

Date : 10/10/2025, Version 1

Référence : GBDO20250001

Rédacteur : Gilles Beaujean – chargé de mission énergie

Coordonnées : 06.26.64.30.47

gilles.beaujean@pl.chambagri.fr

Etude sur les possibilités de développement du solaire thermique en agriculture en Sarthe

Focus sur la technologie solaire FENGTECH (startup mayennaise)

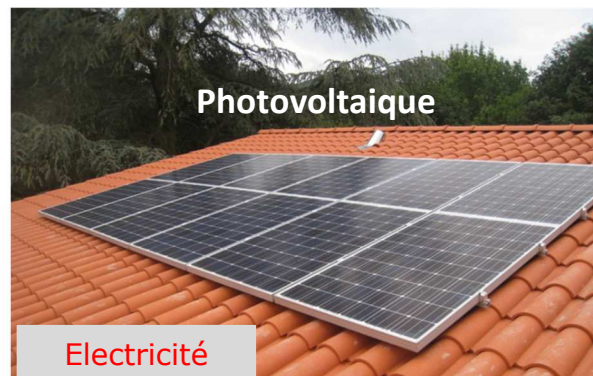


1. Qu'est-ce que le solaire thermique :

1.1 Définition :

Un système solaire thermique exploite le rayonnement du soleil afin de le transformer directement en chaleur (énergie calorifique)

Solaire thermique ≠ solaire photovoltaïque

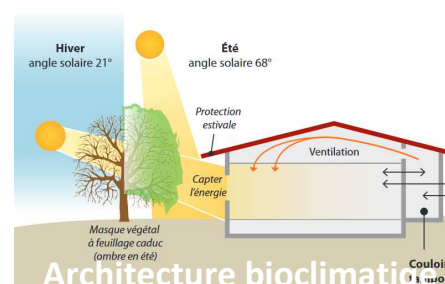
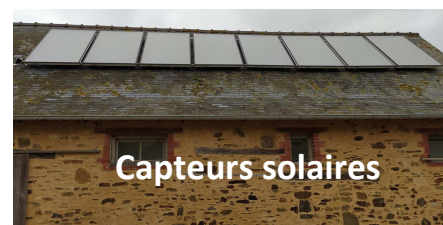


1.2 Technologies existantes :

3 technologies solaires thermiques différentes :

Solaire thermique basse température

- ✓ **Actif** : généralement des capteurs solaires en toiture ou au sol recueillant l'énergie du soleil et la transmettant à un fluide caloporteur. Souvent pour chauffer de l'eau chaude sanitaire ou des locaux
- ✓ **Passif** : technique ne reposant pas sur des capteurs solaires mais les applications reposent sur des concepts de génie civil et climatique impliquant une architecture adaptée et l'emploi de matériaux spéciaux. L'utilisation passive de l'énergie du Soleil permet de chauffer, d'éclairer ou de climatiser des locaux.



Solaire thermique haute température

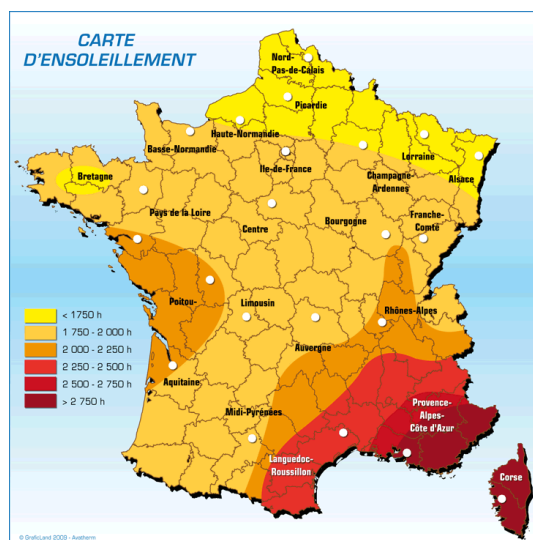
- ✓ **La technologie solaire concentrée ou « thermodynamique »** : ce procédé fournit de la chaleur haute température (de 250 à 1000°C) par concentration du rayonnement solaire. Ce pouvoir calorifique est utilisé pour actionner des turbines à gaz ou à vapeur afin de produire de l'électricité

En agriculture, le solaire thermique se résume essentiellement aux systèmes actifs basse température

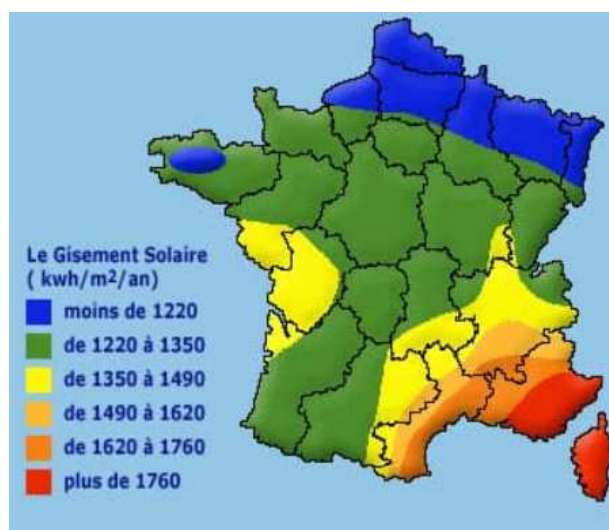


1.3 Données techniques sur les apports solaires :

1.3.1 Carte d'ensoleillement (heures par an) :



1.3.2 Gisement solaire en kWh/m²/an :



1.3.3 Différents rayonnements solaires :

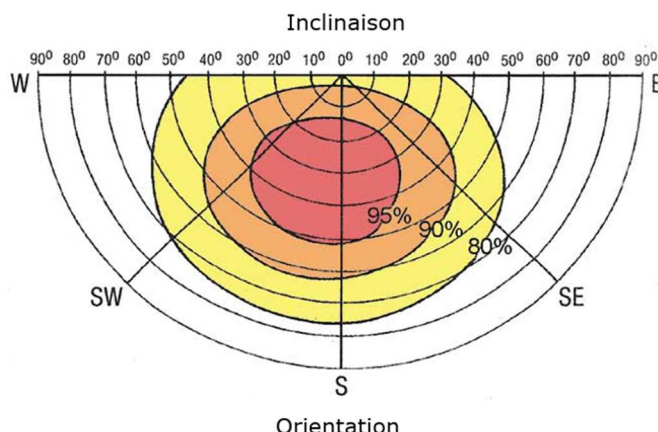


1.3.4. Irradiation solaire plein sud et à 45° de pente selon l'emplacement géographique :

Irradiation cumulée en kWh/m ² /an	La Rochelle	Nantes	Angers	Le Mans	Rennes
Directe	857	777	749	754	690
Diffuse	551	547	546	542	540
Réfléchie	39	37	36	36	35
Globale	1447	1361	1332	1332	1264

Les données pour Le Mans sont disponibles et montrent une irradiation globale à 1332 kWh/m²/an. Sachant qu'il est possible d'avoir une variation qui aille jusqu'à -75 kWh/m²/an vers la partie nord du département et de +25kWh vers la partie sud.

1.3.5 Facteurs de correction possibles des apports solaires :



L'orientation et l'inclinaison des capteurs solaires peuvent jouer sur la productivité de l'installation solaire.

1.3.6 Notion de production d'énergie solaire thermique :

La production d'énergie solaire thermique dépend :

- De l'orientation du capteur solaire
- De son inclinaison
- De sa situation géographique
- Des ombres sur les capteurs solaires,
- De la technologie des capteurs,

A ces paramètres s'ajoute l'usage. 2 centrales solaires thermiques identiques placées au même endroit peuvent avoir des productions solaires différentes en fonction de leur utilisation. Par exemple, une centrale utilisée tous les jours produira plus d'énergie solaire à l'échelle de l'année qu'une même installation utilisée un jour sur deux.

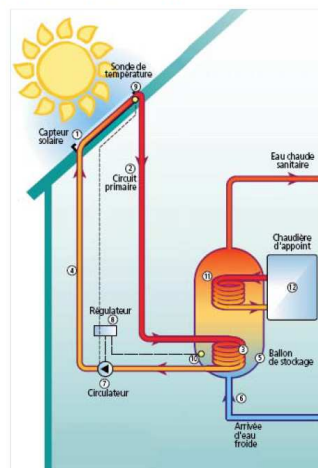
On distingue aussi la production d'énergie utile des économies d'énergie. Les économies d'énergies sont liées au type d'énergie substituée partiellement ou totalement par l'énergie solaire. Plus l'énergie à substituer a un mauvais rendement, plus l'économie d'énergie liée au solaire sera importante. En général, l'économie d'énergie est un peu plus importante que l'énergie solaire utile. Par exemple, si 10 kWh d'énergie solaire utile substituent 13 kWh de fioul, l'économie sera bien de 3 kWh. La différence de 3 kWh est liée au rendement de l'ensemble du système (rendement chaudière, déperdition dans le réseau hydraulique).

2. Différents types de chauffe-eaux solaires utilisés en agriculture :

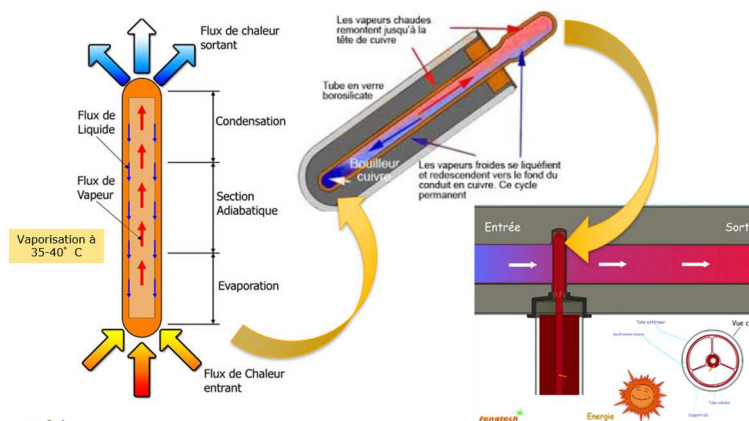
2.1 Fonctionnement des chauffe-eaux solaires plans à stockage déporté.



Figure 1: principe de fonctionnement du chauffe-eau solaire (source ADEME)

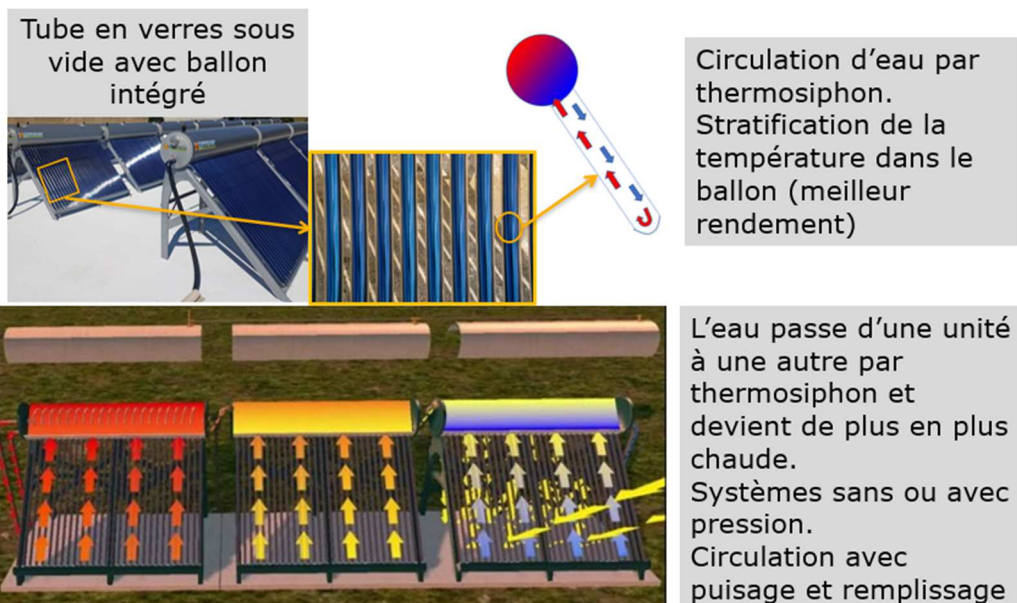


2.2 Fonctionnement des chauffe-eaux solaires de type caloducs :



2.3 Fonctionnement des chauffe-eaux solaire à tubes sous vide breveté par FENGTECH :

2.3.1 Principe de fonctionnement



3. Usages possibles du solaire thermique en agriculture :

3.1 Diversité des usages :

Le chauffage solaire est une source d'énergie renouvelable décarbonée utilisable pour produire de l'eau chaude pour la préparation de l'alimentation animale, le nettoyage d'installations de traite, cuves, ustensiles et de bâtiments, le chauffage de bâtiment et de process de production (séchage, méthanisation...). Le chauffage solaire doit être associé à une autre source d'énergie, notamment en hiver lors d'un moindre ensoleillement.

3.2 Les productions agricoles intéressées :

Laval Mayenne Technopole a dirigé le projet européen Icare4Farms de 2020 à 2023 consacré au développement du solaire thermique innovant en agriculture dans le nord-ouest de l'Europe avec 8 partenaires européens (France, Irlande, Belgique, Royaume Uni et Pays-Bas), dont l'Association des Chambres d'Agriculture de l'Arc Atlantique dont est membre la CARPDL. Dans ce projet, une étude de marché a été réalisée sur le solaire thermique en agriculture.

Pour le marché français, cette étude a révélé des opportunités pour le chauffage solaire dans les productions agricoles suivantes :

- Elevages de veaux de boucherie (ECS pour préparation du lait)
- Elevages laitiers (ECS pour nettoyage des installations de traite)
- Laboratoires de transformation à la ferme (ECS pour nettoyage de la vaisselle et du laboratoire)
- Elevages porcins naisseurs et post-sevreurs (chauffage des animaux)
- Elevages avicoles (chauffage des animaux)

Ces exploitations ont soit des besoins réguliers en eau chaude sanitaire et/ou en chauffage. Le chauffage solaire peut devenir une source d'énergie renouvelable complémentaire ou majoritaire pour couvrir les besoins de ces fermes. La quantité d'énergie fossile ou électrique est un critère important de déclenchement de ce type d'investissement en ENR et aussi le prix de l'énergie à substituer, le temps de retour sur investissement, le taux de couverture des besoins par le solaire, la faisabilité technique de l'installation et la place disponible.

3.3 Le potentiel de développement du solaire thermique en agriculture en Mayenne :

3.3.1 Nombre d'exploitations mayennaises pouvant être concernées et potentiel de développement du solaire thermique agricole :

Type d'exploitation	Nombre d'exploitations en Sarthe*	Taille moyenne par exploitation	Potentiel d'installations solaires thermiques par production	Puissance solaire thermique installable par ferme	Puissance potentielle totale installable par production de 2025 à 2035
Elevages veaux de boucherie (> 150 pl)	46	Nombre de places de veaux : 500	33%	35 kW	525 kW
Elevages laitiers (> 20 VL)	700	Nombre de vaches : 80	33%	5 kW	1 155 kW
Elevages porcins naisseurs (> 50 Truies)	119	Nombre de truies : 212	25%	12,5 kW	660 kW
Elevages porcins avec post-sevrage (> 50 pl)	189	Nombre de places : 532	25%	12,5 kW	590 kW
Elevages avicoles de chair	818	M ² de bâtiments : 1 520 m ²	10%	60 kW	4 920 kW
Laboratoires de transformation à la ferme	< 100	Pas de critères définis	33%	5 kW	150 kW
TOTAL	1 972 fermes		440 fermes		8 000 kW

* Source : Données 2022 Chambre d'Agriculture de région Pays de la Loire

Dans le tableau ci-dessus, la puissance installable par ferme est calculée à partir de la taille moyenne de chaque élevage. Par expérience, on connaît le nombre moyen de chauffe-eaux (type FENGTECH ETF-2) à installer par type de production et par taille. Le pourcentage d'exploitation potentiellement intéressées par le solaire thermique est arbitraire, mais estimé selon les retours d'expérience (prix et quantité d'énergie fossile ou électrique à substituer, taux de couverture des besoins et facilité d'installation du chauffage solaire).

3.3.2 Atouts et contraintes, leviers d'action :

Atouts : le chauffage solaire est une énergie renouvelable, décarbonée, qui a un potentiel de production d'énergie 3 à 4 fois plus élevé au m² que des panneaux photovoltaïques. En effet, la conversion du rayonnement solaire en chaleur est beaucoup plus efficace qu'en électricité. On peut atteindre 50-60% de rendement thermique contre 22-23% en électricité pour les panneaux les plus performants du moment. De plus, il est plus facile de stocker de la chaleur sous la forme d'eau chaude dans des ballons isolés à l'échelle de la journée ou de quelques jours que de stocker de l'électricité solaire dans des batteries électrochimiques. Stocker de l'eau chaude nécessite une technologie simple et peu onéreuse.

Contraintes : le chauffage solaire ne permet qu'une production de chaleur. Sans besoins de chaleur sur une ferme, le chauffage solaire n'est pas utile. A contrario, l'électricité issue d'une centrale solaire photovoltaïque peut être utilisée pour de nombreux usages, comme le fonctionnement de moteurs électriques (ventilation, pompes...), l'éclairage, le chauffage de bâtiment et le chauffage de l'eau. Toutefois, l'électricité étant très coûteuse à stocker, elle ne peut être utilisée qu'en instantané, ce qui oblige de bien étudier l'adéquation de la production d'électricité et de la consommation. En chauffage d'eau, le solaire thermique est beaucoup plus efficace et souple que le photovoltaïque. Les agriculteurs ne connaissent pas toujours bien leur consommation d'énergie liée à l'eau chaude et n'intègre pas toujours bien les enjeux de pratiques économes ou des énergies renouvelables pour la production d'eau chaude. La dernière contrainte de développement du solaire thermique est liée la mauvaise performance et fiabilité de certaines installations solaires. Les raisons peuvent être multiples telles que la faible performance des installations, leur fragilité, leur complexité, leur mauvaise installation ou leur absence d'entretien. Ce fût le cas il y a quinze ans, mais beaucoup moins maintenant car certaines technologies sont devenues à la fois performantes, simples à monter et durables.

Leviers : sensibiliser les agriculteurs utilisateurs d'eau chaude ou de chauffage aux atouts du chauffage solaire au travers de portes ouvertes et de formations. Aider les porteurs de projets à quantifier leur consommation d'eau chaude ou de chauffage avant de dimensionner une installation solaire thermique. Pour cela, faciliter la pose de compteur d'eau chaude ou d'énergie. Après clarification des volumes d'eau chaude consommés, aider à dimensionner l'installation solaire (taille, emplacement, production, taux de couverture des besoins, investissement, temps de retour sur investissement...).

4. Focus sur la technologie solaire **FENGTECH : startup mayennaise :**

4.1 Présentation de FENGTECH :

Entreprise créée par Dr Liquan Feng en 2010.

Siège social à : N°2 ZA du Riblay 53260 Entrammes

Main d'œuvre : 5 ETP (direction, recherche, services commerciaux)

Domaine d'activité : inventeur, concepteur et fournisseur de solutions solaires thermiques pour l'agriculture, le tertiaire, l'industrie et les particuliers.

Propriété intellectuelle : détention de 7 brevets liés au chauffage solaire (clôture solaire, chauffe-eaux à tubes en verre sous vide, chauffe-airs à tubes en verre sous vide, etc...)

Réalisations : une centaine d'élevage équipés avec des centrales solaires thermiques depuis 2010, principalement dans le grand-ouest, le nord, l'est et le sud-ouest de la France. Quelques installations à l'étranger. En agriculture, FENGTECH s'appuie sur un réseau d'une quarantaine d'installateurs de matériels d'élevage.

Les avantages : FENGTECH développe des chauffe-eaux solaires qui soient performants, simple d'utilisation et durable dans le temps. La durabilité est liée à la gestion de la surchauffe estivale du matériel et au gel.

Projet Icare4Farms : LAVAL MAYENNE TECHNOPOLE a dirigé un projet européen sur le développement du chauffage solaire en agriculture dans le nord-ouest de l'Europe. L'objectif était de proposer une autre ENR aux agriculteurs afin de réduire leur émission carbone et leur dépendance aux énergies fossiles. Le projet s'est déroulé de mars 2020 à septembre 2023 et comptait 8 partenaires issus de 5 pays européens différents (France, Irlande, Royaume Uni, Belgique et Pays-Bas). Les partenaires étaient composés d'une technopole (LMT), d'une région (Ouest Irlande), de 2 universités (Lorient et Lincoln), d'un concepteur de solution solaire (FENGTECH), AC3A (Association de Chambres d'Agriculture de l'Arc Atlantique), d'une association belge travaillant sur l'innovation en agriculture et d'un bureau d'études en ENR néerlandais. Au départ, Icare4Farms s'est focalisé sur l'étude de marché du solaire thermique en agriculture dans les 5 pays concernés et en a déduit les productions à cibler (élevages laitiers, élevages porcins naisseurs et post-sevreurs, veaux de boucherie...) avec une consommation régulière d'ECS ou des besoins en chauffage de bâtiment. Le projet a aussi testé et analysé l'utilisation de chauffe-eaux solaires dans différentes activités agricoles dans le nord-ouest de l'Europe, zone où cette énergie renouvelable est rarement utilisée en raison d'un moindre ensoleillement. Le projet a été centré sur la technologie FENGTECH car c'était la seule avant 2020 à présenter un bon retour d'expérience d'agriculteurs de cette zone géographique. L'utilisation des chauffe-eaux a été testée en veaux de boucherie, porcs et méthanisation, directement sur des fermes en France, en Belgique et aux Pays-Bas. La mise en place des mesures énergétiques ainsi que leur suivi, analyse et modélisation scientifique ont été réalisés par des scientifiques. Le suivi des sites montre une performance énergétique des chauffe-eaux FENGTECH plus élevée (50 à 80%) que celle des technologies classiques. Les données modélisées par les scientifiques ont permis au bureau d'étude néerlandais de créer un outil de faisabilité technico-économique à destination des porteurs de projets solaires thermiques en agriculture. Le projet a aussi communiqué et sensibilisé le public agricole,

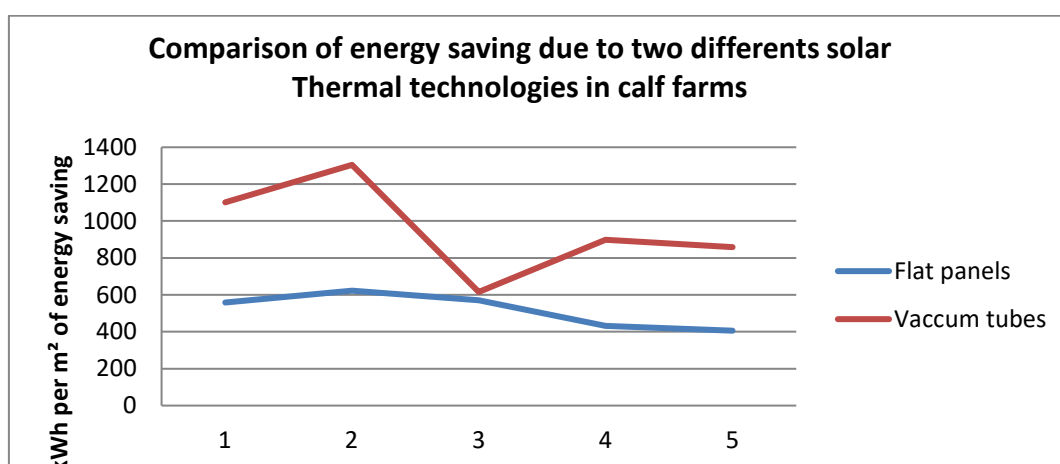
technique et politique sur ses résultats. Avec Icare4Farms, il y a eu des portes ouvertes sur les sites pilotes et autres fermes utilisant la technologie, des stands dans des salons agricoles, des conférences... Une thèse de doctorat a été soutenue sur la modélisation énergétique des chauffe-eaux FENGTECH et des articles scientifiques ont aussi été soutenus.

Certification : produit ETF-2 de FENGTECH est certifié Solar Keymark depuis mai 2024. Le CSTB a fait aussi un audit sur la performance énergétique du site pilote sarthois en veaux de boucherie.

4.2 **Intérêts et avantages de la technologie FENGTECH**

4.2.1 **Bilan de l'enquête comparative entre la technologie FENGTECH et les chauffe-eaux solaires classiques**

Lors du projet Icare4Farms, une enquête comparative a été réalisée en 2021 auprès de 10 éleveurs de veaux de boucherie du grand ouest (Poitou-Charentes, Pays de la Loire et Bretagne). Ces éleveurs utilisent tous des chauffe-eaux solaires en complément d'un chauffage au gaz propane pour chauffer l'eau de préparation du lait des veaux. Une moitié des éleveurs utilisent des chauffe-eaux solaires classiques plans (flat panels) (à glycol et auto-vidangeable) et l'autre moitié des chauffe-eaux à tubes en verre sous vide (vacuum tubes) de marque FENGTECH ETF. L'enquête approfondie menée par la Chambre Régionale d'Agriculture des Pays-de-le-Loire sous la supervision de LAVAL MAYENNE TECHNOPOLE et de l'Université de Bretagne Sud a montré (cf graphique ci-dessous) une différence d'économie d'énergie importante entre les 2 technologies. En moyenne, les chauffe-eaux solaires classiques généraient une économie de propane de 520 kWh par m² de capteur solaire par an contre 950 kWh/m²/an pour la technologie FENGTECH. Cette enquête de terrain a permis de confirmer des ressentis de producteurs sur l'efficacité de la technologie FENGTECH, sa simplicité de fonctionnement, sa fiabilité et sa rentabilité malgré l'absence d'aides à ce moment-là. Les producteurs utilisant des chauffe-eaux solaires classiques étaient satisfaits de la rentabilité de leurs installations car elles avaient bénéficié de beaucoup d'aides, mais ils étaient plus mitigés quant à la performance, la fiabilité et la durabilité de leurs chauffe-eaux solaires.



Source : projet ICARE4Farms, chambre d'agriculture de région pays de la Loire, 2021

4.2.2 Cas de 2 sites pilotes ligériens en élevage avec des chauffe-eaux solaires innovants :

Dans le même projet Icare4Farms, quatre sites pilotes solaires ont été installés à la ferme, avec un suivi scientifique des données, deux en France, un en Belgique et un autre au Pays-Bas.

La région Pays-de-La Loire a bénéficiée de l'installation de 2 sites, un en veaux de boucherie dans la Sarthe et un second en élevage porcin dans le Maine-et-Loire.

Pilote solaire thermique en élevage de veaux de boucherie :

Le premier des 4 sites pilotes de ce projet européen a été installé dans la Sarthe à St-Georges-du-Rosay dans un atelier de 400 places de veaux de boucherie, chez Mr Vaucelle.

La centrale solaire a été mise en place sur ce site en juin 2021. 16 chauffe-eaux solaires ETF FENGTECH ont été installés sur ce site pour produire l'eau des veaux. Ces chauffe-eaux sont complétés par une chaudière à condensation à propane de 50 kW. Ce site est rempli de capteurs (sondes de température de l'eau d'entrée et de sortie, de débitmètres, de calorimètres, de capteurs d'irradiation solaire...) qui sont suivis à distance. L'analyse des données est assurée par l'Université de Bretagne Sud (Département Génie Thermique). Nous avons désormais 4 ans de recul scientifique sur le fonctionnement de cette installation. L'élevage a été mis en place en 2018. 7 bandes de veaux ont été élevées sans chauffage solaire et 8 bandes avec. L'analyse scientifique montre un taux de couverture des besoins en eau chaude sanitaire des 2/3 avec le solaire. Plus de détails au

Pilote solaire thermique en élevage de porcs (post-sevrage) :

Le dernier des 4 sites pilotes d'ICARE4FARMS a été installé dans le Maine-et-Loire à Chemillé-en-Anjou pour chauffer un bâtiment porcin de 1200 places en post-sevrage, chez Mr Posnic.

La centrale solaire a été mise en place sur ce site en septembre 2023. 14 chauffe-eaux solaires ETF FENGTECH ont été installés sur ce site pour chauffer un bâtiment de 1200 places de post-sevrage (besoin de température de 25 à 28°C dans les salles d'élevage). Ces chauffe-eaux sont complétés par une chaudière à condensation à propane de 60 kW. Ce site est également équipé de nombreux capteurs (sondes de température de l'eau d'entrée et de sortie, de débitmètres, de calorimètres, de capteurs d'irradiation solaire...) qui sont suivis à distance. L'analyse des données est également assurée par l'Université de Bretagne Sud (Département Génie Thermique). Nous avons désormais 2 ans de recul scientifique sur le fonctionnement de cette installation. Le bâtiment de post-sevrage est équipé de 10 salles chauffées par du chauffage au sol et des tubes à ailettes en hauteur. L'analyse scientifique montre un taux de couverture des besoins en chauffage proche de 60% avec le solaire.

Les conclusions scientifiques sont les suivantes :

Avant le solaire, Mr Posnic chauffait ses salles du bâtiment avec du gaz propane (plancher chauffant uniquement) et des lampes électriques chauffantes. La consommation totale d'énergie était de 91 000 kWh/an.

Lors de la mise en place du chauffage solaire, l'exploitant a décidé d'arrêter le chauffage électrique (lampes chauffante) en développant les émetteurs à eau chaude (mise en place de tubes à ailettes en complément du plancher chauffant).

En première année de fonctionnement du solaire, il y a eu 3,45 T de gaz propane consommé, soit 43 000 kWh d'énergie fossile, pour des besoins de chauffage similaires à la période sans solaire.

Economie d'énergie estimée par le solaire et le nouveau réseau d'eau chaude à 59%. Soit 860 kWh/m² de capteur solaire/an.

4.2.3 Synthèse des avantages et inconvénients

Captage	Rayonnements solaires à 360° (direct, diffus et réfléchi)
Stockage	Stockage de grandes quantités de calories dans les ballons ETF Stockage de grandes quantités de calories dans le sol avec géothermie Inertie de chauffe
Usage	Eau chaude solaire jusqu'à 100°C Réduit le temps de fonctionnement de la chaudière conventionnelle Augmente la durée de vie de la chaudière Autonomie énergétique pendant 5 à 6 mois de l'année (jusqu'à 70%)
Fiabilité	Système passif (sans travail et sans surveillance) Sans surchauffe (même sans besoin de chaleur en saison estivale) Sans gel (vide d'air dans les tubes et isolation des ballons) Sans pression (longue durée de vie) Sans échangeur Sans glycol
Praticité	Ne nécessite pas de permis de construire Système modulable Système sans entretien Installation au sol
Rentabilité	Retour sur les capitaux investis sans aides entre 7,5 et 9,3%
Environnement	Réduction des émissions de CO2

4.2.4 Compatibilité des chauffe-eaux FENGTECH avec les aides du « fonds chaleur »

Les aides du « fonds chaleur » sont gérées par l'ADEME. Les porteurs de projet de centrales solaires thermiques peuvent en bénéficier s'ils respectent un certain nombre de règles et de procédures liées au « fonds chaleur ».

Parmi les critères demandés, il est nécessaire de certifier le matériel solaire avec une certification de type SOLAR KEYMARK ou équivalente.

L'entreprise FENGTECH l'a fait pour son modèle ETF2-BL300. Le certificat est attribué à la société Haining Baoguang Solar Energy en Chine sous brevet FENGTECH. Certificat daté du 15 avril 2024.

Malgré cette certification, les clients de l'entreprise FENGTECH connaissent des difficultés d'obtention des aides du « fonds chaleur ».

Il est demandé de respecter un des schémas hydrauliques SOCOL déterminés par ENERPLAN. Les chauffe-eaux FENGTECH ETF2-BL300 ne fonctionnent pas de la même manière que les chauffe-eaux plans ou caloducs classiques à eau glycolée. FENGTECH a transmis depuis plus de 12 mois des informations scientifiques à ENERPLAN pour expliquer les particularités de sa technologie et d'argumenter sur son propre modèle de schéma hydraulique. FENGTECH n'a toujours pas eu de retour d'ENERPLAN à ce jour.

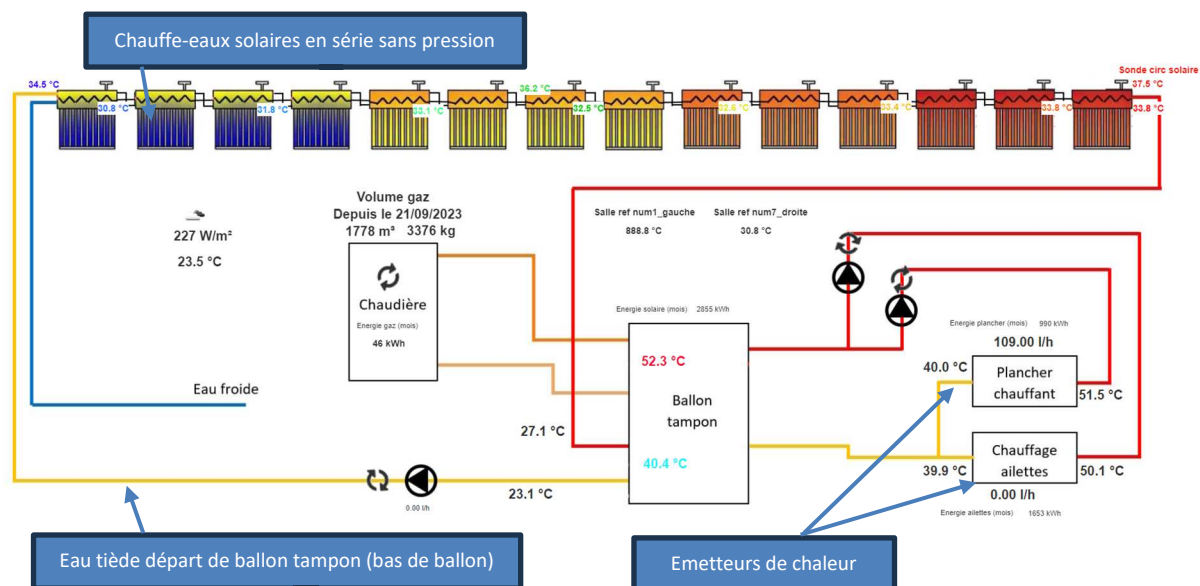
D'autre part, la demande d'aides du « fonds chaleur » nécessite une étude de faisabilité technique. L'outil SOLO2018 est utilisé pour ce type d'étude. Là encore, la spécificité du matériel FENGTECH n'est pas répertoriée dans l'outil. Des discussions ont eu lieu en janvier 2025 avec ENERPLAN et le concepteur du logiciel afin d'expertiser des mises à jour. Elles ne semblent pas encore réalisées. Dans les calculs de performance énergétiques imposés dans SOLO2018, il y a notamment des critères de calcul qui considèrent un capteur solaire tubulaire comme un capteur plan. Cette règle de calcul interroge d'un point de vue scientifique et génère une sous-estimation des performances énergétiques du matériel FENGTECH en les comparant avec des mesures de terrain (sites pilotes ICARE4FARMS suivis par l'Université de Bretagne Sud). La Chambre d'Agriculture de Région Pays-de-la-Loire a été confrontée à des difficultés d'utilisation du calculateur SOLO2018.

FENGTECH apporte des arguments scientifiques à ENERPLAN et continue son travail de recherche et développement avec l'Université de Bretagne Sud.

Il faut savoir qu'en 2024, FENGTECH a installé les 2/3 du volume de capteurs solaires thermiques à l'échelle des Pays de la Loire sans aides du « fonds chaleur ». Le tiers restant a été assuré par d'autres installateurs avec des aides du « fonds chaleur ».

l'ensoleillement est moindre. Cette tuyauterie posée à environ 1 m de profondeur dans le sol (10 m par chauffe-eau de 300 l) sert à la fois de dissipation et de stockage de la chaleur. C'est l'eau qui circule directement dans les chauffe-eaux qui est utilisée directement pour l'alimentation animale. Il n'y a pas de problèmes sanitaires en élevage de veaux, car l'eau ne stagne pas (2 soutirages par jour). Il est possible d'installer en veaux de boucherie le même type d'installation qu'un éleveur laitier, ce qui permet de s'affranchir d'une pompe de soutirage. Ce système avec séparation des eaux est également conseillé en cas d'eau calcaire. C'est plus simple de gérer le calcaire dans une tuyauterie que dans un chauffe-eau entier (ballon de 250 l et 30 tubes en verres).

4.3.3 Elevages porcins (chauffage de bâtiment) :



Dans le cas d'un chauffage solaire dédié au chauffage de bâtiment, l'apport de chaleur solaire ne peut avoir lieu que si la température de l'eau chaude issue du chauffage solaire est supérieure à celle de retour de la boucle de chauffage. En bref, si la température de l'eau solaire est inférieure à celle du bas du ballon tampon, il n'y aura pas de circulation de l'eau solaire vers ce ballon, afin de ne pas trop le refroidir. Les apports solaires ont lieu si la T° de l'eau solaire est $> T^\circ$ bas de tampon.

4.4 Audit de fonctionnement de l'installation solaire de l'EARL DU BOULAY à Saint-Georges-du-Rosay.

4.4.1 Présentation de l'entreprise

Structure : EARL DU BOULAY (Mr Frédéric Vaucelle)

Adresse : Le Boulay 72110 Saint-Georges-du-Rosay

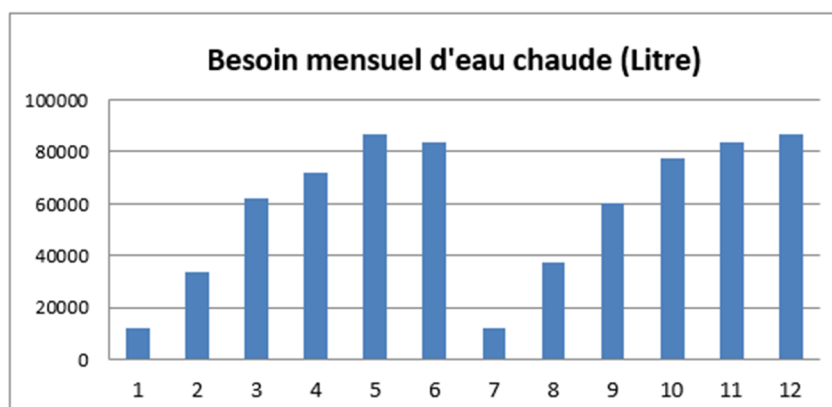
Caractéristiques : 1,5 ETP, 150 ha SAU, 400 places de veaux de boucherie en intégration, 16 chauffe-eaux solaires de 300 l pour la buvée des veaux depuis juin 2021.

4.4.2 Besoins en ECS pour les veaux de boucherie

L'exploitation dispose d'un bâtiment d'élevage monté en 2018 de 400 places de veaux.

Le bâtiment est en intégration avec VAN DRIE. 1,8 bandes de veaux sont élevées chaque année. Il faut 8 litres d'eau chaude à 48° C par veau et par jour d'élevage en moyenne. Le producteur doit chauffer son eau à 86°C pour bien délayer la poudre de l'eau et mitiger la température avec de l'eau froide afin que le mélange soit à 48°C à l'auge des veaux. A l'échelle de l'année, il faut 49% d'eau chaude et 51% d'eau froide pour obtenir la température voulue (voir détail page suivante)

Le graphique ci-dessous montre les besoins mensuels en eau-chaude à 86°C pour 1,8 bandes démarrée à l'année civile. Ce cycle se décale au fur et à mesure des années.



Avant la mise en place du chauffage solaire, les consommations annuelles de gaz propane était de 7,4 T par an, soit 18,5 kg/place. Sachant que le PCI d'une tonne de propane est de 12,78MWh, la consommation d'énergie avant le solaire pour l'ECS était de 94,57 MWh.

En comparaison, les moyennes du groupe de référence en veaux de boucherie issues du suivi INOSYS 2021-22 sont :

			MOYENNE N-1	LIMITE QUART INFÉRIEUR	MOYENNE	LIMITE QUART SUPÉRIEUR	MON ÉLEVAGE
Énergie pour l'alimentation (eau chaude sanitaire)	Gaz	€/place	11,82	10,7	12,9	14,8	La consommation d'énergie en volume est plutôt stable voire en légère baisse pour le fioul. Cependant le prix unitaire du gaz et du fioul a augmenté entraînant une hausse des charges sur ce poste.
		kg/place	16,1	13,7	16,9	19,1	
	Fioul	€/place	13,96	17,9	17,8	19,2	
		L/place	21,4	15	20,6	27,5	

Avant le solaire, l'élevage consommait un peu plus que la moyenne. Mais attention, dans la moyenne INOSYS, la consommation de gaz de certains élevages est baissée en raison de la présence de chauffage solaire.

Depuis 2021, l'eau chaude est produite par une chaudière à gaz à condensation de 50 kW associée à une réserve d'eau isolée de 2800 litres (10 cm de laine de verre). L'eau est chauffée à 86° C minimum pour des questions de dilution de la poudre de lait.

Cette chaudière gaz a été complétée en amont par 16 chauffe-eaux solaires de marque FENGTECH ETF de 300 litres de capacité depuis le 15 juin 2021. Les chauffe-eaux solaires ont été montés par l'entreprise LEFORT (35).

Besoin d'énergie théorique lié à la production d'ECS avec pertes de maintien du stockage (perte de rendement de la chaudière non prise en compte).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	TOTAL OU MOYENNE
Eau froide à 10°C	7,45	7,80	9,35	10,65	12,40	14,05	14,95	14,75	13,50	11,30	9,25	7,80	11,10
Eau chaude à XX°	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	11,10
Température d'eau demandée - XX°	50	48	48	48	48	48	46	46	48	48	48	50	48
Différence T eau froide et T eau voulue :	42,55	40,2	38,65	37,35	35,6	33,95	31,05	31,25	34,5	36,7	38,75	42,2	
Différence T eau chaude et T eau voulue :	36	38	38	38	38	38	40	40	38	38	38	36	
	128,198851	117,945012	120,243481	122,318326	125,35068	128,496086	121,048148	120,612	127,414188	123,410871	120,089643	128,686151	
	2,56397702	2,45718775	2,50507251	2,54829846	2,6114725	2,67700178	2,63148148	2,622	2,65446224	2,5710598	2,50186757	2,57372301	
	50	50	48	48	48	48	46	46	48	48	48	50	48,2
	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc	
Proportion eau chaude nécessaire (80°C)	54%	51%	50%	50%	48%	47%	44%	44%	48%	49%	50%	54%	49%
Volume quotidien d'eau de buée en l	1475	2335	3965	4840	5790	5935	1830	2735	4200	5090	5545	5190	4077,5
Volume d'ECS quotidien à 80° en l	799	1200	1999	2399	2801	2800	800	1200	1999	2501	2800	2801	2008,15
Nombre de jours dans le mois	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Besoins énergétiques mensuels en kWh	2261	3054	5520	6302	7425	5853	1056	3079	5051	6729	7490	7889	61710,5
Pertes maintien réserve d'eau isolée en kWh / mois	679	613	679	657	679	657	339	679	657	679	657	679	7653,1
Besoins énergétiques globaux hors perte de réseau	2940	3667	6199	6959	8104	6510	1396	3758	5708	7408	8147	8568	69363,6

Pour assurer les besoins en ECS, il faut environ 70 MWh d'énergie par an. Toutefois, il faut ajouter à ce calcul les pertes de rendement de la chaudière à gaz qui sont estimés à 20 MWh par an.

4.4.3 Installation de la centrale solaire thermique

4.4.3.1 Caractéristiques de l'installation

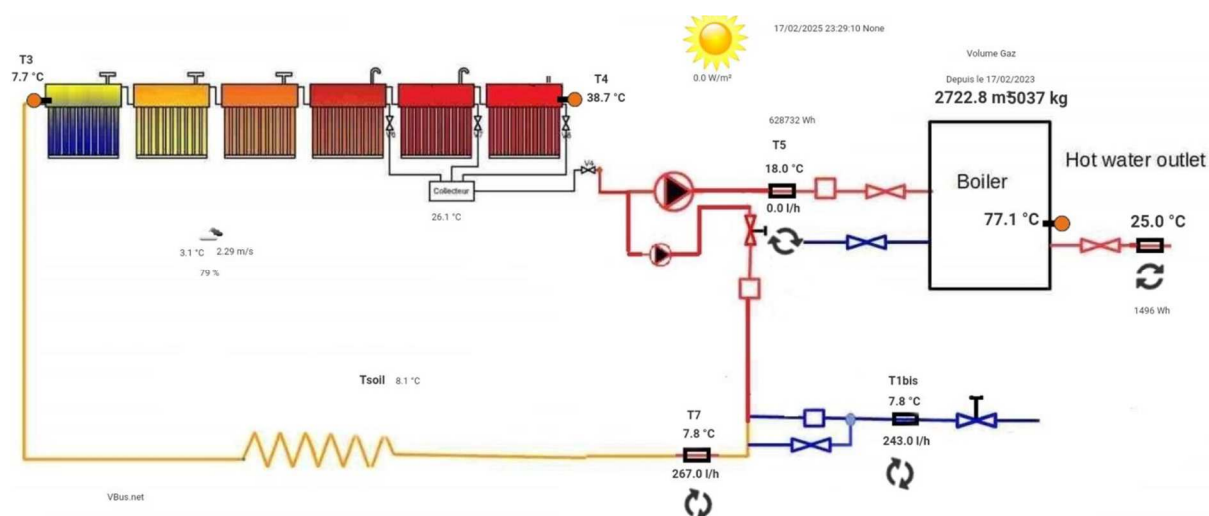


Les 16 chauffe-eaux solaires sont installés en 2 rangées sur 2 dalles béton d'une centaine de m² chacune (24 X 3,8 m). Chaque dalle est couverte de tôle blanche pour améliorer la réflexion de la lumière en sous-face des tubes en verre sous vide.

Chaque chauffe-eau dispose d'une capacité de 300 litres et d'une puissance thermique de 2,5 kW/unité. Inclinaison de 45° des collecteurs à tubes en verre sous vide. 30 tubes en verre sous vide par chauffe-eau. Orientation -15° sud-est.

Les chauffe-eaux montés chez Mr Vaucelle sont de type ETF. L'eau qui circule dedans va directement être utilisée pour la préparation de la buvée des veaux. Pas de problèmes sanitaires car il n'y a pas de stagnation d'eau.

Le schéma ci-dessous montre le montage de l'installation de Mr Vaucelle. Les 16 chauffe-eaux sont montés en série sur 2 rangées. Seule la deuxième série est soutirée directement par une pompe pour alimenter la réserve d'eau de la cuisine du bâtiment veaux. L'arrivée d'eau froide se fait lentement par la pression du service d'eau. En cas de température d'eau solaire > 85°C, un système de dissipation de la température a été mis dans le sol.



Le système de dissipation comprend 10 m de tuyau PER par chauffe-eau, soit 160 m dans le sol entre 0,8 et 1 m de profondeur. Ce système permet de stocker l'excédent de chaleur lors des vides sanitaires ou lors de journée d'élevage avec une forte insolation. Ce système permet d'éviter les surchauffes, même si les chauffe-eaux ETF sont déjà protégés des surchauffes par l'absence de pression et le contenu en eau (ne dépasse pas 100°C).

Chez Mr Vaucelle, l'eau chaude solaire est soutirée 2 fois par jour vers la réserve 5 heures avant la préparation du lait, pour laisser le temps à la chaudière d'assurer le complément. Au beaux jours, la chaudière gaz ne fonctionne pas ou très peu.

4.4.3.2 Calcul théorique des apports solaires

Données techniques du matériel :

Surface d'encombrement / capteur solaire : 3,87 m²

Surface absorbeur / capteur solaire : 2,36 m²

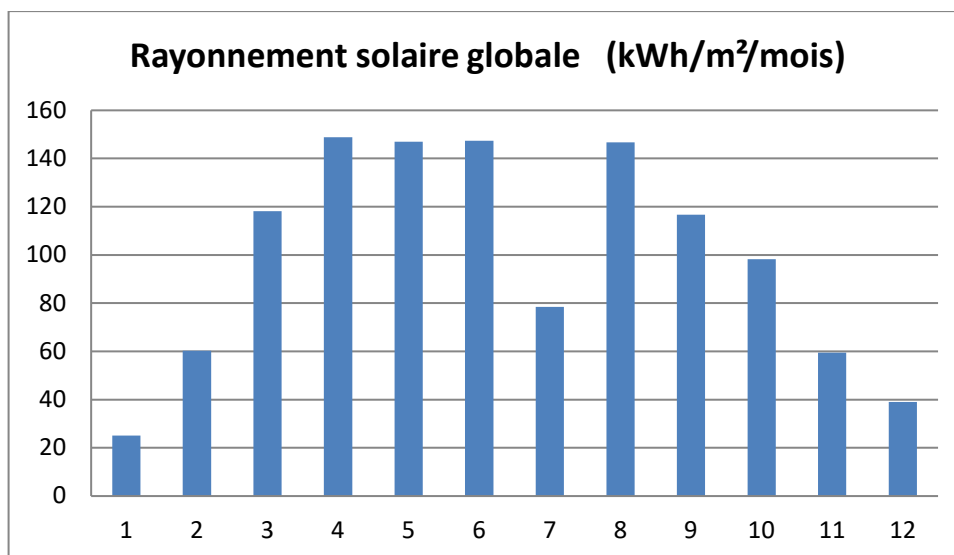
Caractéristiques d'un tube : 58 mm de Ø externe et 46,7 mm Ø interne

Rendement optique : 73%

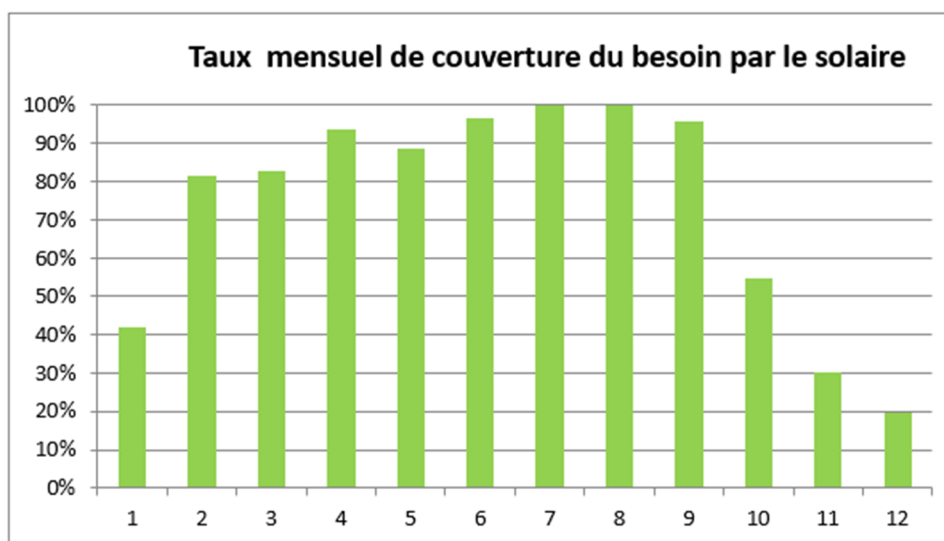
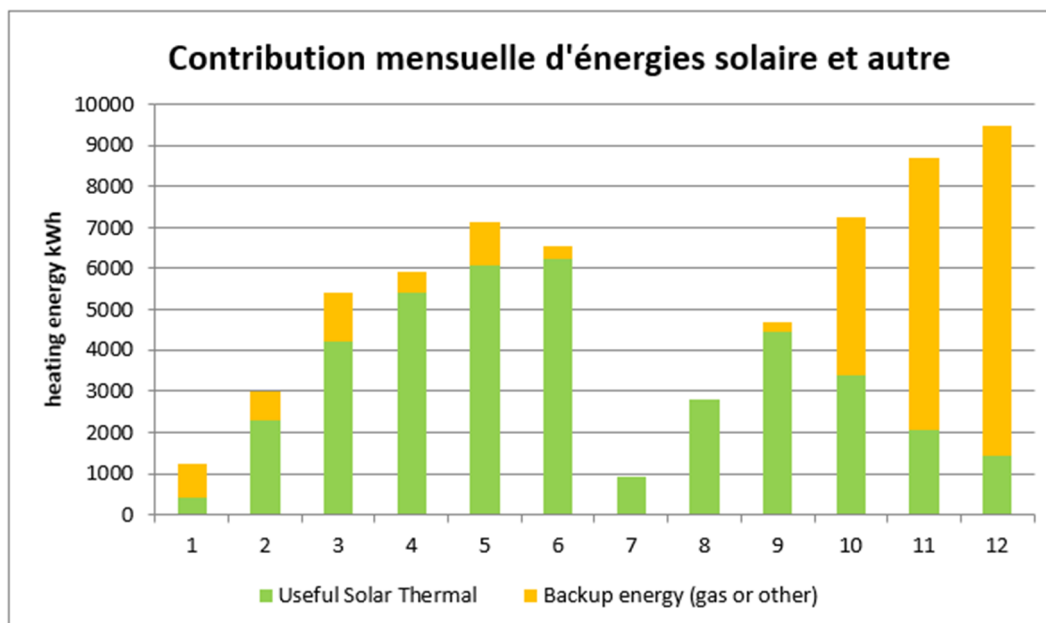
Coef. pertes thermiques de 1er ordre a_1 W/(m².K) : 1,3

Coef. pertes thermiques de 2ème ordre a_2 W²/(m².K²) : 0,0003

Données solaires prises en compte



Contributions mensuelles du solaire et du propane pour l'ECS



Soit un bilan énergétique à l'échelle d'une année :

Besoin d'énergie annuel	90 068 kWh/an
Economie d'énergie	63 076 kWh/an
Taux d'économie d'énergie	70%
Réduction des émissions de CO2	14 508 kg/an

Soit 985 kWh/m²/an d'économie d'énergie par m² de capteur solaire.

En résumé, le taux d'économie d'énergie lié au solaire a été évalué à 70%.

Attention, ce chiffre peut présenter des variations annuelles liées à l'intensité de l'ensoleillement et aussi à la date de mise en place des bandes. En réalité, en faisant une moyenne sur 2ans, de février 2023 à février 2025, le taux d'économie constaté est de 66%. Ce taux est bien plus élevé que les technologies classiques.

4.4.4 Bilan économique du projet

4.4.4.1 Calcul du prévisionnel :

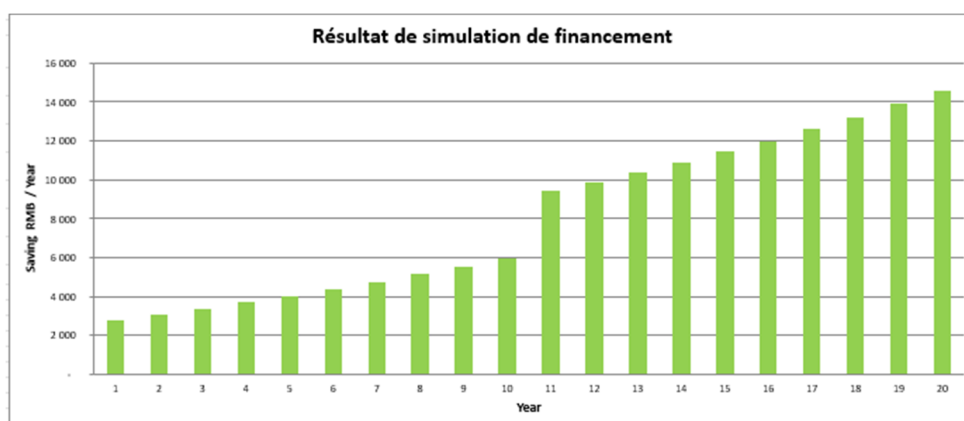
Coût d'investissement : 69 000 € HT (16 chauffe-eaux fournis et posés, terrassement, dalle béton, tranchée et tôles blanches)

Coût de l'énergie à remplacer : 8 c€/kWh de propane (simulation à +5%/an)

Economie d'énergie attendue : 70%

Temps de retour sur investissement : 9,6 ans sans aides avec un prêt à 1,5% (Taux faible en 2021) sur 69 k€ sur 10 ans. 4,4 ans avec aide européenne projet ICARE4FARMS de 60%.

		Résultat de simulation de financement																			
	An	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Cous sans Solaire	7205	7566	7944	8341	8750	9196	9656	10139	10646	11178	11737	12324	12940	13587	14266	14980	15729	16515	17341	18208
2	Remboursement bancaire	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Restant de gaz à payer	2159	2267	2381	2500	2625	2756	2894	3038	3190	3350	3517	3693	3878	4072	4275	4489	4714	4949	5197	5456
4	Maintenance et loyer sol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Taxe CO2	725	762	800	840	882	926	972	1021	1072	1125	1182	1241	1303	1368	1436	1508	1583	1663	1746	1833
6	Coûts avec solaire	5133	5241	5355	5474	5599	5730	5868	6012	6164	6324	6517	6693	6878	7072	7275	7489	7714	7949	8197	8456
7	Economie d'énergie (1+5-6) € HT/an	2798	3086	3389	3707	4041	4392	4760	5147	5553	5980	6401	6871	7365	7883	8427	8999	9598	10228	10889	11584
8	Economie d'énergie /m	233	257	282	309	337	366	397	429	463	498	533	571	611	654	700	748	799	853	910	969



4.4.4.2 Economie de gaz réellement constatée :

L'installation solaire est en fonctionnement depuis en juin 2021. Les consommations d'énergie de ce site pilote du projet ICARE4FARMS sont suivies par l'Université de Bretagne Sud, département de génie thermique. Au départ, les consommations de gaz avec solaires étaient suivies sur facture. Depuis le 17 février 2023, les consommations de gaz sont suivies à distance avec un compteur à gaz qui permet d'apporter plus de précisions aux calculs.

Sur une période de 2 ans, du 17 février 2023 au 17 février 2025, les consommations de gaz constatées étaient de 5 037 kg, soit 2,5 T de gaz par an contre les 7,4 T constatées avant les solaires.

La dernière bande de veaux qui est en cours de finition (départ des animaux avant fin octobre 2025), la consommation maxi de gaz sera de 800 kg selon Mr Vaucelle, soit un chiffre ramené à l'année (1,6 T) en deçà des 2,5T/an.

4.4.5 Bilan de la technologie FENGTECH sur le site du Boulay

	Les +	Les -	Piste d'amélioration
Fonctionnement	Bonne captation du rayonnement solaire direct, diffus et réfléchi. Systèmes peu déperditif (tubes et ballons bien isolés), ce qui le rend performant à haute température. Principe de fonctionnement est simple. Circulation d'eau dans les chauffe-eaux passive (utilise la pression du réseau). Système bien protégé contre les surchauffes et le gel. Ne nécessite pas de glycol pour la gestion du gel ni de vidange.	Réglage de la dissipation de la surchauffe parfois difficile à faire. Le soutirage de l'eau chaude se fait par pompe, ce qui peut générer des pannes, mêmes si elles sont rares. Même s'il n'y a pas eu de problème de qualité d'eau constaté, l'eau circulant dans le chauffe-eau va directement en alimentation animale.	Maintenant FENGTECH propose systématiquement le système ETF 2 avec serpentin dans le ballon d'eau chaude. Ce système permet d'éviter les pompes de soutirage. Si l'eau est dure, il n'y a que le serpentin à nettoyer. La séparation entre l'eau du chauffe-eau et l'ECS consommée est mieux en termes sanitaire.
Installation	Installation facile à monter. Les tubes en verre sont juste à emboîter dans le ballon et les châssis métalliques se montent comme un mécano.	Un choc thermique peut briser les tubes sous vide au montage. L'installation est lourde une fois mise en eau. Le poids est de +/- 100 kg/m ² , ce qui rend l'installation difficile à monter en toiture.	Précaution de montage des tubes pour éviter la casse : les tubes doivent être sortis au dernier moment de leur emballage et être rempli directement d'eau (évite le choc thermique). Prévoir une boîte avec les connexions hydrauliques et électriques permettant de faciliter la connexion au réseau ECS du client
Durabilité du matériel	Matériel de qualité. Châssis et ballon solaire en inox, ce qui augmente la durée de vie du matériel. Les tubes en verre sous vide résistent à des grêlons jusqu'à 2,5 cm de Ø.	Point de vigilance sur l'entretien des abords des chauffe-eaux : éviter les projections de cailloux lors de la tonte...	Privilégier des fixations de tuyauteries par filetage et non par emboîtement. Plus durable.
Dimensionnement du projet	Les valeurs connues de volume, de puissance thermique et de	Incertitude sur les volumes d'ECS réellement	La quantité d'énergie consommée doit

	rendement au sud facilitent les calculs	consommés et la taille de l'installation solaire à poser.	être précisée en estimant plus précisément la quantité d'énergie consommée par comptage électrique du chauffe-eau ou de l'ECS produite quotidiennement.
Investissement	Durée de vie nettement supérieure à la durée d'amortissement.	Coût élevé au m ² de capteur (1500 à 2500 / m ²) contre 1000 € m ² avec des technologies classiques.	Le prémontage de certaines parties en atelier limiterait peut-être les coûts de montage chez le client.
Financement	En réflexion pour des financements ADEME. Dans certains cas les financements PCAE fonctionnent en élevage bovin.	Contrainte d'accès aux aides du Fonds Chaleur de l'ADEME malgré la certification SOLAR KEYMARK du modèle ETF-2. Le calcul de l'aide varie selon la méthode utilisée pour estimer la production d'énergie solaire utile.	Définir la méthode de calcul à retenir et prendre en compte la spécificité du matériel FENGTECH dans les calculs. L'ADEME devrait adopter une position pragmatique au sujet de cette techno qui est appréciée des utilisateurs.
Rentabilité	Temps de retour sur investissement réduit en cas d'obtention d'aides PCAE ou autres.	Le temps de retour sur investissement est long (+/- 10 ans) sans aides. Au moment de l'installation l'EARL du Boulay a bénéficié de fonds INTERREG NO.	Informier le porteur de projet en amont des possibilités d'aides (portes ouvertes, formations, accompagnement individuel)
Impact climatique	Le chauffage solaire ne nécessite pas ou peu d'électricité pour son fonctionnement. 3 à 4 fois plus performant / m ² qu'un panneau photovoltaïque pour produire de l'eau chaude	Ne sert qu'à produire de la chaleur. Moins polyvalent qu'un panneau photovoltaïque. Bilan carbone non réalisé. Matériel construit en Asie, ce qui dégrade le bilan carbone	Faire l'ACV des chauffe-eaux selon la méthode ADEME.



Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE,
DE L'AGRO-ALIMENTAIRE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Chambre d'agriculture
Pays de la Loire

Site d'Angers

14 avenue Jean Joxé

CS 80646

49006 ANGERS

Tél. +33 (0)2 41 96 75 97

www.pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr
www.pays-de-la-loire.services-proagri.fr

www.la-terre-mon-avenir.fr

Gilles Beaujean, Chargé de mission énergie
Service énergie – économie circulaire
Tél. 06.26.64.30.47 – gilles.beaujean@pl.chambagri.fr