



Atelier 8 : Economie d'énergie dans les fromageries fermières comment mieux consommer et produire son électricité ?

Thomas Gontier et Hélène Le Chenadec – IDELE
William Chabre – Chambre d'agriculture de la Drôme



Consommations d'énergie dans les fromageries

■ Exercice – placer sur le plan de la fromagerie

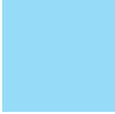
- Les équipements/pratiques d'économie d'énergie sur la fromagerie

■  → Post-it jaune

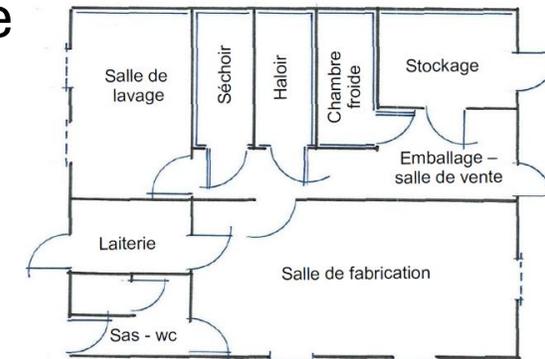
- Les problèmes rencontrés

■  → post-it rose

- Les questions que vous vous posez

■  → post-it bleu

Plan de fromagerie



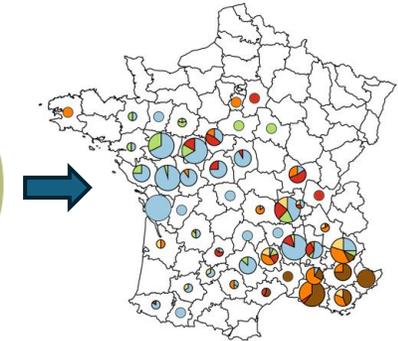
Consommations d'énergie dans les ATELIERS caprins - Actualisation des données

Consommation d'énergie en élevage herbivores

- Etude sur les consommations d'énergies directes et indirectes dans les filières d'élevages herbivores.
- Traitement des données des bases CAP'2ER® et Diapason 2020, 2021 et 2022



CAP'2ER®



Nombre d'exploitations
○ <10
○ 10-20
○ >20

Famille de systèmes
● Fromager bio <60 000 litres transformés
● Fromager conventionnel <60 000 litres transformés
● Fromager conventionnel >60 000 litres transformés
● Fromager pastoral <60 000 litres transformés
● Laitier bio
● Laitier conventionnel

Effectifs - 528

Ce rapport fait suite et complète le 1^{er} rapport édité en 2010 :

MORIN, Charlotte, BÉGUIN, Emmanuel, BELVÈZE, Julien, BOSSIS, Nicole, CAPDEVILLE, Jacques, CHAMBAUT, Hélène, CHARROIN, Thierry, CORBET, Vincent, DOLLÉ, Jean-Baptiste, JOUSSEINS, Carole, LECLERC, Marie-Catherine, MANNEVILLE, Vincent, MARTINEAU, Christophe et MORIN, Emmanuel, 2010. Consommation d'énergie en élevages herbivores et leviers d'action. Institut de l'Élevage. Paris. Méthodes & Outils.

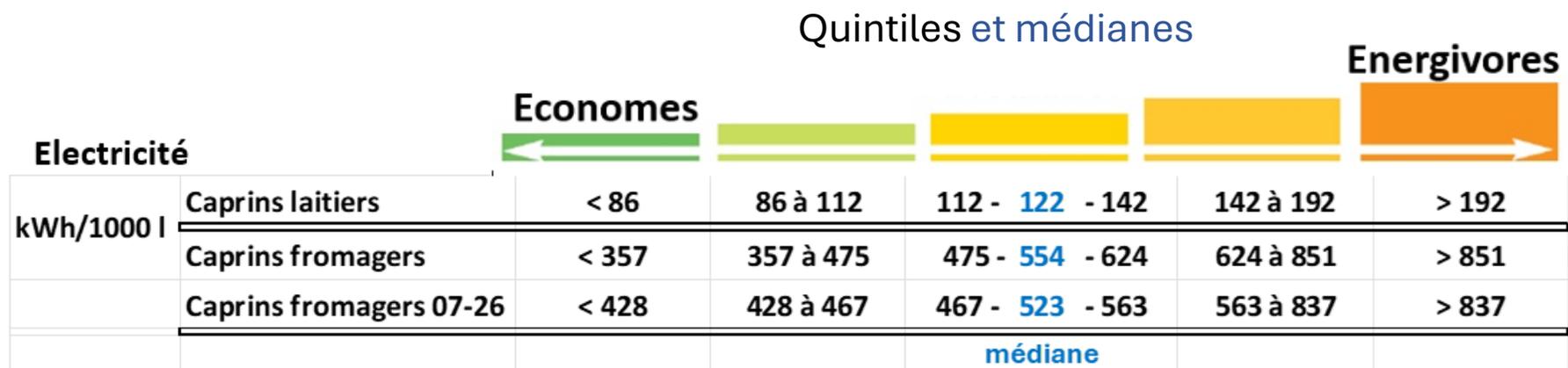
<https://idele.fr/detail-article/consommation-denergie-en-elevages-herbivores-et-leviers-daction>

➔ Attention : changement de références et de méthodologie, résultats non comparables



Consommations d'énergie dans les ATELIERS caprins - Actualisation des données

■ Répartition des consommations électricité et carburants – Caprins



Fromagerie :
432 kWh/ 1000 litres
= 78 % conso ferme

Carburants

l/1000 l	Caprins laitiers	< 16	16 à 20	20 - 23 - 25	25 à 33	> 33
	Caprins fromagers	< 30	30 à 41	41 - 49 - 61	61 à 108	> 108
	Caprins fromagers 07-26	< 41	41 à 45	45 - 47 - 51	51 à 67	> 67

⇒ Fromagers : regroupent les élevages qui transforment plus de 70 % de leur volume de lait produit

Consommations d'énergie dans les ATELIERS caprins - Actualisation des données

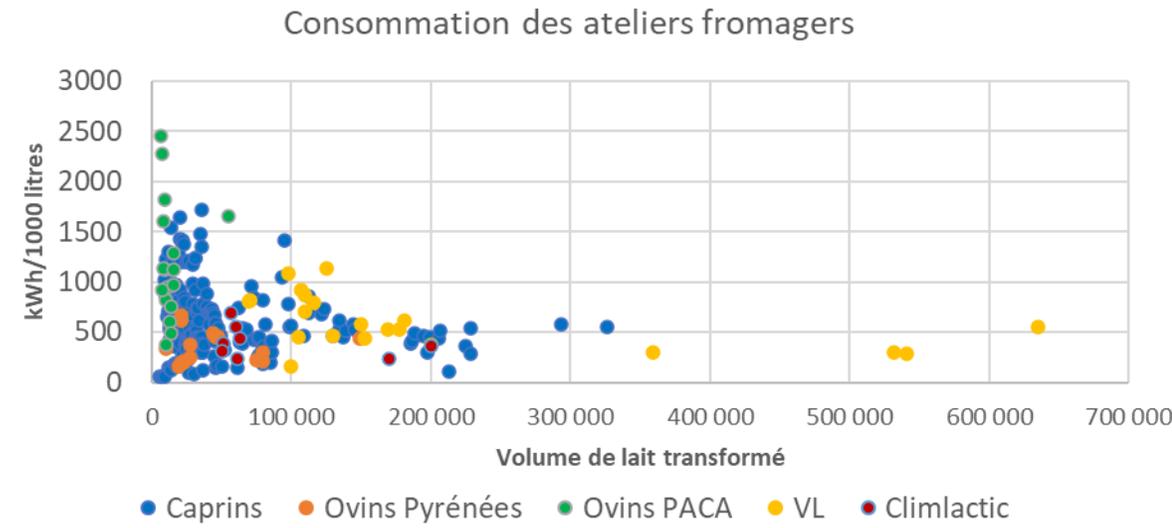
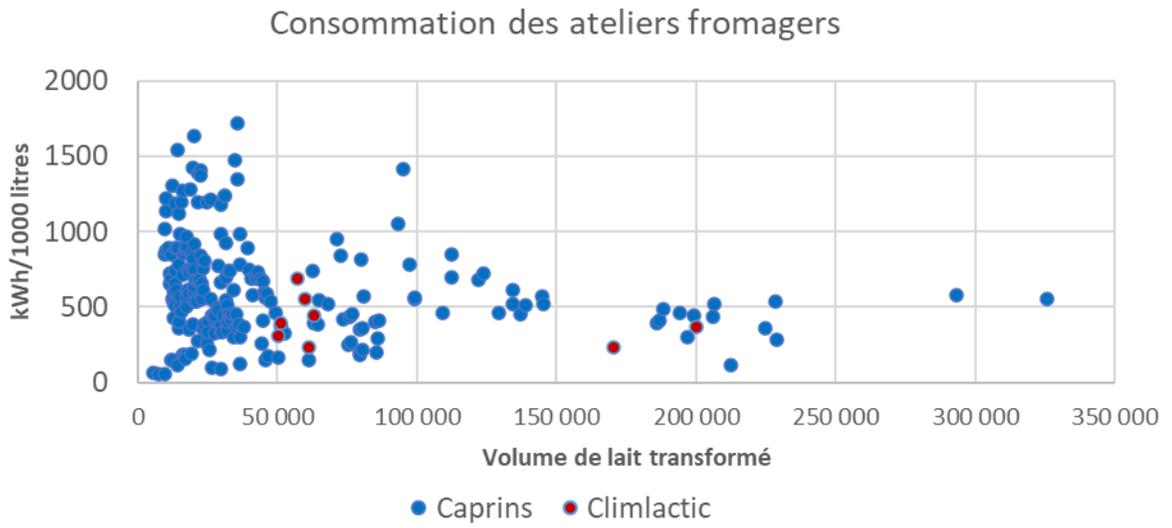
Répartition des consommations électricité et carburants
focus sur les fromagers

(consommation élevage caprin + fromagerie)

Consommation d'électricité Quintiles et médianes	Energivores					Volume de lait transformé	% lait transformé	
	Economies							
kWh/1000 l	Blait fromagers	< 202	202 à 273	273 - 288 - 298	298 à 342	> 342	197 982	46%
	Ovins fromagers	< 223	223 à 442	442 - 486 - 704	704 à 1 123	> 1 123	28 148	86%
	Ovins fromagers Pyrénées	< 207	207 à 247	247 - 317 - 375	375 à 456	> 456	44 548	71%
	Ovins fromagers Hors-bassin	< 771	771 à 954	954 - 1118 - 1130	1130 à 1 643	> 1643	13 552	100%
	Caprins fromagers	< 357	357 à 475	475 - 554 - 624	624 à 851	> 851	50 779	94%

Répartition des consommations électricité et carburants focus sur les fromagers

Consommation d'électricité Quintiles et médianes	Energivores					Volume de lait transformé	% lait transformé
	Economies						
kWh/1000 l							
Blait fromagers	< 202	202 à 273	273 - 288 - 298	298 à 342	> 342	197 982	46%
Ovins fromagers	< 223	223 à 442	442 - 486 - 704	704 à 1 123	> 1 123	28 148	86%
Ovins fromagers Pyrénées	< 207	207 à 247	247 - 317 - 375	375 à 456	> 456	44 548	71%
Ovins fromagers Hors-bassin	< 771	771 à 954	954 - 1118 - 1130	1130 à 1 643	> 1643	13 552	100%
Caprins fromagers	< 357	357 à 475	475 - 554 - 624	624 à 851	> 851	50 779	94%



Consommations d'énergie

Focus sur quelques postes de l'élevage

Consommation des louves

Test sur deux louves (avec 164 chevreaux)
louve 1 (45°C) : 14,25 Wh / cycle

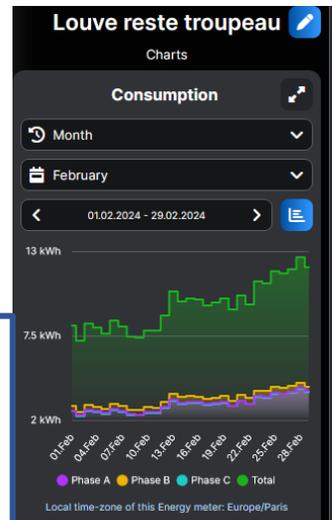


Consommation pour les 51 chevreaux d'élevage
(46 ♀ et 5 ♂)

100 litres soit 400 cycles de 250 ml

- ➔ 5,61 kWh / chevreau
- ➔ 286 kWh / élevage
- ➔ 57 € pour l'électricité

Soit 1,24 kWh/1000 l de lait produit
Soit 1 % de la consommation d'un élevage laitier (122 kWh/1 000 l)



Consommations d'énergie

Focus sur quelques postes de l'élevage

Consommation du stericolostrum

mesure des consommations électriques,
→ 38,96 kWh → 7,8 € d'électricité

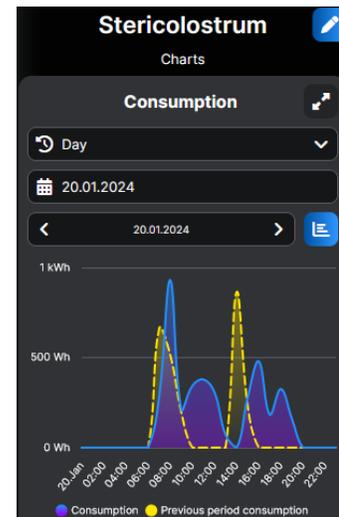
renseignements des données sur les litrages stérilisés, les horaires et les nombres de chevreaux

→ 117,65 litres / 250 chevreaux

Consommation totale : → 0,16 kWh / chevreau

→ 0,17 kWh / 1000 litres de lait produit

soit 0,1 % de la consommation d'un élevage laitier



Consommations d'énergie

Focus sur quelques postes de l'élevage

Consommation des réchauffeurs d'abreuvoirs

mesure de la consommation électrique hors période de chauffe

→ 10 kWh/jour au mois de juin,

→ Penser à couper les circulateurs et réchauffeurs hors période froide !

→ Sur 150 jours 1 500 kWh à gagner



Consommations d'énergie dans les fromageries

- Exercice – placer sur le plan de la fromagerie

- Les équipements/pratiques d'économie d'énergie sur la fromagerie

■  → Post-it jaune

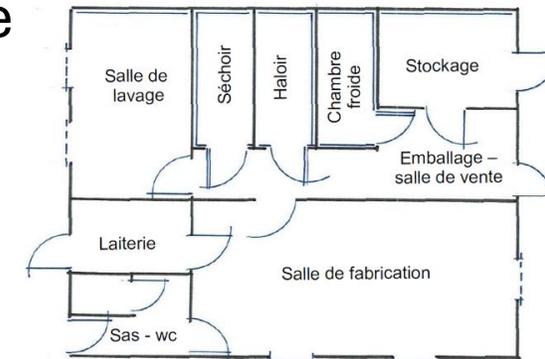
- Les problèmes rencontrés

■  → post-it rose

- Les questions que vous vous posez

■  → post-it bleu

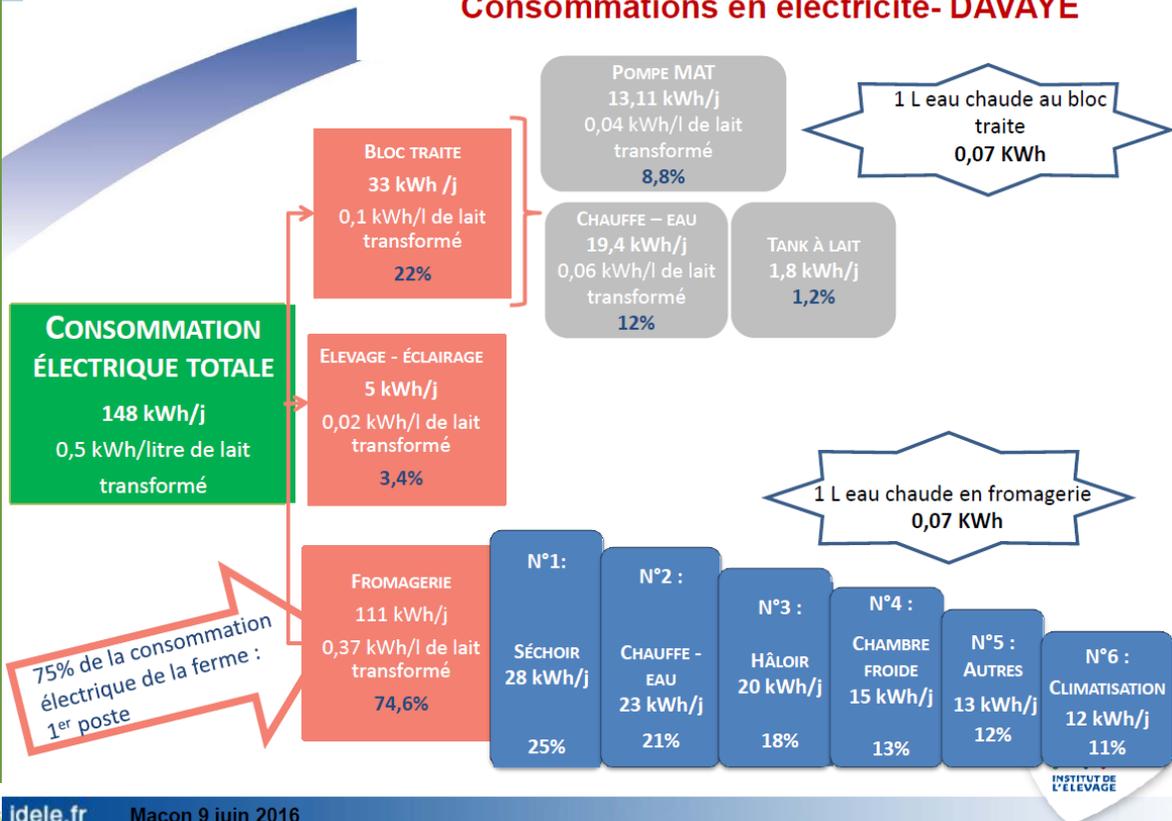
Plan de fromagerie



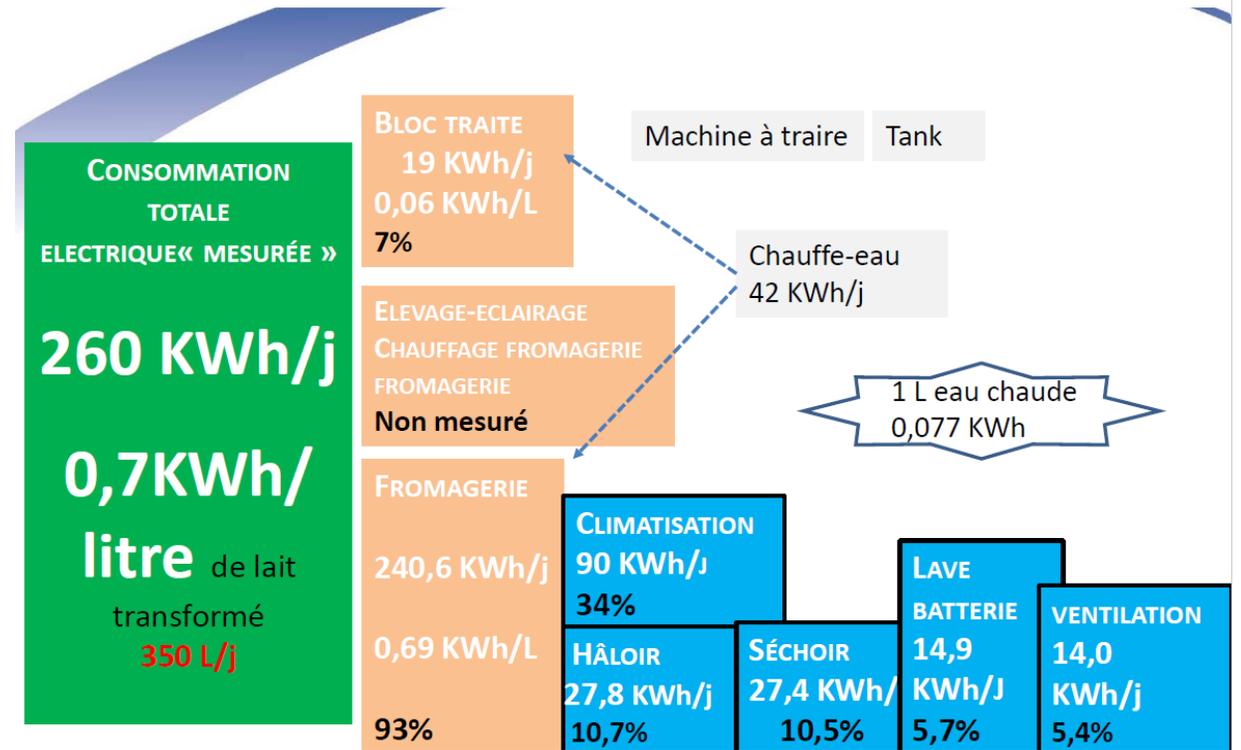
Consommations d'énergie dans les fromageries

Les résultats 2015 – Davayé – Le Blanc

Consommations en électricité- DAVAYE

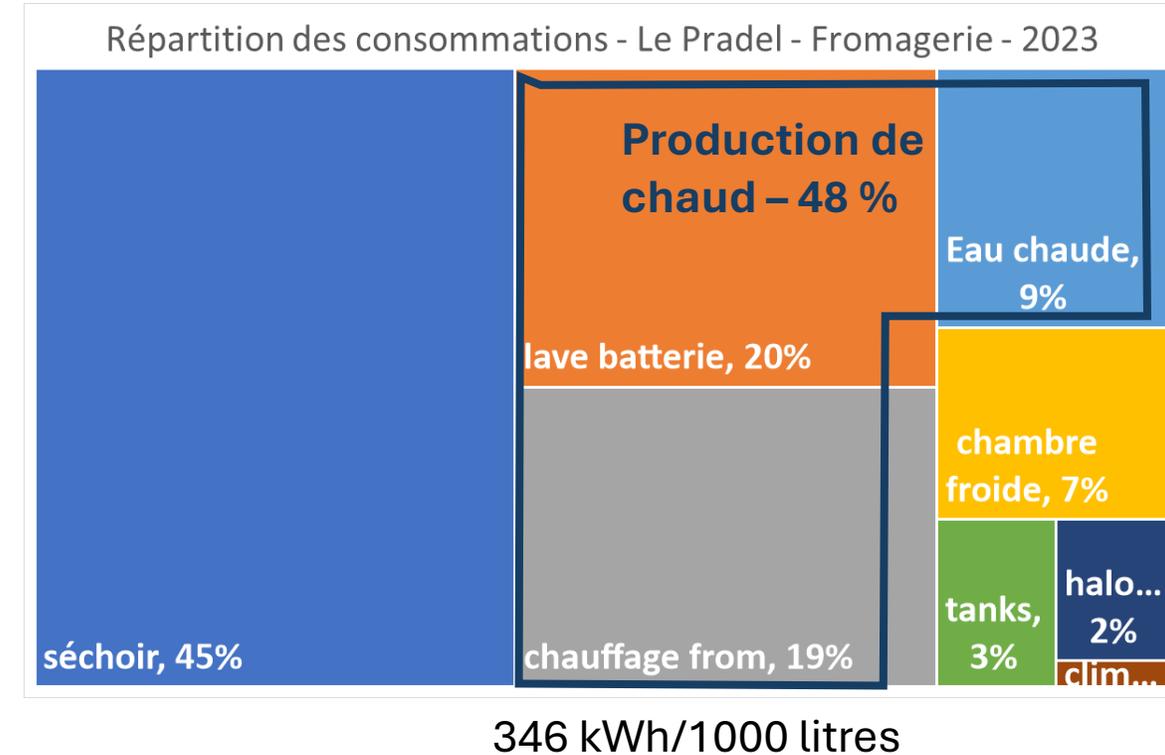
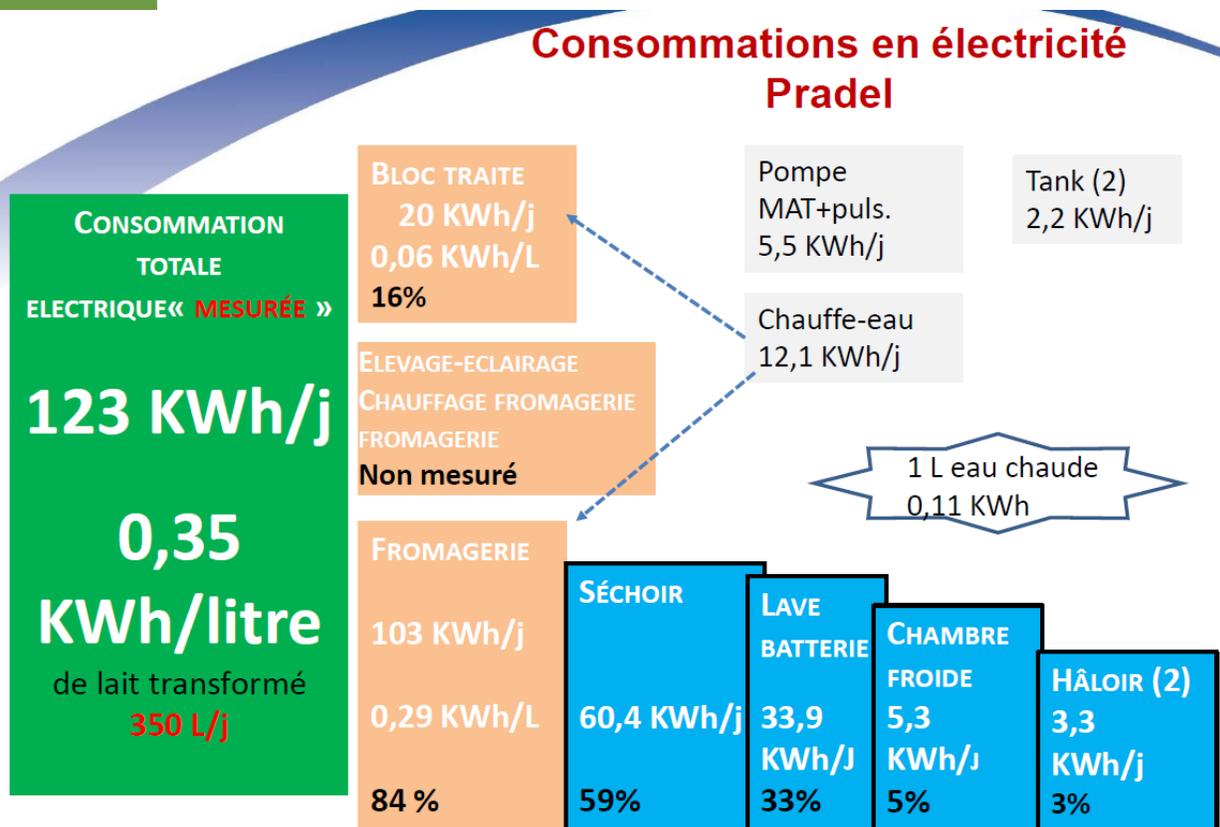


Consommations en électricité - Le Blanc



Consommations d'énergie dans les fromageries

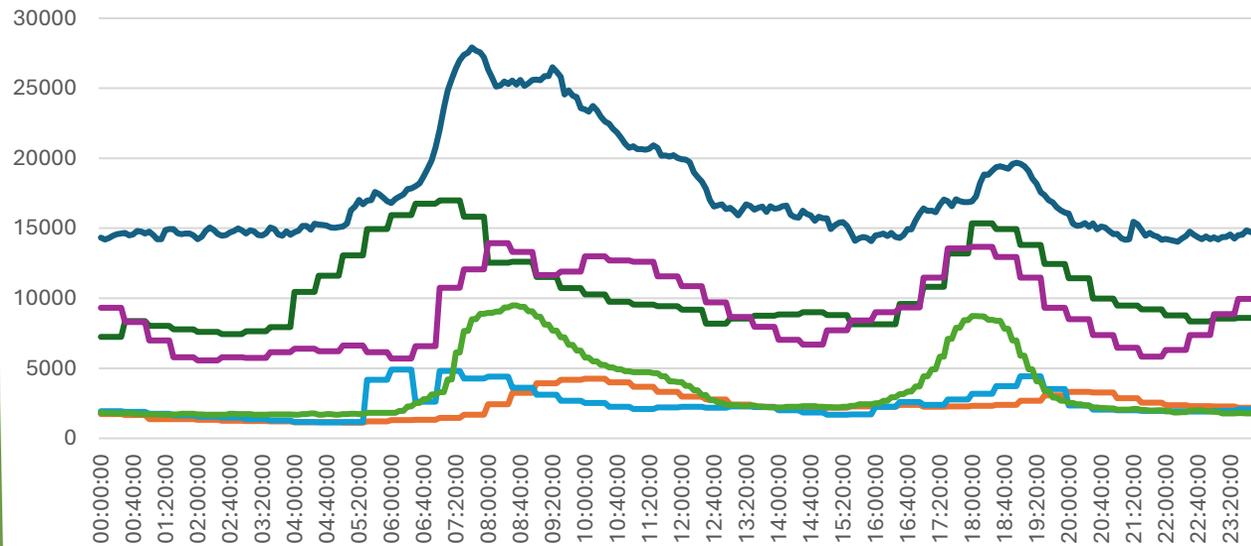
Les résultats – Le Pradel – 2015 - 2023



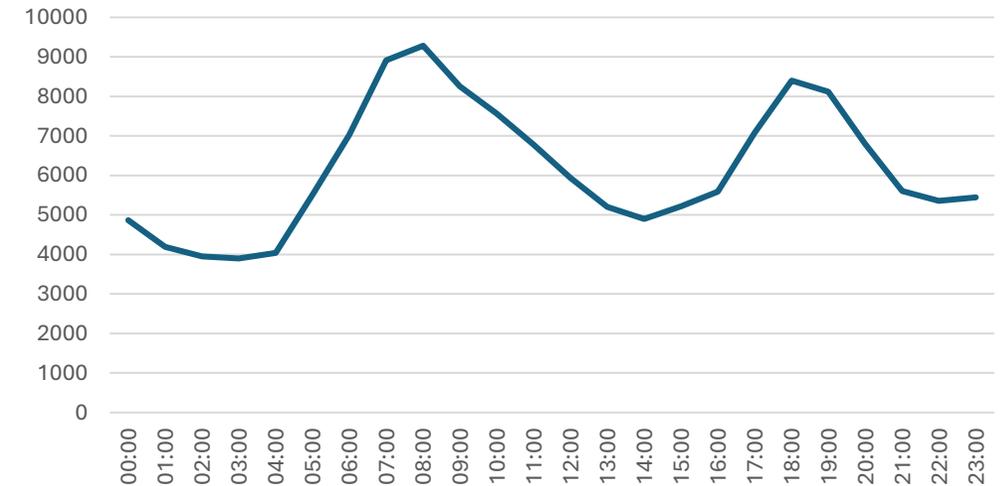
Consommations d'énergie dans les fromageries

- Profil de consommation dans différentes fermes

Courbes de puissances sur différentes fermes



Courbes de puissances moyenne



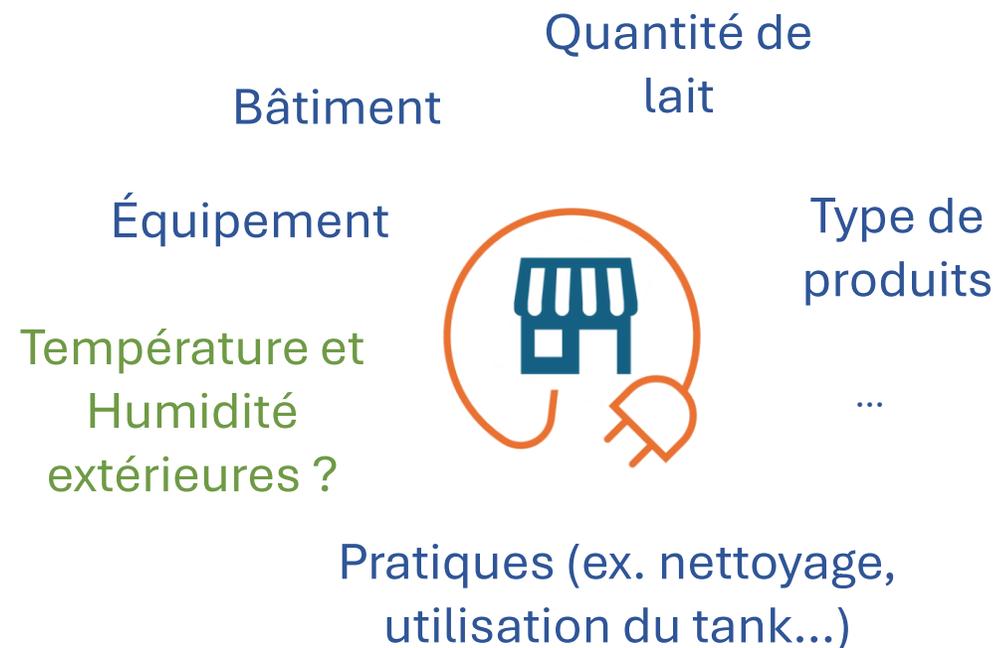
Consommations d'énergie dans les fromageries – Facteurs de variations ?

■ Projet Climlactic

- Apporter davantage de références
- Évaluer l'impact des épisodes de fortes chaleurs

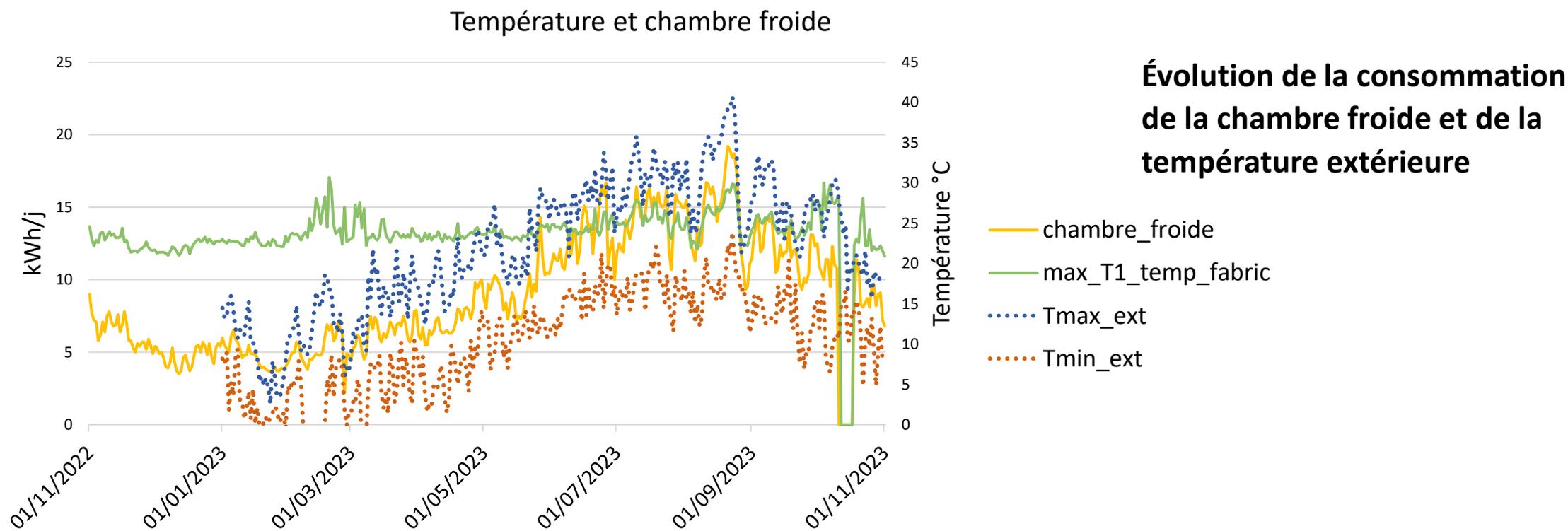
■ Premiers enseignements

- Difficultés opérationnelles pour équiper les fromageries et récolter les données
- Des consommations très variables selon les fermes et très dépendantes des pratiques



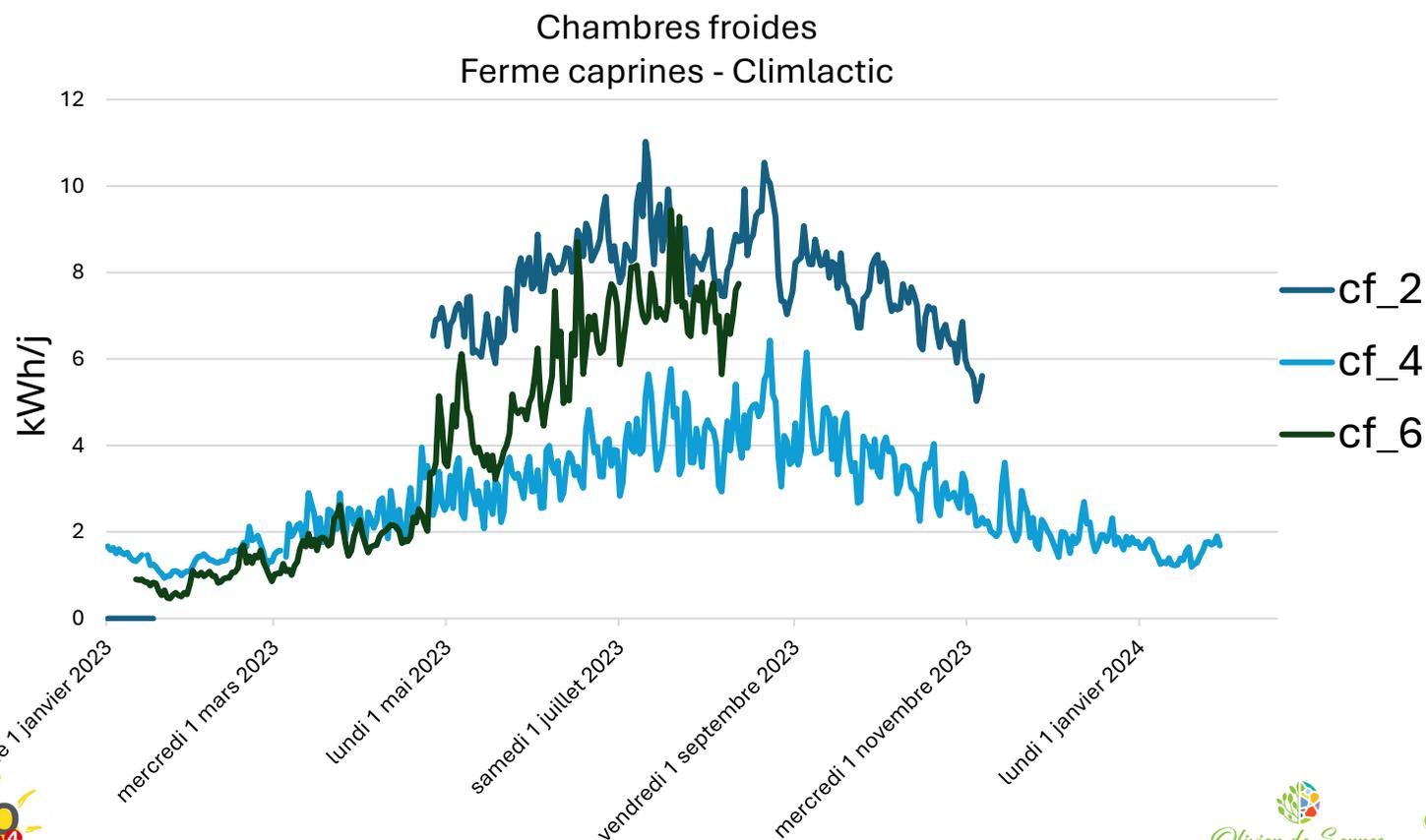
Consommations d'énergie dans les fromageries – Chambre froide

- Le Pradel – 2023- Climlactic – quels facteurs de variation ?



Consommations d'énergie dans les fromageries – Chambre froide

■ Fermes commerciales – 2023- Climlactic



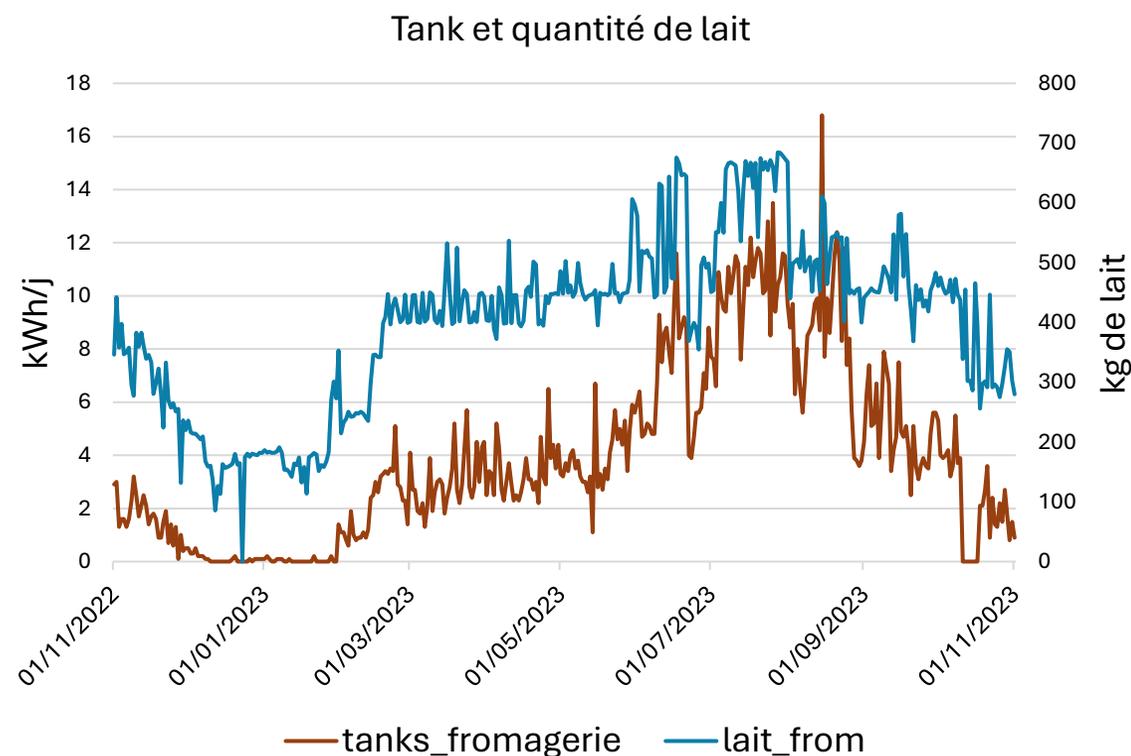
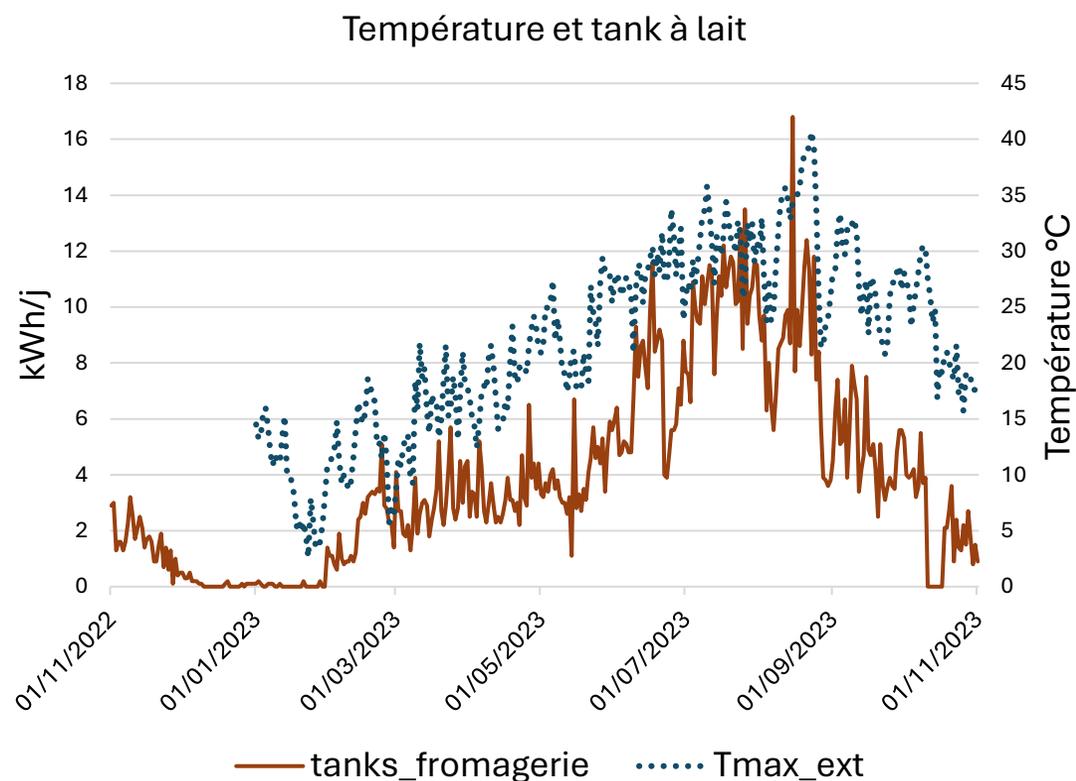
En cours



Explication des variations de consommations de la chambre froide par les variations de Température et d'Humidité extérieures

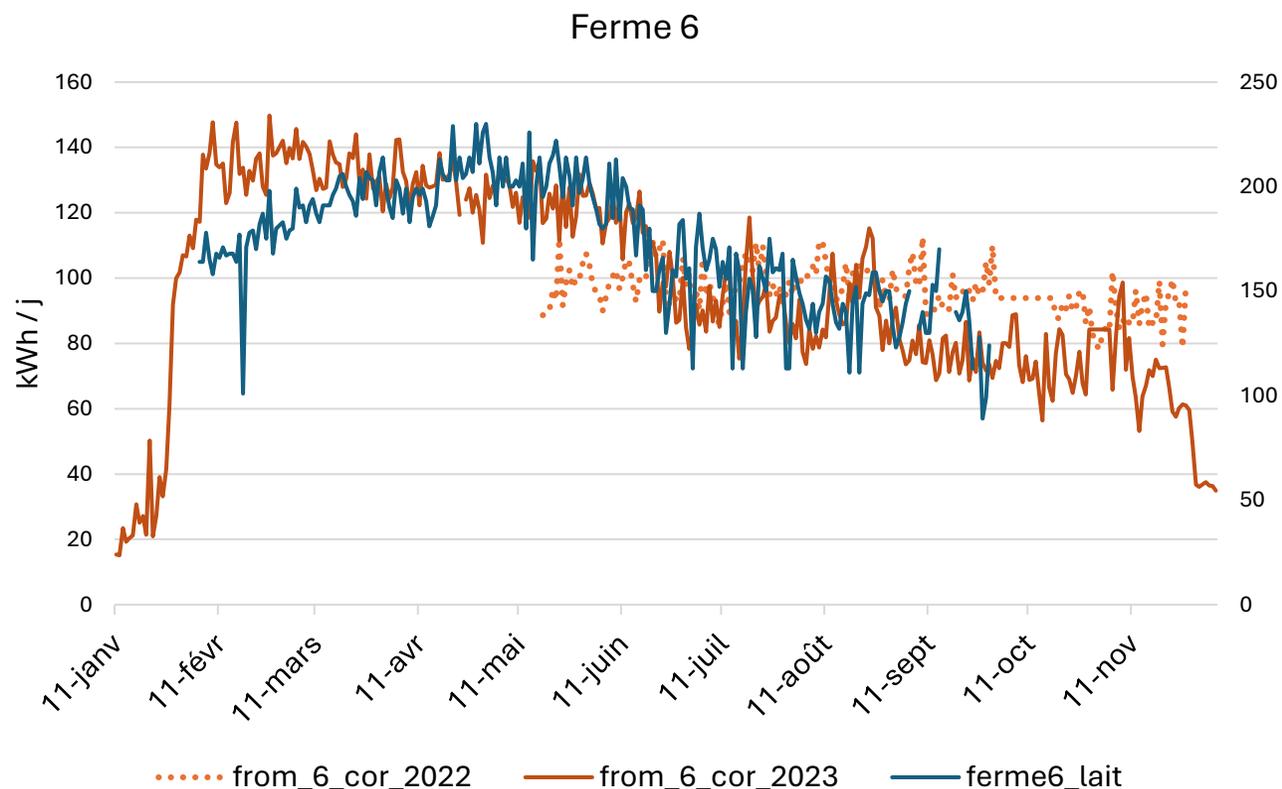
Consommations d'énergie dans les fromageries – Tank à lait

- Le Pradel – 2023- Climlactic – quels facteurs de variation ?



Consommations d'énergie dans les fromageries – Tank à lait

■ Ferme commerciale – 2023 – Climlactic



Changement de pratique entre 2022 et 2023 ?

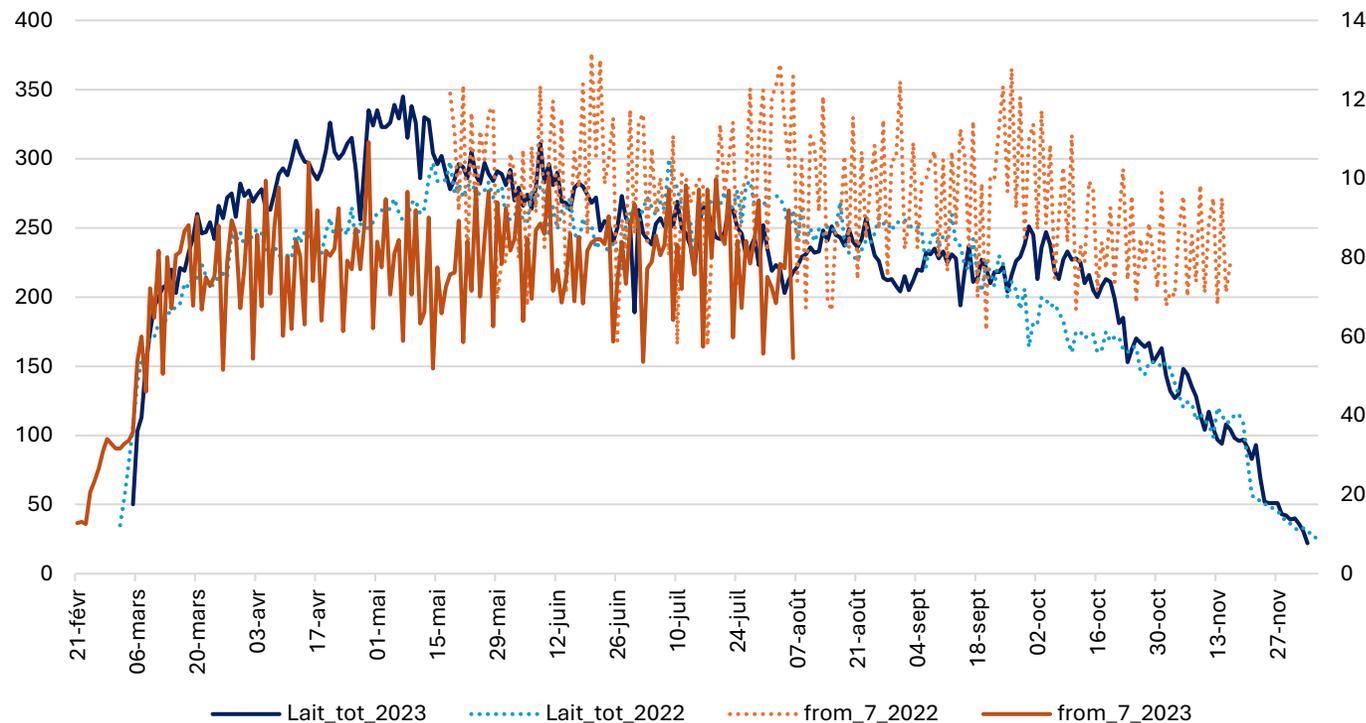
Démarrage de l'activité en 2022

- le tank à lait n'est pas utilisé (utilisation de bassine)
- quantité de lait transformé faible

Consommations d'énergie dans les fromageries – quantité de lait

■ Fermes commerciales – Climlactic

Ferme 7 - 2022 et 2023



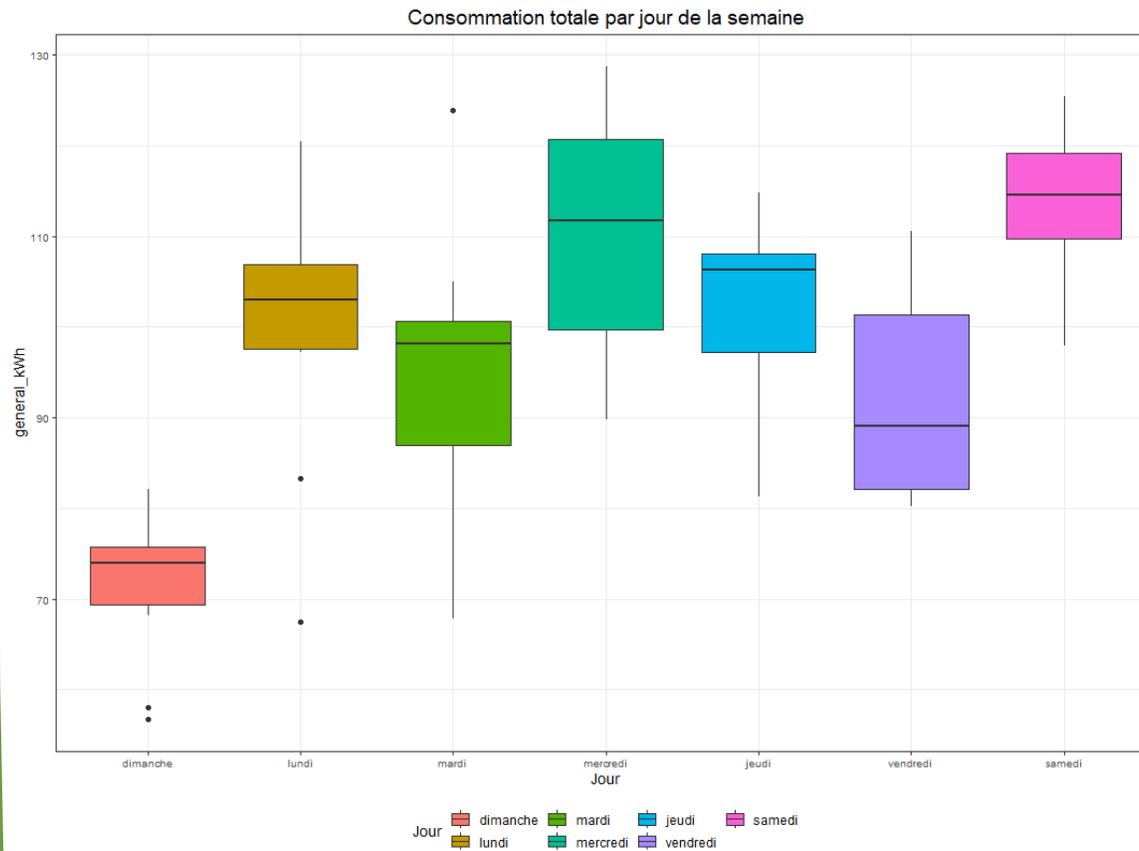
Pas de forte corrélation sur l'année entre les volumes de lait transformé et la consommation électrique

Sur cette ferme, la consommation de la fromagerie ne suit pas la courbe de lactation (sauf au démarrage de l'activité).

NB : changement de pratique 2022/2023 : utilisation de la chaudière à granulés pour le chauffage de la fromagerie

Consommations d'énergie dans les fromageries – type de produits fabriqués

■ Ferme commerciale - Climlactic



Une consommation qui dépend des produits fabriqués et des activités de la semaine

- Dimanche : activité réduite
- Mercredi et samedi : fabrication de yaourts

Consommations d'énergie dans les fromageries

■ Exercice – placer sur le plan de la fromagerie

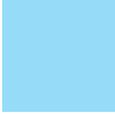
- Les équipements/pratiques d'économie d'énergie sur la fromagerie

■  → Post-it jaune

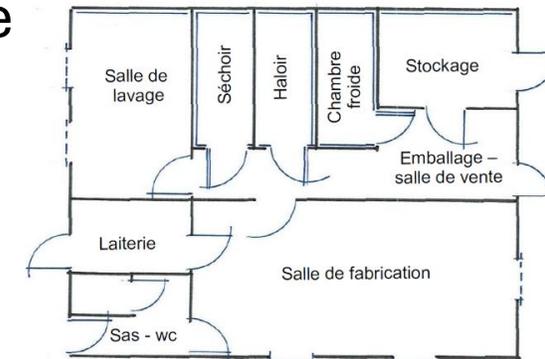
- Les problèmes rencontrés

■  → post-it rose

- Les questions que vous vous posez

■  → post-it bleu

Plan de fromagerie



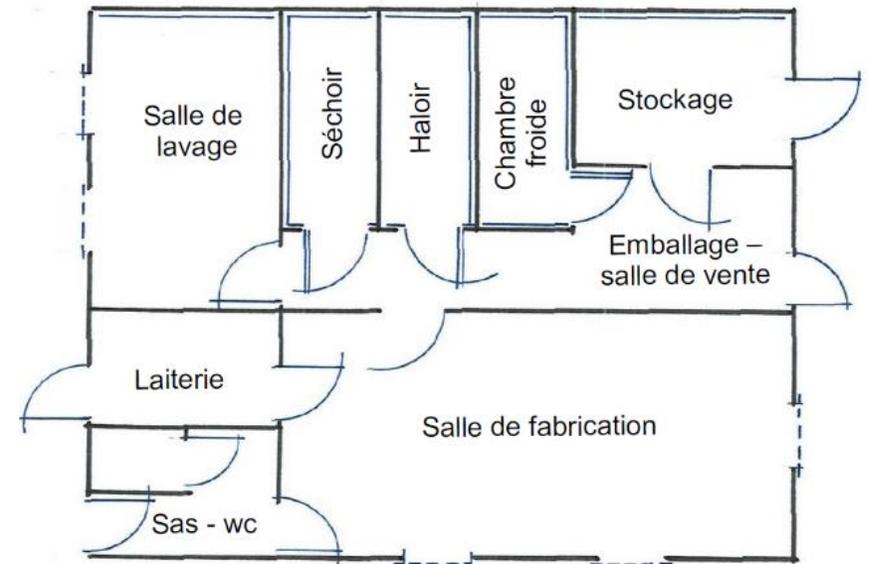
Comment diminuer mes consommations ?

■ Conception et organisation de la fromagerie :

- Orientation,
- Localisation salle de fabrication,
- Localisation chambre froide,
- Localisation des groupes froids,

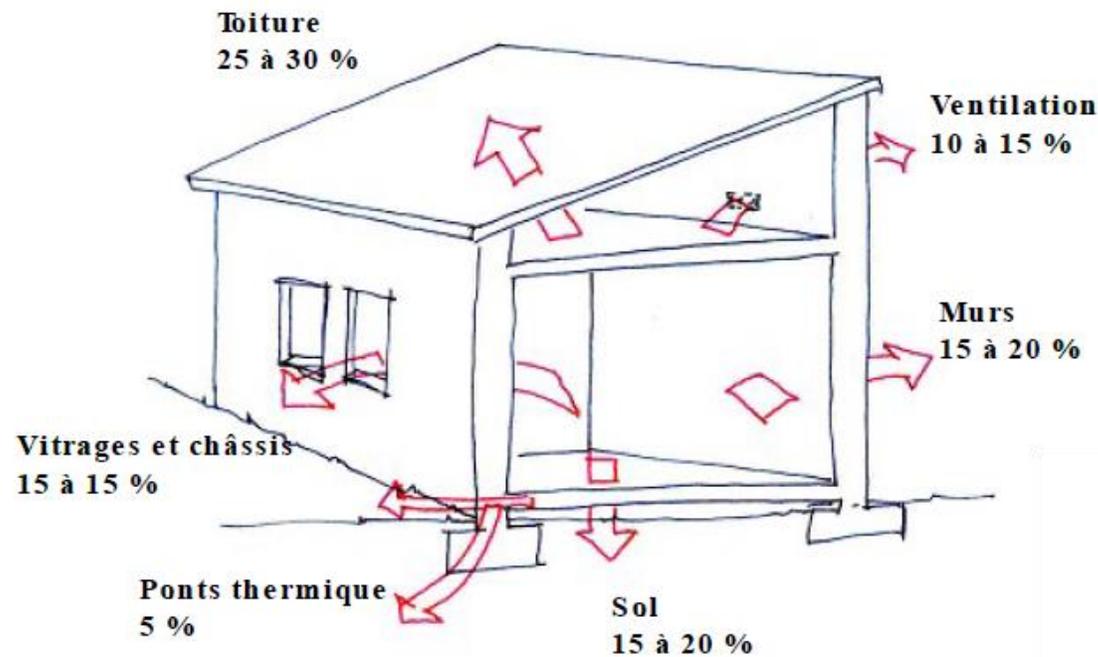
+ Cf. Atelier transfo de la JPO

Plan de fromagerie



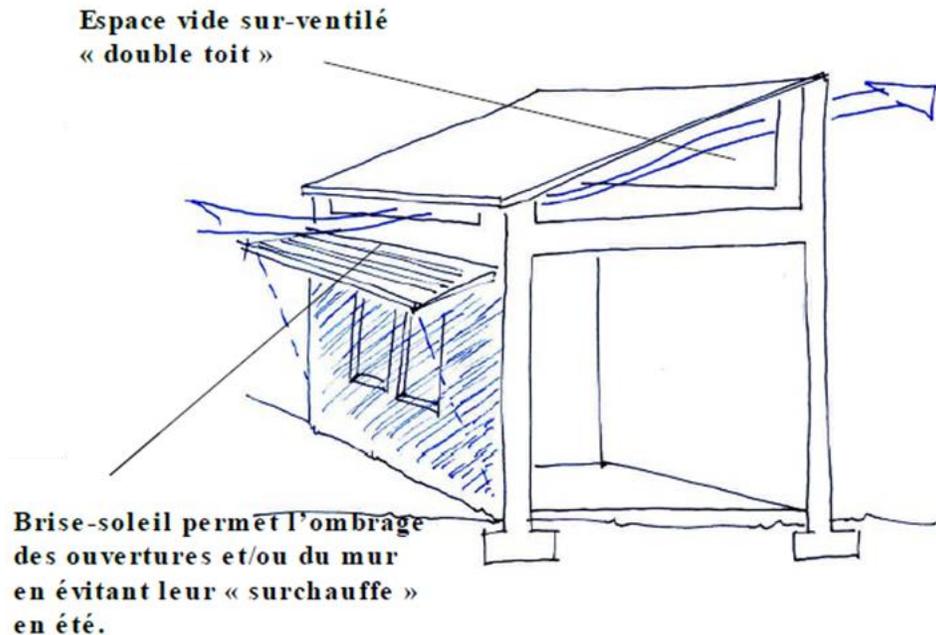
Comment diminuer mes consommations ?

- Assurer une bonne isolation – rappel des pertes pour du chauffage



Comment diminuer mes consommations ?

- Protection solaire des murs, cloisons et ouverture



Orientation sud de la façade

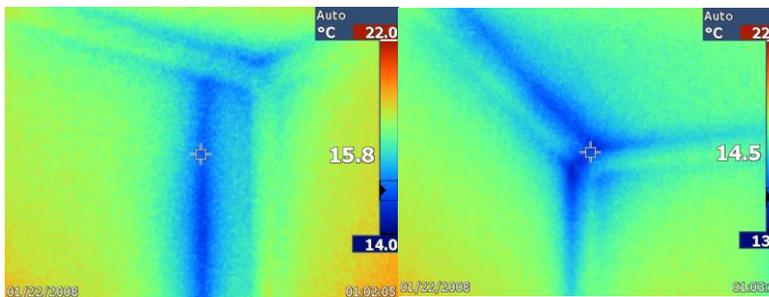


Comment diminuer mes consommations ?

- Assurer une bonne isolation

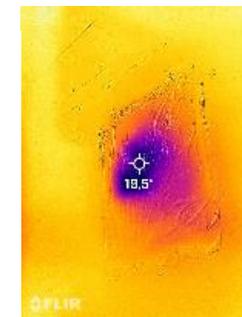


huisseries

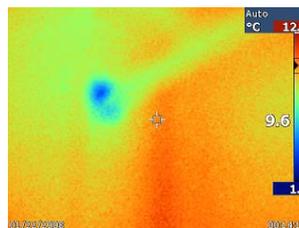


Défaut d'isolation dans les angles

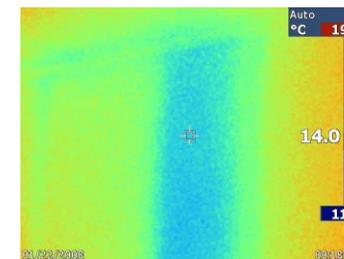
trou
obstrué
au
plafond



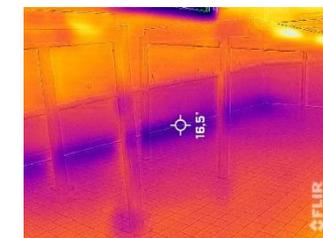
Réseau eau-
chaude



Tuyaux à travers
une cloison



Défaut d'isolation
d'une cloison



Perte thermique
au niveau du sol
Vue extérieure

Comment diminuer mes consommations ?

■ Vitrines et lave-batterie



**Fermeture des vitrines réfrigérées
Expé sur économie liée à la prévue
pour 2025**



avec condenseur / récupérateur d'énergie

- **Récupérateur d'énergie sur l'eau de vidange** (en option): utilise les calories de l'eau sale pour réchauffer l'arrivée d'eau propre.
- ⇒ Possible de brancher sur arrivée eau froide du BEC
- **VAPOSTOP condenseur/récupérateur de buées** (en option): supprime tout dégagement du buées à l'ouverture de la porte.

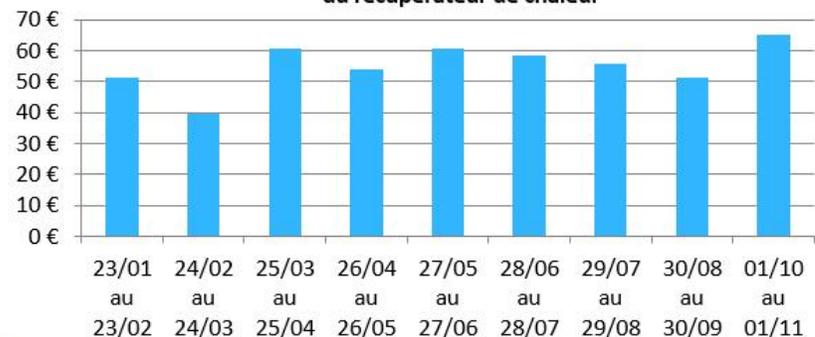
Comment diminuer mes consommations ?

- Installation d'un récupérateur de chaleur sur groupe froid



- Les résultats de 2014 et 2015 ont montré que le chauffe-eau était le 2^{ème} poste de consommation électrique dans cette fromagerie (transformation de ± 118 000 litres de lait par an).
- Dans un contexte d'économie des consommations énergétique, la ferme pilote a souhaité expérimenter l'installation d'un **récupérateur de chaleur** sur le moteur de la chambre froide pour alimenter en eau préchauffée à ± 55°C le chauffe-eau existant et le lave-batterie ainsi qu'un adoucisseur pour la durabilité des équipements, en janvier 2016.
- Voici les résultats issus d'une comparaison des consommations entre 2015 et 2016.

Économies réalisées par période d'un mois suite à l'installation du récupérateur de chaleur



- Une économie moyenne des consommations électriques comprises autour de **55 € par mois** soit ± 660 € par an (basée sur le tarif de base du kWh 2016 : 0,1503 € HT).



Comment diminuer mes consommations ?

■ Surisolation sur un ballon de 300 litres :

5,15 kWh/j avant isolation → 3,72 kWh/j après

économie de 1,43 kWh/jour soit 28% de la consommation du ballon

(soit 43 % de l'énergie liée à la conservation de la chaleur – 3,34 kWh/j)

Pour un fonctionnement de la fromagerie pendant 300 jours, l'économie annuelle permise par une surisolation serait de 429 kWh/an, soit un gain de 86 € HT pour un kWh à 20c€/kWh

mise en œuvre : → 110 € HT et 4 h de main d'œuvre pour la mise en place.

+ arrêt du chauffe-eau hors période de transformation !

(si local hors gel)

En Complément : isoler les réseaux d'eau chaude !

Les mesures effectuées ne permettent pas de calculer de gains significatifs, les pratiques de consommation d'eau changeant également. Mais le coût de mise en place et la simplicité de mise en œuvre doit inciter à cette réalisation.



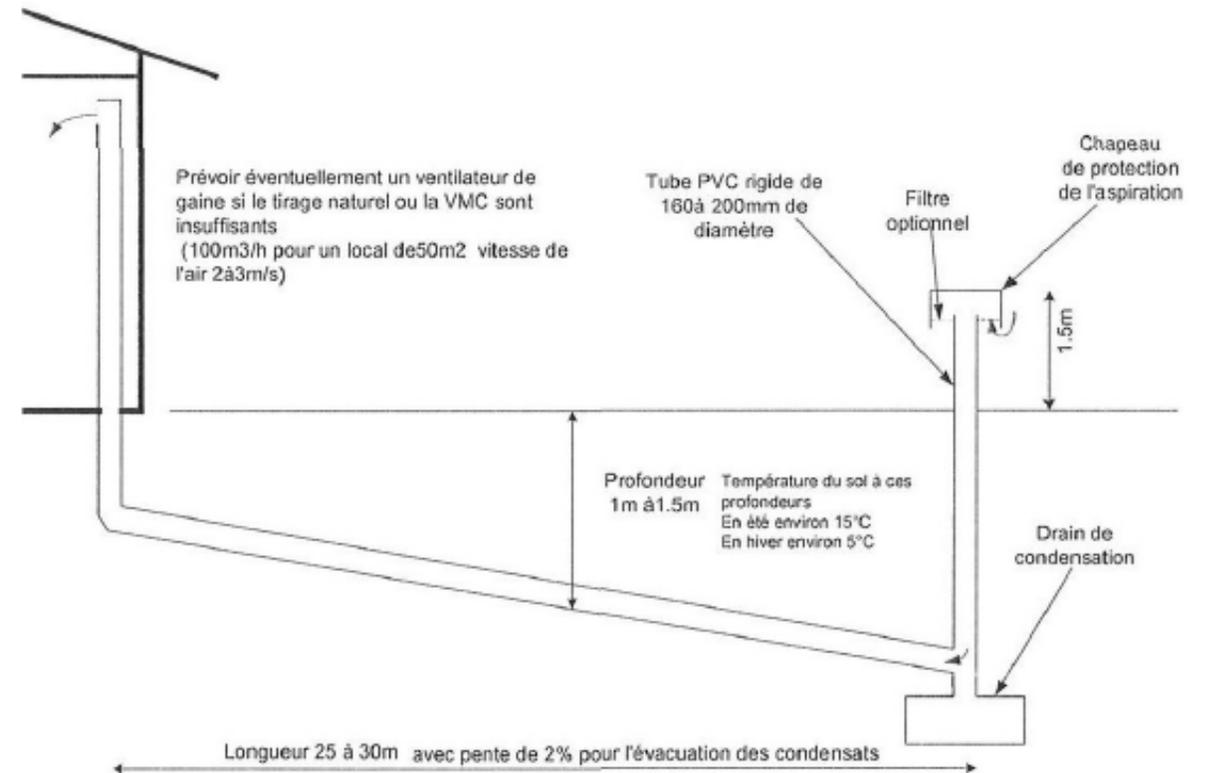
Comment diminuer mes consommations ?

■ Puits climatique

L'air est aspiré dans le sol et ré-injecté dans les salles de fabrication.

Ce système requiert au moins 70 cm de sol, un tuyau d'au moins 150 mm de diamètre et nécessite un entretien minimal des filtres pour maintenir l'efficacité du système et limiter les contaminations microbiennes.

Il permet de réchauffer l'air ambiant l'hiver et de le rafraîchir l'été.



Comment diminuer mes consommations ?

■ Autres solutions

- Température de conservation du lait de la traite du soir → Cf. Atelier transfo
- Quantité d'eau chaude utilisée pour le lavage
- Utilisation des chaudières bois présentes pour chauffage et eau chaude toute l'année,
 - Le Pradel : 48 % de l'énergie pour du chauffage
- Nettoyage des groupes froids : gain possible de 20 %
- Ventilation des groupes froids : gain possible de 20 %

Comment diminuer mes consommations ?

■ Eclairage LED

Simulation Davayé



Eclairage = environ 5% des consommations
sur la base des consommations moyennes des fromageries

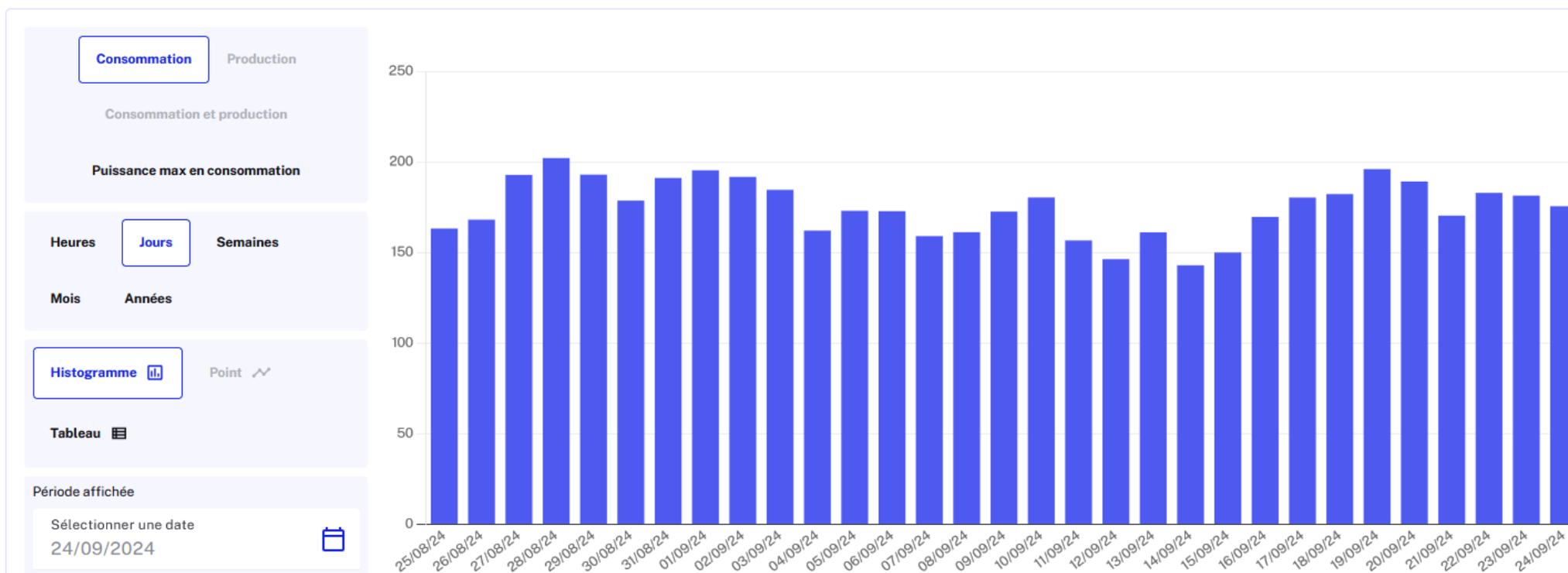
Economie potentielle de 43% sur l'éclairage

LED		Tubes fluorescents	
nombres de points lumineux	puissance (W)	nombres de points lumineux	puissance (W)
31	19	21	36
4	46	4	144
4	17	4	36
puissance totale	841	puissance totale	1476
économie énergie	-43%		
temps de fonctionnement	5,5	6h30-12h le matin	
	1,71	2h l'après-midi sauf le dimanche	
moyenne jour (h)	7,21		
conso jour (kWh)	6,07		10,65
nombre de jour /an	365		
conso / an	2 215 kWh		3 887 kWh
économie kWh/Jour	4,58	économie kWh totale	1 672 kWh
prix kWh moyen HP été / hiver	12,85	c€/kWh hors TVA	
coût annuel	285		499
économie/an	215		
	-43%		
Devis HT	2 499		
durée amortissement (ans)	11,6	prix élec c€/kWh	12,85
durée amortissement (ans)	8,8	prix élec c€/kWh	17
durée amortissement (ans)	7,5	prix élec c€/kWh	20

Comment suivre sa consommation ?

- Accès linky : créer un compte client et avoir accès aux données,

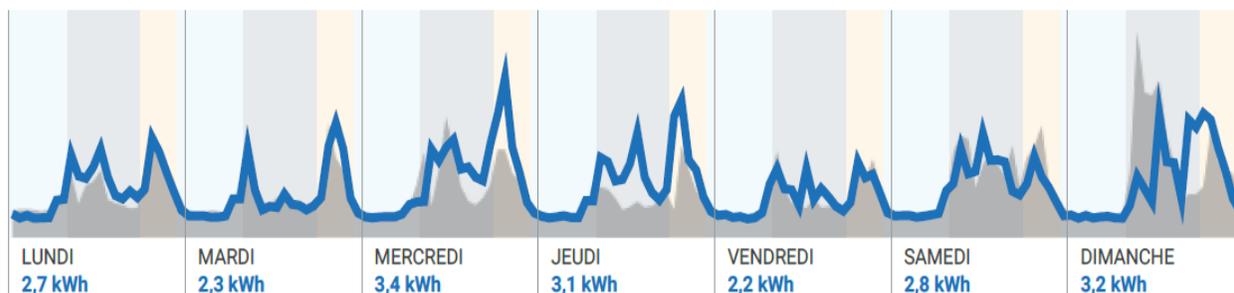
Vos mesures



Comment suivre sa consommation ?

- Via le compte client fournisseur

➔ MON PROFIL HEBDOMADAIRE DE CONSO

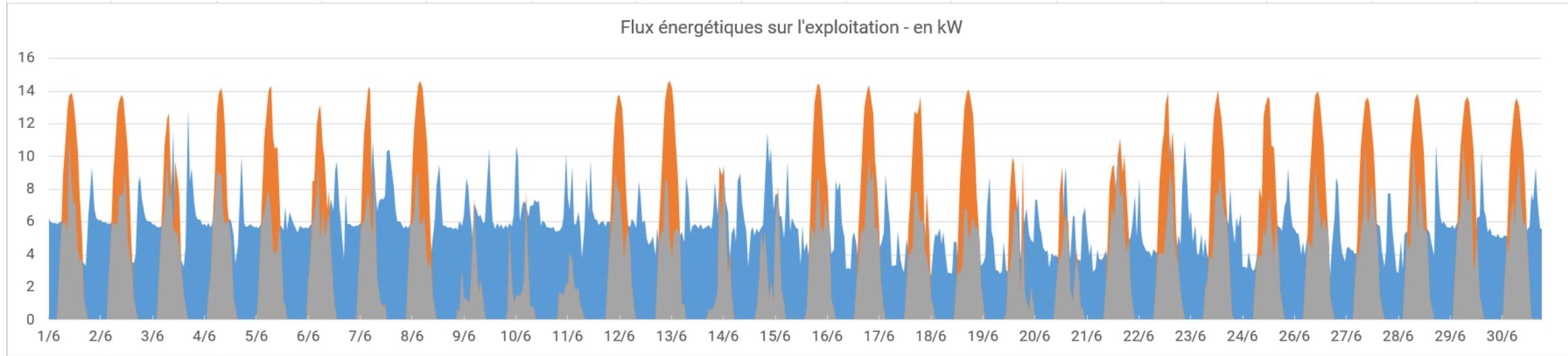


Comment suivre sa consommation ?

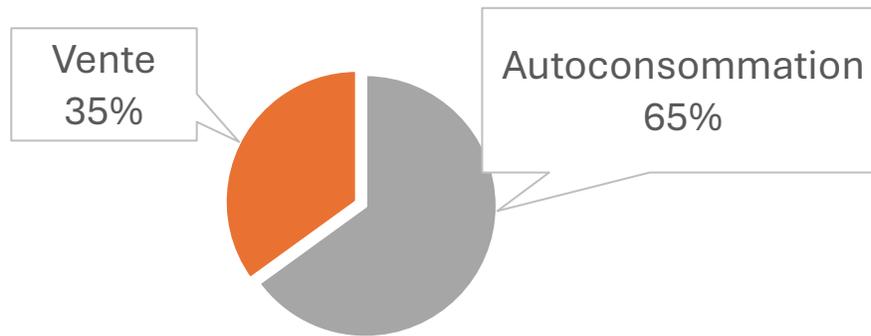
- Via l'installation de comptage spécifique
Ex de matériels – connectés ou non,
pour matériels branchés sur tableau ou sur prise



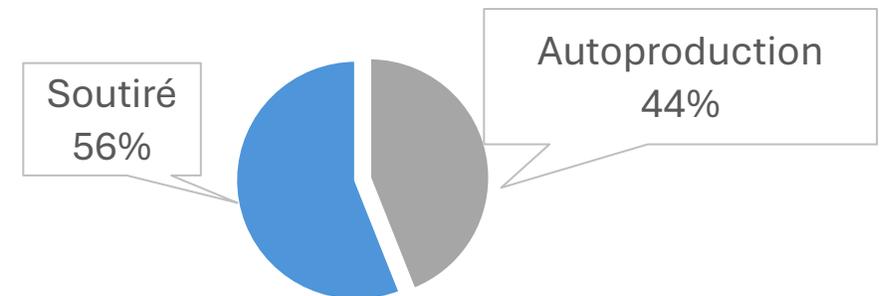
Et si je produisais mon électricité ?



Auto-Consommation (AC)



Auto-Production (AP)



Et si je produisais mon électricité ?

Autoconsommation – les hypothèses de travail

2 Hypothèses de puissance :

- puissance du compteur,
- 70 % de la puissance compteur,

l'installation PV à une puissance équivalente à 100 % ou 70 % de la puissance de l'abonnement de soutirage

4 Hypothèses de consommation:

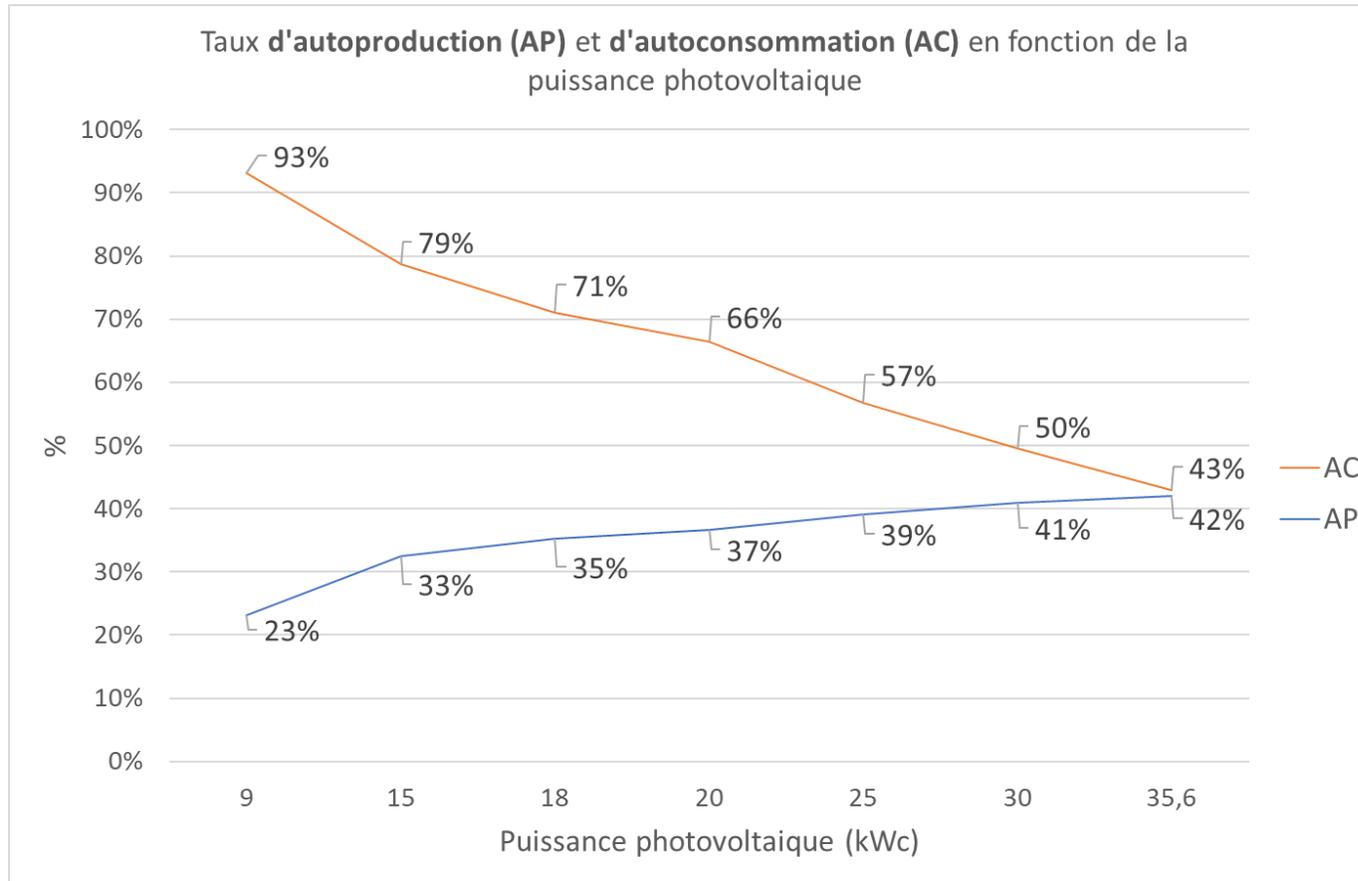
- consommation /2
- consommation /3
- consommation /4
- consommation /5

l'installation PV à une puissance équivalente à $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{5}$ de la consommation

Si 100 000 kWh de consommation sur la ferme, pour conso/2, la puissance de l'installation photovoltaïque serait de 50 kWc

Et si je produisais mon électricité ?

Résultats pour les fermes caprines



	potentiel photovoltaïque	
	% AC	% AP
puissance du compteur	55	34
70% de la puissance du compteur	67	30
Consommation / 2	60	32
Consommation / 3	74	26
consommation / 4	84	22
consommation / 5	89	19

Et si je produisais mon électricité ?

Optimisation des fonctionnements peut-on augmenter les taux d'autoconsommation et d'autoproduction ?

➔ Optimisation électrique : possibilité de décaler le fonctionnement de certains matériels pour favoriser l'utilisation de l'énergie Solaire et limiter l'injection de courant dans le réseau : séparateur de phase, brasseur à lisier, moulin à céréales ...

➔ Stockage Thermique : pilotage de l'adéquation besoin / production par les ballons de stockage et par l'appoint éventuel (+ possibilité décaler la production de froid)



FRONIUS OHMPILOT
OPTIMISATION DE L'AUTOCONSOMMATION PAR UN RÉGLAGE CONTINU ET INTELLIGENT DES SOURCES DE CHALEUR.

Le Fronius Ohmpilot est un régulateur de consommation qui ajuste l'énergie photovoltaïque consommée pour la production d'eau chaude, selon un réglage continu de 0 à 100%. L'énergie photovoltaïque excédentaire est directement injectée dans le réseau public et redistribuée aux consommateurs de l'heure. Le Fronius Ohmpilot a été conçu pour fonctionner de manière intelligente et automatisée pour la production d'eau chaude dans des installations de chauffage à eau chaude, avec un réglage continu et intelligent de la consommation. Sans une telle technologie, une surconsommation d'eau chaude pourrait se produire en cas d'excès de production photovoltaïque, ce qui entraînerait une injection de courant dans le réseau public. Le Fronius Ohmpilot permet d'éviter cela en ajustant la production d'eau chaude en fonction de la production photovoltaïque. Cela permet de maximiser l'autoconsommation et de réduire les émissions de CO₂ du fait de la production de l'électricité de chauffage dans les mois d'été.



**Optimisation supplémentaire :
une puissance importante pour
chauffer rapidement quand
l'énergie solaire est disponible**



➔ Centrale à glace
pour groupes froids
➔ Utilisation du
stockage de glace
comme batterie
thermique

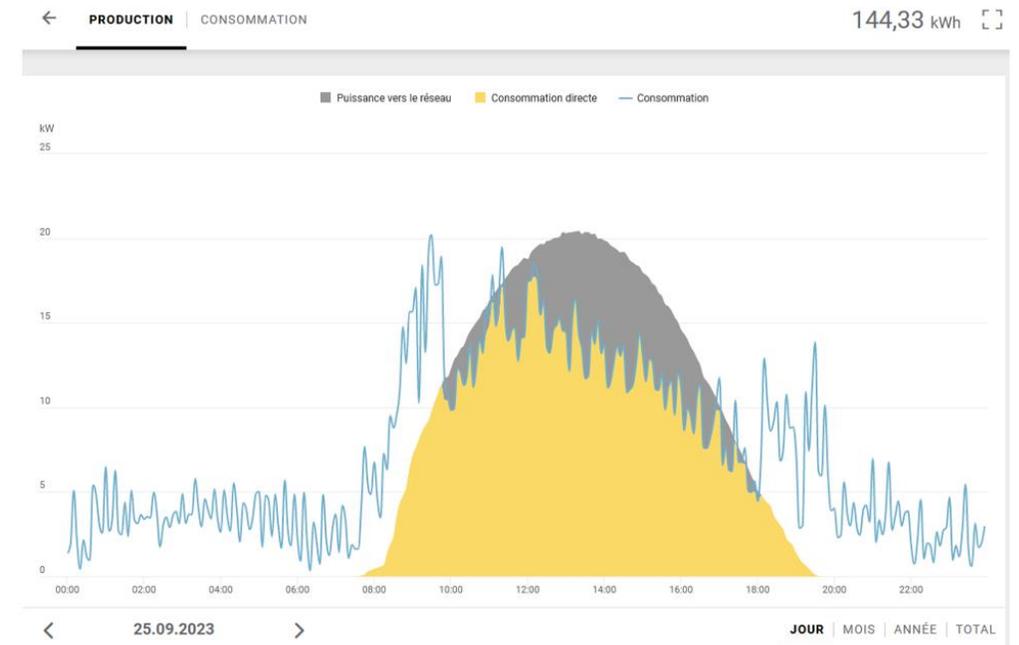
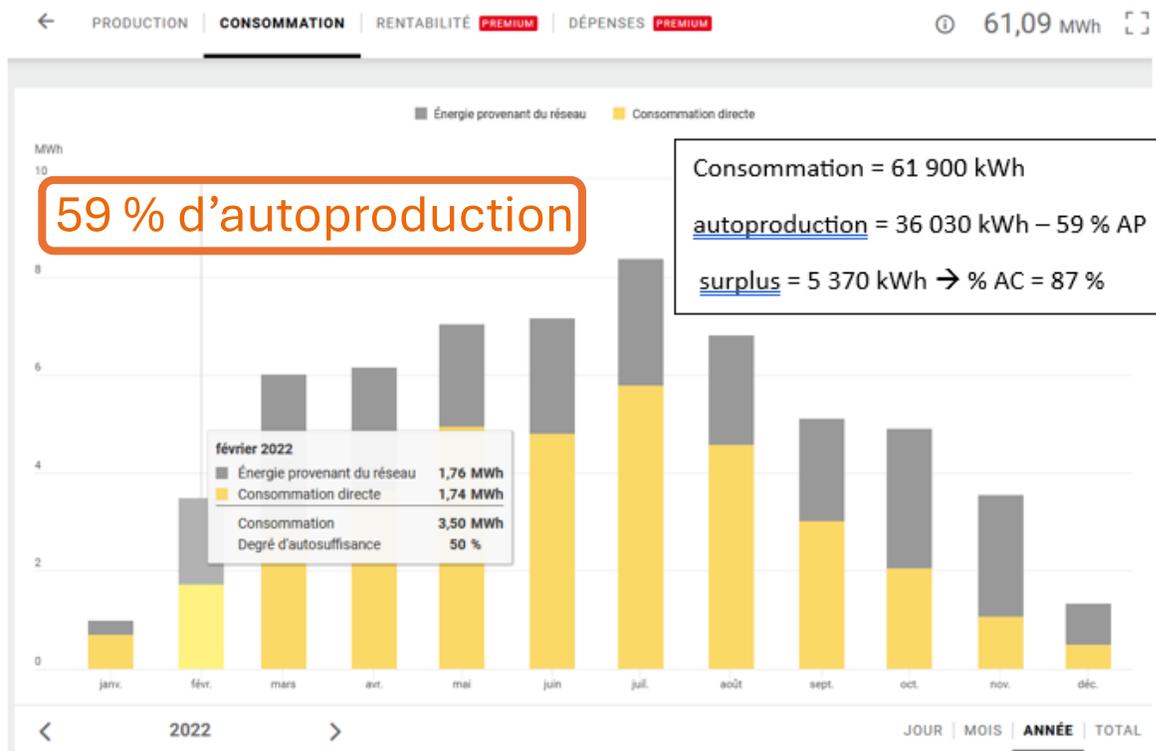


Rechargez votre véhicule électrique grâce à l'énergie solaire et maximisez vos économies



Et si je produisais mon électricité ?

Quel maximum observé en autoconsommation directe sur un élevage ?



Et les prix de l'énergie dans tout ça ?

- Comment lire le prix de l'énergie sur votre facture

Total EDF Electricité *				1 908,14 €	HT
Consommation (HT)	Période	Conso 21 712 kWh	Prix unitaire HT	1 908,14 €	Taux de TVA
Electricité Heures pleines	du 03/11/2017 au 26/12/2017	13 945 kWh	9,740 c€/kWh	1 358,24 €	20,00 %
Electricité Heures creuses	du 03/11/2017 au 26/12/2017	7 767 kWh	7,080 c€/kWh	549,90 €	20,00 %
* La part fixe de l'acheminement versé par EDF au gestionnaire de réseau est de 45,50 €, et la part variable est de 727,31 €					
Services				0,00 €	HT
E-Services (Espace client, Bilan annuel, Auto-relevé)				INCLUS	Taux de TVA
Taxes et contributions (identiques pour l'ensemble des fournisseurs)				708,60 €	Hors TVA
	Période	Assiette	Prix unitaire HorsTVA		Taux de TVA
Contribution au Service Public de l'Electricité	du 03/11/2017 au 26/12/2017	21 712 kWh	2,250 c€/kWh	488,52 €	20,00 %
Taxe Départementale sur la Conso Finale Electricité	du 03/11/2017 au 26/12/2017	21 712 kWh	0,319 c€/kWh	69,26 €	20,00 %
Taxe Communale sur la Conso Finale Electricité	du 03/11/2017 au 26/12/2017	21 712 kWh	0,638 c€/kWh	138,52 €	20,00 %
Contribution Tarifaire d'Acheminement		45,50	27,04 %	12,30 €	5,50 %

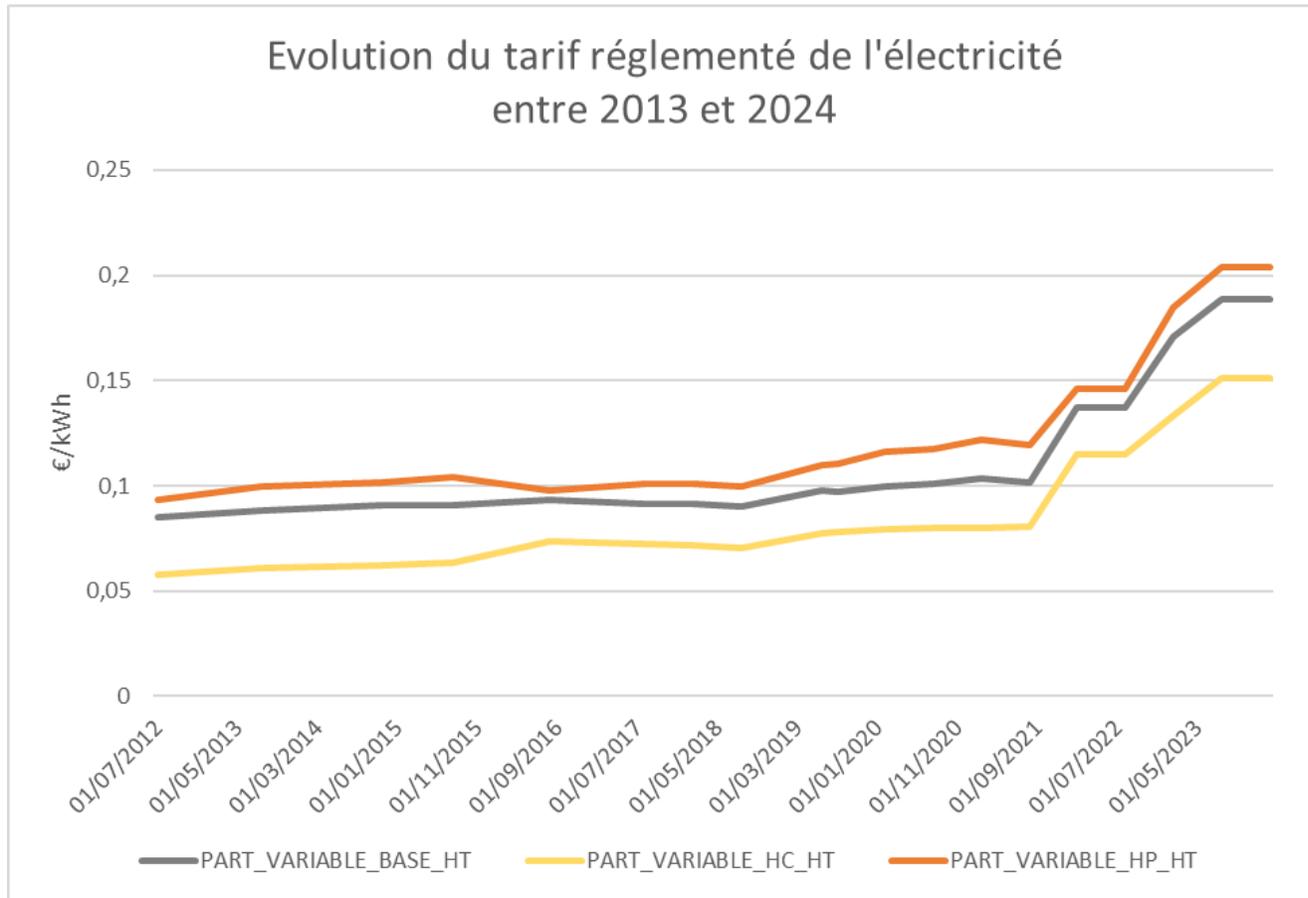
Part fixe (€) = contrat

Part variable (c€/kWh)

$$\text{Prix du kWh} = 9,74 + 2,25 + 0,319 + 0,638 = \mathbf{12,947 \text{ c€/kWh}}$$

→ Le photovoltaïque produit pendant les heures pleines

Et les prix de l'énergie dans tout ça ?



Augmentation des coûts depuis 2021 (€ HT) :

+ 73 %

+ 87 %

+ 89 %

Et les prix de l'énergie dans tout ça ?

Exemple de contrat en 2024 pour un abonnement de 48 kVA

Abonnement en €/mois HT	32,50			
Horosaisonnalité	HPSH	HCSH	HPSB	HCSB
Prix Unitaire c€/kWh HT	12,761	9,286	4,975	2,283

→ Des tarifs à nouveau intéressants

→ Des écarts de prix très importants entre :

- été / hiver

- heures pleines / heures creuses

<https://www.cre.fr/consommateurs/prix-reperes-et-references/references-de-prix-de-lelectricite-pour-les-pme-et-les-collectivites-territoriales.html>

Et les prix de l'énergie dans tout ça ?

Evolution de la structure des prix de l'électricité ?

Consultation de la CRE



COMMISSION
DE RÉGULATION
DE L'ÉNERGIE

CONSULTATION PUBLIQUE N° 2023-13 DU 14 DECEMBRE 2023 PORTANT SUR LA STRUCTURE TARIFAIRE DES PROCHAINS TARIFS D'UTILISATION DES RESEAUX PUBLICS D'ELECTRICITE « TURPE 7 »

- **l'optimisation du placement des heures pleines et heures creuses** constitue un pilier de la flexibilité des consommations résidentielles. Le placement des plages d'heures pleines (tarif plus élevé) et d'heures creuses (tarif moins élevé) est un moyen efficace d'inciter au déplacement des consommations aux meilleurs moments de la journée du point de vue du système électrique. Ainsi, certains usages, essentiellement les ballons d'eau chaude, sont pilotés automatiquement en fonction de ces heures.

Le développement continu du photovoltaïque générera de plus en plus largement des heures particulièrement favorables au système électrique en cours de journée d'été (avril à octobre inclus). A contrario, la récente crise énergétique a mis en exergue l'importance du bon placement des heures creuses l'hiver et les contraintes additionnelles qu'un placement inadapté peut créer pour le système.



Ce sujet fera l'objet également d'une prochaine consultation publique de la CRE



75% de la production annuelle sur cette période

Et les prix de l'énergie dans tout ça ?

Evolution de la structure des prix de l'électricité ?

Illustration du besoin de décaler les HP/HC

Données de marché RTE

→ Appli



RTE-éco2mix
Utilitaires

→ Site RTE : <https://www.rte-france.com/eco2mix/les-donnees-de-marche>

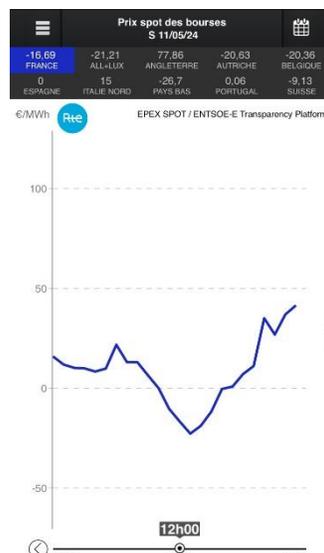


→ Cocher expert

DONNÉES DE MARCHÉ

Courbe des prix spot

Carte des prix spot



Ex sur 2 jours de mai 2024
Des prix spots plus bas la journée que la nuit

l'autoconsommation photovoltaïque et les équipements d'économie d'énergie ou de production d'énergie renouvelables

**ne sont pas la garantie d'un coût de l'énergie minimum pour la
ferme**

**mais la garantie d'une moindre consommation et d'un prix de
l'énergie mieux maîtrisé**

Merci de votre attention

Merci aux partenaires des différentes études présentées



La Région
Auvergne-Rhône-Alpes



PÔLES D'EXPÉRIMENTATIONS PARTENARIALES
POUR L'INNOVATION ET LE TRANSFERT
VERS LES AGRICULTEURS D'Auvergne-Rhône-Alpes

