

## B10- Le Stockage Des Energies

Les différents modes de stockage.

### 1-Le stockage mécanique

\*par pompage

\*air comprimé

\*mécanique , inertiel

### 2-Le stockage électrochimique

\* pile à combustible

\*batterie électrochimique

\*batterie à recirculation

### 3-Le stockage électromagnétique

\*super conducteur

\*SMES

### 4-Le stockage thermique

### 5-Les véhicules électriques comme moyen de stockage

Il existe aujourd'hui de nombreuses solutions de stockage plus ou moins matures à la disposition des acteurs du système. Il n'y a pas de solution qui soit meilleure qu'une autre de manière absolue, chacune est adaptée à des besoins différents. Il est donc nécessaire d'étudier en amont les spécificités de la solution de stockage qui permettront de répondre aux besoins de l'application.

Les différentes technologies de stockage d'énergie se divisent en six catégories :

- mécanique (barrage hydroélectrique, Station de transfert d'énergie par pompage - STEP, stockage d'énergie par air comprimé – CAES, volants d'inertie),
- électrochimique (piles, batteries, vecteur hydrogène),
- électromagnétique (bobines supraconductrices, supercapacités),
- thermique (chaleur latente ou sensible).

## **1-le stockage mécanique**

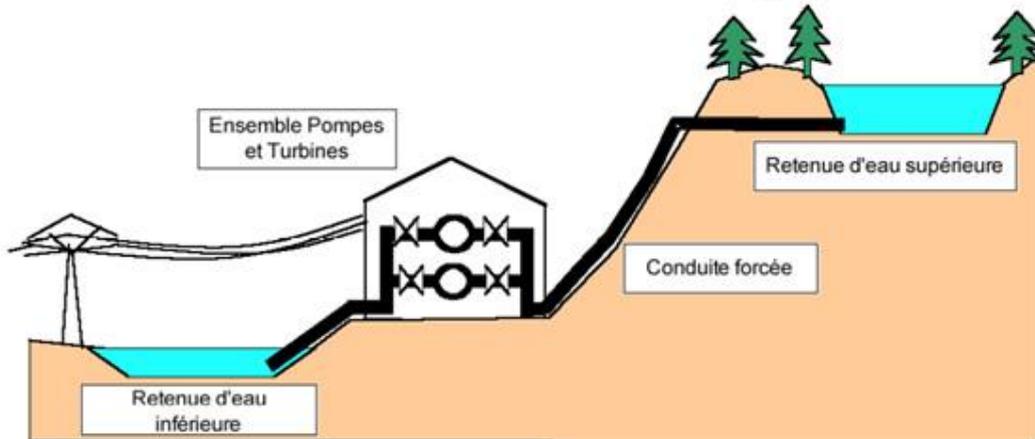
### **1-1.les stations de pompage.**

Les stations de pompage sont des technologies de stockage par gravitation. Elles sont composées de deux retenues d'eau à des hauteurs différentes reliées par un système de canalisations. Elles sont équipées d'un système de pompage permettant de transférer l'eau du bassin inférieur vers le bassin supérieur en heures creuses. En heures pleines, la station fonctionne comme une centrale hydroélectrique classique.

On distingue deux types de pompage :

- les stations de pompage d'apports : elles permettent de remonter via des pompes un volume d'eau entre son propre réservoir et le réservoir supérieur d'une chute turbinage. Les eaux turbinées proviennent ainsi des apports gravitaires et des apports de la station de pompage ;
- les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) : elles sont caractérisées par un fonctionnement en cycles pompage-turbinage entre un réservoir inférieur et un réservoir supérieur, grâce à des turbines-pompes réversibles. Le pompage peut être « mixte » (les eaux turbinées proviennent des apports gravitaires et des apports de la station de pompage) ou « pur » (les apports naturels au réservoir supérieur sont négligeables).

## Fonctionnement d'une installation de stockage gravitaire

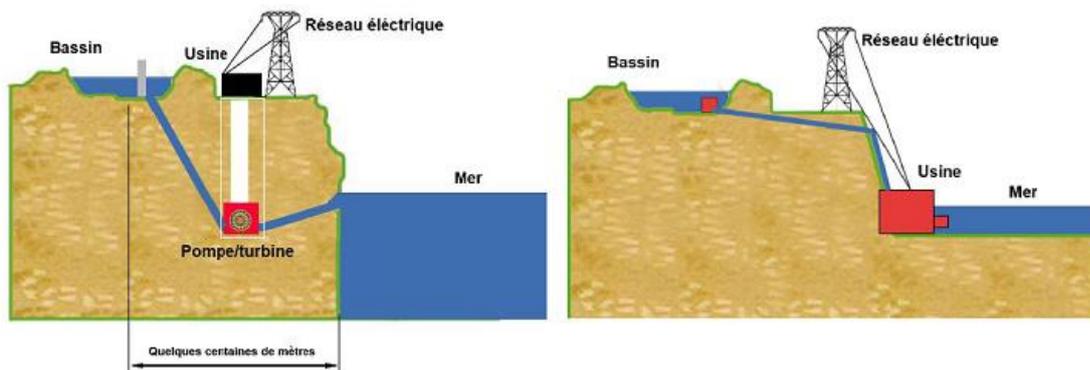


Source : Bernard Multon et Jacques Ruer – Stocker l'électricité : oui c'est indispensable et c'est possible

La taille importante des installations permet de stocker de grandes quantités d'énergie, jusqu'à plusieurs jours de production en fonction de la taille des réservoirs, et d'importantes capacités de puissance mobilisables en quelques minutes, de quelques dizaines de mégawatts à plusieurs gigawatts en fonction de la hauteur d'eau.

Les STEP peuvent également être installées en façade maritime, avec la mer comme retenue inférieure et une retenue amont au sommet d'une falaise ou constituée par une digue. Il existe aujourd'hui une STEP marine à Okinawa au Japon et, en France, EDF SEI a des projets à La Réunion, la Guadeloupe et en Martinique.

## Schéma de principe d'une STEP marine



Source : EDF SEI

Les stations de pompage jouent un rôle important en période de pointe et sont un élément fondamental de sécurité du réseau dans la mesure où leur production est mobilisable en quelques minutes. La France compte sur son territoire 4 200 MW de capacités de STEP (4 170 MW en pompage, 4 940 MW en turbinage – Source DGEC 2010), ce qui représente 4 % de la capacité de production installée. La dernière STEP fut mise en service en 1987 et il n'y a pas aujourd'hui, en métropole, de nouvelles capacités en construction.

La Programmation Pluriannuelle des Investissements de production d'électricité prévoit d'augmenter les capacités d'énergies hydroélectriques de 3 000 MW sur la période 2009-2020. Si tout ce potentiel

était exploité, on pourrait gérer les pointes de consommation hivernales en France sans faire appel aux centrales thermiques. L'attrait du stockage par STEP est donc un formidable vecteur de durabilité de l'approvisionnement électrique.

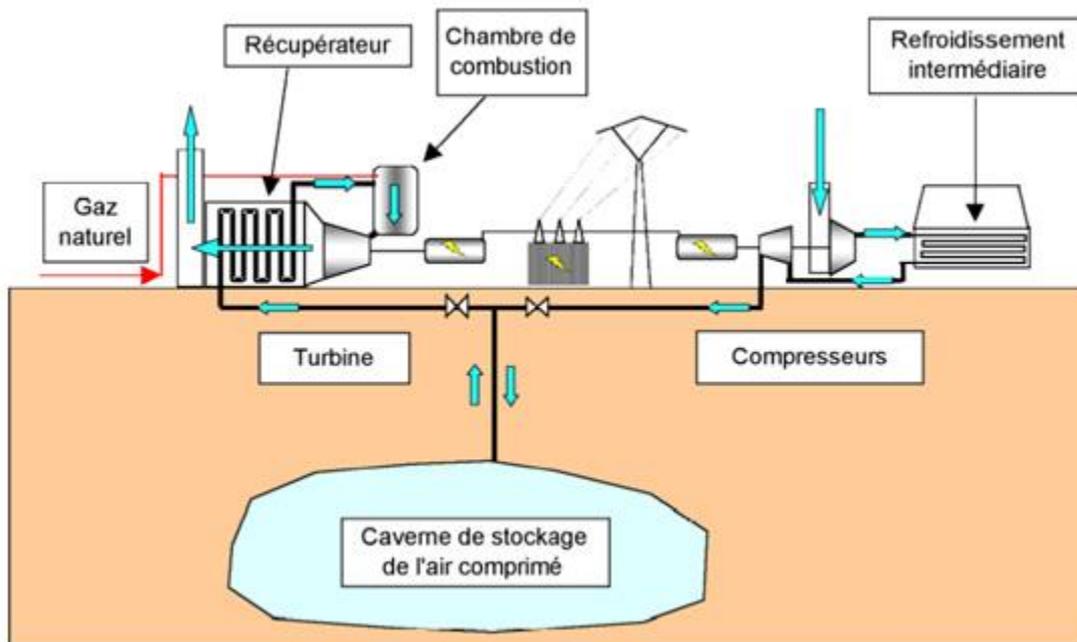
Il est probable que de nouvelles capacités de STEP soient planifiées dans le cadre du renouvellement des concessions hydroélectriques. La définition du marché de capacité prévu par la loi Nouvelle Organisation des Marchés de l'Electricité, dite loi NOME, permettrait également le développement de nouvelles capacités de stockage d'électricité.

Cependant, les projets hydroélectriques peuvent avoir des impacts environnementaux et sociaux importants qui freinent l'acceptabilité de ces ouvrages

### 1.2 Le stockage par air comprimé.

Les installations de stockage d'énergie par air comprimé (Compressed Air Energy Storage - CAES) de grande puissance consistent, en utilisant l'électricité disponible à bas coût en période de faible consommation, à stocker de l'air dans des cavités souterraines (ancienne mine de sel ou caverne de stockage de gaz naturel) grâce à un compresseur. Au moment de la pointe de consommation, cet air comprimé est libéré pour faire tourner des turbines qui produisent ainsi de l'électricité.

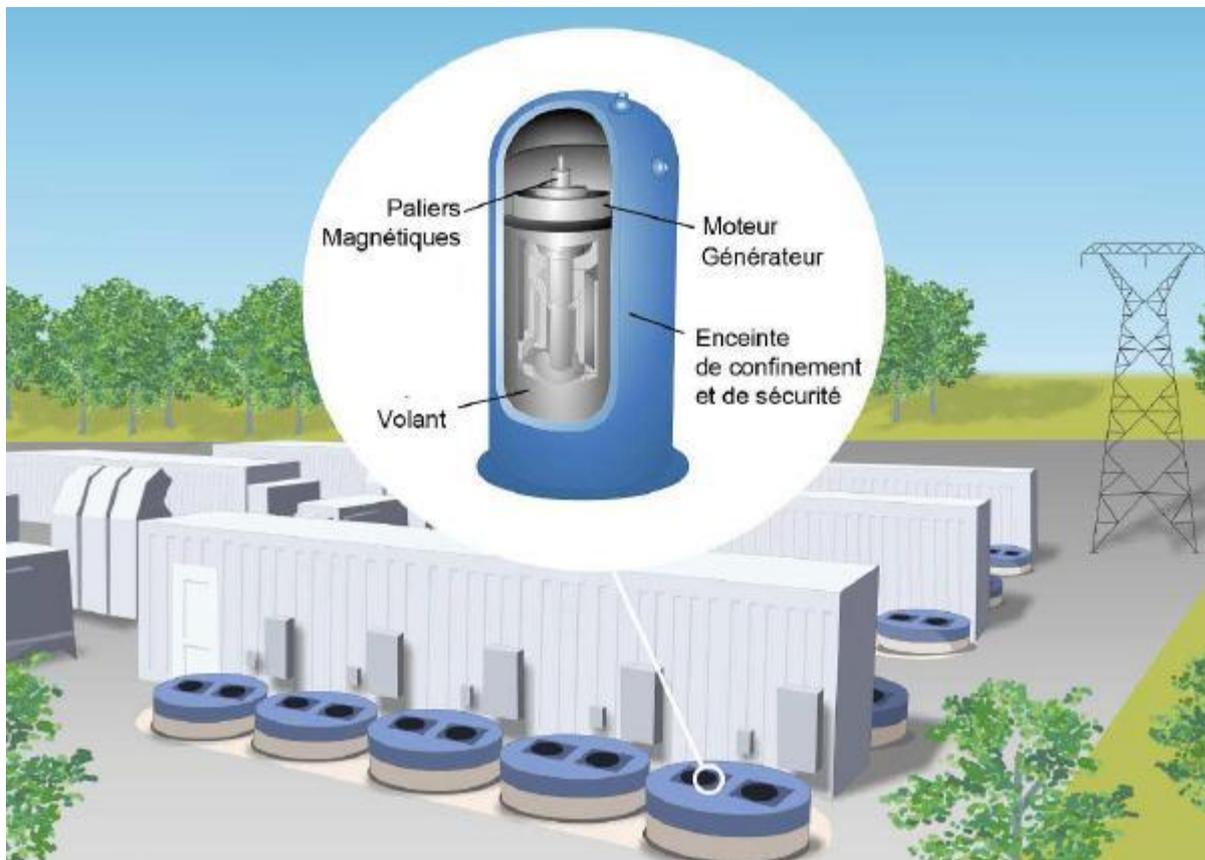
#### Schéma de principe d'une installation de stockage à air comprimé



Source : Bernard Multon et Jacques Ruer – Stocker l'électricité : oui c'est indispensable et c'est possible

Le rendement des CAES est malheureusement réduit car la compression de l'air s'accompagne d'un échauffement. Afin d'en améliorer la performance, des systèmes de stockage thermique sont en cours de développement afin de récupérer la chaleur (stockage adiabatique).

### 1-3 Le stockage inertielle



Longtemps utilisé pour la régulation des machines à vapeur, le principe du volant d'inertie permet aujourd'hui de stocker temporairement l'énergie sous forme de rotation mécanique.

Un volant d'inertie est constitué d'une masse (anneau ou tube) en fibre de carbone entraînée par un moteur électrique.

L'apport d'énergie électrique permet de faire tourner la masse à des vitesses très élevées (entre 8 000 et 16 000 tour/min) en quelques minutes. Une fois lancée, la masse continue à tourner, même si plus aucun courant ne l'alimente.

L'électricité est donc stockée dans le volant d'inertie sous forme d'énergie cinétique. Elle pourra être restituée en utilisant un moteur comme génératrice électrique, entraînant la baisse progressive de la vitesse de rotation du volant d'inertie.

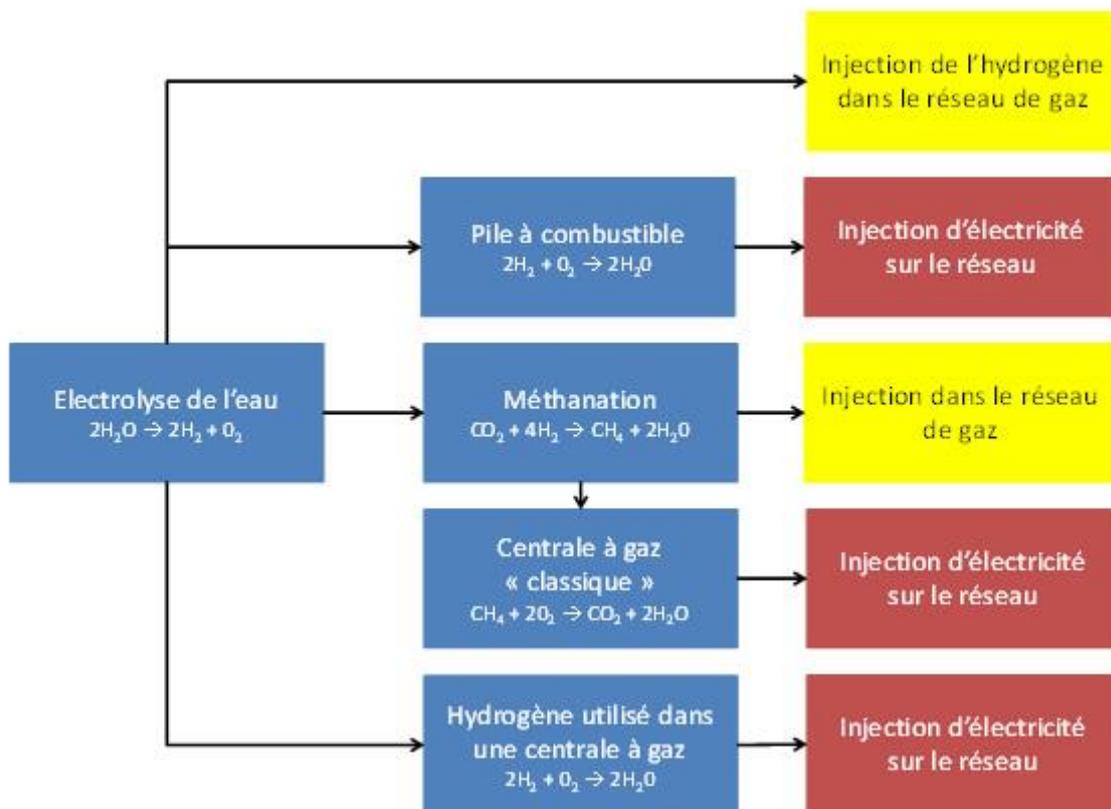
Les systèmes de stockage par volant d'inertie ont une très forte réactivité et une grande longévité. En effet, ce système peut absorber de très fortes variations de puissance sur de très grands nombres de cycles. Cependant, les volants d'inertie subissent des pertes de charge en raison de phénomènes d'autodécharge et ne permettent pas d'obtenir une durée d'autonomie importante. Ces systèmes sont donc adaptés pour des applications de régulation, d'optimisation énergétique d'un système et d'amélioration de qualité (micro-coupures, coupures brèves, etc.).

## 2-Le stockage électrochimique

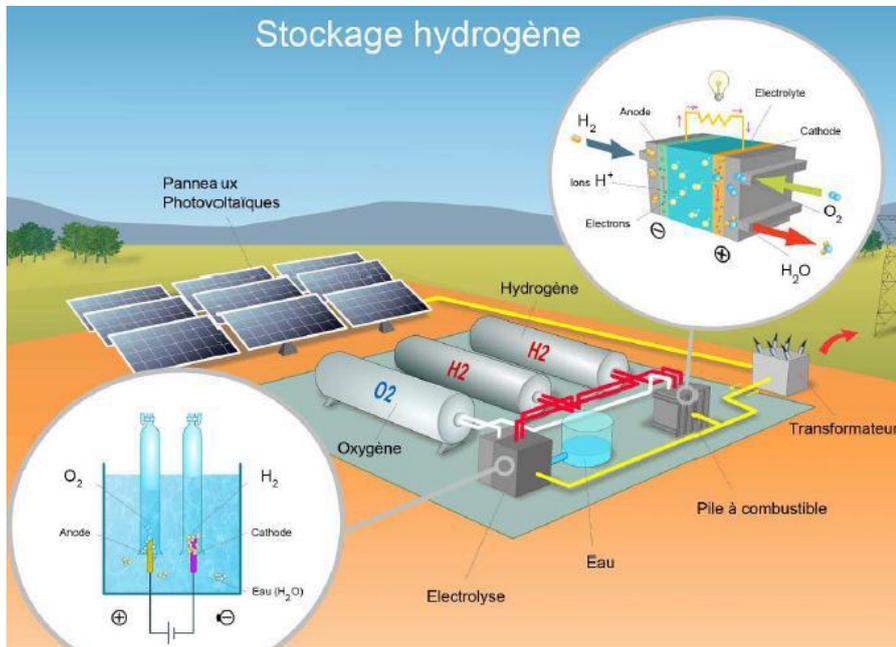
Les systèmes de stockage d'énergie grâce à l'hydrogène utilisent un électrolyseur intermittent. Pendant les périodes de faible consommation d'électricité, l'électrolyseur utilise de l'électricité pour décomposer de l'eau en oxygène et en hydrogène, selon l'équation  $2 \text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ . Cet hydrogène est ensuite comprimé, liquéfié ou stocké sous forme d'hydrure métallique.

Ensuite, il existe trois moyens différents pour réinjecter de l'électricité sur le réseau à partir de l'hydrogène stocké :

### Les différentes possibilités de stockage de l'énergie grâce à l'hydrogène



## 2.1-La pile à combustible



- le deuxième consiste à synthétiser du gaz naturel selon le procédé de la méthanation. Ce gaz peut certes être injecté directement dans le réseau de gaz existant mais surtout être utilisé pour alimenter une centrale à gaz « classique », produisant de l'électricité ;
- le troisième consiste à utiliser l'hydrogène directement dans une centrale à gaz spécialement conçue à cet effet, afin de fabriquer de l'électricité.

Source : Sénat, Commission d'enquête sur le coût réel de l'électricité

L'intérêt de ce type de système réside :

- dans la grande flexibilité d'usage du vecteur d'hydrogène, qui a pour particularité d'être facilement stocké et transporté, que ce soit sous forme liquide ou gazeuse ;
- et dans le découplage énergie-puissance : en effet, la capacité de puissance en absorption ou en production est dimensionnée par l'électrolyseur ou la pile à combustible. La capacité en énergie est dimensionnée par la taille des réservoirs et peut aller de plusieurs heures à plusieurs jours en fonction de l'application du système (secours, décalage de consommation).

Pendant leur utilisation, les électrolyseurs et les piles à combustible dégagent de la chaleur (entre 20 et 50 % de l'énergie du système selon la technologie), dont la valorisation améliore la rentabilité économique du système.

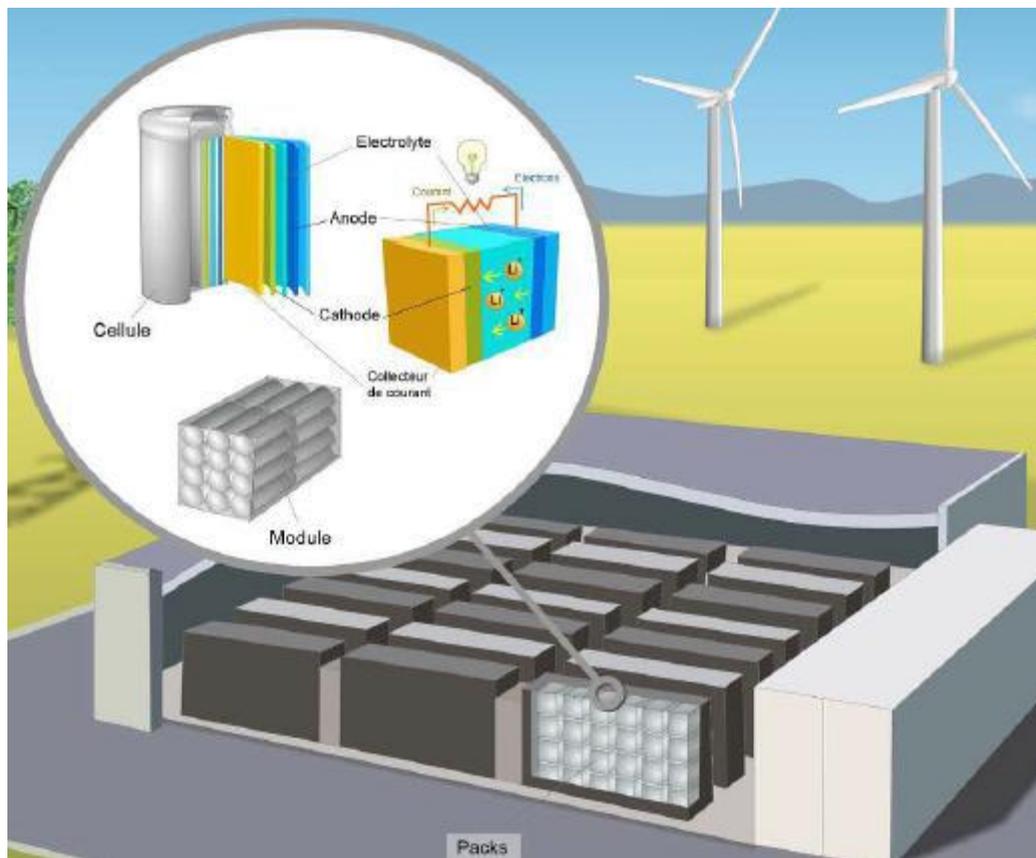
## 2.2- Les batteries électrochimiques

Les batteries électrochimiques sont conçues par empilement de disques composés de différents types d'éléments chimiques. Il existe ainsi des batteries plomb-acide, nickel-cadmium, nickel-hydrure métallique, lithium-ion, lithium-polymère, lithium-air, sodium-soufre, chlorure de sodium (zebra), etc.

Tableau comparatif des différentes technologies de batteries

	Pb	Ni-Cd	Ni-Mh	Ni-Zn	Zebra	LMP	Li-ion	Li-Po	LiFePo4	Li-air
Wh/kg	40	60	90	80	120	110	150	190	110	1000
Durée de vie (cycles)	500	2000	1500	nc	nc	1800	1000	2000	2000	nc

Source : Avem



L'empilement est ensuite relié à un système d'électronique de puissance qui, lors de la décharge, convertit le courant continu des batteries en courant alternatif à la tension, la fréquence et la puissance voulues. Ce système est aussi utilisé dans le sens inverse pour recharger les batteries.

Dans les systèmes de stockage par batteries électrochimiques, les assemblages de batteries sont conçus pour fournir la puissance et la capacité en fonction des usages (par exemple stabilisation des réseaux, alimentation de secours). La capacité de stockage de puissance et d'énergie varie en fonction des technologies. Les principaux avantages des batteries sont leur flexibilité de dimensionnement et leur réactivité.

### 2.3- La batterie à recirculation

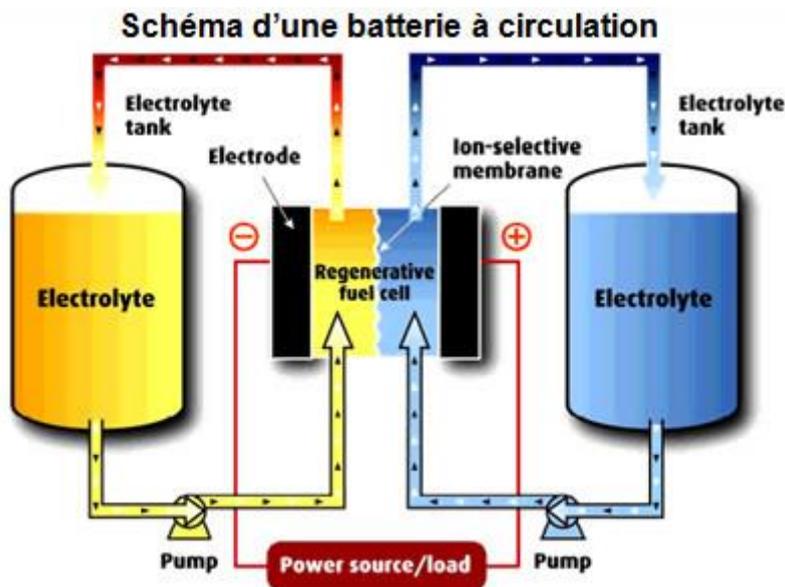
La batterie à circulation est une batterie dont la spécificité est que les réactifs sont en solution dans deux électrolytes différents, un pour l'anode et un pour la cathode. deux électrolytes liquides contenant des ions métalliques (couples d'ions métalliques zinc/brome, polybromure/ polysulfure de sodium et vanadium/vanadium), séparés par une membrane échangeuse de protons, circulent à travers des électrodes. L'échange de charges permet de produire ou d'absorber l'électricité.

Les ions communs aux deux électrolytes peuvent circuler d'une cellule à l'autre à travers une membrane semi-perméable. Les électrolytes sont maintenus en permanence en circulation grâce à des pompes pour assurer le renouvellement des ions réactifs.

Le principal avantage de cette technologie est le découplage puissance/énergie : la capacité en puissance dépend du dimensionnement de la cellule tandis que la capacité en énergie dépend du volume des réservoirs d'électrolytes.

Dans les systèmes de stockage par batteries à circulation,

La puissance produite ou absorbée est dépendante du dimensionnement de la membrane d'échange et des électrodes, tandis que l'énergie stockée est dépendante du volume des électrolytes.



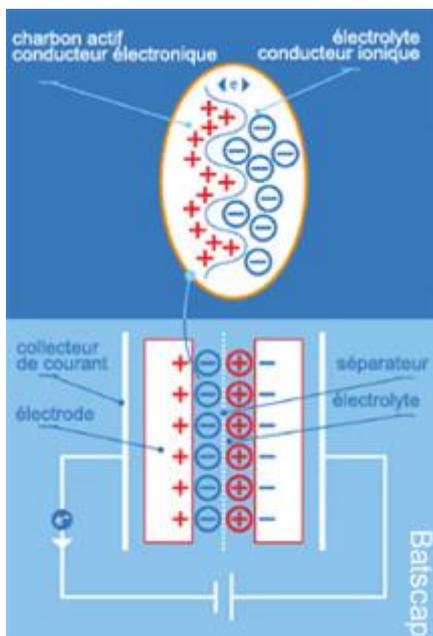
Source : Regenesys

### 3-Stockage électromagnétique

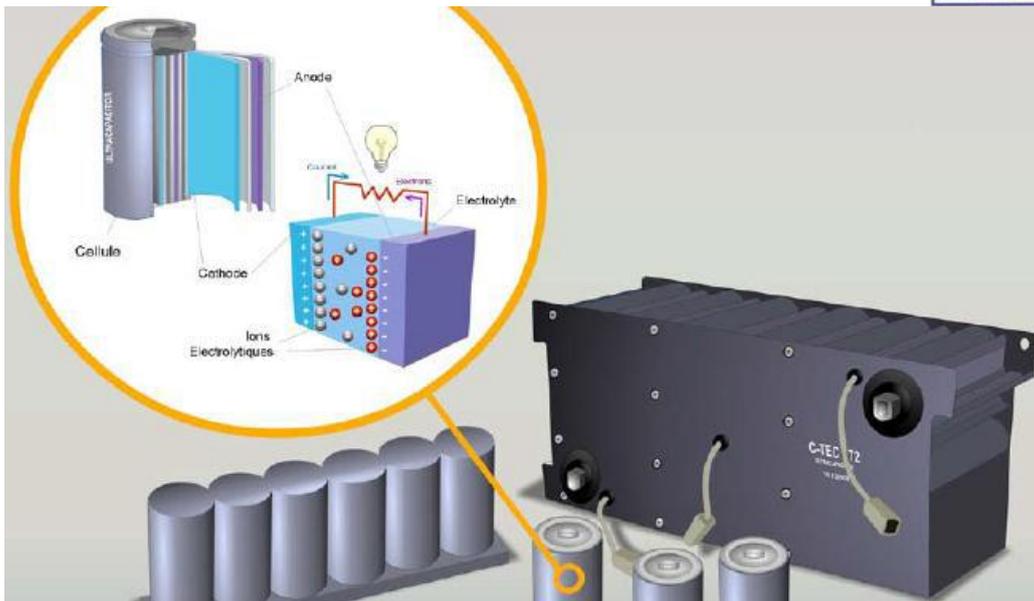
On parle de moyens de stockage à petite échelle lorsqu'ils sont destinés à être implantés au niveau du consommateur, ou être couplés à des systèmes de production intermittente de faible puissance. On classe dans cette catégorie les technologies ayant de petites capacités en énergie, et donc plutôt dimensionnées en puissance, avec des constantes de temps faibles.

#### 31. Super-condensateur

Le super-condensateur permet de stocker de l'énergie électrostatique. Il est constitué de 2 électrodes poreuses plongées dans un électrolyte et séparées par un séparateur laissant circuler les ions mais pas les électrons. L'électrolyte et les électrodes interagissent et induisent la formation spontanée de deux couches de charges aux interfaces, l'une positive et l'autre négative.



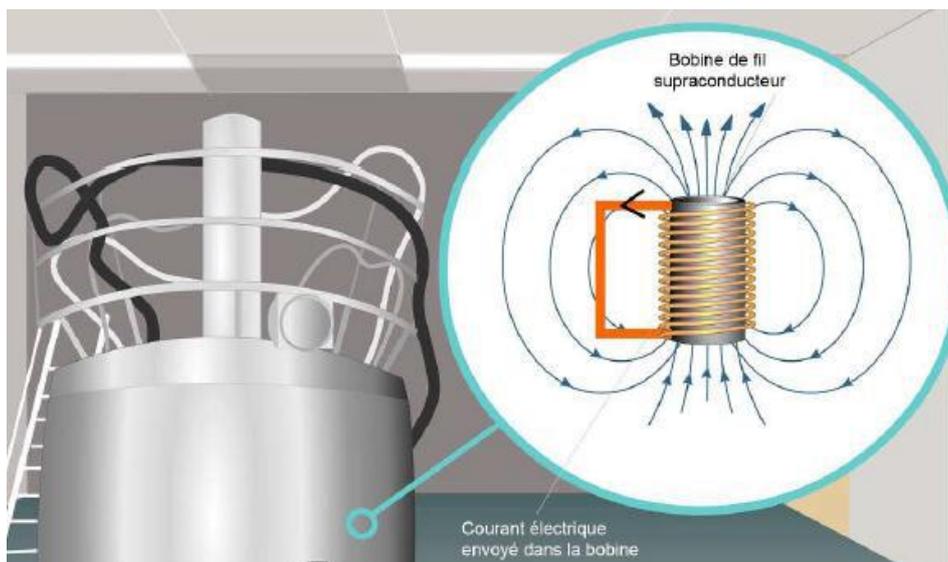
Ces super-condensateurs ont des temps de réponse très courts et permettent principalement le lissage des creux de tension. Ce type de technologie peut servir de stockage stationnaire (par exemple couplé à des EnR) mais cela nécessite la mise en série d'un nombre important de super-condensateurs : ce n'est possible que s'il n'y a pas de contrainte d'encombrement.



### **3.2-. Inductance Supra-conductrice (SMES : Superconductor Magnetic Energy Storage)**

Ce système de stockage repose sur une bobine supraconductrice court-circuitée. Une fois court-circuitée, ce système ne perd pas d'énergie grâce à l'absence de résistance. L'énergie y est stockée sous deux formes : électrique et magnétique (champ créé par la bobine parcourue par le courant). Il s'agit d'une technologie fiable, dont le temps de réaction est très court et le rendement très élevé (il peut dépasser les 0,95) en raison des faibles pertes localisées uniquement au niveau des connexions et du convertisseur électronique de puissance.

Ces inductances supraconductrices ont des applications similaires aux super-condensateurs : lissage de creux de tension, amélioration de la qualité, etc. Elles sont cependant relativement chères, et nécessitent un processus cryogénique qui pénalise le bilan énergétique.



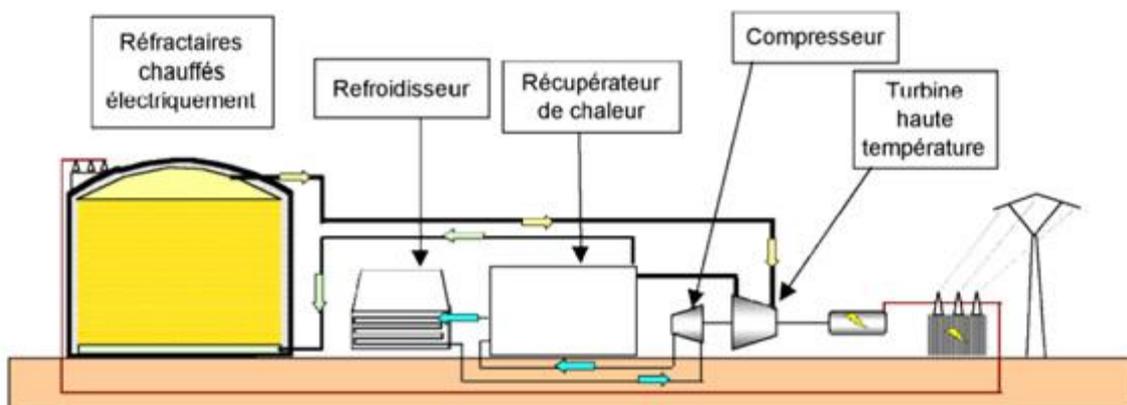
## 4-Stockage thermique (chaleur et froid)

Les installations de stockage thermique (chaleur et froid) concernent majoritairement les marchés industriels et tertiaires avec des réalisations de l'ordre de 1 à 10 MW, les réseaux de chaleur, et le marché résidentiel par le biais des ballons d'eau chaude sanitaire (ECS).

Ces installations ont un potentiel important en termes de compétitivité pour les activités tertiaires et industrielles et en matière d'impact sur la demande en électricité à la pointe. En effet, en stockant la chaleur ou le froid en période de faible demande d'électricité, le potentiel de décalage des appels de puissance est important. Sur les réseaux de chaleur, le stockage de chaleur permet d'optimiser le dimensionnement des installations, notamment dans le cadre d'extension de réseaux existants.

Le stockage de chaleur dans les ballons d'eau chaude sanitaire ou ballons tampons mobilise aujourd'hui un parc de plusieurs millions d'installations, ce qui représente un appel de puissance de plusieurs gigawatts au maximum. Cet appel de puissance est prédictible et commandable, ce qui permet de décaler cet appel de puissance de manière programmée.

### **Schéma d'une installation de stockage thermique**



## 5-L'utilisation du véhicule électrique comme moyen de stockage

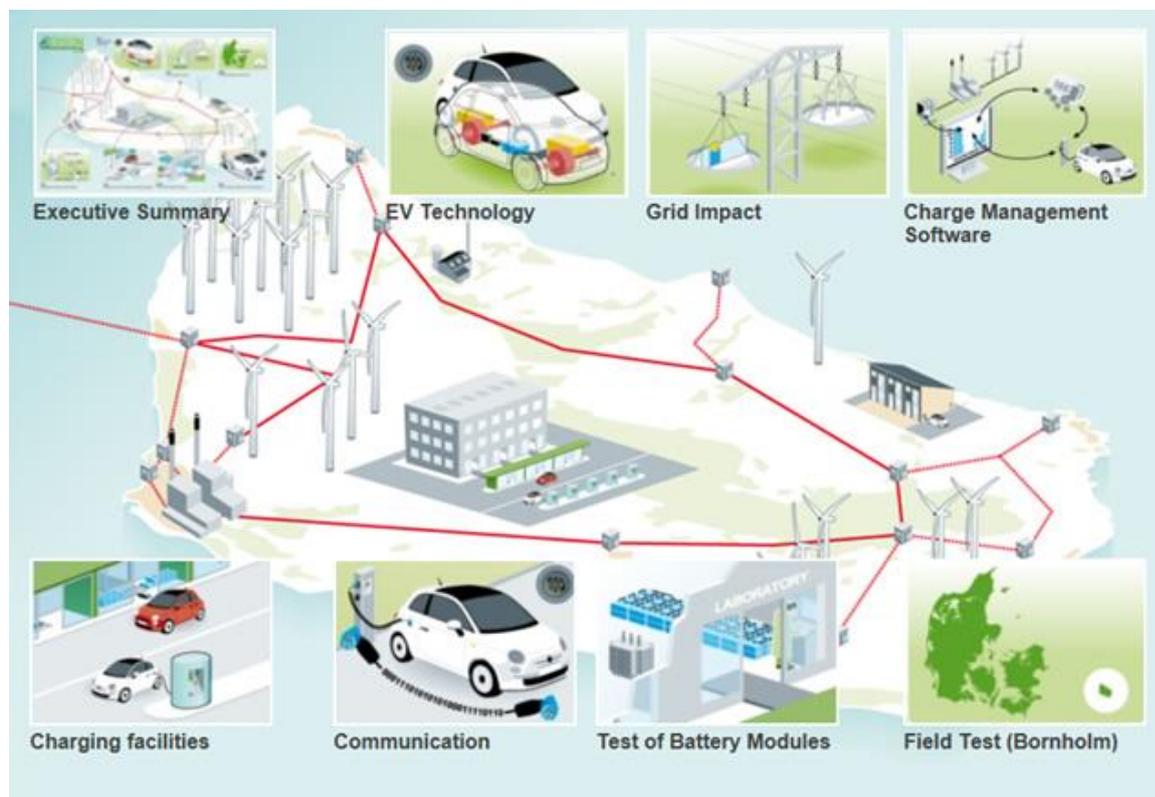
L'arrivée des véhicules électriques est un élément clé dans la gestion du réseau électrique. Une voiture est inutilisée 95 % de son temps de vie et l'utilisation moyenne d'un véhicule électrique nécessitera moins de 80 % de la capacité de la batterie pour les trajets quotidiens.

Il sera donc possible pendant les périodes où le véhicule sera branché au réseau électrique d'utiliser l'électricité stockée pour l'injecter sur le réseau en période de forte demande ou, inversement, de charger la batterie du véhicule en heures creuses. Il s'agit du concept du « vehicle-to-grid », ou V2G, qui consiste à utiliser les batteries des véhicules électriques comme une capacité de stockage mobile.

Les véhicules électriques pourraient donc représenter une capacité additionnelle de stockage d'énergie, sous réserve que cet usage soit technologiquement et économiquement pertinent :

- contrairement au stockage de masse de l'énergie, cet usage de la batterie nécessite des cycles de charge et décharge très rapides et nombreux, ainsi qu'une très forte densité d'énergie ;
- par ailleurs, l'état du système électrique devra être pris en compte lors de la charge ou de la décharge du véhicule. En effet, la recharge d'un véhicule électrique lors de la pointe de consommation en hiver à 19 heures constituerait une difficulté supplémentaire pour l'équilibre du système électrique.

Pour un parc d'un million de voitures électriques branchées (le plan véhicules électriques du gouvernement français prévoit un total de 2 millions de VE à l'horizon 2020), la capacité de stockage pourrait atteindre 10 GWh. Cette capacité de stockage pourrait s'avérer précieuse en période de pointe mais elle suppose que les consommateurs aient adopté le VE et le bon comportement lorsqu'il s'agit de recharger son véhicule.

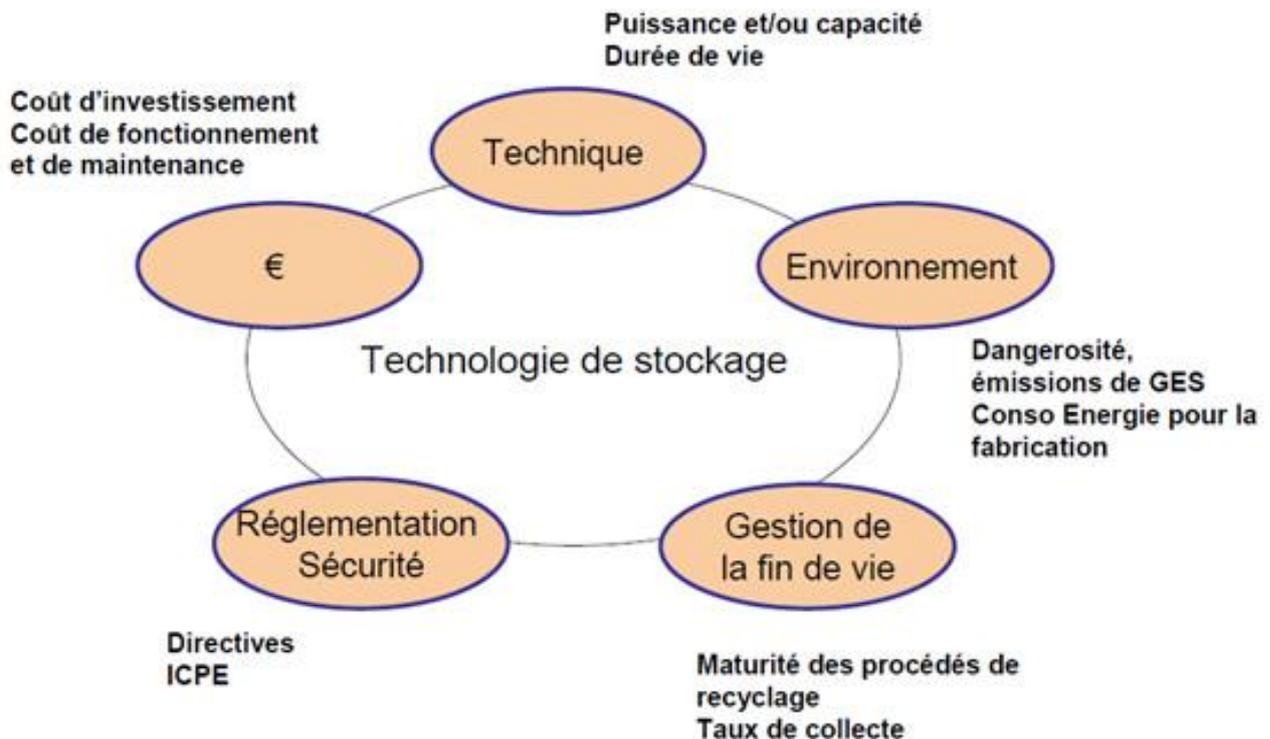




Pour évaluer la faisabilité de ce concept, le projet Edison, qui est situé dans une île danoise, a pour objectif de mesurer en pratique la capacité de stockage qu'offre un parc de voitures électriques pour compléter une production éolienne intermittente. Il s'agit de développer une infrastructure de gestion de la recharge des VE, qui prend les décisions en fonction de l'état du réseau. Le développement de cette infrastructure permettrait aux véhicules électriques de communiquer de manière intelligente avec le réseau électrique. En d'autres termes, les temps de recharge seront déterminés plus efficacement. Il s'agit là d'une technologie de Smart grids. Il s'agit également d'étudier le comportement des utilisateurs de véhicules électriques et de les sensibiliser au bon comportement pour recharger leur véhicule.

## 6-Comparaison des différentes technologies de stockage

L'intégration dans les réseaux électriques des moyens de stockage soulève des interrogations quant au choix de la technologie la plus adaptée aux besoins. En effet, chaque technologie a ses spécificités en termes de taille, de puissance délivrée, de coût, de nombre de cycles et donc de durée de vie, de densité énergétique, de maturité technologique, etc.



Source : CEA Liten

Ainsi, pour comparer les technologies de stockage et choisir le procédé et le dimensionnement un usage particulier, plusieurs facteurs techniques doivent être pris en compte.

En premier lieu, il s'agit de déterminer la localisation et la taille du stockage nécessaire. Faut-il une technologie de stockage diffus (intégration de nombreuses unités de stockage de petite taille sur le réseau de distribution au niveau de la production décentralisée et au plus près de la consommation, dimensionné pour une maison ou un groupe de maisons) ou une technologie de stockage centralisée (quelques unités de stockage de grande dimension type STEP, au niveau des réseaux de transport) ?

Le stockage diffus permettra de mettre en place des microgrids, voire de développer l'autoconsommation quand les tarifs de rachat de l'électricité renouvelable seront suffisamment incitatifs. Le stockage centralisé est intéressant en matière de rentabilité. En effet, elle est assurée par la forte variabilité du prix de l'électricité sur le marché européen : le stockage permet de stocker une électricité achetée en période de faible demande et donc à bas coût et de la revendre en période de forte demande à un coût plus élevé. Par exemple, le 19 décembre 2007, le mégawattheure s'échangeait à 50 € à 5 heures et à 250 € à 19 heures.

Ensuite, différents critères peuvent être utilisés pour choisir la bonne technologie de stockage :

- la puissance disponible et la capacité énergétique. La combinaison de ces deux critères permet de définir le ratio énergie/puissance correspondant au temps de décharge réalisable, souvent caractéristique d'une application particulière ;
- le temps de réaction est un indicateur de la réactivité du moyen de stockage. Il est parfois préférable de définir la vitesse de montée et de descente en charge qui caractérise de manière plus fine le comportement réactif du système ;
- l'efficacité, définie comme rapport entre l'énergie stockée et l'énergie restituée (en  $MWh_{OUT}/MWh_{IN}$ ) ;
- la durée de vie, qu'il est parfois préférable de définir en nombre de cycles de charge/décharge admissibles pour des technologies comme les batteries ;
- pour d'autres usages, d'autres critères sont à prendre en compte, comme la densité énergétique (en  $MWh/kg$  ou en  $MWh/m^3$ ) pour la mobilité par exemple.
- 

D'autres critères sont également à prendre en compte tels que les coûts d'investissement et d'exploitation, les performances et contraintes environnementales et la localisation géographique optimisée pour limiter les pertes induites par le transport. Certaines fois, l'optimum peut même résider dans l'association de plusieurs technologies.

## Comparaison des différentes technologies de stockage de l'électricité (Données DGEC et EPRI)

Technologie	Capacité	Puissance	Délais de réaction	Coûts des investissements (€/kW)	Durée de vie (nb de cycles)	Usage	Commentaires
STEP	1 à 10 GWh	0,1 à 2 GW	10 min	600 à 1 500	11 000	Réseau	99 % des capacités de stockage d'électricité Besoin de sites compatibles
CAES	10 MWh à 10 GWh	15 à 200 MW	1 min	400 à 1 200	11 000	Réseau	2nd génération et technologies adiabatiques en cours de développement Besoin de sites compatibles
Hydrogène	10 kWh à 10 GWh	1 kW à 1 GW	100 ms	3 000 à 5 000	25 ans	Industrie Particuliers	Flexibilité d'usage de l'hydrogène produit Possibilité de valoriser la chaleur produite Découplage de la puissance de l'énergie stockée
Batteries (électrochimiques et à circulation)	1 kWh à 10 MWh	0,01 à 10 MW	1 ms	300 à 3 000	500 à 4 000	Industrie Particuliers	Forte réactivité Les batteries à circulation nécessitent un maintien en température
Volants d'inertie	0,5 à 10 kWh	2 à 40 MW	5 ms	3 000 à 10 000	> 10 000	Réseau	Très forte réactivité Faible capacité en énergie
Super condensateurs	3 kWh	Tension : 2,5 V	3 s		> 10 000	Réseau Industrie	Très forte réactivité
Stockage d'énergie magnétique supraconductrice	0,3 à 30 kWh		8 ms		> 10 000	Réseau Industrie	

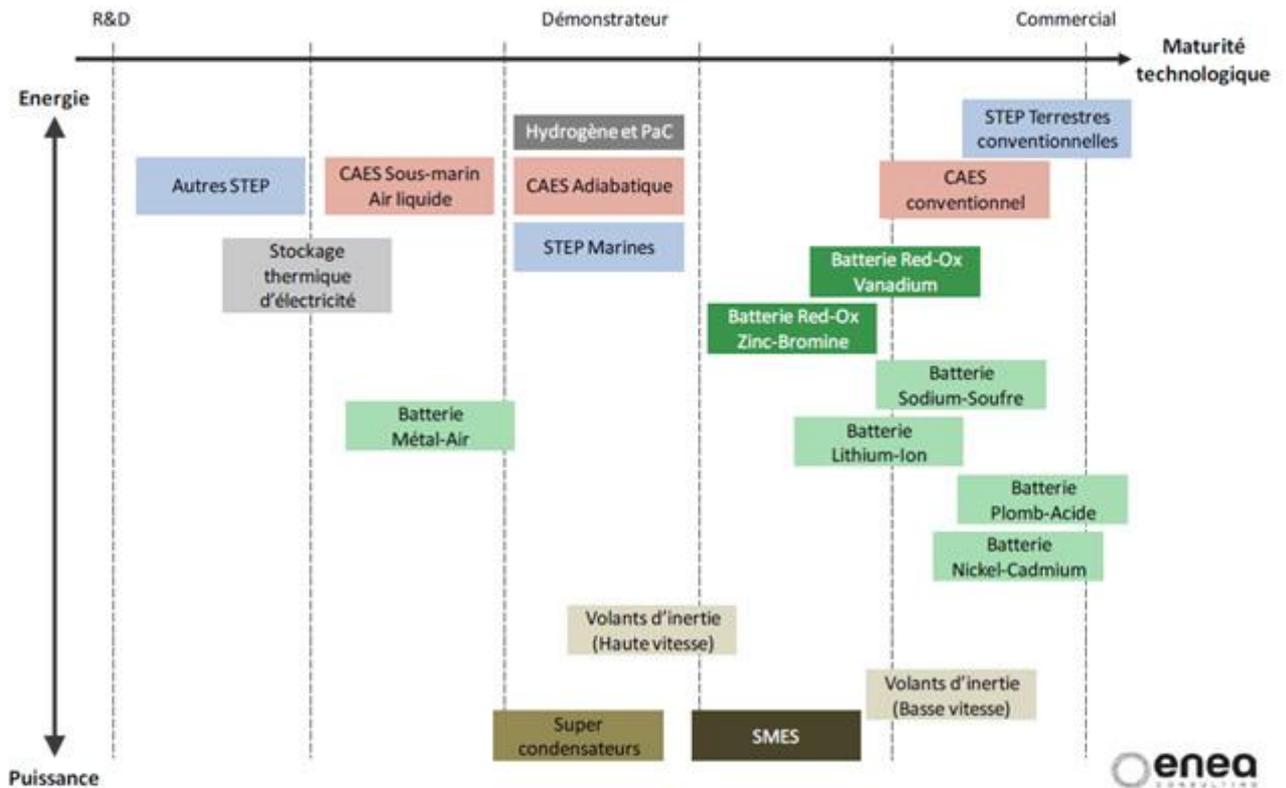


Figure 4 : Niveau de maturité technologique des différents moyens de stockage d'électricité

Typologie des moyens de stockage d'électricité

	Stockage gravitaire		Stockage chimique		Stockage inertiel
	Stockage à air comprimé		Stockage électrochimique		Stockage électrostatique
	Stockage thermique		Stockage électrochimique à circulation		Stockage électromagnétique

<sup>6</sup> DoE : Department of Energy

<sup>7</sup> NEDO : New Energy and Industrial Technology Development Organization

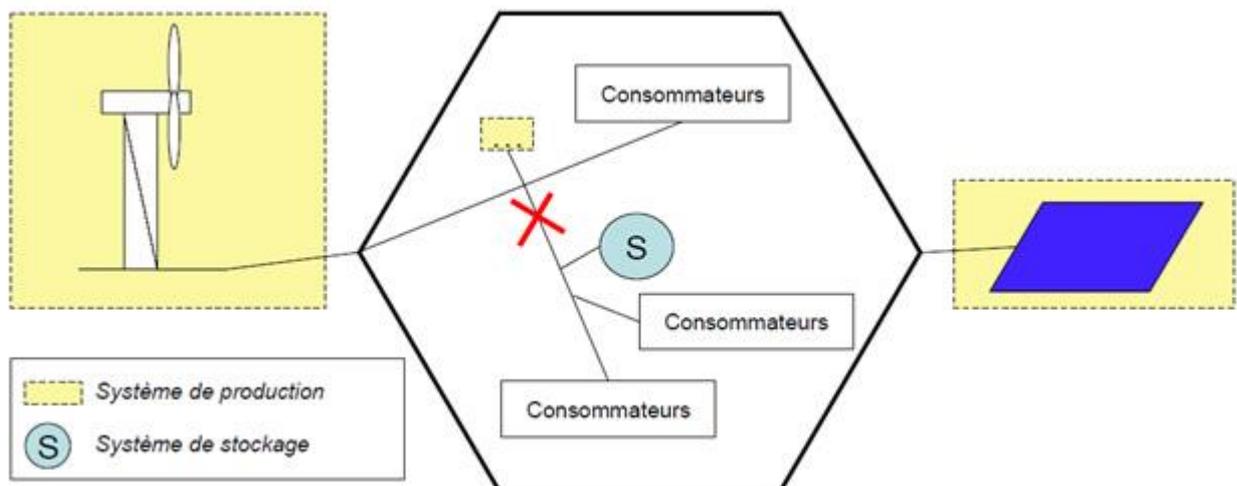
## 7- Les services rendus par le stockage aux réseaux électriques

Sur le plan technique, les technologies de stockage d'électricité peuvent apporter de nombreux services au système électrique. Ces services se classent en quatre grandes catégories :

- le secours,
- le lissage de la charge,
- le maintien voire l'amélioration de la qualité d'alimentation,
- l'intégration d'énergies de sources renouvelables.

### Le secours

Le stockage d'électricité permet de pallier les défaillances du réseau (perte d'une installation de production d'électricité ou rupture d'une ligne) et/ou d'aider au redémarrage d'une installation de production ainsi que de garantir la sécurité du réseau public d'électricité.



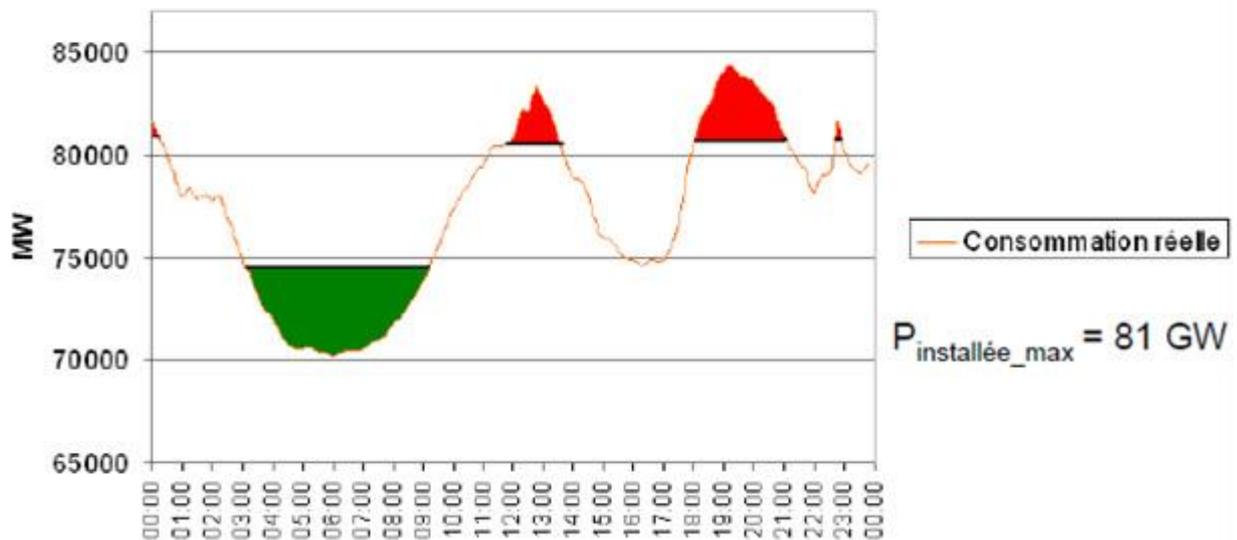
Source : CEA Liten

### Le lissage de charge

Les systèmes de stockage sont un moyen :

- de lisser la puissance active injectée sur le réseau par un moyen de production d'énergies renouvelables (EnR), par essence intermittent ;
- de reporter la production d'énergie des périodes de faible demande en électricité vers les périodes de forte demande. Cela permet ainsi une meilleure gestion du parc de production (voire des installations de production moins grande) et une réduction de l'utilisation des moyens de production thermique de pointe (charbon, gaz, fioul).

### Courbe de consommation d'électricité et prévisions



Source : CEA Liten

#### Le maintien voire l'amélioration de la qualité d'alimentation

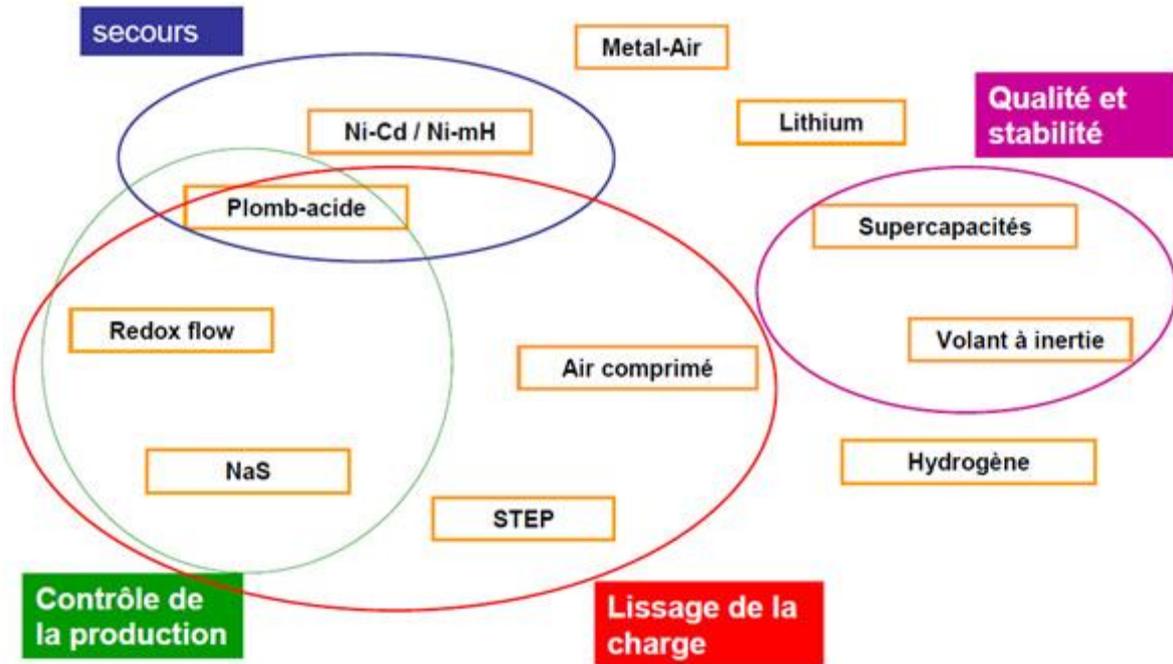
Les technologies de stockage permettent :

- la fourniture de réserves de puissance active rendant possible la participation au réglage de la fréquence du réseau et/ou au mécanisme d'ajustement ;
- l'absorption ou la restitution de la puissance réactive pour la régulation de la tension ;
- la gestion de congestions ponctuelles sur le réseau ;
- d'assurer en permanence une bonne alimentation en électricité en se substituant aux moyens de production tels que les centrales thermiques.

#### L'intégration d'énergies de sources renouvelables

Les systèmes de stockage de l'électricité sont :

- un moyen de lisser la production face à la nature intermittente des énergies renouvelables afin de mieux maîtriser la quantité d'énergie fournie au réseau ;
- un moyen de reporter la production des périodes de faible demande (faible prix de rachat) pour la revendre en période de pointes où les prix de rachat sont plus élevés afin d'améliorer la rentabilité de son installation ;
- un moyen de faire face aux effacements de production pour optimiser la production de son installation.



Source : CEA Liten

Les technologies de stockage peuvent également rendre des services « économiques » au système électrique, à savoir :

- un arbitrage plus facile sur les marchés (valeur formée des différentiels prévisibles entre les prix bas et hauts des marchés journaliers),
- la possibilité de reporter les investissements sur les réseaux de distribution (renforcements de lignes, de transformateurs).

### Les avantages du stockage pour les acteurs du système électrique

D'après l'étude d'Enea Consulting « [Le stockage d'énergie, enjeux, solutions techniques et opportunités de valorisation](#) »

#### Pour les gestionnaires de réseaux

Pour les gestionnaires de réseaux, le stockage d'électricité permettra de :

- optimiser ses infrastructures en reportant les investissements de renforcement du réseau ;
- intégrer la production d'énergie intermittente en s'assurant d'une fourniture stable d'électricité ;
- contribuer à la stabilité du fonctionnement des réseaux : sécuriser les prévisions d'équilibre d'offre / demande en optimisant les capacités de pointe et d'effacement ;
- contribuer à la sécurité et la qualité de la fourniture d'électricité aux consommateurs ;
- disposer de services système plus efficaces mettant à profit les performances des moyens de stockage.

#### Pour les producteurs disposant d'installations dispatchables

Le stockage d'électricité permettra aux producteurs disposant d'installations de production dispatchables de :

- mettre à profit le stockage comme outil d'arbitrage sur les marchés de l'énergie ;
- optimiser le dimensionnement de ses installations en couplant production et stockage ;
- anticiper les futures obligations de capacité et profiter de la mise en place du marché d'échanges ;
- se prémunir contre les risques économiques moyen et long terme (augmentation du prix des énergies fossiles et du CO<sub>2</sub>).

#### **Pour les producteurs disposant d'installations intermittentes**

Grâce au stockage d'électricité, les producteurs d'électricité disposant d'installations de production intermittentes pourront :

- anticiper les contraintes réglementaires sur l'obligation de stockage pour les producteurs intermittents ;
- consolider leur puissance installée dans l'optique de participer au futur marché de capacités ;
- développer les synergies technologiques entre moyens de productions intermittents et stockage d'énergie pour accroître leur compétitivité.

#### **Pour les consommateurs industriels**

Le stockage permettra aux consommateurs industriels de :

- trouver un optimum économique à leur consommation d'énergie en intégrant le stockage au cœur de leur activité et de leurs procédés ;
- générer des revenus d'effacement grâce aux dispositifs actuels et anticiper la mise en place du marché de capacités ;
- sécuriser leur approvisionnement en électricité et de s'assurer de la qualité d'alimentation pour leurs installations.

#### **Pour les territoires**

Pour les territoires, le stockage de l'électricité permettra de :

- intégrer le stockage d'énergie comme composante d'une stratégie de développement des énergies intermittentes ;
- sécuriser l'approvisionnement énergétique du territoire et diminuer sa dépendance aux énergies fossiles ;
- générer le consensus autour d'une politique énergétique cohérente sur le plan environnemental ;
- créer un tissu industriel sur un secteur innovant et en pleine émergence.