

## **Chapitre 2**

### **Stockage de l'énergie**

### 1. Introduction

Le stockage de l'énergie est le placement d'une quantité d'énergie en un lieu donné pour une utilisation ultérieure. Cela est nécessaire pour une valorisation efficace qui concerne les énergies alternatives, sûres et renouvelables mais intermittentes (éolien et solaire). Afin de stabiliser les réseaux énergétiques et de lisser les irrégularités de production/consommation dans le contexte de développement des énergies renouvelables, l'alimentation énergétique de sites insulaires ou isolés, le stockage de l'énergie calorifique ou électrique est quasiment nécessaire.

Dans un souci qui concerne l'avenir et la planète, l'humanité doit puiser son énergie à d'autres puits que ceux de pétrole. Mais cette nécessaire transition vers les sources renouvelables, qui fait actuellement l'objet d'un débat national, ne s'opérera qu'à une condition : parvenir à stocker l'énergie. En effet, s'il est aujourd'hui plus ou moins simple de produire de l'électricité, de la chaleur et même de l'hydrogène, stocker durablement ces trois vecteurs d'énergie reste une véritable gageure scientifique et technologique.

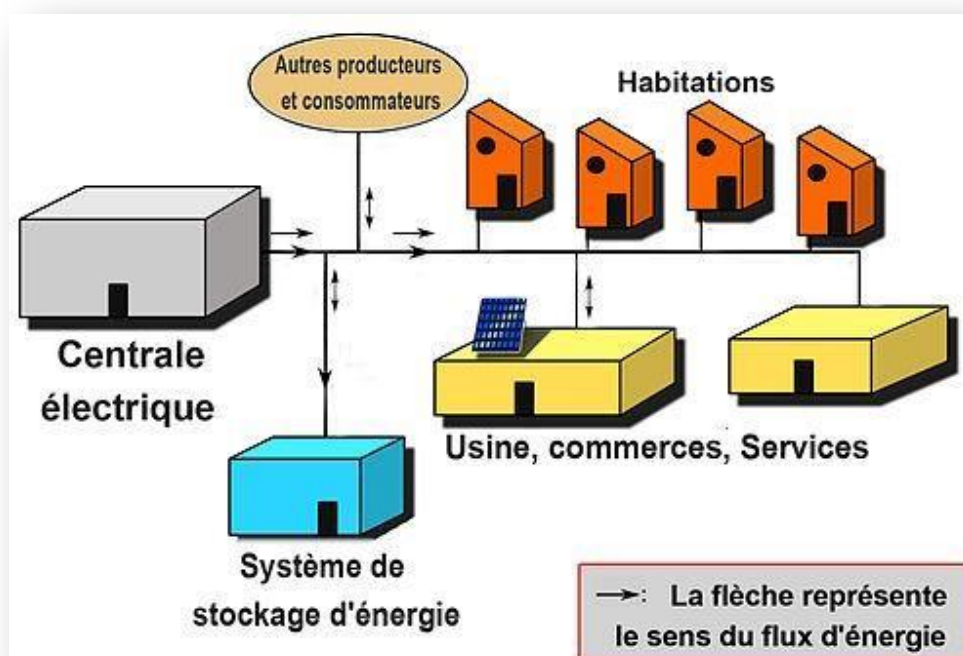


Figure 6. Schéma simplifié et de principe d'un système intégré de stockage dans un réseau électrique, de type « Grid energy storage » (Source : <https://fr.wikipedia.org>)

Le stockage d'énergie de grille (ou stockage à grande échelle d'énergie) est une collection des méthodes employées pour stocker l'énergie électrique à grande échelle au sein d'un réseau électrique.

L'énergie électrique est stockée pendant les périodes où la production (en particulier des centrales électriques intermittentes telles que les sources d'électricité renouvelables comme l'énergie éolienne, la marée et l'énergie solaire) dépasse la consommation et est retournée au réseau lorsque la production tombe en dessous de la consommation.

## **2. Définitions**

Pour la production d'énergie, le stockage est essentiel. Il est connu couramment, dans la littérature, et économiquement chez les spécialistes par « production d'énergie » :

- soit la transformation d'un stock d'énergie potentielle en une énergie directement utilisable pour un travail ou un usage thermique.
- soit la transformation directe de flux d'énergie naturels, flux sur lesquels l'humain n'a aucun contrôle. Ce sont les énergies renouvelables, souvent issues du rayonnement solaire.

Selon les physiciens, il n'y a jamais production d'énergie, mais transformation d'une énergie disponible dans la nature.

En outre, le stockage est la constitution d'un stock d'énergie potentielle à partir de flux d'énergie dont on n'a pas l'usage immédiat, pour en disposer plus tard, quand la demande sera plus importante.

➤ La nature stocke naturellement de l'énergie par exemple avec la biomasse "neuve" (non fossile), le cycle climatique de la terre (pluie, neige...), les marées, ...

Certains stockages naturels n'ont eu lieu qu'à l'échelle de temps géologique (création du charbon, du pétrole et du gaz, formation des étoiles et des éléments radioactifs dans les noyaux des planètes).

Aujourd'hui, les stocks d'énergies fossiles s'épuisent, leur renouvellement étant infinitésimal à l'échelle de temps de la vie humaine, raison pour laquelle ces ressources sont appelées non-renouvelables et fossiles (Voir chapitres 0 & 1).

### 3. Intérêt du stockage de l'énergie

- ✓ Le stockage d'énergie est un enjeu vital pour les sociétés humaines et l'industrie.
- ✓ L'indépendance énergétique est stratégique et économiquement essentielle.
- ✓ L'énergie doit impérativement être disponible à la demande, sans coupure inopinée. Toute rupture d'approvisionnement a un coût économiques et social élevé et en termes de santé et de sécurité. etc ;

Exemple : une coupure de courant dans un hôpital peut avoir des conséquences désastreuses, ce pourquoi il est muni de plusieurs groupes électrogènes de secours et de stocks de carburant.

En réalité, un stockage d'énergie est utile pour les fins suivantes :

- Sécurisation de l'approvisionnement en énergie d'un pays ou d'un groupe de pays.
- Ajustement de la production d'énergie en fonction de la demande.
- Compensation de l'irrégularité de la production des énergies dites intermittentes.
  - ✓ Besoins quantitatifs
  - ✓ Sécurisation de l'approvisionnement en énergie
  - ✓ Ajustement de la production d'énergie à la demande
  - ✓ Compensation de l'irrégularité de la production des énergies intermittentes
  - ✓ Perspectives économiques et sociétales

### 4. Efficacité énergétique d'un stockage d'énergie

Sauf pour les moyens naturels de stockage d'énergie ambiante, comme la lumière solaire dans la biomasse, le vent ou la pluie, le stockage d'énergie est associé à l'opération inverse : l'opération consistant à récupérer l'énergie stockée (le déstockage d'énergie). Les deux opérations de stockage/déstockage constituent un cycle de stockage. À la fin d'un cycle, le système de stockage retrouve son état initial; on a alors régénéré le stockage.

- L'efficacité énergétique d'un cycle correspond au rapport entre la quantité d'énergie récupérée sur la quantité d'énergie que l'on a cherché initialement à stocker. Ce rapport est généralement inférieur à 1, sauf pour les moyens naturels de stockage d'énergie ambiante où il peut être considéré comme infini.
- L'efficacité énergétique d'un cycle de stockage d'énergie dépend énormément de :
  - ✓ la nature du stockage

- ✓ la nature et des systèmes physiques mis en œuvre pour le stockage et le déstockage.

## **5. Grandes formes de stockage**

Le stockage est directement lié à l'usage qu'on fait de l'énergie. On peut citer les sections suivantes.

- Stockage de combustible.
- Stockage électrochimique.
- Stockage de calories.
- Stockage mécanique.
- Stockage sous forme d'énergie potentielle de pesanteur.

### **5.1. Stockage sous forme d'énergie chimique**

Le stockage sous forme d'énergie chimique est très utilisé mais ne représente pas le mode de stockage le plus important en termes de MWh.

- Énergie chimique de la biomasse : issue de l'énergie solaire
- Potentiel électrochimique et stockage de l'électricité
- Gaz
- Méthane
- Hydrogène

Stockage d'hydrogène gazeux

Stockage d'hydrogène liquide

Stockage sous forme de composés physiques ou chimiques (libération facile du gaz).

### **5.2. Stockage sous forme d'énergie mécanique**

Le stockage sous forme d'énergie mécanique consiste à transformer l'énergie excédentaire sous forme d'énergie potentielle ou cinétique.

- Stockage sous forme d'énergie potentielle
- Stockage hydraulique
- Masses solides
- Air comprimé
- Azote liquide

- Stockage sous forme d'énergie cinétique

### **5.3. Stockage d'énergie calorifique**

Le stockage de chaleur peut être réalisé à travers deux phénomènes différents associés aux matériaux qui assurent le stockage. On parle alors de stockage par chaleur sensible et de stockage par chaleur latente.

- Le stockage par chaleur sensible
- Le stockage par chaleur latente