habitant : 5,4 litres par habitant et par an, ou encore le mettre en regard des 8.450.000 m<sup>3</sup> de stockage à la centrale de Coe.

L'apparition de nouvelles technologies soulève inévitablement de nouvelles questions. Faut-il se soucier de la consommation d'eau pour le stockage de l'énergie renouvelable au moyen du Power-To-Gas en Belgique ? Probablement pas. Faut-il foncer tête baissée vers cette solution aux allures miraculeuses ? Très certainement pas. De nombreuses études creusent le sujet d'un point de vue économique, nul doute que bon nombre d'autres acteurs auront une approche similaire, mais d'un point de vue environnemental.

Affaire à suivre...

## LE P2G, UN PARI D'AVENIR...

Il suffit de creuser la thématique pour se rendre compte de l'ampleur que prend le P2G : le consortium « Gas for Climate », la création en 2014 en Flandre d'un Cluster « Platform Power-To-Gas », la plateforme européenne du Power-To-Gas (<http://europeanpowertogas.com/>) ou encore le groupe européen de recherche gazières (GERG).

Une multitude de rassemblements d'acteurs tels que producteurs et/ou gestionnaires de réseau creusent la technologie du Power-To-Gas. De nombreux projets visant à démontrer le potentiel du procédé émergent un peu partout en Europe<sup>8</sup> et viennent compléter les démarches en cours ou déjà validées dans d'autres pays et continents.

Assimilable à une grosse pile polyvalente et connectée aux réseaux gaz et électricité, le Power-To-Gas se présente comme la solution d'avenir pour massifier la production renouvelable tout en limitant l'impact des intermittences et la surcharge des réseaux. À en juger par l'intérêt croissant des gestionnaires de réseau pour cette solution, il y a fort à parier que le paysage des réseaux gaziers et électriques va petit à petit relever le défi de migrer vers des solutions majoritairement décarbonées.

7. Source : AFHYPAC – Memento de l'hydrogène, Mai 2013

8. <http://europeanpowertogas.com/projects-in-europe/>

### ET EN BELGIQUE ?

Colruyt (déjà très actif dans la production d'énergie renouvelable) a mis en place de 2012 à 2018 une installation de P2G permettant la production d'hydrogène à partir d'électricité renouvelable de source éolienne. Baptisée « Don Quichotte », cette installation située sur un site logistique de Colruyt à Halle a permis d'alimenter en hydrogène décarboné l'ensemble des engins de manutention. En démontrant l'impact sur l'efficacité et le coût des opérations de ce grand centre logistique, le projet a également permis de démontrer que le marché était prêt à accueillir ces nouveaux procédés de stockage d'énergies renouvelables au moyen du « Power-To-Gas ».

D'autre part, la première installation « P2G » de grande échelle est actuellement en cours d'étude par un consortium constitué de Fluxys, Eoly (groupe Colruyt) et Parkwind<sup>9</sup>. L'objectif est de convertir plusieurs MWh électriques issus de sources renouvelables en hydrogène décarboné. La présence d'acteurs belges sur ce marché nous a semblé être une belle opportunité pour obtenir davantage d'informations sur le procédé et en vérifier la légitimité. Nous avons donc contacté Fluxys pour leur soumettre quelques questions. Nicolas Gielis, Innovation Manager chez Fluxys y a répondu.



## L'INTERVIEW

FLUXYS



**En Belgique, Fluxys Belgium a été désignée comme gestionnaire de réseau indépendant : Fluxys transporte du gaz naturel depuis la frontière jusqu'aux gestionnaires de réseau de distribution, centrales électriques et grands consommateurs industriels, et Fluxys transporte également du gaz naturel à travers la Belgique. Fluxys Belgium a également été désignée comme gestionnaire de stockage indépendant et assure l'exploitation et le développement du stockage souterrain de gaz naturel à Loenhout. Sur le site, le gaz naturel est conservé en stockage tampon dans des nappes aquifères, à plus d'un kilomètre de profondeur. Les services de stockage de Fluxys permettent aux fournisseurs de maintenir en équilibre les volumes importés et les volumes consommés.**

**PMP :** Au-delà du principe du Power-To-Gas tel que présenté dans la plupart des publications, que pouvez-vous nous communiquer comme données chiffrées issues de votre projet en matière de rendement, de capacité de stockage, d'utilisation de l'eau, etc. ?

**N. GIELIS :** La capacité de stockage ne dépend pas de l'installation même mais du stockage d'hydrogène qui s'ensuit. En théorie, on peut produire indéfiniment si on a de quoi stocker l'hydrogène. En termes de rendement, il se situe aujourd'hui aux alentours des 70% pour l'électrolyse de l'eau et l'obtention d'hydrogène. Il faut ajouter à cela l'énergie nécessaire à la compression de l'hydrogène à la pression voulue. La consommation d'eau est d'environ 370 litres par MWh d'hydrogène converti.

**PMP :** Passer le cap de l'hydrogène pour le méthane de synthèse, est-ce technologiquement et économiquement atteignable aujourd'hui ?

**N. GIELIS :** La technologie de méthanation est connue et maîtrisée aujourd'hui, mais il est encore possible d'en améliorer le rendement. Celui-ci se situe aujourd'hui autour de 60 à 70%, ce qui ramène le rendement global à +/-50% et augmente les coûts. Néanmoins, si l'énergie utilisée est une énergie qui aurait été perdue par manque de capacité d'absorption des réseaux, ce rendement de 50% s'avère tout à fait acceptable. Au niveau des coûts, il est important de regarder le système énergétique dans sa globalité. Le coût de production de méthane de synthèse est important, mais il permet d'être injecté indéfiniment dans le réseau de gaz (ndlr : au contraire de l'hydrogène qui est limité à 2% du volume injecté), et évite ainsi de nombreux investissements supplémentaires nécessaires sur le réseau électrique.

**PMP :** Quel est le rôle de Fluxys dans le développement du P2G sur le territoire belge ?

**N. GIELIS :** Fluxys participe avec Eoly et Parkwind au développement d'une unité de 25 MW. Dans ce cadre, nous avons reçu le soutien du fonds de transition énergétique fédéral. En outre, si on parle uniquement d'hydrogène et donc pas de méthanation, seul le réseau gazier de Fluxys est en mesure d'injecter de grandes quantités d'hydrogène dans le réseau en raison d'un équilibre à maintenir au moyen de grandes quantités de gaz naturel et afin de rester en dessous des limites d'injection (actuellement 2%, même si la législation ne le permet pas encore). De manière plus générale, Fluxys se positionne comme un acteur proactif dans la transition énergétique et travaille à un cadre favorable au développement du gaz vert en Belgique et en Europe.



9. [http://www.renouvelle.be/fr/actualite-belgique/premier-projet-industriel-en-belgique-pour-convertir-lelectricite-verte-en?utm\\_source=sendinblue&utm\\_campaign=Renouvelle\\_mai\\_2018&utm\\_medium=email](http://www.renouvelle.be/fr/actualite-belgique/premier-projet-industriel-en-belgique-pour-convertir-lelectricite-verte-en?utm_source=sendinblue&utm_campaign=Renouvelle_mai_2018&utm_medium=email)

# LA CERTIFICATION PMP

Dans chaque numéro, nous vous présentons un projet passif récemment certifié par pmp avec ses spécificités et les chiffres qui le caractérisent.



C'est au cœur du Hainaut que ce magnifique projet est sorti de terre. Véritable défi pour les architectes qui se devaient d'intégrer cet ensemble de deux unités neuves dans un paysage résidentiel pour le moins hétérogène. Leur affectation était tout aussi primordiale : la Ruche (partie verte) abrite en effet les bureaux d'une société de logements sociaux ainsi que le service travaux et le CPAS de la Commune (partie bleue). Le tout comprenant des ateliers et des parkings souterrains. Deux certificats passifs ont ainsi été obtenus pour ce site.

**Bâtiment :** La Ruche chapelloise

**Lieu :** Chapelle-Lez-Herlaimont, rue de Piéton

**Certification pmp :** novembre 2017

**Architecte :** Agence d'architectes Olivier Russe

**Bureau d'études :** Zeugma Engineering

## LA RUCHE



**10** puits géothermiques de 100m de profondeur



**334** m<sup>3</sup> d'isolant



**806** m<sup>2</sup> de surface de référence énergétique



**3.534** m<sup>3</sup> de volume intérieur net



**111** panneaux photovoltaïques



**11** kWh/(m<sup>2</sup> an) de besoin net en chauffage

## LA COMMUNE



**7** puits géothermiques de 100m de profondeur



**266** m<sup>3</sup> d'isolant



**411** m<sup>2</sup> de surface de référence énergétique



**1.824** m<sup>3</sup> de volume intérieur net



**207** panneaux photovoltaïques



**15** kWh/(m<sup>2</sup> an) de besoin net en chauffage

## > **DANS LE PROCHAIN EXPRESSO**

À travers nos deux derniers numéros, nous avons abordé les thématiques de production et de stockage d'énergies renouvelables. Afin de boucler la boucle, il nous manque une thématique cruciale : comment tenir compte de l'usage de cette énergie renouvelable ? Au-delà du bâtiment, la question de l'énergie renouvelable à l'échelle d'un réseau implique d'avoir une approche entièrement dédiée à cette vision d'avenir.

Notre prochain numéro introduira donc la notion d'énergie primaire renouvelable et présentera la toute nouvelle méthode de calcul qui permettra de déterminer les performances d'un bâtiment passif dans un contexte énergétique d'avenir. Ne manquez pas ce rendez-vous ; le changement, c'est demain !

### ✓ **L'ÉNERGIE PRIMAIRE RENOUEVABLE**

**ON NE PARLE PLUS D'ÉNERGIE PRIMAIRE  
MAIS D'ÉNERGIE PRIMAIRE RENOUEVABLE.  
DE QUOI S'AGIT-IL ?**

### ✓ **LES NOUVEAUX LABELS DE CERTIFICATION**

**DÉCOUVREZ LES NOUVEAUX LABELS POUR UN  
AVENIR ÉNERGÉTIQUE 100% RENOUEVABLE**

Dès le prochain numéro, l'Expresso s'enrichit d'un supplément exclusif réservé aux membres pmp :  
**L'Expresso +**

Dans le n°13, découvrez entre autres la logique qui a permis d'implémenter l'énergie primaire renouvelable au sein de PHPP 9.6, les hypothèses, les facteurs de conversion, etc.

Envie de profiter de ce contenu exclusif ?  
**Devenez membre pmp !**



# SAVE THE DATE

LE 1<sup>ER</sup> OCTOBRE 2019 À 18H

«AU-DELÀ DU PASSIF : LES NOUVEAUX LABELS DE pmp ET DES PROJETS TERTIAIRES INSPIRANTS»

- pmp vous présentera les nouveaux labels et leurs critères pour un avenir énergétique 100% renouvelable
- Des projets tertiaires s'inscrivant déjà dans l'après-passif seront présentés par des architectes et bureaux d'études



Copyright A2M

**CERCLE DU LAC - SALLE LEMAN | BLD BAUDOIN 1<sup>er</sup>, 23 – 1348 LOUVAIN-LA-NEUVE**

**ENVIE DE SOUTENIR pmp ?**  
Devenez sponsor occasionnel ou structurel !

Pour plus d'infos, contactez-nous

Nous remercions Kammco, qui sponsorise ce numéro

**kammco**

Envie d'en savoir plus sur pmp ? De découvrir d'autres projets certifiés ? Retrouvez pmp sur



Éditeur responsable  
Stéphanie Nourricier, pmp asbl  
Parc Scientifique Créalys  
70, rue Saucin  
5032 Gembloux

Cet Espresso a été rédigé par l'équipe pmp : Christian Bayet, Benjamin Biot, Sylvain Carboneille, Ariane Caudron, Arnaud Dawans, Pascal Destrais, Lucie Koller, Cathy Leblicq, Denis Lefébure, Cécile Namur, Stéphanie Nourricier, et Pol Vanderputten.

Design graphique  
Margaux Fédensieu

Nous contacter  
071 960 320  
info@maisonpassive.be  
Bâtiment Greenwal  
Parc scientifique Créalys  
70, rue Saucin  
B – 5032 Gembloux  
www.maisonpassive.be

Cet Espresso est soutenu par  
Bruxelles-Environnement.

