



Parc naturel de Gaume

Projet LEADER « Gaume Energies »

Mise en place de solutions de stockage décentralisé d'énergie

Rapport d'étude de solutions de stockage d'énergie électrique
pour une installation photovoltaïque domestique

Maxime D'HONDT & Vincent HANUS

Mars 2018

Avec le soutien de
la



Wallonie



Fonds européen agricole pour le développement rural :
l'Europe investit dans les zones rurales.

Table des matières

1	Contexte	1
2	Technologies de stockage retenues	1
2.1	Première sélection (tableau technologies)	2
2.2	Seconde sélection (entreprises)	3
2.3	Troisième sélection (entreprises)	4
2.4	Sélection finale	4
3	Simulation du stockage PV (taux d'injection)	5
4	Etude comparative des projets pilotes	6
4.1	Rentabilité économique	7
4.1.1	VRFB	7
4.1.2	VRFB et PV heater	8
4.1.3	Li-ion	8
4.1.4	Li-ion et PV heater	8
4.2	Effets sur la santé et impact environnemental	8
4.2.1	Vanadium	8
4.2.2	Lithium	9
5	Conclusion	10

1 Contexte

Le présent rapport a pour objectif d'établir une comparaison multicritères entre différentes solutions de stockage d'énergie électrique applicables au projet. Ces dernières ont été retenues suite à une sélection effectuée sur base d'un état de l'art de l'ensemble des technologies de stockage existantes ou en cours de développement.

Le tableau en *annexe 1* a été réalisé dans le cadre de ce bilan des technologies et reprend les principales caractéristiques des techniques de stockage d'électricité.

Pour rappel, ci-dessous se trouve le tableau des indicateurs du projet pour l'action « Mise en place de solutions de stockage décentralisé d'énergie » :

De réalisation	
Nombre de bâtiment-pilote pour le stockage décentralisé d'énergie	3
Nombre de formation des occupants	3
De résultat	
Nombre de solutions de stockage réalisées	2
D'impact	
Pourcentage d'énergie stockée par rapport à l'énergie consommée	60 %
Taux d'injection maximal sur le réseau ¹	40 %

Tableau 1 : Indicateurs de réalisation, de résultat et d'impact pour l'action « Mise en place de solutions de stockage décentralisé d'énergie ».

L'objectif de cette action est de mettre en place des solutions de stockage stationnaire local d'énergie permettant de pallier l'intermittence et la variabilité de production des énergies renouvelables, en particulier pour l'électricité photovoltaïque résidentielle.

2 Technologies de stockage retenues

Une analyse des données du tableau des technologies de stockage, ainsi qu'un premier échange avec des entreprises innovantes, nous ont permis de sélectionner les solutions les plus prometteuses dans le cadre des applications définies par le projet, à savoir le stockage d'énergie photovoltaïque dans les bâtiments résidentiels. Actuellement dans ce secteur, le taux moyen d'autoconsommation simultanée d'électricité produite par le PV² est de 37,76 % selon la CWaPE³.

¹ Cet indicateur a été redéfini en cours de projet comme un taux d'injection d'électricité PV sur le réseau inférieur à 40 %, ce qui équivaut à une autoconsommation supérieure à 60 % pour une installation PV dimensionnée à 100 % de la consommation annuelle. En effet, le gestionnaire du réseau de distribution cherche à limiter au maximum les injections sur le réseau, ces dernières entraînant une variation brusque de la puissance et générant des surtensions et instabilités sur ce réseau.

² PV = photovoltaïque.

³ Commission Wallonne pour l'Energie, *Communication : FAQ – Tarif Prosumer*, p. 4, 17 août 2017, <https://www.cwape.be/?dir=7&news=689>.

Un des indicateurs de réussite du projet place la barre à 60 % d'énergie produite autoconsommée pour une installation PV couvrant 100 % des besoins électriques (dans notre cas, on préférera parler d'un taux d'injection inférieur à 40 %). Le taux d'injection est défini comme étant le rapport entre l'énergie envoyée au réseau et la consommation totale (comme cela se constate dans la suite, cette dernière n'est pas nécessairement constante).

Les critères de sélection définis pour le choix des technologies de stockage d'électricité sont les suivants :

- application stationnaire et domestique (puissance faible) ;
- stockage d'énergie intra-journalier ;
- produit disponible sur le marché (démonstrateurs compris) ;
- dispositif reproductible facilement et à grande échelle (secteur du résidentiel unifamilial) ;
- matériaux non toxiques ;
- sécurité ;
- coûts « abordables » (pour les particuliers) ;
- faible autodécharge ;
- énergie spécifique (densité énergétique) élevée ;
- bonne durée de vie (cyclabilité).

2.1 Première sélection (tableau technologies)

Technologies retenues :

- Batteries électrochimiques conventionnelles
 - **NiZn**
 - **Zn/Air**
 - **NaS**
 - **Na-ion**
 - **Li-ion** (*uniquement si le projet n'est pas réalisable avec d'autres systèmes plus innovants et durables*)
- Batteries électrochimiques à circulation
 - **VRFB⁴**
 - **ORBAT**
- **CAES⁵**
 - **Hydropneumatique (HyPES)**
- Volant d'inertie
 - **Béton – VOSS**

Technologies écartées :

- Batteries électrochimiques conventionnelles
 - LAB⁶ (Pb toxique et polluant, faible énergie spécifique massique et volumique, faible puissance spécifique massique, profondeur de décharge limitée, technologie mature et peu innovante)
 - NiCd (Cd toxique, effet mémoire important)

⁴ VRFB = Vanadium Redox Flow Battery

⁵ CAES = Compressed Air Energy Storage

⁶ LAB = Lead Acid Battery

- Ni-MH (applications embarquées, coût d’investissement élevé)
- ZEBRA (maintien à haute température nécessaire, coût d’investissement élevé)
- LMP (application embarquée pour véhicules, maintien à haute température nécessaire, coût investissement élevé)
- LiS (application embarquée pour véhicules, en cours d’étude)
- Li/Air (application embarquée pour véhicules, en cours d’étude)
- Batteries électrochimiques à circulation
 - ZBR (Br corrosif)
- STEP⁷ (gamme de puissance trop importante, applications réseau, besoin de sites compatibles)
- CAES
 - En caverne : conventionnel et AA-CAES⁸ (gamme de puissance trop importante, applications réseau, besoin de sites compatibles)
- Hydrogène : électrolyseur + pile à combustible (vecteur énergétique, installation complexe car nécessite électrolyseur/stockage réactifs/pile à combustible, rendement sur cycle faible, coût investissement élevé)
- Hythane (vecteur énergétique, en expérimentation)
- Volant d’inertie
 - Haute vitesse (applications réseau et industrie car stockage de puissance)
 - Basse vitesse (applications réseau et industrie car stockage de puissance)
- Stockage thermodynamique de chaleur à haute température (gamme de puissance trop importante, applications réseau et industrie, en cours de développement)
- SMES (stockage de puissance)
- Supercondensateurs (stockage de puissance)

2.2 Seconde sélection (entreprises)

Entreprise et technologie de stockage d’électricité	Secteur (gamme puissance de stockage)	
	Résidentiel unifamilial, domestique (PV < 10 kW)	Résidentiel collectif - Industrie - Réseau (PV > 10 kW)
ORBAT (batterie électrochimique à circulation) - Kemwatt	/ (non adapté)	X (adapté)
VOSS (volant d’inertie) - Energiestro	/	X
NiZn (batterie électrochimique conventionnelle) - SCPS	X	X
Na-ion (batterie électrochimique conventionnelle) - Aquion Energy (AHI)	X	X
HyPES (CAES) - Enairys Powertech	/	X
VRFB (batterie électrochimique à circulation)	X	X
Li-ion - Tesla	X	X

⁷ STEP = Station de Transfert d’Energie par Pompage

⁸ AA-CAES = Advanced Adiabatic Compressed Energy Storage

- Kemwatt : les démonstrateurs **ORBAT** sont commercialisés et le CEO est intéressé par une expérimentation (projet pilote) ; la technologie est moins compacte que les batteries conventionnelles (volume important car faible densité énergétique).
Le produit n'est pas optimal pour une application domestique (puissance trop faible).
- Energiestro : la commercialisation des **VOSS** de 10 kWh est prévue pour 2019, les premiers seront utilisés pour des applications de lissage de courte durée (15 min. à 1h), comme lors du passage de nuages au-dessus d'un champ PV.
Le produit n'est donc pas optimal pour une application résidentielle (durée de stockage trop courte).
- SCPS : le développement industriel de leur batterie NiZn est en cours, le début de sa commercialisation est prévu en 2019 (applications mobiles et stationnaires).
Le produit arrive donc trop tard sur le marché au vu des échéances du projet.
- Enairys Powertech : le premier projet pilote **HyPES** est prévu pour mi-2018, les premières installations (10 à 100 kW) en 2019 ; le secteur d'application couvre l'industriel et le résidentiel collectif car cette technologie est adaptée au stockage de « grandes » quantités d'énergie (non concurrentiel par rapport au stockage compact domestique par batteries électrochimiques).
Un partenariat est envisageable, mais pas dans le cadre de cette fiche-projet.

2.3 Troisième sélection (entreprises)

- **Na-ion :**
 - o Aquion Energy (AHI) : l'entreprise sort d'une procédure de faillite (chapter 11 aux USA) et devrait relancer sa production en 2018, la commercialisation d'un nouveau modèle de batterie est en effet prévue en avril 2018
- **VRFB :**
 - o GILDEMEISTER (CellCube)
 - o redT (redT 5, redT 10)
 - o SCHMID (EverFlow)
 - o B64 (IMERGY ESP5)
- **NaS :**
 - o NGK Insulators (échelle de puissance en MW)

2.4 Sélection finale

En fonction des systèmes disponibles actuellement (produits commerciaux), 3 technologies semblent applicables dans le cadre de notre projet de stockage intra-journalier d'électricité photovoltaïque domestique :

- **Batteries électrochimiques à circulation VRFB**
- **Batteries électrochimiques conventionnelles Li-ion**
- **Batteries électrochimiques conventionnelles Na-ion**

Par rapport aux batteries lithium-ion, les batteries à flux continu de vanadium (VRFB) sont ininflammables et plus respectueuses de l'environnement, elles ont une durée de vie estimée à plus de 10.000 cycles et conservent environ 90 % de leur capacité sur 20 ans (les électrolytes liquides peuvent être utilisés indéfiniment). L'utilisation d'une batterie lithium-ion avec une profondeur de décharge totale, permettrait quant à elle d'atteindre au maximum 1.000 cycles (10 ans maximum). De plus, cette technologie de batterie à circulation offre une grande flexibilité d'utilisation de par son découplage entre énergie (capacité de stockage) et puissance. Un autre avantage des VRFB sur les batteries Li-ion est leur temps de fonctionnement plus long en décharge continue (6 à 10 heures contre 2 à 5 heures).

Le principal inconvénient des VRFB est leur rendement de charge-décharge moins élevé ; environ 70 % comparativement aux 85 % des batteries lithium-ion. L'encombrement et le poids importants des VRFB (densité énergétique plus faible) peuvent également constituer des facteurs négatifs, surtout pour une utilisation domestique.⁹

N'ayant reçu aucune réponse de la société Aquion Energy malgré plusieurs tentatives de contact, il a été décidé d'abandonner la technologie de stockage Na-ion. En effet, Aquion est actuellement le seul producteur pour ce type de batterie et ne semble pas encore être prêt à recommencer son activité suite à sa faillite de 2017.

3 Simulation du stockage PV (taux d'injection)

Afin d'atteindre un **taux d'injection** répondant à l'indicateur d'impact technique établi dans la fiche-projet, à savoir **40 %**, des simulations d'un stockage d'énergie électrique sur des installations photovoltaïques domestiques ont été réalisés.

Les 2 technologies retenues ont été étudiées :

- **Batterie électrochimique conventionnelle - Lithium-ion**
- **Batterie électrochimique à circulation - Redox Flow Vanadium (VRFB)**

D'après la seconde simulation (voir *Annexe 2*) effectuée pour différentes installations photovoltaïques inférieures à 10 kWc et situées en Belgique, les pourcentages d'injection atteints sont les suivants en fonction des systèmes étudiés :

- environ **73 %** pour une installation PV de 5 kWc **sans batterie**
- environ **22 %** pour une installation PV de 5 kWc avec **VRFB**
(modèle EverFlow Compact Storage de SCHMID : 5 kW - 15 kWh)
- environ **22 %** pour une installation PV de 5 kWc avec **batterie Li-ion**
(modèle Powerwall 2 de Tesla : 5 kW - 14 kWh)
- environ **5 %** pour une installation PV de 5 kWc combinant **VFRB** et **PV heater**¹⁰
(PV heater : 3 kW)

⁹ ValueWalk, *Vanadium Redox Flow Batteries: The Next Big Wave After Lithium Batteries*, 19 décembre 2016, <https://www.valuewalk.com/2016/12/vanadium-vs-lithium/>.

¹⁰ PV heater : contrôleur de puissance sur la production d'eau chaude. Ce dispositif détecte les surplus de production photovoltaïque et, au lieu de l'injecter sur le réseau, déclenche une résistance électrique qui va chauffer une réserve d'eau (ballon).

- environ **5 %** pour une installation PV de 5 kWc combinant **batterie Li-ion** et **PV heater**

La combinaison entre **batteries** et **PV heater** permet d'obtenir des **taux d'injection inférieurs à 10 %** pour des installations de moins de 7 kWc. Ce couplage semble donc être une solution adéquate si l'on cherche à atteindre un faible taux d'injection pour une installation PV domestique. Dans un tel système, la priorité est d'abord donnée à l'autoconsommation directe de l'énergie solaire (ECS et autres usages électriques), la batterie peut ensuite être rechargée puis le PV heater enclenché ; le surplus d'énergie encore disponible est injecté sur le réseau.

Toutefois, la transformation en chaleur du surplus d'électricité PV non stockable dans les batteries par le système PV heater ne constitue pas un stockage électrique au sens strict du terme (l'énergie électrique n'est pas récupérée, pas de déstockage possible), mais semble être une alternative convaincante afin d'optimiser le dimensionnement des batteries encore relativement chères et d'atteindre des taux d'autoconsommation élevés.

Aussi, l'étude de l'influence de la capacité de stockage du PV heater (voir *Annexe 2 - section 4.7*) nous montre qu'un surdimensionnement du ballon d'eau chaude sanitaire à 200 l (120 l de base) est suffisant pour assurer une pleine utilisation de la puissance du PV heater (3 kW) tout en minimisant le taux d'injection. Augmenter davantage cette capacité thermique n'apporte qu'une faible diminution du pourcentage d'injection et augmente la consommation globale (bien que peu d'impact sur la quantité prélevée au réseau). De plus, cela reviendrait à réaliser du stockage saisonnier de chaleur sensible, ce qui présente un relativement mauvais rendement de cycle de par les pertes thermiques engendrées.

Il est important de signaler que le profil de consommation utilisé dans la simulation (et donc les hypothèses sous-jacentes) peut fortement impacter le taux d'injection et les différents postes de consommation. Dans la seconde simulation, on utilise un profil de consommation normé (moyen) puis écrêté en fonction de l'utilisation « continue » d'un chauffe-eau thermodynamique. La consommation annuelle d'électricité est répartie avec 35 % en heures pleines et 65 % en heures creuses (50 % uniquement de nuit). Ce profil prend comme hypothèse un système de chauffage non électrique.

Concernant les données de production de l'installation solaire et de la charge des batteries, elles sont tirées de PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) pour les coordonnées géographiques de Rossignol, avec des panneaux photovoltaïques inclinés à 35° et orientés plein sud. Les puissances étudiées pour cette installation varient entre 2 et 10 kWc.

4 Etude comparative des projets pilotes

D'après nos diverses analyses (sélection des types de stockage et simulations techniques), il ressort que 4 systèmes semblent envisageables dans le cadre de notre projet de stockage décentralisé d'électricité :

1. **PV domestique + VRFB**
2. **PV domestique + VRFB + PV heater**
3. **PV domestique + batterie Li-ion**
4. **PV domestique + batterie Li-ion + PV heater**

4.1 Rentabilité économique

Après avoir étudié les pourcentages d'injection sur le réseau pour les différentes solutions retenues, l'annexe 4 nous montre la rentabilité économique de ces différents systèmes de stockage envisagés en fonction de leur taux d'autoconsommation. Ces taux utilisés dans les calculs de rentabilité sont estimés en fonction des résultats obtenus dans la première simulation effectuée (voir Annexe 3) et de données issues de divers articles et études.

Certaines hypothèses ont dû être posées comme un taux d'inflation sur le prix de l'électricité de 2 % par an. Le « tarif prosumer », qui devrait être d'application en Région wallonne dès 2020, a également été pris en compte dans nos calculs, avec un taux d'accroissement annuel lui aussi égal à 2 %. Cette nouvelle taxe vise à favoriser l'autoconsommation de l'énergie PV afin de soulager le réseau électrique en diminuant l'injection d'énergie qui peut amener à des surtensions sur le réseau conçu de manière unidirectionnelle. Ce tarif se base sur l'utilisation du réseau pour les prélèvements d'électricité et non sur son usage pour y injecter de l'énergie, c'est pourquoi il s'agit d'un tarif de prélèvement et non d'un tarif d'injection.

La prime Quali watt n'est pas imputée dans nos calculs de rentabilité car cette dernière ne sera en effet plus octroyée dès le 30 juin 2018.

Le taux de TVA appliqué est de 21 % pour les différents postes.

La rentabilité du projet est estimée sur 20 ans pour correspondre à la durée de vie moyenne de l'installation PV. Sur cette période, on inclut le remplacement de la batterie Li-ion après 10 ans, tandis que moyennant des coûts de maintenance (remplacement des pompes et des piles) d'environ 3 % de l'investissement, la batterie redox flow au vanadium possède une espérance de vie s'élevant à 20 ans.

Les études sont réalisées pour des installations PV domestiques de 5,0 kWc produisant annuellement 4.550 kWh/an pour un coût d'installation de 1,3 €/Wc en 2019 et 1,1 €/Wc en 2030 (HTVA). On considère un remplacement de l'onduleur à l'année 14 pour un prix de 0,3 €/Wc (HTVA).

Les systèmes de stockage étudiés ainsi que le PV heater (3 kW) sont ceux utilisés dans le cadre des 2 simulations analysées à la section 3.

4.1.1 VRFB

On constate dans ces tableaux que le premier système ne nous permet actuellement pas d'amortir l'installation, même après 20 ans (perte de 19.762 €). En effet, les batteries à flux continu de vanadium sont relativement chères en système compact et il est difficile pour elles de concurrencer les batteries Li-ion sur de telles applications comme le stockage PV domestique (faible puissance de stockage et densité énergétique importante requises).

En se basant sur l'évolution des prix et du marché du stockage à l'horizon 2030, on remarque toutefois que cette solution pourrait être rentable si l'on considère un système installé en 2030 (4.693 € de bénéfice en fin de vie). Ce résultat implique une chute des prix des installations de VRFB de 66 % d'ici 2030 (IRENA, *Electricity storage and renewables: Costs and markets to 2030*, 2017).

Les batteries au vanadium s'avèrent toutefois actuellement fort intéressantes dans le cadre du stockage de masse (industrie, résidentiel collectif, réseau, ...).

4.1.2 VRFB et PV heater

En ajoutant un PV heater de 3 kW à la même installation (il coûte environ 1.000 € TVA et pose comprises), on arrive à augmenter le taux d'autoconsommation et donc obtenir une rentabilité financière légèrement supérieure (de par la diminution de la taxe prosumer), mais toujours négative après 20 ans si l'on considère une installation prévue pour 2019 (- 18.245 €).

Cependant, le système deviendrait rentable en 2030 (+ 7.109 € après 20 ans, en 2049).

4.1.3 Li-ion

Concernant les batteries Li-ion, on remarque un coût pour l'installation nettement inférieur aux batteries VRFB compactes pour une même puissance de stockage (maximum 8.000 € contre 20.900 €). Toutefois, la durée de vie d'une VRFB serait 2 fois plus élevée que celle d'une batterie Li-ion (20 ans contre 10 ans). On prendra donc en compte le remplacement de la batterie Li-ion après 10 ans avec une diminution du coût de la technologie de 60 % entre 2019 et 2030 (IRENA, *Electricity storage and renewables: Costs and markets to 2030*, 2017).

En considérant une installation réalisée en 2019, on obtient une rentabilité positive en fin de projet (+ 200 € de résultat cumulé après 20 ans). Cette solution de production PV et stockage décentralisé deviendrait davantage rentable en 2030, avec un gain financier de 14.737 € à l'horizon 2050.

4.1.4 Li-ion et PV heater

Si l'on combine ce système à un PV heater de 3 kW, une installation placée en 2019 obtiendrait une rentabilité de 1.717 € après 20 ans.

Avec les chutes de prix prévues sur le marché du PV et du stockage, la même installation réalisée en 2030 apporterait un bénéfice net de 18.401 € en 2049.

4.2 Effets sur la santé et impact environnemental

Dans le cadre de ce projet pilote, nous nous sommes également penchés sur la question des impacts environnementaux et humains engendrés par l'utilisation de métaux dans nos solutions de stockage énergétique étudiées.

4.2.1 Vanadium

Le vanadium est un métal relativement toxique, disponible en quantité limitée mais présentant un faible risque de pénurie au vu du stock important présent dans notre croûte terrestre. Il provient souvent de l'exploitation d'une autre matière (sous-produit d'extraction d'autres gisements miniers). Il est aussi intéressant de noter que de grandes quantités de vanadium se trouvent actuellement dans les déchets industriels et ne sont pas encore valorisées.¹¹

4.2.1.1 Effets sur la santé

Le vanadium assimilé par l'homme provient essentiellement de sa nourriture (sarrasin, pommes, œufs, huile de tournesol, etc.). Une absorption élevée de ce métal peut engendrer divers effets néfastes sur sa santé comme des irritations des poumons, de la gorge, des yeux et des cavités nasales lors d'une absorption par l'air. Les bronchites et pneumonies constituent des exemples de pathologies dues à une intoxication au vanadium.¹²

¹¹ The Conversation, *Le vanadium sera-t-il le métal de la révolution énergétique ?*, 19 mai 2016, <https://theconversation.com/le-vanadium-sera-t-il-le-metal-de-la-revolution-energetique-59684>.

¹², ¹³ Lenntech, *Vanadium, propriétés chimiques, effets sur la santé et l'environnement*, <https://www.lenntech.fr/periodique/elements/v.htm>.

4.2.1.2 Impact sur l'environnement

De par l'inhibition de certaines enzymes, des effets neurologiques peuvent être observés chez les animaux ayant accumulé du vanadium, mais également des problèmes respiratoires, des paralysies ou encore des soucis au foie et aux reins. Il peut aussi attaquer le système reproductif chez les animaux mâles ou encore engendrer une modification de l'ADN dans certains cas.¹³

4.2.2 Lithium

L'extraction du lithium constitue une activité industrielle peu durable. En effet, la pression sur la ressource mondiale en lithium, métal modérément abondant, ne va cesser d'augmenter de par son utilisation pour la fabrication des batteries de véhicules électriques. De plus, la répartition de la ressource est concentrée sur un nombre restreint de pays, pouvant engendrer à moyen terme des conflits géopolitiques si son exploitation est mal gérée.

4.2.2.1 Effets sur la santé

Ce métal alcalin est inflammable et beaucoup de réactions chimiques peuvent engendrer une explosion ou une combustion avec fumées irritantes et toxiques. Le lithium est corrosif pour la peau, les yeux et le système respiratoire (œdème pulmonaire causé suite à inhalation).¹⁴

4.2.2.2 Impact sur l'environnement

L'hydroxyde de lithium (LiOH), formé par réaction du lithium avec l'azote, l'oxygène et la vapeur d'eau présents dans l'air, est extrêmement corrosif (risque potentiel significatif, surtout en milieu aquatique).¹⁵

¹⁴, ¹⁵ Lenntech, *Lithium, propriétés chimiques, effets sur la santé et l'environnement*, <https://www.lenntech.fr/periodique/elements/li.htm> .

5 Conclusion

Pour rappel, le nombre et le type de projets pilotes de stockage d'énergie doivent être définis en fonction de leur coût et faisabilité technique respectifs (budget de 20.000 € disponible pour cette action dans la fiche-projet). Ils devront être réalisés sur le territoire du Parc naturel de Gaume, dans des bâtiments résidentiels unifamiliaux (nouvelle construction ou rénovation) possédant une installation photovoltaïque.

Ce rapport nous indique plusieurs pistes permettant un choix de technologie réfléchi et le plus adéquat possible avec notre action de « Mise en place de solutions de stockage décentralisé d'énergie ».

L'utilisation de batteries au vanadium pour le stockage d'électricité semble constituer un secteur d'avenir dans le domaine des énergies renouvelables à production variable, surtout pour un stockage de haute puissance et longue durée (réseau et microgrids en industrie). Cependant, le coût fort élevé des installations VRFB de petites puissances (comparativement aux solutions de stockage conventionnelles par batteries électrochimiques) représente actuellement un frein important à l'utilisation de cette technologie mature et sûre pour une application domestique. Les batteries Li-ion sont en effet plus développées, adaptées et concurrentielles à ce niveau (stockage de faible puissance et court terme). De plus, la densité énergétique relativement importante des batteries Li-ion est un net avantage pour le stockage énergétique résidentiel. Les batteries redox flow possèdent toutefois une durée de vie largement supérieure à celle des batteries électrochimiques conventionnelles (Li-ion, LAB, etc.).

Certains types de batteries lithium-ion posent des problèmes de sécurité (explosion ou auto-ignition possible) mais d'autres comme les LFP (LiFePO_4) présentent un risque très faible.

L'ajout d'un PV heater au système de production d'eau chaude sanitaire permet de diminuer le pourcentage d'injection sur le réseau électrique, augmentant considérablement l'autoconsommation simultanée photovoltaïque pour un coût relativement bas.

Le stockage des énergies renouvelables, comme le solaire photovoltaïque et l'éolien, permet de palier à l'intermittence et à la variabilité de productions de celles-ci. Néanmoins, il est important de noter que les solutions actuellement disponibles sur le marché (p.ex. les batteries) ne sont pas toujours durables et présentent divers risques, que ce soit au niveau des impacts environnementaux et de la santé (métaux toxiques), mais également en ce qui concerne l'exploitation des ressources (extraction minière). Des chercheurs et des start-up tentent de développer d'autres alternatives basées sur des matériaux plus durables, sains, économiques et sûrs (p.ex. la batterie à flux organique « ORBAT » de la société française Kemwatt, surtout adaptée au stockage long et à forte puissance comme pour les smart grids et microgrids associés à des fermes éoliennes ou photovoltaïques).

Enfin, afin d'augmenter les taux d'autoconsommation du photovoltaïque résidentiel, il peut également être fort intéressant de changer nos habitudes de consommation en déplaçant l'utilisation de gros électroménagers (lave-linge, lave-vaisselle, etc.) au moment où nos panneaux photovoltaïques produisent le plus, idéalement en mi-journée.