



Parc Naturel de Gaume

Projet LEADER « Gaume Energies »

Mise en place de solutions de stockage décentralisé d'énergie

Rapport sur la sélection des 2 bâtiments pilotes
suite à l'appel à candidatures pour la mise en place
des solutions de stockage d'électricité photovoltaïque domestique

Maxime D'HONDT & Vincent HANUS

Décembre 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. Introduction.....	1
2. Candidatures	1
3. Eligibilité des candidats	1
4. Sélection des bénéficiaires.....	3
4.1. Pré-sélection (critères de sélection).....	3
4.2. Sélection finale (visite sur site et campagne de mesure).....	7
5. Conclusion	9

1. Introduction

Suite au choix des technologies de stockage à mettre en œuvre pour limiter l'injection d'électricité photovoltaïque (PV) domestique sur le réseau, un appel à projets/candidatures (AAP) a été lancé par le Parc Naturel de Gaume afin de sélectionner 2 bâtiments pilotes dans lesquels seront installés ces solutions de stockage.

Cet AAP a eu lieu du 22 juin 2018 au 23 juillet 2018 et a permis de récolter 5 dossiers de candidatures plus ou moins pertinents (descriptif de l'AAP et formulaire de soumission en annexe).

Différents critères d'éligibilité (contraignants) et de sélection (non contraignants) figurent dans l'appel à candidatures et permettent un choix justifié des bâtiments bénéficiaires des projets de stockage.

Pour rappel, les systèmes de stockage d'électricité à mettre en œuvre dans les 2 bâtiments pilotes sont les suivants :

- Batterie électrochimique domestique Li-Ion (installation monophasée) ;
- Batterie électrochimique domestique Na-Ion (installation monophasée) ;
- PV heater¹.

2. Candidatures

Les 5 candidatures reçues sont les suivantes :

1. Eric CHUFFART (Musson)
2. Lionel LEFÈVRE (Florenville)
3. Loïc LONCIN (Signeulx)
4. Pascal SCHLEICH (Halanzu)
5. Marc GILSON (Meix-devant-Virton)

3. Éligibilité des candidats

Préalablement au processus de sélection des candidats, une analyse des dossiers de soumission selon les critères d'éligibilité du projet est menée.

Les données figurant en rouge dans le tableau ci-dessous représentent les critères qui ne sont pas entièrement respectés.

¹ Contrôleur de fréquence sur élément chauffant (résistance électrique) du boiler.

Critères d'éligibilité (bâtiment pilote)	CHUFFART	LEFÈVRE	LONCIN	SCHLEICH	GILSON
Dossier de soumission complet	X	X	/	X	X
Propriétaire bâtiment	X	X	X	X	X
Maison unifamiliale	X	X	X	X	X
Territoire du PNdG ²	Musson	Florenville	Musson	Halanzy	Meix-devant-Virton
$E_{\text{spéc}}^3 < 200 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$	$U_{\text{enveloppe}} = 1,16 \text{ W/m}^2.\text{K}$ 189 kWh _{th} /m ² .an + 6 kWh _{ECS} /m ² .an $E_{\text{spéc}} = 195 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$	1.256 l mazout + 2.536 kWh _e = 168 kWh/m ² .an	?	3.000 l mazout + ... kWh _e = 231 kWh/m ² .an	41 kWh/m ² .an + production PV = 94 kWh/m ² .an
Consommation électricité ≥ 2.500 kWh	10.800 kWh/an sur 3 circuits	5.338 kWh/an	4.099 kWh/an	4.500 kWh/an	4.105 kWh/an
Chauffage principal non électrique	Radiateurs électriques d'appoint	Radiateur/poêle électriques d'appoint (s-à-m, s-d-b)	X	X	X
PV entre 3 et 8 kWc	2x 5,340 = 10,68 kWc (2 onduleurs sur 2 phases)	5,50 kWc (2 onduleurs sur 2 phases)	5 kWc	5,76 kWc	6,00 kWc
PV ≥ 800 kWh/kWc.an	1.020 kWh/kWc.an	788 kWh/kWc.an	1.200 kWh/kWc.a	903 kWh/kWc.an	972 kWh/kWc.an
PV ≤ 10 ans	07/2013	11/2011	installé en 2015	installé en 2012	11/2013
Emplacement système stockage (intérieur)	X	?	?	?	X

² PNdG = Parc Naturel de Gaume.

³ Cette consommation spécifique $E_{\text{spéc}}$ est le rapport entre la consommation annuelle totale d'énergie primaire (chauffage + ECS + auxiliaires + refroidissement ~~PV~~) et la surface de plancher chauffée. La consommation en énergie primaire est obtenue en multipliant chaque consommation finale par un facteur de conversion qui dépend du vecteur énergétique utilisé. Dans le cas de l'électricité, la consommation finale est multipliée par 2,5 pour être exprimée en énergie primaire (pertes au niveau des centrales thermiques ou nucléaires). Pour les autres énergies (fossiles, biomasse), les pertes de transformation sont considérées comme nulles et le facteur de conversion est égal à 1.

Il ressort de cette première analyse des candidatures, que certains bâtiments proposés ne respectent pas l'ensemble des critères d'éligibilité du projet :

- CHUFFART : faibles performances d'isolation thermique de l'enveloppe (U_{parois} supérieurs à U_{max} exigences PEB), puissance PV trop élevée (taux injection calculé sur le total des 3 phases car raccordement triphasé) ;
- LEFÈVRE : production PV annuelle légèrement trop basse ;
- LONCIN : dossier de candidature incomplet ;
- SCHLEICH : consommation spécifique en énergie primaire trop importante.

Les candidatures retenues sont :

- CHUFFART : puissance PV trop élevée entraînant un coût de stockage trop important⁴, mais possibilité d'adapter l'installation de stockage au type de configuration souhaité (modification des circuits dans le TGBT, branchement sur 1 seul circuit/onduleur monophasé, etc.) ;
- LEFÈVRE : rendement surfacique PV en dessous de celui défini par le critère d'éligibilité, mais différence non significative ;
- GILSON : ce dossier répond bien à tous les critères d'éligibilité du projet.

LONCIN et SCHLEICH sont donc écartés du projet car considérés comme non éligibles.

4. Sélection des bénéficiaires

4.1. Pré-sélection (critères de sélection)

Les dossiers valides sont ensuite étudiés par le PNdG et Henallux sur base des critères de sélection établis dans l'appel à projets.

Dans les tableaux ci-dessous, les critères affichés en rouge constituent des facteurs négatifs à la sélection du candidat comme bénéficiaire du projet.

⁴ Dimensionnement capacité stockage (kWh) : 1,5x puissance PV.

LEADER Gaume Energies – Rapport AAP Stockage PV domestique (2018)

Critères de sélection (bâtiment pilote)	CHUFFART	LEFÈVRE	GILSON
Producteur ECS	Boiler bi-énergie (200 l) raccordé à chaudière avec priorité ECS, résistance électrique (2,8 kW), 2001	Boiler solaire bi-énergie Accusol (300 l), résistance électrique, possibilité de raccorder à chaudière, 2012	Ballon (160 l) intégré à chaudière, 2013
Chauffage	Chaudière mazout + radiateurs électriques d'appoint	Chaudière mazout + poêle électrique appoint 2 kW (s-à-m)	Chaudière combinée mazout (1.000 l/an chauffage, 500 l/an ECS)
PV	11.000 kWh/an, TCS ⁵ = 100%, +0°, 20°, 208 Wc/m ² ?, 2 onduleurs monophasés Power One Aurora, monitoring (journalier, hebdomadaire, annuel)	4.334 kWh/an, TCS = 81%, +15°, 10°, 156 Wc/m ² , 2 onduleurs monophasés Power One Aurora (3,00 kW), monitoring (onduleur + compteur Mk10A)	5.830 kWh/an, TCS = 142%, +26°, 38°, 150 Wc/m ² , onduleur monophasé SMA SB 5000TL-20 (5,00 kW) avec monitoring
Compteur électrique	Electromécanique (classique), bi-horaire cumulé en mono-horaire	Classique (électromécanique), mono-horaire	Classique (électromécanique), mono-horaire
Raccordement électrique	Triphasé 3x230 V, 63 A	Triphasé 3x380 V +N, 18 A	Triphasé 3x230 V, 50 A, TGBT monophasé (1 seule phase branchée)
Comptabilité énergétique (électricité)	Comptabilité complète (mesure en temps réel des consommations horaires) + monitoring PV	Comptabilité mensuelle complète (consommations et bilans énergétiques) + monitoring PV	Factures (décomptes annuels)

⁵ TCS = taux de couverture solaire.

LEADER Gaume Energies – Rapport AAP Stockage PV domestique (2018)

<p>Gestion énergétique</p>	<p>Domotique Smappee (monitoring + gestion active avec prises déportées), bi-horaire switching (relais commutation ORES), minuteries, UPS (circuits multiples)</p>	<p>/</p>	<p>Programmation horaire sur lave-linge, sèche-linge et lave-vaisselle (directement sur appareils)</p>
<p>Divers</p>	<p>Compteur bi-horaire avec relais de signalisation pour résistance électrique boiler (raccordée à TGBT)</p> <p>Multiplés consommateurs électriques dont certains fonctionnant en continu (rack informatique, UPS, cave vin) + consommateurs triphasés</p>	<p>Consommateur triphasé : cuisinière</p>	

Une première sélection peut donc être faite via ce tableau d'analyse des candidatures, reprenant les critères de sélection de l'AAP.

L'installation électrique de CHUFFART semble être trop complexe et spécifique (peu représentative des nouvelles constructions) pour permettre une reproductibilité aisée du projet pilote. Il est toutefois intéressant de se rendre sur site afin de pouvoir juger de manière plus précise les possibilités d'accueil d'un système de stockage PV. L'objectif n'est pas de revoir la configuration des systèmes électriques afin de simuler des maisons pilotes sur différents circuits monophasés (raccordement triphasé), cela augmenterait la complexité, les coûts et les délais du projet.

Aussi, l'utilisation de radiateurs électriques entre saisons chez CHUFFART ne correspond pas à l'optique du projet qui cherche à valoriser les productions locales d'énergies renouvelables (PV peu disponible en saison de chauffe). Il en est de même pour le poêle électrique d'appoint chez LEFÈVRE, mais dans une moindre mesure.

Enfin, les nombreux consommateurs électriques à fonctionnement continu de CHUFFART risquent d'impacter négativement le projet en limitant le stockage PV.

Les systèmes de stockage domestique avec batterie électrochimique et onduleur/chargeur étudiés sont principalement adaptés aux installations PV avec un seul onduleur monophasé. Les champs PV des bâtiments de CHUFFART et LEFÈVRE sont tous deux répartis sur 2 onduleurs monophasés. L'intérêt et le dimensionnement d'un système de stockage PV domestique adapté à ces bâtiments (considérant le budget alloué au projet) doit donc être étudié plus précisément de par une rencontre avec les candidats ainsi qu'une visite des installations existantes et une campagne de mesure des profils électriques moyens.

LEFÈVRE a l'avantage de posséder un boiler bi-énergie de 300 l (avec résistance électrique) sur lequel un système PV heater pourrait être facilement mis en place. De plus, une comptabilité énergétique précise ainsi qu'un monitoring PV sont déjà réalisés.

Le bâtiment de GILSON présente un $E_{spéc}$ très faible (quasi habitation basse énergie) et a également l'avantage de posséder une VMC double flux (consommation « de veille » continue). Certains appareils électriques possèdent des programmateurs horaires. Cependant, le TCS de 142% nous indique une installation PV surdimensionnée pour les besoins de la maison.

Les bâtiments non éligibles ont tout de même été analysés au regard des critères de sélection, dans le cas où les autres dossiers valides se verraient écartés dans la suite du processus de sélection de part des contraintes techniques :

<i>Critères de sélection (bâtiment pilote)</i>	LONCIN	SCHLEICH
Producteur ECS	Boiler (100 l) raccordé à chaudière, avant 2009	Boiler (150 l) raccordé à chaudière, 1991
Chauffage	Chaudière mazout + poêle-chaudière hydro (DDG)	Chaudière mazout
PV	6.000 kWh/an SO, ...°, ...Wc/m ² , onduleur monophasé SMA SB 5000TL (5 kW) avec monitoring	5.200 kWh/an S-SO, 35°, 150 Wc/m ²
Compteur électrique	Classique, électromagnétique, bi-horaire cumulé en mono- horaire	Classique, électromagnétique, bi-horaire cumulé en mono- horaire
Raccordement électrique	Triphasé, ≤ 63 A ?	Triphasé, ≤ 63 A
Comptabilité énergétique (électricité)	Factures (décomptes annuels)	Factures (décomptes annuels)
Gestion énergétique	Programmation horaire sur lave- linge, sèche-linge et machine à pain	/
Divers		

4.2. Sélection finale (visite sur site et campagne de mesure)

Suite à cette pré-sélection, des rencontres entre les différents candidats retenus et les chargés du projet sont organisées sur site.

Une campagne de mesure des consommations électriques est ensuite réalisée sur une période d'environ 2 semaines afin d'apprécier au mieux le potentiel des bâtiments.

Une fois toutes les données récoltées et analysées, l'identification finale des 2 bâtiments pilotes peut être effectuée.

LEADER Gaume Energies – Rapport AAP Stockage PV domestique (2018)

Commentaires	CHUFFART (visite : 05/10/2018)	LEFÈVRE (visite : 08/10/2018)	GILSON (visite : 17/10/2018)
Divers	<p>Bilan annuel compteur nul (consommation + production = 0)</p> <p>Boiler (bi-énergie) utilise uniquement résistance électrique</p> <p>3 UPS</p> <p>Consommation veille : 200 à 300 W</p> <p>Revoir TGBT -> 3 TD avec 1 tableau dédié à autoconsommation</p>	<p>22 panneaux de 250 Wc sur 2 strings (11 panneaux/string, 1 onduleur/string)</p> <p>Faible inclinaison des panneaux provoque encrassement, ombre projetée (arbre) le matin</p> <p>Boiler (bi-énergie) utilise uniquement résistance électrique branchée sur rallonge, pas de régulation, pas de boucle solaire</p> <p>Raccordement batterie : supprimer onduleurs solaires et remplacer par 1 onduleur/chargeur 5 kWc (couplage DC) sur 1 phase ?</p> <p>Raccordement réseau (ORES) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - modifier type raccordement -> tétra à mono 40 A (cuisinière triphasée !) - renforcement compteur -> 18 A à 40 A, tout raccorder à 1 seule phase (TGBT + PV/batterie), garder circuits libres sur autres phases (pompe à bière, etc.), cuisinière triphasée ! 	<p>24 panneaux de 250 Wc sur 3 strings (8 panneaux/string)</p> <p>Onduleur solaire (5 kW) bride champ PV (6 kWc)</p> <p>VMC double flux (régulation manuelle à 3 vitesses, positionnée sur 1 ou 3 quand s-d-b utilisée)</p> <p>Chaudière combinée avec ballon ECS intégré -> nécessite installation d'un boiler électrique pour PV heater (préchauffage avant ballon chaudière ?)</p>

5. Conclusion

Tableau récapitulatif pour la sélection des 2 bénéficiaires du projet :

	CHUFFART	LEFÈVRE	GILSON
Points positifs	<p>PV heater très facilement installable (commutateur boiler avec relais signalisation jour/nuit)</p> <p>Domotique solaire Smappee (monitoring + gestion active avec prises déportées)</p>	<p>PV heater facilement installable (boiler bi-énergie avec résistance électrique, 300 l)</p> <p>Monitoring PV + comptabilité énergétique déjà réalisés</p> <p>Taux injection annuel (<i>d'après simulation</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batterie : 19-21% - Batterie + PV heater : 12-13% <p>TCS = 81%</p>	<p>Maison exemplaire ($E_{spéc}$ faible) et récente (< 5 ans)</p> <p>TGBT raccordé en monophasé</p> <p>Programmateurs horaires</p> <p>Absence chauffage électrique (faible variation saisonnière de consommation)</p> <p>Taux injection annuel (<i>d'après simulation</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batterie : 41-42% - Batterie + PV heater : 24-25% <p>Ajout PV heater (<i>d'après simulation</i>) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diminution surdimensionnement PV (TCS 111-114%) - Economie 90 l mazout
Points négatifs	<p>Puissance PV élevée entraînant coût stockage trop important (capacité stockage [kWh] = 1,5x P_{PV} [kW])</p> <p>Recours intensif à du chauffage électrique saisonnier (forte variation saisonnière de consommation)</p> <p>2 onduleurs PV</p>	<p>2 onduleurs PV</p> <p>Raccordement électrique en 3x380 V +N</p> <p>Recours au chauffage électrique entre saisons</p>	<p>TCS = 123% (<i>d'après simulation</i>) -> taux injection plus élevé</p> <p>Besoin d'investir dans un boiler électrique pour mettre en place le PV heater</p>

	<p>Raccordement électrique en 3x230 V</p> <p>Cas spécifique avec installation électrique non représentative et système peu reproductible (nécessite de revoir TGBT et onduleurs)</p> <p>Résultats simulation fort variables suivant scénarii envisagés (avant/après installation PV, modification du profil dans le futur ?)</p> <p>Taux injection annuel (<i>d'après simulation</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batterie : 45-46% - Batterie + PV heater : 21-24% <p>mais, déplacement de 2.400 kWh/an avec PV heater (fort élevé pour ECS)</p> <p>Incertitude élevée sur résultats des simulations par manque de représentativité des données pour expliquer consommation annuelle importante</p>		
--	---	--	--

D'après nos simulations et observations (voir tableau ci-dessus), les candidats à sélectionner sont donc **Marc GILSON** et **Lionel LEFÈVRE**.

Pour Eric CHUFFART, le fait de minimiser l'injection d'électricité sur le réseau serait antagoniste à son objectif de consommer sa production sur base annuelle (car mécanisme de compensation). Le surdimensionnement de son installation PV amène au recours important à du chauffage électrique en saison froide.

La batterie Li-ion est préférée pour Lionel LEFÈVRE, car le rendement plus élevé de cette batterie augmentera moins sa consommation électrique. Dans le cas de Marc GILSON, cette problématique ne se pose pas, vu le surdimensionnement de l'installation PV.