

Impacts des périodes de forte chaleur dues au changement climatique sur la transformation fromagère fermière en technologie lactique **CLIMLACTIC**

Rapport intermédiaire pour la période du 1^{er} janvier au 31 décembre 2023
Diffusion limitée



Collection

Résultats

Equipe de rédaction :

Sabrina RAYNAUD, Hélène LE CHENADEC, Cécile LAITHIER, Claire BOYER, Philippe THOREY, Maxime LEGRIS, Patrick MASSABIE (Institut de l'Élevage), Sylvie MORGE (CA 07), Sandrine ANSELMET (CA 38), Valérie BÉROULLE (Syndicat Caprin de la Drôme), Simon FRESSINAUD (Station caprine expérimentale du Pradel EPLEFPA), Céline DELBÈS (INRAE Aurillac), Mélissa BROCARD (ANICAP), Nathalie MORARDET (Auvergne-Rhône-Alpes Elevage), Joëlle BIRCKNER et Yves GAÜZÈRE (ENILBIO Poligny)

D'après le rapport de stage d'Eva LEMÉE pour l'action 1.

Travaux engagés avec le soutien de la région Auvergne-Rhône-Alpes (dispositif PEPIT) et de l'ANICAP.

Remerciements :

Nous remercions chaleureusement les éleveurs qui ont accepté de conduire ces suivis dans leurs fermes !

Mise en page :

Isabelle GUIGUE (Institut de l'Élevage)

Crédits photos :

Eva LEMÉE (Institut de l'Élevage)

Projet PEPIT CLIMLACTIC	Note d'avancement annuel Année 2023	Date : mars 2024
		Période concernée : 01/01 au 31/12/2023
		Date début du projet : 01/01/2022

L'objectif de cette note d'avancement annuel est de rendre compte à l'ANICAP et la Région de l'état d'avancement du projet, des contributions des différents partenaires, ainsi que des résultats et valorisations en cours et à venir.

1 – IDENTIFICATION DU PROJET

CLIMLACTIC

Impacts des périodes de forte chaleur dues au changement climatique sur la transformation fromagère fermière en technologie lactique

Chef de file du projet (responsable technique de la conduite du projet)

Prénom, NOM	Sabrina RAYNAUD
Organisme, Ville	Institut de l'Élevage, Manosque
Mail	sabrina.raynaud@idele.fr
Téléphone	06 60 47 56 01

Chef de file du projet (responsable administratif et financier de la conduite du projet)

Prénom, NOM	Sandrine SEVERIN
Organisme, Ville	Institut de l'Élevage, Paris
Mail	sandrine.severin@idele.fr
Téléphone	01 40 04 52 18

Responsable(s) scientifique(s) du projet

Prénom, NOM	Cécile LAITHIER
Organisme, Ville	Institut de l'Élevage, Lyon
Mail	cecile.laithier@idele.fr
Téléphone	

Principales réalisations et résultats du projet au cours de la période considérée par le rapport (10 lignes maximum)

La valorisation des données recueillies en ferme en 2022 s'est poursuivie en 2023 et a été complétée par un nouveau suivi technologique à la ferme du Pradel au cours de l'été 2023. Les techniciens, les producteurs et des experts ont ensuite capitalisé leurs expériences pour décrire comment les producteurs peuvent s'adapter au mieux à ces impacts observés, notamment en ce qui concerne le pilotage du rendement fromager. Deux fiches ont été rédigées. Des communications ont permis de valoriser ces résultats.

Les suivis des consommations d'électricité se sont poursuivis sur l'année 2023 dans 7 fermes dont celle du Pradel. L'année 2023 a permis de reproduire à la ferme du Pradel le suivi des conséquences d'un épisode de forte chaleur sur la qualité du lait et la transformation lactique pour conforter les observations de 2022. En complément, les experts ont travaillé à partir de ces cas concrets et de la capitalisation de leurs connaissances pour des outils de diffusion, travail qui se poursuit en 2024.

2 – DESCRIPTION DES ACTIVITES ET TRAVAUX REALISES DURANT LA PERIODE CONSIDEREE ET RESULTATS OBTENUS

2.1 – Description des travaux et activités réalisées durant la période considérée

Décrire les grandes étapes des travaux réalisés en précisant :

- Les objectifs poursuivis
- Les activités réalisées, en distinguant les activités de recherche et d'expérimentation et les activités de valorisation et diffusion
- Les partenaires ayant participé aux travaux et leur contribution (qui a fait quoi) avec le nombre de jours consacrés au projet pour chaque partenaire.

Les objectifs de ce projet sont de caractériser et quantifier les impacts des épisodes de forte chaleur d'une part sur la qualité du lait de chèvre et la transformation fromagère lactique, et d'autre part sur les consommations électriques dans des fermes commerciales et la ferme expérimentale caprine du Pradel, puis de recenser les solutions technologiques et énergétiques connues, de lister les besoins de recherche pouvant permettre de minimiser ces impacts et enfin de tester certaines solutions technologiques.

Le projet s'articule en 4 actions sur les années 2022 à 2024. Les actions 1 et 2 consistent à caractériser les conséquences des périodes de forte chaleur dans une dizaine de fermes commerciales et à la ferme expérimentale caprine du Pradel. L'action 3 a permis de recenser des solutions et d'expérimenter au Pradel. L'action 4 est ciblée sur le pilotage du projet et le transfert des résultats.

Les résultats et solutions issus du projet seront largement diffusés dans les filières laitières fermières via des supports attractifs et pédagogiques (fiches techniques, tableaux de solutions, vidéos de témoignages).

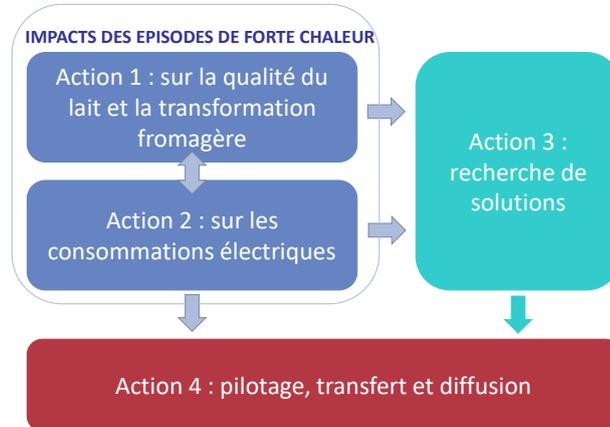


Figure 1 : articulation des actions du projet

Calendrier prévisionnel des actions.

Action	2022												2023												2024											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A				
1																																				
2																																				
3																																				
4	x											x					x							x												

x comité de pilotage

Recherche et expérimentation : activités réalisées

ACTION 1 - Identification et caractérisation des problèmes de transformation rencontrés lors des épisodes de forte chaleur

Des suivis menés dans 9 fermes au cours de l'été 2022

Au cours de l'été 2022, des suivis de fabrication répétés ont été conduits dans 9 fermes dont la ferme expérimentale caprine du Pradel, avant, pendant et après un épisode de forte chaleur. Les fermes, situées à différentes altitudes en Ardèche, Drôme, Rhône et Loire, pratiquent le pâturage et fabriquent des fromages lactiques au lait de chèvre de type palets avec un caillage en 24h. Ces suivis très complets, accompagnés de prélèvements de lait, lactosérum et fromages au démoulage se sont déroulés sur trois jours successifs (trois fabrications) à chaque période (figures 2 et 3 et photo). Les producteurs étaient accompagnés par leur technicienne et une stagiaire de l'Institut de l'Élevage pour mener ces suivis. Les données ont été traitées à l'aide des logiciels Excel® et R® (figure 4). Notamment un modèle de régression logistique a été établi pour étudier l'effet de la période (« avant », « pendant » et « après ») sur la composition du lait, l'acidification, les rendements fromagers.... Le groupe de travail a décidé de traiter les résultats sans la ferme 3 qui est passée en monotraite entre le suivi « avant » et le suivi « pendant ». Les facteurs « élevage » et « type de lait » (soir ou mélange) ont été pris en compte dans ce modèle. Le tableau 1 recense les analyses conduites sur le lait et le lactosérum.

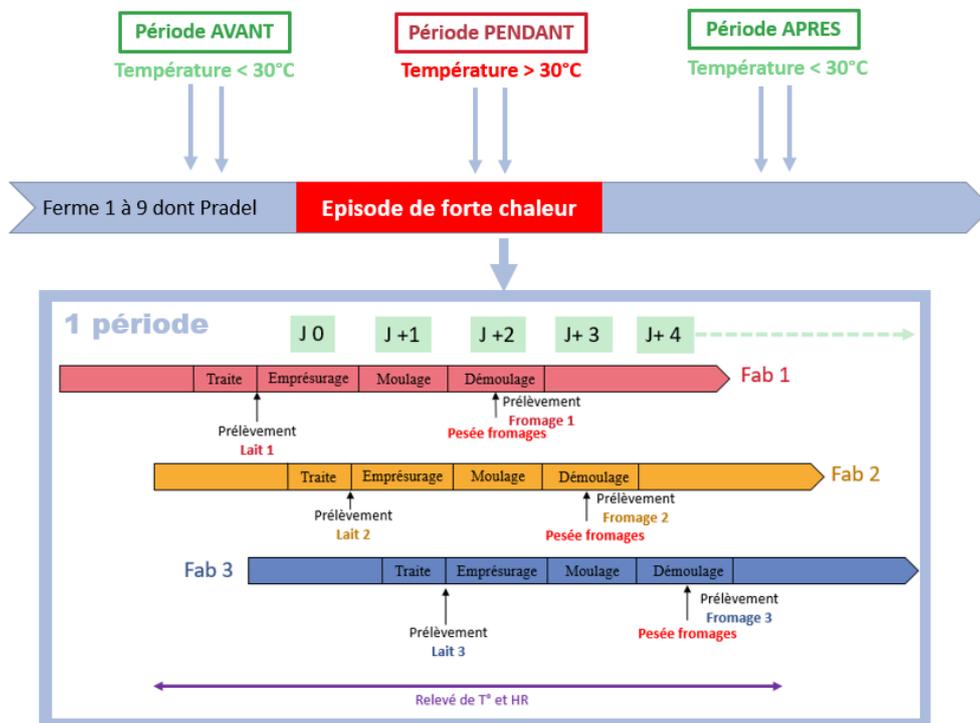


Figure 2 : schéma général du déroulement des suivis dans les fermes

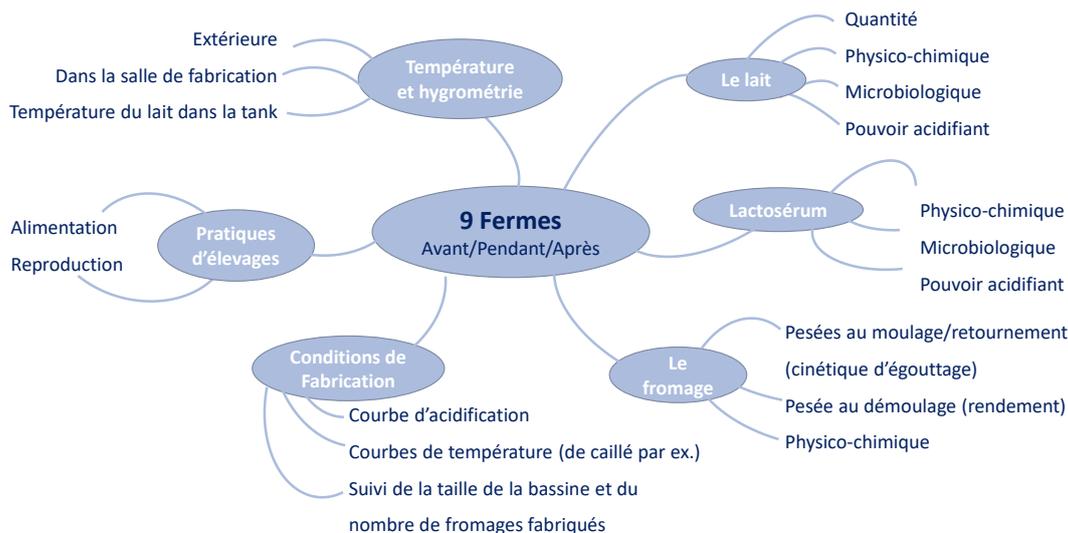


Figure 3 : données recueillies en ferme et analyses réalisées dans différents laboratoires (Agrolabs et ACTALIA Mamirolles pour la physico-chimie, Institut de l'Élevage et INRAE Aurillac pour la microbiologie)



Photo : enregistrement de pH et température dans une bassine de fabrication en ferme lors de la phase de caillage

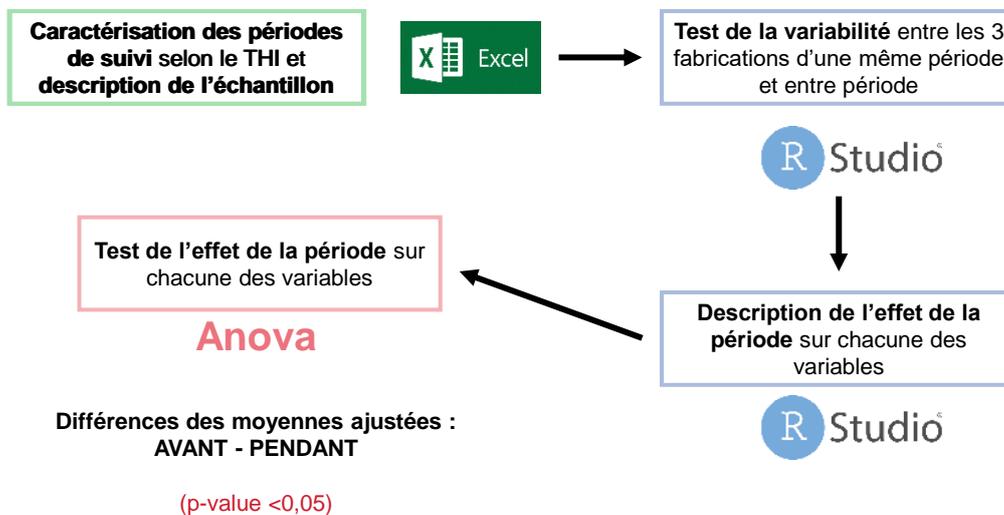


Figure 4 : traitement statistique des résultats des suivis avec l'appui du service DATA'STAT de l'Institut de l'Élevage

Type d'analyse	Laboratoire	Nature échantillon	Méthode de prélèvement	Critère analysé	Etat échantillon analysé	Méthode d'analyse	Unité
Physico-chimie	<u>AGROLABS Clermont- Ferrand</u>	Lait	60 ml à la louche	Taux butyreux (TB)	Réfrigéré à 4°C avec 0,5ml de bronopol à 20%	Infra rouge (IR)	g/l
				Taux protéique (TP)		Infra rouge (IR)	g/l
				Cellules somatiques		Infra rouge (IR)	nbre /ml
				Urée		Infra rouge (IR)	mg/l
				Lactose		Infra rouge (IR)	g/l
		Lait	60 ml à la louche	Matière sèche (EST)	Congelé	Norme NF en ISO 6731	g/kg
				Lactose enzymatique		Méthode enzymatique	g/l
				Urée		pH métrie différentielle - NF en ISO 14637	mg/l
			180 ml à la louche	Azote non protéique (NPN)		Méthode Kjeldahl	g/kg
				Matière azotée soluble (NNC)		Norme NF en ISO 27871	g/kg
		Lactosérum	60 ml à la louche	Matière azotée totale (MAT)	Norme NF en ISO 8968-3	g/kg	
				Matière sèche (EST)	Norme NF - V 04-294	g/kg	
	Fromage	3 fromages par sachet	Matière grasse (MG)	Congelé	Norme NF en ISO 7208	g/kg	
			Matière sèche (EST)		Norme NF en ISO 5534	%	
			Gras sur sec (G/S)		Norme NF - V 04-287 Heiss/ISO 5534	%	
			Matière grasse (MG)		Norme NF - V 04-287 Heiss	%	
	<u>ACTALIA Mamirolle</u>	Lait	180 ml à la louche	Congelé	Citrates	NF - V 04.285 Sept. 1970	
					Chlorures	NF - V 04.212 Oct. 1989	
Acides gras (AGT)							
Microbiologie et acidification	<u>IDELE Villers- Bocage</u>	Lait et lactosérum	60 ml à la louche	Acidité Dornic	Congelé	Méthode avec acidimètre (P. Dornic, 1932)	° Dornic
				pH		pH métrie	
	<u>INRAE Aurillac</u>	Lait	180 ml à la louche	Analyses des communautés bactériennes par séquençage d'amplicons	Congelé	Méthode interne	
Microbiologie	<u>IDELE Villers- Bocage</u>	Lait	60 ml à la louche	Bactéries aérobies	Congelé avec 5 ml de glycérol	PCAlait, NF EN ISO 4833-1	UFC/ml
				Gram négative (gram -)		PCAi	UFC/ml
				Flore thermorésistante		PCAlait, NF EN ISO 4833-1	UFC/ml
				Flore lactique mésophiles		MRSi, NF ISO 15214	UFC/ml
				Entérocoques		Slanetz et Bartley, agar, ISO 7899-2	UFC/ml
				Flore d'affinage		CRBM modifié, (Denis et al. ,2001)	UFC/ml
				Levures et moisissures		Symphony, NF V 08-059	UFC/ml
				<i>Pseudomonas spp</i>		Rhapsody, XP ISO/TS 11059	UFC/ml
				<i>Escherichia coli (E. coli)</i>		E. coli, NF V 08-031	UFC/ml
				Staphylocoques à coagulase positive		Staph coagulase +, NF V 08-057	UFC/ml
				Staphylocoques à coagulase négative		Staph coagulase -, NF V 08-057	UFC/ml
				Lactosérum		60 ml à la louche	Bactéries aérobies
	Flore thermorésistante	PCAlait, NF EN ISO 4833-1	UFC/ml				
	Flore lactique mésophiles	MRSi, NF ISO 15214	UFC/ml				
	Entérocoques	Slanetz et Bartley, agar, ISO 7899-2	UFC/ml				
	Flore d'affinage	CRBM modifié, (Denis et al. ,2001)	UFC/ml				
	Levures et moisissures	Symphony, NF V 08-059	UFC/ml				
	<i>Pseudomonas spp</i>	Rhapsody, XP ISO/TS 11059	UFC/ml				
	<i>Escherichia coli (E-coli)</i>	E. coli, NF V 08-031	UFC/ml				
	Staphylocoques à coagulase positive	Staph coagulase +, NF V 08-057	UFC/ml				
	Staphylocoques à coagulase négative	Staph coagulase -, NF V 08-057	UFC/ml				

Tableau 1 : ensemble des analyses réalisées sur les échantillons de lait et de lactosérum

ACTION 2 - Evaluation des surconsommations électriques pendant les épisodes de forte chaleur en fonction des équipements

Objectifs

- Évaluation des surconsommations électriques pendant les épisodes de forte chaleur
- Établir des références annuelles sur les consommations électriques dans les fromageries fermières

Bilan de l'installation de matériel de comptage et nombre de fermes équipées

Pour atteindre ces deux objectifs, 9 fermes ont été équipées en 2022 (tableau 2). Du fait de la disparité des équipements dans les fermes et du matériel de comptage disponible, la mise en place d'un comptage des consommations électriques dans les fermes commerciales s'est avérée d'une grande complexité. Plusieurs déplacements ont ainsi été nécessaires en 2022, et le relevé des données à l'automne 2022 ont révélé des dysfonctionnements de certains matériels.

Afin d'être de nouveau en mesure de suivre une période de forte chaleur à l'été 2023, et de compléter les références annuelles, un nouveau déplacement sur certaines fermes a été réalisé en avril 2023 afin de tester le matériel (vérification de la mesure enregistrée par le matériel avec mesure en direct de la consommation via un ampèremètre), et de remplacer les équipements défectueux (renouvellement des pinces KIMO, installation de compteur triphasé).

Tableau 2 : Rappel du matériel de comptage installé dans les fermes commerciales

Matériel 1	Matériel 2	Matériel 3
Pinces ampèremétriques + boîtier d'enregistrement	Pinces ampèremétriques + boîtier d'enregistrement	Compteur mono ou triphasé + enregistreur USB
Marque KIMO	Marque TINYTAG	Marque KETLER (compteur) et LASCAR (enregistreur)
		

En parallèle des consommations électriques, l'enregistrement des températures et hygrométries à l'extérieur et à l'intérieur de la fromagerie se poursuit.

Sur les 9 fermes, 2 n'ont pas pu être rééquipées (incendie dans le tableau électrique, arrêt de l'activité). Le **tableau 3** présente le bilan de l'installation des équipements de comptage électrique dans les 9 fermes en 2022, le détail des événements et le matériel à présent en place depuis avril 2023.

Tableau 3 : Bilan de l'installation des équipements de comptage électrique dans les 9 fermes en 2022, événements et rééquipement en 2023

N° Ferme	Département	Type de suivi	Équipement/poste	Matériel installé en 2022	Événements, commentaires	Matériel en place à partir d'avril 2023
Ferme 1 - Ferme expérimentale	Ardèche	Approfondi	Chauffe-eau lave-batterie	Pinces KIMO	Installation de la pince défectueuse Absence de données sur 2022 Vérification et correction de l'installation	Pinces KIMO
			Climatisation de la salle de caillage			
			Fromagerie et autres équipements	Collecte automatique des données (équipé lors de précédents projets)	/	Collecte automatique des données (équipé lors de précédents projets)
Ferme 2	Ardèche	Approfondi	Fromagerie	Pinces KIMO	Pas de matériel défectueux, mais pas de détection en dessous de 1 Ampère. Données du hâloir et du séchoir inexploitable	Pinces KIMO
			Séchoir			
			Haloir			
			Chambre froide			
Ferme 3	Ardèche	Normal	Fromagerie	Pinces KIMO	2 pinces sur 3 défectueuses, données inexploitable.	Ferme non rééquipée. <i>Arrêt de l'activité de transformation laitière.</i>
Ferme 4	Drôme	Approfondi	Fromagerie	Compteur triphasé	Période de données très courtes due à une mauvaise programmation du matériel. Reprogrammation et vérification des enregistreurs	Compteur triphasé
			Séchoir	Compteur monophasé		Compteur monophasé
			Haloir	Compteur monophasé		Compteur monophasé
			Chambre froide	Compteur monophasé		Compteur monophasé
Ferme 5	Drôme	Normal	Fromagerie	Compteur triphasé	Période de données très courtes due à une mauvaise programmation du matériel. Reprogrammation et vérification des enregistreurs	Compteur triphasé
Ferme 6	Isère	Approfondi	Fromagerie	Pinces KIMO	Installation d'un compteur triphasé et récupération de 3 pinces pour les autres fermes.	1 compteur triphasé
			Séchoir			Pinces KIMO
			Haloir			
			Chambre froide			
Ferme 7	Isère	Normal	Fromagerie	Pinces KIMO	RAS	Pinces KIMO
Ferme 8	Rhône/Loire	Normal	Fromagerie	Pinces KIMO	Incendie dans le tableau électrique, matériel retiré.	Ferme non rééquipée. <i>Installation d'un compteur triphasé prévu par l'électricien de la ferme n'ayant jamais été réalisée.</i>
			Tank à lait			
Ferme 9	Rhône/Loire	Normal	Élevage	Pinces TINYTAG	Matériel non adapté (très peu de mémoire) + difficultés d'identification du câblage dans le compteur (élevage/fromagerie)	1 compteur triphasé sur la partie élevage. LINKY - élevage = fromagerie

Traitement des premières données et diagnostic énergétique

Le traitement des données a été réalisé de façon prioritaire sur les fermes dont le maximum de données étaient disponibles : consommation électrique générale et des équipements spécifiques, température extérieure, quantité de lait... Les efforts se sont alors concentrés sur la ferme 1 (Ferme expérimentale du Pradel) et la ferme 7.

Méthodologie de travail :

- Étudier les consommations journalières en fonction des paramètres extérieurs d'une part (T°, HR et THI), et la quantité de lait mis en transformation d'autre part (pour certaines fermes où cette donnée est disponible de façon précise)
- Vérifier la cohérence des données électriques à l'aide des quelques références disponibles à l'échelle de l'élevage (nombre d'animaux, quantité de lait produit par an).

Le premier objectif est d'étudier le lien supposé entre les températures extérieures et les consommations électriques, et, en l'absence de lien fort entre température et consommations électriques, d'expliquer au maximum la consommation électrique générale (variation due à un équipement spécifique, à la quantité de lait...).

Ces traitements ont permis d'alimenter des premières réflexions avec les techniciens et les experts technologues (action 3), avec l'objectif de lister des solutions en économies d'énergie face aux constats réalisés dans les fermes.

ACTION 3 - Capitalisation d'expérience et mise en place d'expérimentations pour solutionner les problèmes technologiques relevés

A partir des résultats des actions 1 et 2, des experts technologues d'une part et des experts spécialistes des bâtiments, de l'énergie... d'autre part ont été sollicités pour lister des stratégies existantes ou des pistes de recherche pour diminuer les impacts sur la technologie fromagère et sur la consommation d'électricité tout en étant financièrement accessibles pour une fromagerie fermière. Les éleveurs ayant réalisés les suivis dans leur ferme ont été et seront consultés à nouveau pour décrire ces pistes de solutions.

A la suite à l'action 1, un essai complémentaire était prévu à la ferme du Pradel pour tester des actions correctrices face aux impacts des épisodes de forte chaleur. Devant la variabilité des effets des épisodes de forte chaleur observée dans l'action 1, le comité de pilotage a plutôt fait le choix de reconduire un suivi similaire à celui de l'été 2022, uniquement sur les périodes « avant » et « pendant », la période « après » étant difficilement interprétable. Les résultats sont présentés en même temps que ceux de l'action 1.

ACTION 4 - Pilotage du projet et conception de supports de diffusion spécifiques pour gérer la transformation fromagère tout en étant économe en énergie en périodes de forte chaleur

Cette action est dédiée au pilotage du projet et à la diffusion de ses résultats. Sur la base des résultats obtenus dans les actions 1 à 3 et des connaissances déjà acquises lors de projets précédents, des supports ont été et seront conçus (fiches, podcast ou vidéo) pour aider les éleveurs à gérer les fabrications en période de forte chaleur sans altérer la qualité des produits ni voir dériver leurs consommations énergétiques.

Valorisation et diffusion : activités réalisées :

Rappel 2022 :

Une fiche de présentation du projet a été rédigée et diffusée en PDF sur le site de l'Institut de l'Élevage. Le rapport de stage d'Eva Lemée concernant l'action 1 a été diffusé aux membres du comité de pilotage et aux éleveurs ayant participé à l'étude.

Rappel des livrables prévus dans le projet :

N° du livrable	Dénomination	Type ou forme du livrable	Publics cibles	Modalités de diffusion	Date prév
1	Rapport de stage action 1	PDF	Techniciens GT action 3	Sur demande	Fin 2022
2	Synthèse actions 1 et 2 : impacts des épisodes de forte chaleur	PDF en ligne	Eleveurs et techniciens	Site internet*, newsletters, presse et réseaux sociaux	Fin 2023
3	Tableau de solutions technologiques	PDF en ligne	Eleveurs et techniciens	Site internet*, newsletters, presse et réseaux sociaux, formations et JPO** (Cap'Pradel...)	Fin 2024
4	Tableau de solutions pour minimiser les consommations électriques	PDF en ligne	Eleveurs et techniciens	Site internet*, newsletters, presse et réseaux sociaux, formations et JPO** (Cap'Pradel...)	Fin 2024
5	Diaporama de synthèse	Diaporama	Eleveurs et techniciens	Réunions, formations et JPO** (Cap'Pradel...)	Fin 2024
6	Pod-casts (Vidéos de témoignages)	Pod-casts en ligne	Eleveurs et techniciens	Site internet*, newsletters, presse et réseaux sociaux, formations et JPO** (Cap'Pradel...)	Fin 2024

* Site internet IDELE et partenaires le souhaitant
** Journées Portes Ouvertes (JPO)

Le comité de pilotage a validé la proposition de :

- séparer les synthèses des actions 1 et 2 et de regrouper synthèse et tableau des solutions pour l'action 1,
- écrire une plaquette courte pour les éleveurs à distribuer par les techniciens avant les périodes de fortes chaleurs (action 1),
- écrire aussi une fiche de méthodologie de suivi des consommations électriques dans les fromageries en plus de la synthèse des résultats et du tableau des solutions pour l'action 2.

Diffusion 2023 :

Les résultats de l'action 1 ont fait l'objet d'une publication sous forme d'affiche à une journée de l'action Cap'Climat de l'ANICAP le 8 juin, au congrès de l'European Federation of Animal Science le 31 août (affiche et présentation en anglais), au salon Tech'n'Bio le 20 et 21 septembre à Bourg les Valence et au colloque lait cru du RMT Fromages de Terroirs le 16-17 novembre.

Une réunion à distance a été organisée avec les éleveurs ayant été participé au projet pour leur présenter les résultats le 16 janvier 2023.

Plusieurs présentations ont été l'occasion de faire connaître le projet CLIMLACTIC :

- A une journée d'échange avec des éleveurs bio dans la Sarthe dans le cadre du projet Cap'Adapt le 12 septembre 2023.
- A la formation de perfectionnement annuelle des techniciens du réseau Produits Laitiers Fermiers du 3 au 6 octobre 2023,
- Au comité de filière caprin de l'Institut de l'Elevage le 10 octobre 2023.

Participation des partenaires :

Pour l'année 2023

Organisme	Personne	Rôles dans l'action, compétences apportées	Nombre de jours en 2022
IDELE	Sabrina Raynaud	Pilotage technique, protocoles d'enquête, analyse des résultats et rédaction des livrables avec les autres partenaires, en particulier sur action 1. Animation des groupes d'experts.	72,9 jours
	Hélène Le Chenadec	Protocoles d'enquête, analyse des résultats et rédaction des livrables avec les autres partenaires, en particulier sur l'action 2. Poursuite des suivis en fermes pour les consommations d'électricité.	
	Maxime Legris	Traitement statistique des données	
	Claire Boyer	Appui au suivi de la ferme du Pradel action 1, 2 et 3, participation au protocole, analyse des résultats et rédaction des livrables	
	Philippe Thorey	Appui au suivi de la ferme du Pradel action 1, 2 et 3, participation au protocole, analyse des résultats et rédaction des livrables	

	Patrick Massabie et Thomas Gonthier	Expertise sur les capteurs et le suivi des consommations électriques, aide au traitement des données des consommations électriques, groupe d'expert action 3	
Ferme du Pradel	Vivien Bénézech puis Simon Fressinaud Sylvie Serusclat	Suivi de la ferme du Pradel, participation au protocole, analyse des résultats et rédaction des livrables	34 jours
CA07	Sylvie Morge	Poursuite d'un suivi en fermes pour les consommations d'électricité, participation à l'analyse des résultats et rédaction des livrables Expertise technologique dans groupe de travail action 3	6 jours
Syndicat caprin 26	Valérie Béroulle	Poursuite de deux suivis en fermes pour les consommations d'électricité, participation à l'analyse des résultats et rédaction des livrables Expertise technologique dans groupe de travail action 3	9 jours
CA38	Sandrine Anselmet et Jean-Paul Sauzet	Poursuite de deux suivis en fermes pour les consommations d'électricité, participation à l'analyse des résultats et rédaction des livrables Expertise technologique et pour le comptage, l'interprétation et la réduction des consommations électriques dans groupes de travail action 3	6,8 jours

Avec le statut de prestataires :

- Yves Gaüzère et Joëlle Birckner, ENILBIO Poligny : expertise sur la technologie fromagère.
- Céline Delbès, INRAE Aurillac : expertise sur la microbiologie, analyses de métagénomique, analyse bioinformatique et statistique des séquences générées.
- Olivier Rey, ENERBAT, bureau d'étude et de conseil spécialisé dans les économies d'énergie : participation au groupe d'experts de l'action 3.
- Autres conseillers énergie des Chambres d'Agriculture région AURA en appui à JP Sauzet pour le groupe d'experts action 3.

2.2 - Les premiers et principaux résultats obtenus durant la période considérée et les premiers livrables éventuels

Indiquer les premiers résultats obtenus et les premiers livrables éventuels.

(Merci de transmettre les dits livrables avec votre dossier de demande de paiement.)

ACTION 1 - Identification et caractérisation des problèmes de transformation rencontrés lors des épisodes de forte chaleur

L'année 2023 a permis de valoriser les résultats en technologie fromagère de l'expérimentation en ferme menée en 2022. Les experts ont pu recenser des solutions face aux impacts mis en évidence dans cette expérimentation dans l'action 3. Une expérimentation complémentaire a été conduite à la ferme du Pradel en 2023.

Résultats des suivis 2022 concernant la qualité du lait et la transformation fromagère, et expérimentation complémentaire au Pradel en 2023

DEROULEMENT DES SUIVIS ET CARACTERISTIQUES DES FERMES

Plusieurs épisodes de forte chaleur ont eu lieu au cours de l'été 2022 et dès le mois de juin les premiers suivis ont pu être conduits dans 5 des 9 fermes. Les 4 fermes suivantes ont pu suivre l'épisode de forte chaleur de mi-juillet.

Les fortes chaleurs ayant duré presque tout l'été, les derniers suivis correspondant aux périodes « après » ont été réalisés tardivement, entre fin août et début septembre pour certaines fermes (figure 5), induisant un écart plus important entre le suivi « pendant » et le suivi « après » (surtout 1-3-5-6-9). Les résultats les plus intéressants sont la comparaison des résultats de la période « avant » et de la période « pendant », car la période « après » a été trop éloignée de la période « pendant » pour la plupart des fermes pour ne pas suspecter d'effets de confusion liés à l'avancement de la lactation ou la saison.

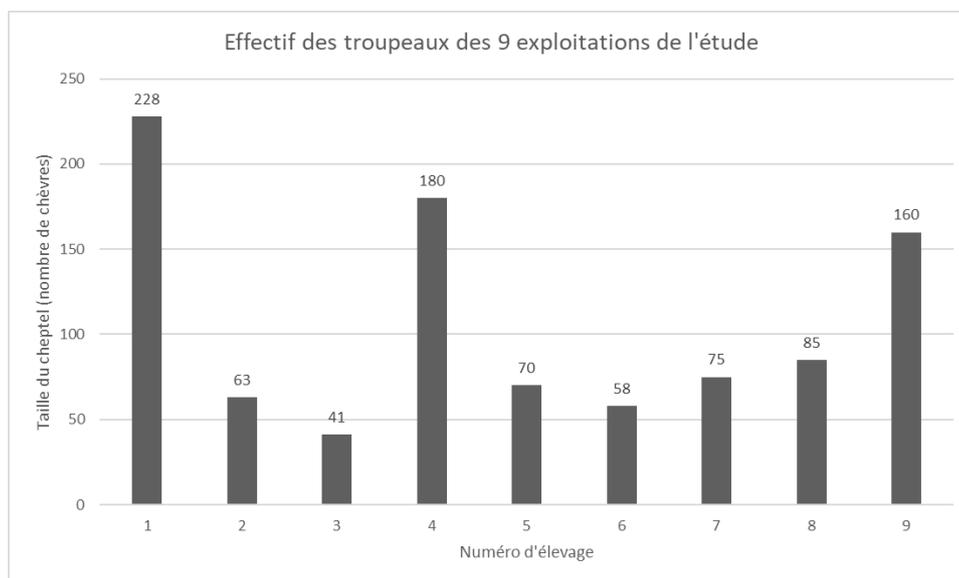


Figure 7 : effectifs de troupeaux des 9 exploitations suivies (soit en moyenne 107 chèvres). La ferme du Pradel est la ferme 1.

Tableau 4 : alimentation du troupeau laitier lors des 3 périodes de l'étude dans les 9 fermes suivies

Ferme	Période	Pâturage	Fourrage conservé	Concentré
ferme 1	avant	Prairie temporaire	Foin	800g Concentré
	pendant	Pas de pâturage	Foin	800g Concentré
	après	Pas de pâturage	Foin	800g Concentré
ferme 2	avant	Prairie permanente + parcours	Luzerne 2ème coupe (soir)	800g Concentré
	pendant	Parcours	Luzerne 2ème coupe (2 repas : matin et soir)	800g Concentré
	après	Parcours	Luzerne 2ème coupe (2 repas : matin et soir)	800g Concentré
ferme 3	avant	Prairie permanente + parcours	Foin	800 g Concentré
	pendant	Prairie permanente + parcours	Feuilles châtaignier + Foin	700g Concentré
	après	Parcours	Lande, genet, châtaignier, foin	500 g Concentré
ferme 4	avant	Prairie temporaire	Foin 2ème coupe	Pas de concentré
	pendant	Pas de pâturage	Affouragement en vert (luzerne)	800g Concentré
	après	Pas de pâturage	Foin	800g Concentré
ferme 5	avant	Prairie temporaire	Foin 2ème coupe	800g Concentré
	pendant	Prairie temporaire	Foin 2ème coupe	800g Concentré
	après	Parcours (sous bois)	Foin 2ème coupe	800g Concentré
ferme 6	avant	Prairies Temp	Foin luzerne, trèfle, prairies	800g Concentré
	pendant	Prairies Perm	Foin luzerne, trèfle, prairies	800g Concentré
	après	Pas de pâturage	Foin luzerne, trèfle, prairies	800g Concentré
ferme 7	avant	Prairie temporaire	Foin 2ème coupe luzerne et 1ère coupe	800g Concentré
	pendant	Prairie temporaire	Foin 2ème coupe luzerne et 1ère coupe	800g Concentré
	après	Prairie temporaire	Foin 2ème coupe luzerne et 1ère coupe	800g Concentré
ferme 8	avant	Prairie permanente	Foin	1 kg concentré
	pendant	Prairies Perm	Foin	1 kg concentré
	après	Prairie	Foin	1 kg concentré
ferme 9	avant	Prairie permanente	Foin de luzerne 1ère coupe	600g concentré
	pendant	Pas de pâturage	Foin de luzerne 1ère coupe	1,5 kg concentré
	après	Pas de pâturage	Foin de luzerne 1ère coupe	1,5 kg concentré
	Concentré	Souvent Aliment pour chèvre laitière (entre 18 et 21% de MAT), grain entier de maïs et d'orge et parfois bouchon de luzerne à 18% de MAT		

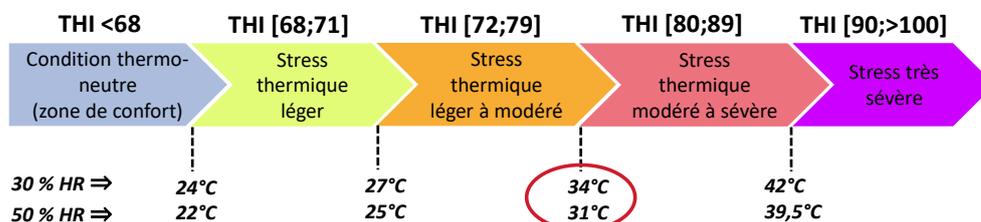
Définition de l'Index d'Humidité et de Température (THI) et utilisation pour définir un épisode de forte chaleur

Le THI (« Temperature-Humidity Index » en anglais) est un index climatique synthétique des niveaux de température et d'humidité relative dans l'air ambiant. Contrairement à d'autres indices climatiques, il ne tient pas compte de la vitesse de l'air ou de l'accumulation de chaleur, mais il a l'avantage d'être simple et de pouvoir être utilisé à grande échelle. Le niveau de THI a pu être relié au confort des vaches laitières et l'impact du climat sur leur production laitière, en définissant des niveaux de stress thermique.

Le THI est calculé en degré Fahrenheit selon la formule suivante :

$$\text{THI} = 0,8 \times \text{DBT} + \text{RH} \times (\text{DBT} - 14,4) + 46,4 \text{ (Mader et al., 2006).}$$

D'après plusieurs sources, le THI à partir duquel la vache laitière est en stress thermique (léger à modéré) est de 72 (Figure 8). Nous avons choisi de placer la limite pour la définition de l'épisode de forte chaleur à un THI de 79 (voir dessous).



Source : Collier et al. (2012)

Figure 8 : indice THI combinant température et humidité relative comme indicateur du stress thermique chez les bovins

Les chèvres sont sans doute moins sensibles que les vaches au stress thermique, mais le niveau de THI associé aux différents niveaux de stress thermique n'est pas connu à ce jour pour cette espèce, même si certaines publications en donnent une idée.

Un épisode de forte chaleur a bien été observé dans les fermes

Définition d'un épisode de forte chaleur pour l'étude : température maximum supérieure à 30°C le jour pendant au moins 3j [indice THI combinant température et hygrométrie >79] et températures nocturnes ne redescendant pas en dessous de 19-20°C la nuit (15°C en altitude)).

Cet épisode de forte chaleur a bien été observé dans les fermes (tableau 5).

Tableau 5 : températures et hygrométries moyennes, minimum et maximum dans les 9 fermes, pour les 3 périodes de l'étude et THI minimum, moyen entre midi et 20h et maximum – à droite heure, température et hygrométrie associées au THI maximum

N° EA	Période de chaleur	Températures et hygrométries moyennes, minimum et maximum									THI maximum		
		T°min	T° moy	T° max	HR min	HR moy	HR max	THI min	THI moy (de 12H à 20H)	THI max	T° lié au THI max	Heure lié au THI max	HR THI max
1	avant	15,2	20,3	25,1	36,7	49,4	80,0	59	69	71	25,1	13:56	42,1
	pendant	19,4	28,6	35,5	23,1	39,9	69,4	65	79	80	35,2	13:56	27,9
	après	16,7	20,9	26,3	46,7	65,7	97,0	61	70	73	26,3	15:40	50,7
2	avant	18,7	27,9	39,0	19,2	33,5	56,2	64	79	83	38,8	13:52	24,2
	pendant	21,5	30,1	39,2	19,2	31,5	52,0	67	80	83	39,2	13:32	21,8
	après	20,2	26,0	34,2	27,5	41,0	61,5	66	77	79	34,2	15:47	28,5
3	avant	16,0	20,9	27,5	42,7	56,7	83,0	60	72	75	27,5	16:02	47,5
	pendant	21,5	28,2	44,8	15,7	31,3	41,0	66	80	87	44,8	18:47	15,7
	après	17,3	21,4	29,5	34,5	50,0	68,8	62	72	75	29,5	18:17	35,3
4	avant	19,0	26,1	33,1	24,3	42,1	68,7	65	76	78	32,0	18:20	32,7
	pendant	20,3	27,0	33,3	28,3	42,8	74,3	67	75	79	33,3	14:20	30,0
	après	19,9	24,8	29,2	30,3	40,8	59,7	66	74	74	29,0	16:20	33,3
5	avant	16,5	23,1	29,7	43,7	55,8	82,7	61	76	77	29,5	14:26	49,3
	pendant	16,7	27,1	35,8	23,8	39,0	66,5	61	79	81	35,8	12:59	29,2
	après	15,2	22,0	29,3	43,8	58,6	86,3	59	74	77	29,3	15:09	47,2
6	avant	13,0	23,9	34,2	29,5	51,9	89,3	56	78	80	34,2	14:41	33,8
	pendant	16,8	28,5	38,3	24,5	44,8	83,5	62	82	84	38,3	13:36	28,8
	après	16,3	22,1	29,0	45,5	61,1	93,5	61	75	77	29,0	15:30	49,0
7	avant	9,0	18,9	29,8	34,5	52,6	83,2	49	73	76	29,8	19:05	35,2
	pendant	13,3	23,8	35,3	28,0	47,9	79,2	56	78	81	35,3	17:50	29,7
	après	10,5	19,0	29,7	33,0	50,8	84,2	52	71	75	29,7	19:15	33,5
8	avant	14,5	19,3	27,7	36,0	58,7	85,7	58	69	73	27,7	17:15	36,7
	pendant	20,3	27,3	37,0	24,2	38,8	58,2	66	78	81	36,7	15:40	27,3
	après	15,3	21,2	27,8	35,5	45,3	68,2	59	71	74	27,8	18:18	36,2
9	avant	13,5	18,0	22,5	54,5	56,0	77,0	56	65	69	22,5	16:15	57,7
	pendant	21,0	25,8	30,8	25,3	33,7	41,0	66	75	76	30,8	16:44	27,8
	après	16,8	20,5	24,3	46,8	55,6	80,8	62	69	71	24,3	15:39	51,5

 T° min > 19°C
 T° max > 30°C
 THI max > 79

Un épisode de forte chaleur a bien pu être valorisé à la ferme du Pradel en 2023, le suivi « avant » ayant eu lieu début juin et le suivi « pendant » début juillet (tableau 6 et figure 9).

Tableau 6 : variables climatiques pour les jours de suivi avant et pendant à la ferme du Pradel en 2023

	05/06/2023	06/06/2023	07/06/2023	10/07/2023	11/07/2023	12/07/2023
T°min	15,60	17,6	17,80	21,00	20,10	19,70
T°moy	21,83	21,29	21,71	30,65	25,40	25,44
T°max	29,50	31,40	27,90	40,00	34,50	34,70
HR min	45,6	37,10	51,00	31,10	37,10	49,40
HR moy	68,19	75,09	72,12	55,58	62,64	71,92
HR max	89,90	92,00	92,00	79,10	91,50	86,80
THI min	59,96	63,42	63,73	68,42	67,70	66,76
THI moy (entre 12H et 20H)	73,75	72,22	73,19	85,74	80,13	79,96
THI max	76,93	77,83	75,97	87,08	82,26	84,51

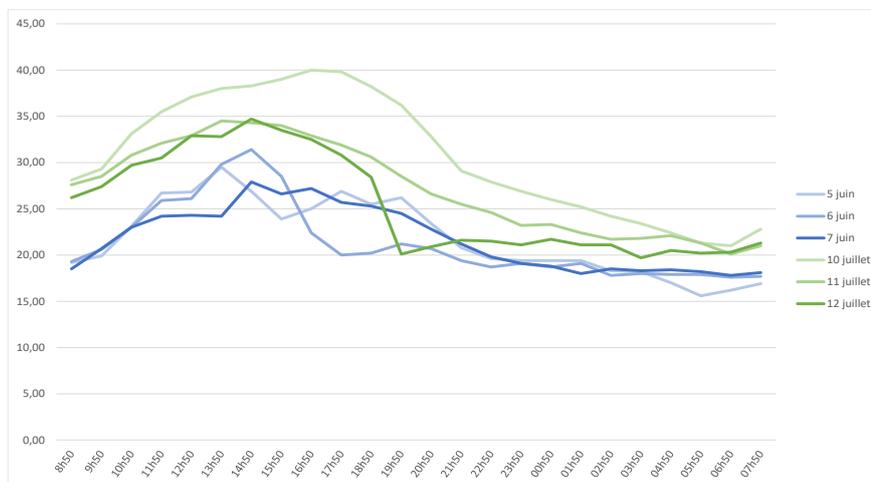


Figure 9 : température extérieure à la ferme du Pradel, entre l'heure d'empréurage et l'heure de moulage pour chaque jour de suivi (en bleu suivi « avant » et en vert suivi « pendant »)

MOINS DE LAIT ET DU LAIT MOINS RICHE PENDANT L'ÉPISODE DE FORTE CHALEUR

Un épisode de forte chaleur entraîne généralement un stress thermique chez la chèvre, dont l'une des premières conséquences est la baisse du niveau d'ingestion des fourrages pouvant causer une diminution de la production laitière. Cette perte de lait est variable et dépend de l'intensité et de la durée du stress, du niveau de production initial de l'animal, du stade de lactation ainsi que des conditions de logement. Elle ne s'est pas produite dans tous les élevages, et notamment moins dans les élevages qui étaient en bâtiment/ration hivernale à cause de la sécheresse. Au Pradel en 2023 aucune diminution de la quantité de lait n'est observée, sans doute en raison de la phase croissante de la lactation et d'un effet de l'alimentation.

La baisse de l'ingestion sélective sur les fourrages entraîne une chute du TB, de près de 1,9 point en moyenne (pour un TB initial de 37 g/L en moyenne). Le TP diminue également en période de forte chaleur (- 0,8 point pour un TP initial de 33,6 g/L en moyenne). Les variations des taux restent extrêmement différentes d'une ferme à l'autre allant de 0,2 point à plus de 4 points de variations pour certaines fermes (figures 10 et 11). La teneur en urée diminue aussi (- 72 mg/L pour un niveau initial de 469 mg/L en moyenne). Les effets de la chaleur sur les caséines sont plus controversés et aucun effet de la période chaude n'a été identifié lors des mesures effectuées sur les 9 élevages. Les taux cellulaires ne varient pas significativement au moment de l'épisode de forte chaleur. Les citrates et les chlorures n'ont pas semblé impactés par l'épisode de forte chaleur. Néanmoins le taux de chlorures sous forme de sel du lait de tank (gNaCl/L) augmente pour les fermes qui ne sont pas passées en ration hivernale en bâtiment.

L'épisode de forte chaleur n'a pas eu d'effet significatif sur les acides gras du lait même si certains indicateurs ont varié dans des sens différents selon les fermes (critères étudiés : acides gras saturés, mono-insaturés, poly-insaturés, trans, omégas 3 et omégas 6, rapport C16/C18 et rapport omégas 3 / omégas 6, C6, C8, C10, 16, C18). Au Pradel en 2023, l'extrait sec du lait a diminué, le chlorure sur sel était plus élevé pour certains jours, l'azote total plus faible ainsi que les caséines, le rapport omega 3 / omega 6 plus élevé pour la période « pendant ».

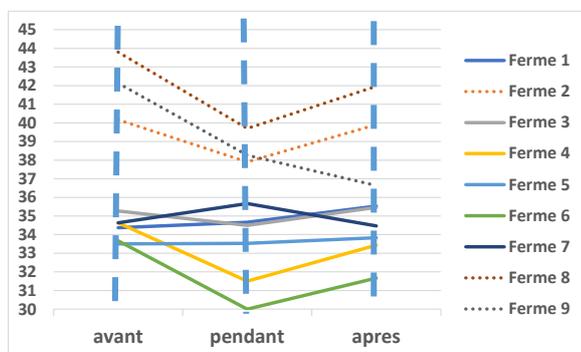


Figure 10 : effet observé sur le **taux butyreux**** du lait de tank (g/L)

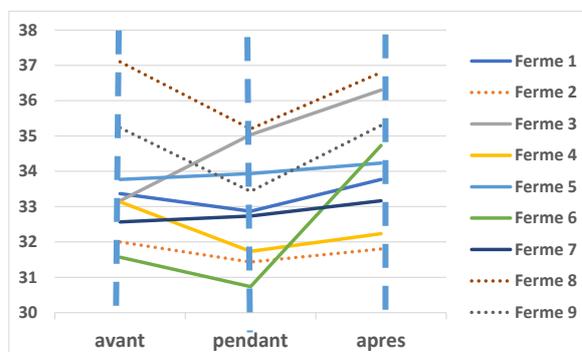


Figure 11 : effet observé sur le **taux protéique*** du lait de tank (g/L)

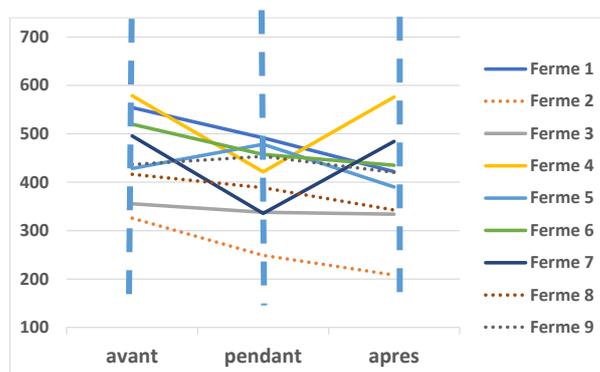


Figure 12 : effet observé sur la quantité d'urée* du lait de tank (mg/L)

Figure 10 à 12 : effets observés (*significatifs en tendance et **significatifs au risque alpha=5% entre les périodes « avant » et « pendant ») d'un épisode de forte chaleur sur le taux butyreux, le taux protéique et l'urée du lait de chèvre (tank) dans 9 fermes suivies au cours de l'été 2022 (3 fabrications successives à chaque période avant, pendant et après un épisode de forte chaleur). Les courbes en pointillés concernent les laits du soir uniquement, en trait plein les laits de mélange soir-matin.

NB : les données de la ferme 3 n'ont pas été utilisées dans l'analyse statistique car cette ferme est passée en monotraite entre le suivi « avant » et le suivi « pendant ».

L'EFFET SUR LA COMPOSITION MICROBIOLOGIQUE DEPEND DE LA FERME

La composition microbiologique du lait et du lactosérum a d'abord été évaluée par des méthodes culturales dénombrant différents types de flores, puis de façon globale par des tests de Pouvoirs Acidifiants. Aucun effet significatif n'a pu être observé entre les périodes « avant » et « pendant » sur les dénombrements de ces flores (figures 13 et 14). Les flores des laits semblent évoluer différemment selon les fermes, notamment entre les périodes « avant » et « pendant ».

Un effet significatif a seulement pu être mis en évidence sur la flore thermorésistante pour la comparaison avant/après : la flore thermorésistante était plus élevée pour le suivi « après » que pour le suivi « avant » ; même chose pour *Escherichia coli*. Mais c'est difficile à interpréter vu l'écart de temps entre les suivis.

Une augmentation non significative mais marquée des dénombrements en entérocoques a aussi été observée dans certaines fermes. Hypothèse : les entérocoques viennent remplacer un peu les flores lactiques PENDANT (avec un risque de problèmes d'acidification).

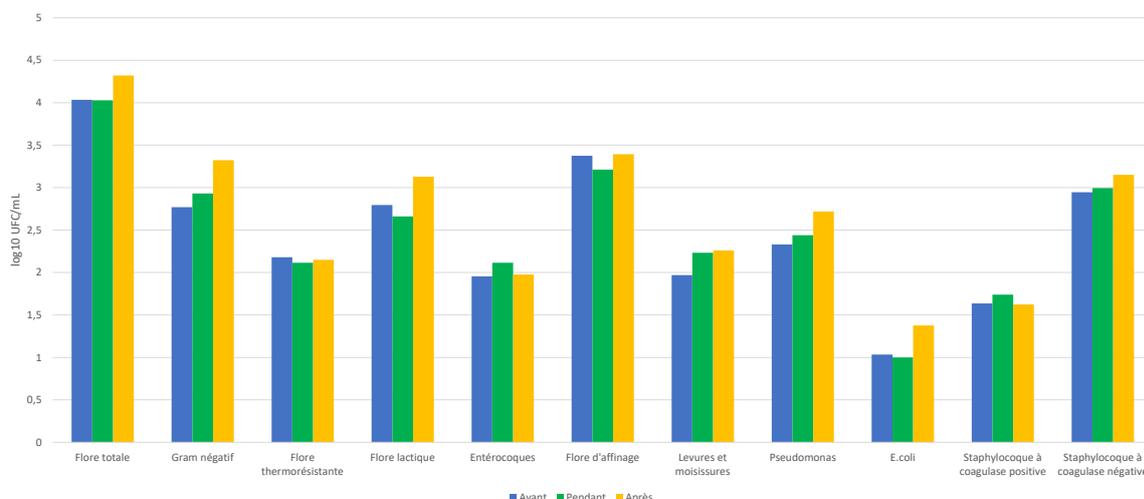


Figure 13 : Evolution du dénombrement en micro-organismes dans le lait (UFC/ml) en fonction des périodes avant/pendant et après l'épisode de forte chaleur (moyenne de 3 jours successifs à chaque période) pour l'ensemble des 9 fermes suivies

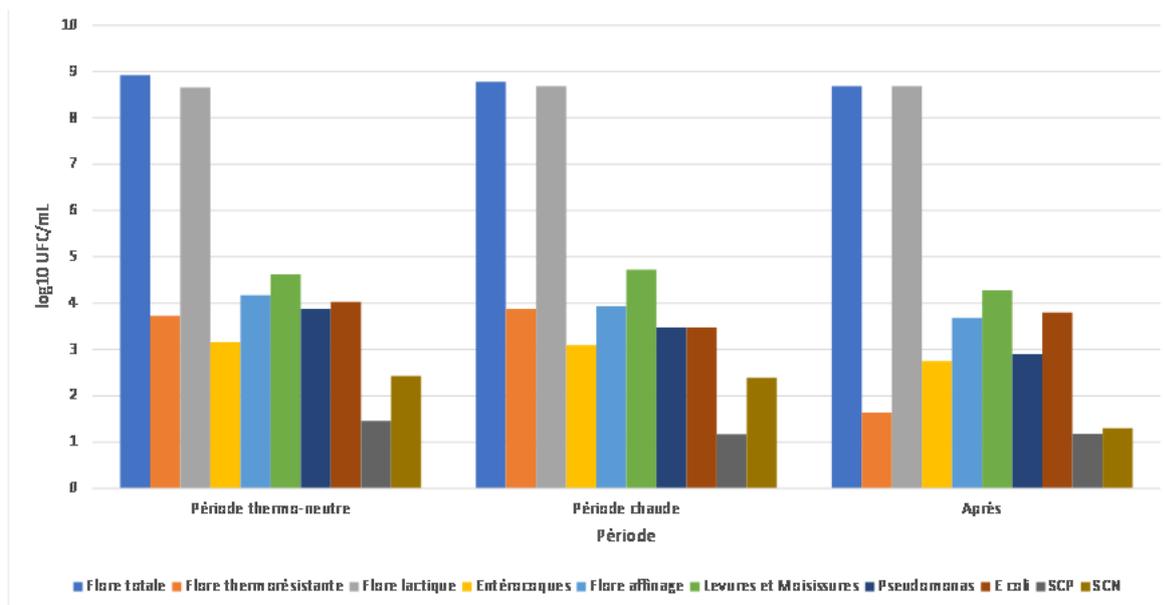


Figure 14 : Evolution du dénombrement en micro-organismes dans le lait (UFC/ml) en fonction des périodes avant/pendant et après l'épisode de forte chaleur (moyenne de 3 jours successifs à chaque période) pour l'ensemble des 9 fermes suivies

Puis la composition bactérienne des laits a été étudiée par métagénomique. Cette analyse a montré un effet significatif de la ferme sur la composition bactérienne des laits et une interaction de l'effet ferme et de l'effet période : ces méthodes confirment que l'évolution de la composition microbiologique du lait est différente selon la ferme (figures 15, 16 et 17).

Néanmoins un lien entre des paramètres climatiques (température minimum du jour du prélèvement et du jour précédent, index THI (combinant température et hygrométrie) mini du jour du prélèvement, hygrométrie maximum du jour du prélèvement) et le niveau de richesse bactérienne des laits a pu être observé (figure 18). La figure présente cet effet sur la population globale de Staphylocoques et des calculs complémentaires ont montré que cet effet n'est pas dû à un effet sur la population de *Staphylococcus aureus*, flore témoin de l'hygiène du procédé, mais plutôt sur les autres staphylocoques, dont des populations pouvant être impliquées dans l'affinage des fromages.

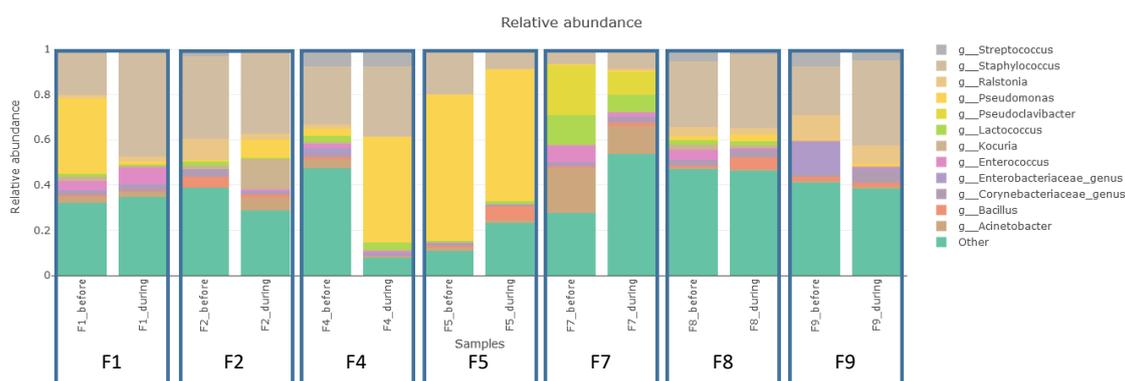


Figure 15 : Composition bactérienne des laits au niveau genre, par ferme et par période (avant et pendant) (toutes fermes sauf F3 et F6)

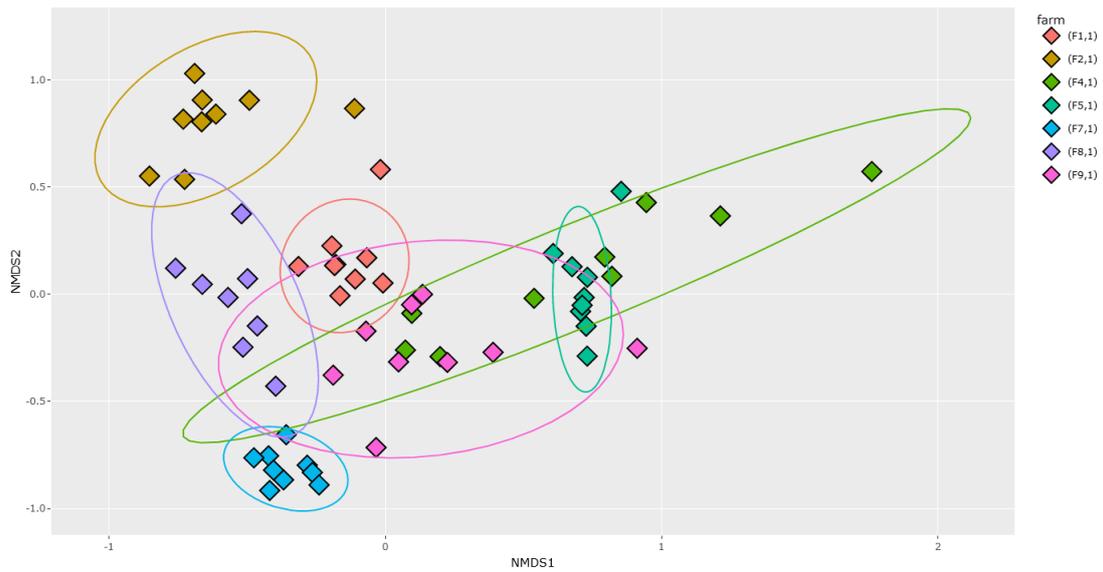


Figure 16 : Ordination des laits selon leur profil de diversité bactérienne (toutes fermes sauf F3 et F6, matrice de distance, indice de dissimilarité de Bray-Curtis, NMDS)

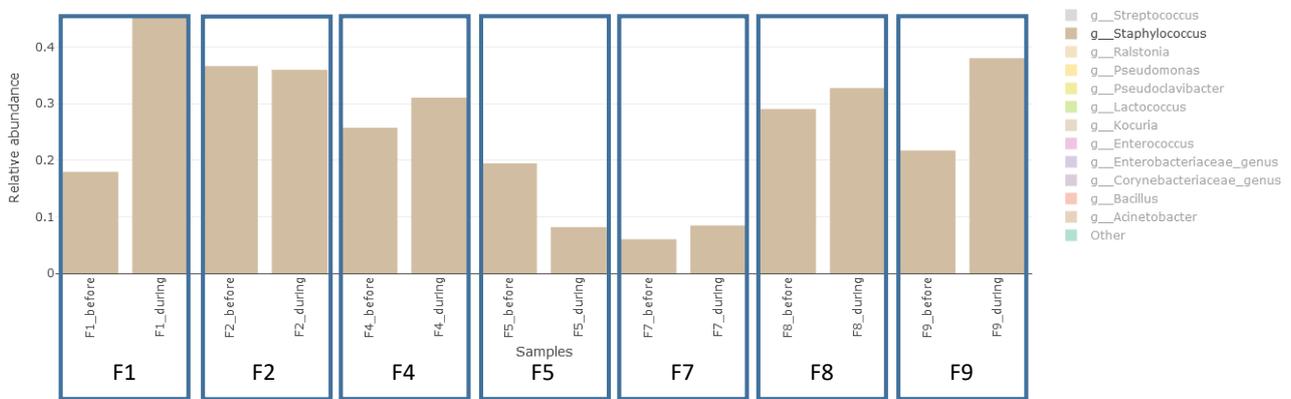


Figure 17 : Abondance relative du genre Staphylococcus dans les laits, par ferme et par période (avant et pendant) (toutes fermes sauf F3 et F6)

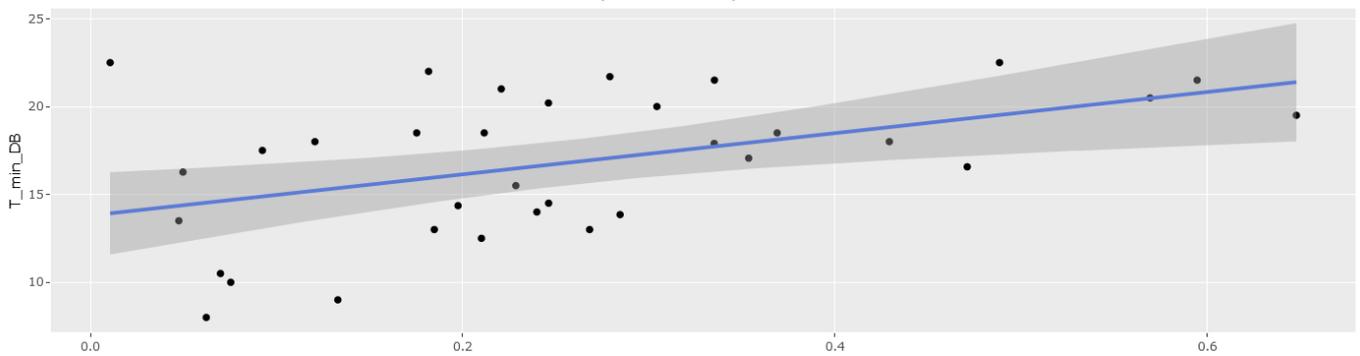


Figure 18 : niveau de richesse bactérienne des laits en fonction de la température minimum du jour précédant le prélèvement. Relation entre l'abondance du genre Staphylococcus et la variable T_min_DB, toutes fermes sauf F3 et F6, périodes avant et pendant, cor. Spearman

L'acidification spontanée des laits et avec ajout de lactosérum, avec calcul d'un pouvoir acidifiant au laboratoire en bain-marie à 2°C n'a pas montré de différences avant/pendant (figures 19 et 20). Mais le type de lait prélevé a beaucoup joué : seulement le lait du soir pour les fermes qui prématurent (ou stockent lait du soir avec lactosérum) et lait de mélange pour les fermes qui ne prématurent pas. Le Pouvoir Acidifiant du Lactosérum semble plutôt diminuer pendant la période de forte chaleur.

Au Pradel en 2023, le bain-marie a eu un souci de maintien de température le 10 et le 12 juillet, prudence donc pour l'interprétation des données de pouvoir acidifiant. Le pouvoir acidifiant est un peu plus faible en période « pendant » et le lait s'acidifie un petit peu plus rapidement.

La réalisation de ces tests sur des substrats congelés a pu modifier un peu les résultats mais les laits et les lactosérums des 3 périodes ont subi le même traitement.

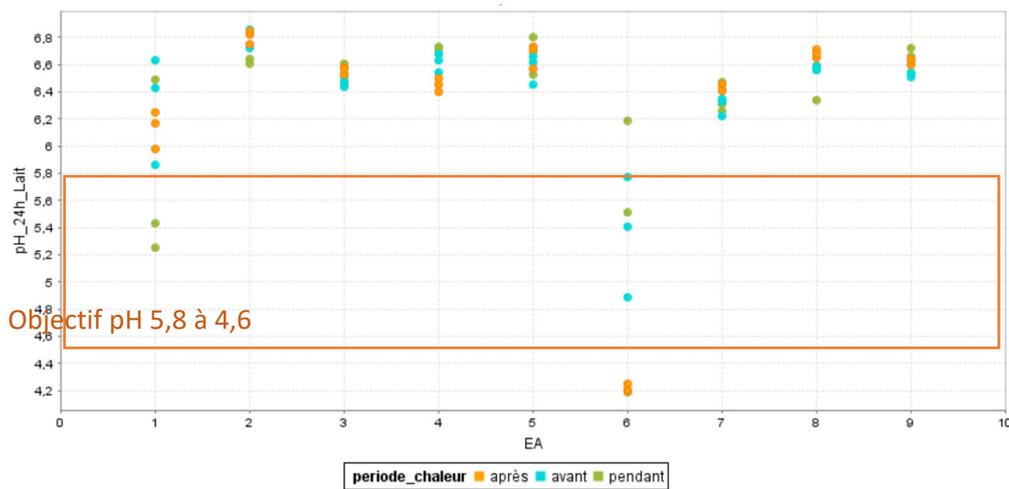


Figure 19 : pH du lait de la ferme seul après 24h d'incubation en tube dans un bain marie à 22°C pour détermination du pouvoiracidifiant

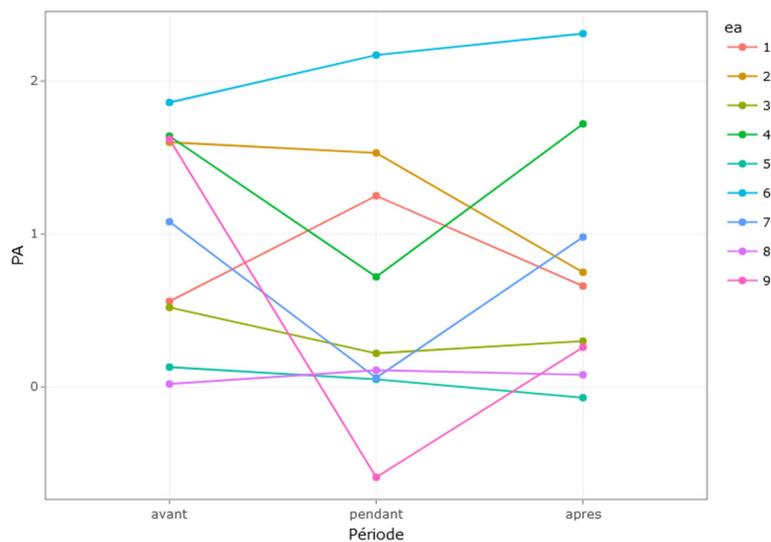


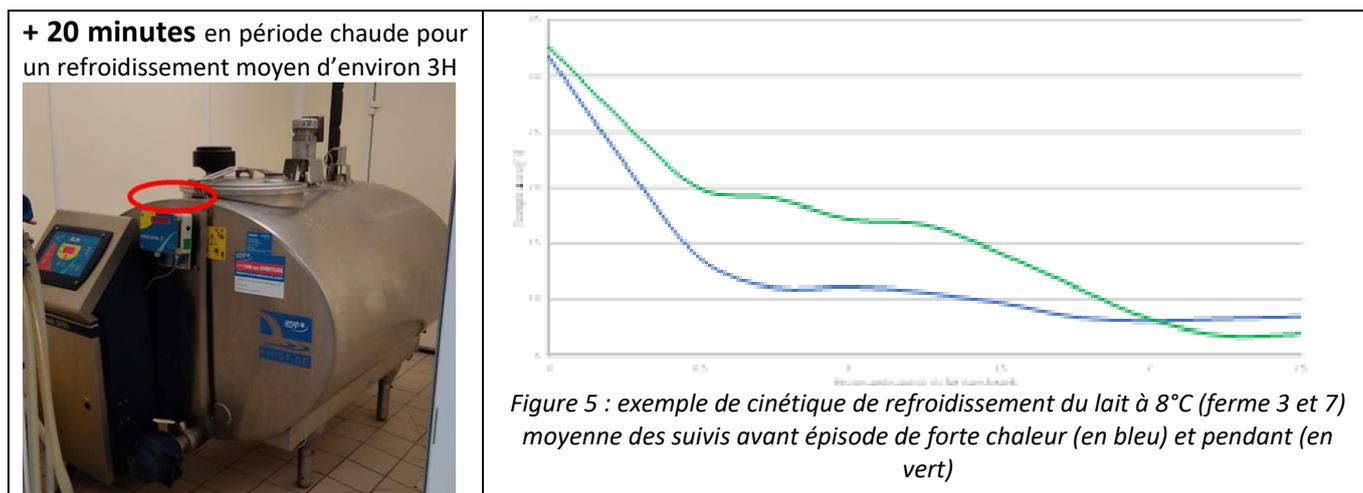
Figure 20 : Pouvoir Acidifiant du lactosérum sur le lait de la ferme en comparaison d'un lait UHT

LA TRANSFORMATION FROMAGERE IMPACTEE PAR UN EPISODE DE FORTE CHALEUR



UN REFROIDISSEMENT DU LAIT PLUS LENT

Lors des épisodes de forte chaleur, la durée de refroidissement du lait à la température objectif a toujours été plus longue qu'en période thermo-neutre (figure 21). Les températures objectif étaient variables selon les fermes, de +4°C pour un report à la nuit, à +16°C pour ceux qui prématurent.



DANS CERTAINES FERMES, UN DIFFICILE MAINTIEN DES TEMPERATURES TECHNOLOGIQUES EN FROMAGERIE

Certaines fermes bien isolées et climatisées arrivent à maintenir des températures assez stables dans le temps et à ce que les températures en salle de fabrication et dans le caillé ne soient pas trop impactées par l'épisode de forte chaleur (figure 22), mais ce n'est pas le cas d'autres fermes (figure 23) ou de la ferme du Pradel en 2023 à la suite de problèmes de climatisation (figure 24).

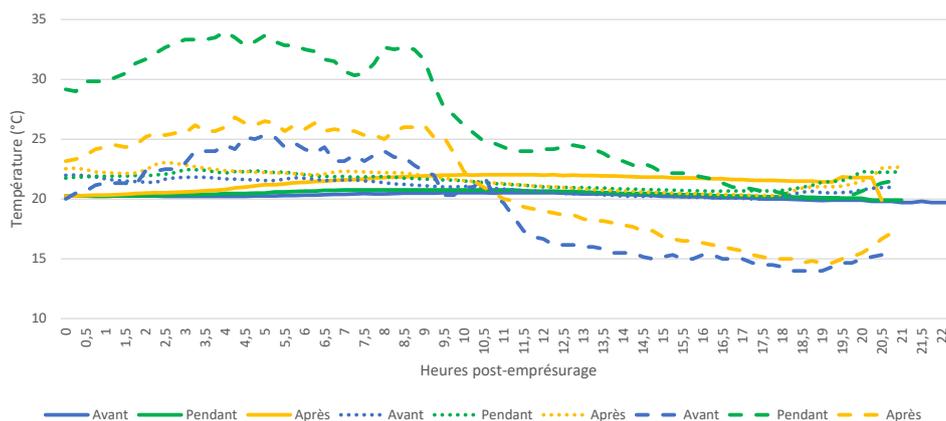


Figure 22 : évolution de la température extérieure (courbe en tirets), de la température de la salle de fabrication (courbes en pointillés) et de la température du caillé (en trait plein) dans la ferme 8, salle de fabrication climatisée et bien isolée, au cours de la journée et la nuit avant (bleu), pendant (vert) et après (orange) un épisode de forte chaleur. Courbe moyenne de 3 jours de suivi consécutifs.

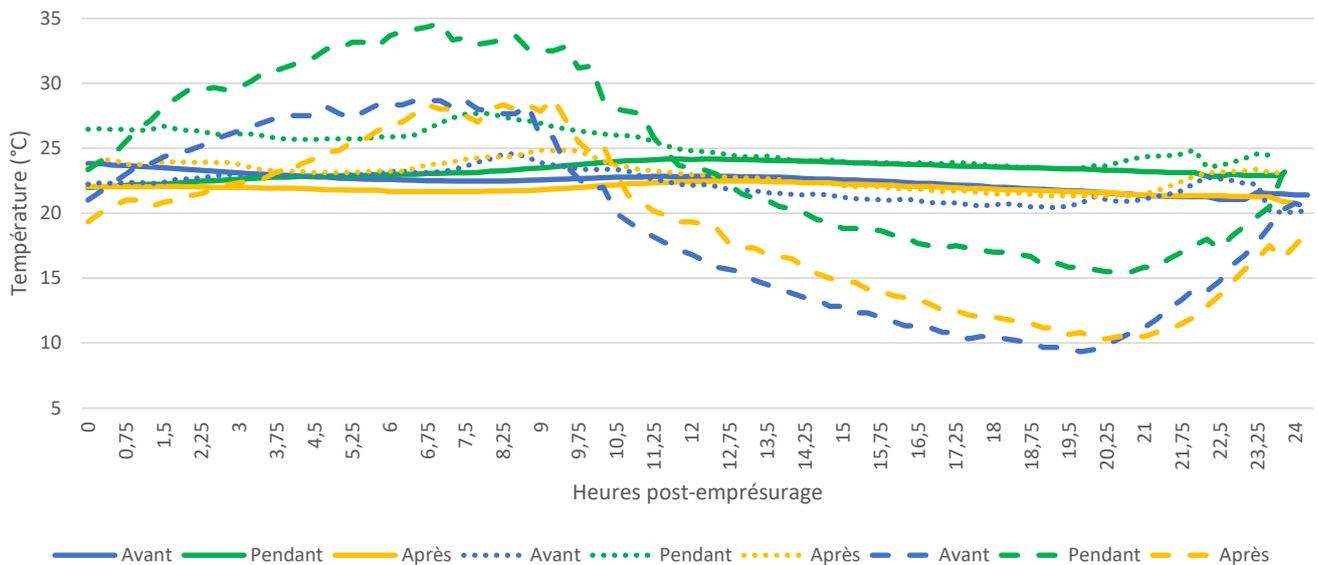


Figure 23 : évolution de la température extérieure (courbe en tirets), de la température de la salle de fabrication (courbes en pointillés) et de la température du caillé (en trait plein) dans la ferme 7, salle de fabrication non climatisée, au cours de la journée et la nuit avant (bleu), pendant (vert) et après (orange) un épisode de forte chaleur. Courbe moyenne de 3 jours de suivi consécutifs.

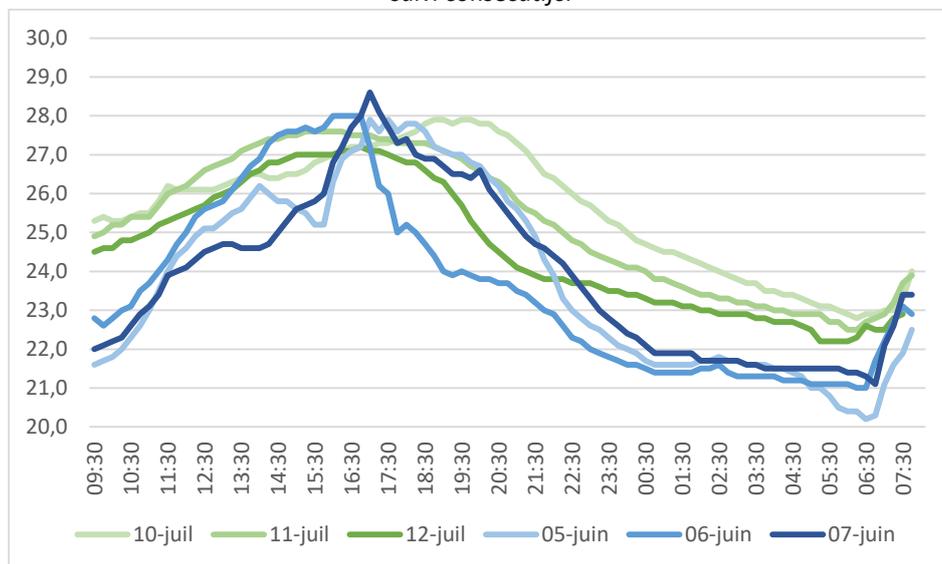


Figure 24 : température de la salle de fabrication au Pradel en 2023 (en bleu suivis « avant » et en vert suivis « pendant »)

UNE ACIDIFICATION (pH) PLUS RAPIDE DU LAIT



A la suite de problèmes matériels, l'enregistrement de pH n'a pas pu être mené dans la ferme 4 et partiellement pour les fermes 2 et 5. Ces données n'ont pas pu faire l'objet de tests statistiques.

Au moins pour certaines fermes, la courbe d'acidification a été plus rapide en période chaude (figures 25 et 26), avec un moindre temps de latence, une vitesse d'acidification plus importante, un temps de repos sous sérum plus important et parfois un pH final plus bas. Ces variations sont à risque d'accident de fabrication : dans le caillé qui passe plus de temps en milieu acide, la diversité bactérienne diminue et peut rendre le repiquage du sérum plus aléatoire.

Au Pradel en 2023, à part une courbe, l'acidification a été plus rapide pour la période « pendant » (figure 27).

Cette accélération de l'acidification peut s'expliquer par des températures durant le caillage supérieures pour la plupart des suivis, parfois de 3°C voire 4°C dans les fermes où la gestion de la température en fromagerie est difficile (pas de climatisation, pas assez de renouvellement d'air, salle pas suffisamment isolée, sources de chaleur (autres fabrications, appareils qui chauffent...)).

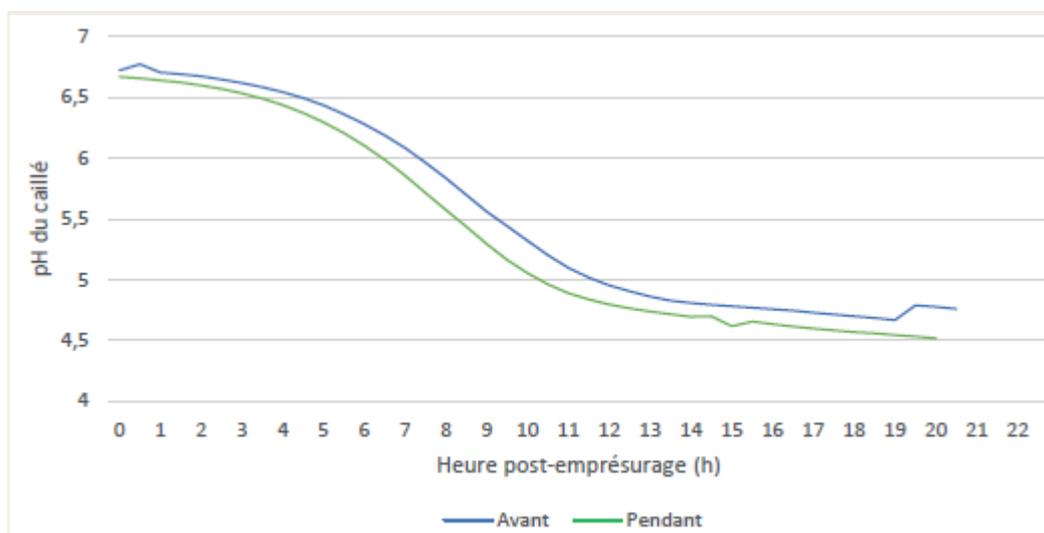


Figure 25 : évolution du pH du caillé de l'emprésurage au moulage dans une ferme, moyenne des courbes des 3j de suivi « avant » (en bleu) et des 3j de suivi « pendant » (en vert)

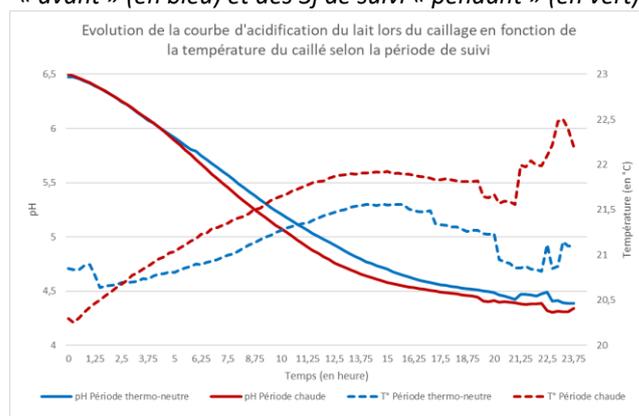


Figure 26 : évolution de la courbe d'acidification du lait lors du caillage en fonction de la température du caillé, moyenne des courbes des 3j de suivi « avant » (en bleu) et des 3j de suivi « pendant » (en rouge)

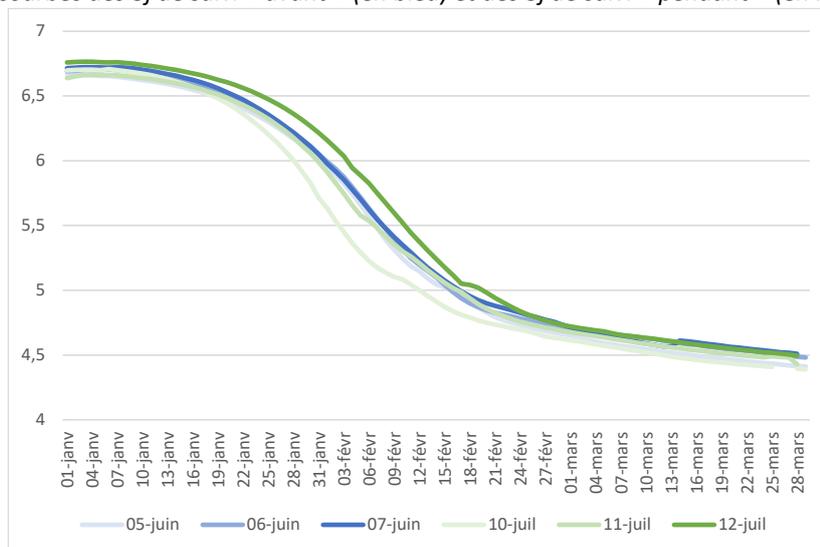


Figure 27 : courbe d'acidification au Pradel en 2023 (en bleu suivi « avant » et en vert suivi « pendant »)

UN EGOUTTAGE PLUS RAPIDE DES FROMAGES



5 fermes sur 7 qui ont pu faire un suivi de l'égouttage ont un égouttage plus rapide et une perte de poids plus importante entre le moulage et le démoulage. Cette observation a été confirmée au Pradel en année 2 (figures 28 et 29).

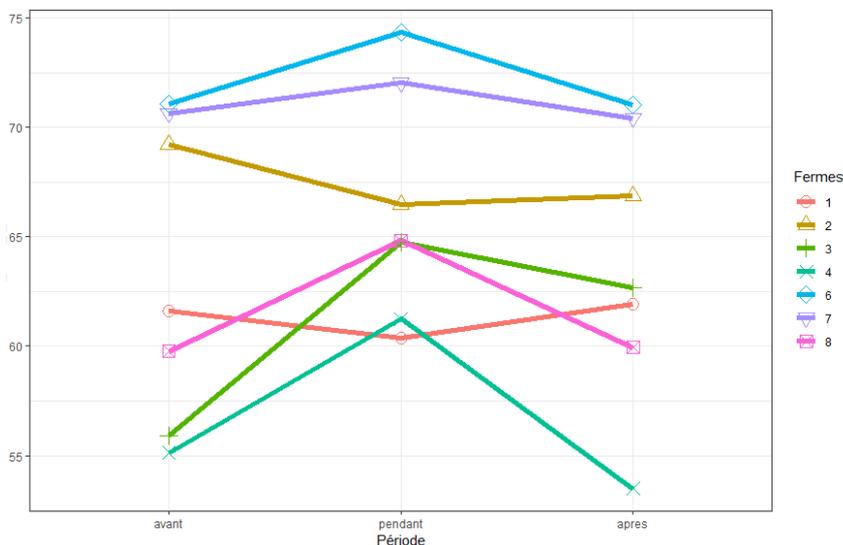


Figure 28 : évolution moyenne de la perte de poids d'un fromage (en %) entre le moulage et le démoulage entre les 3 périodes de suivi

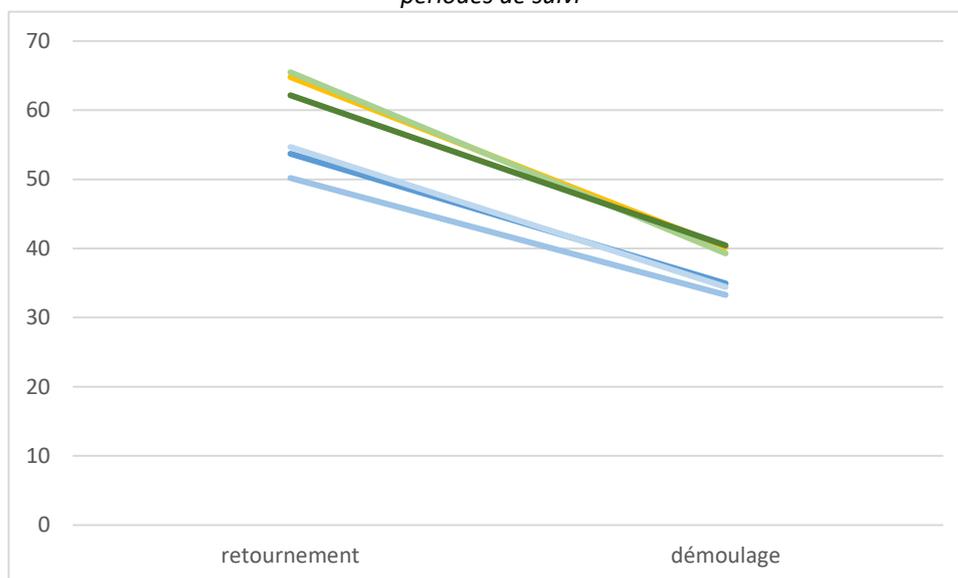


Figure 29 : évolution du poids des fromages entre le retournement et le démoulage à la ferme du Pradel (en bleu période « avant » et en vert/orange période « pendant »)

UNE PERTE DE RENDEMENT FROMAGER



Le rendement fromager brut diminue de façon significative en période chaude (figure 30). Cela est sans doute principalement dû à une diminution des taux et surtout du TP et à une augmentation des températures en salle de fabrication. Le poids moyen par fromage diminue de façon significative (figure 31). Différents calculs de rendement

montrent que l'on récupère beaucoup moins bien la matière utile pendant les périodes de fortes chaleurs dans 4 fermes sur 8 (hors ferme 3) (voir diaporama en annexes).

Au Pradel en 2023, les rendements ont aussi été plus bas pour la période « pendant », ainsi que le poids des fromages, sans doute en lien avec des températures d'ambiance très élevées dans la salle de fabrication lors du suivi « pendant ».

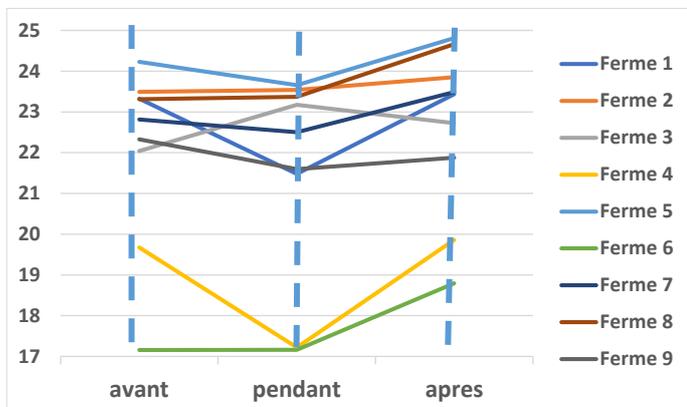


Figure 30 : évolution du **rendement brut au démoulage*** (kg de fromage au démoulage pour 100 litres de lait mis en œuvre)

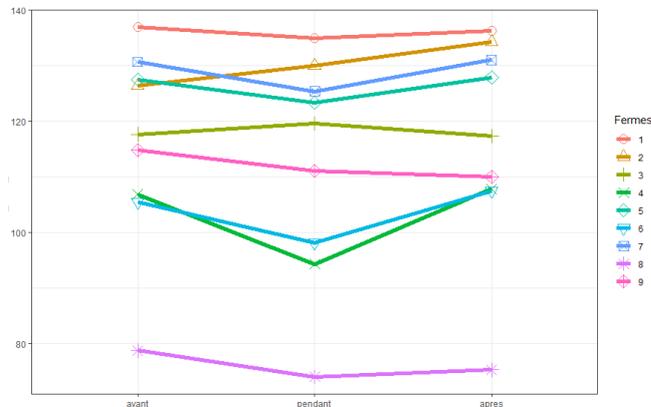


Figure 31 : évolution du **poids moyen par fromage** au démoulage** (g)

Figures 30 et 31 : : effets observés (*significatifs en tendance et **significatifs au risque alpha=5% entre les périodes « avant » et « pendant ») d'un épisode de forte chaleur sur le rendement fromager, le poids moyen d'un fromage et la quantité de MSU du lait nécessaire pour faire un fromage à ES moyen constant (31 g/kg), ainsi que le gras sur sec du fromage au démoulage dans 9 fermes suivies au cours de l'été 2022 (moyenne de 3 fabrications successives à chaque période avant, pendant et après un épisode de forte chaleur).

NB : les données de la ferme 3 n'ont pas été utilisées dans l'analyse statistique car cette ferme est passée en monotraite entre le suivi « avant » et le suivi « pendant ».

En ce qui concerne la composition du fromage, aucun effet significatif n'a été observé. Cependant le Gras sur sec diminue dans un certain nombre de fermes (figure 32). Au Pradel en 2023, certains fromages de la période « pendant » ont bien eu un gras/sec plus élevé mais cette valeur a été assez variable.

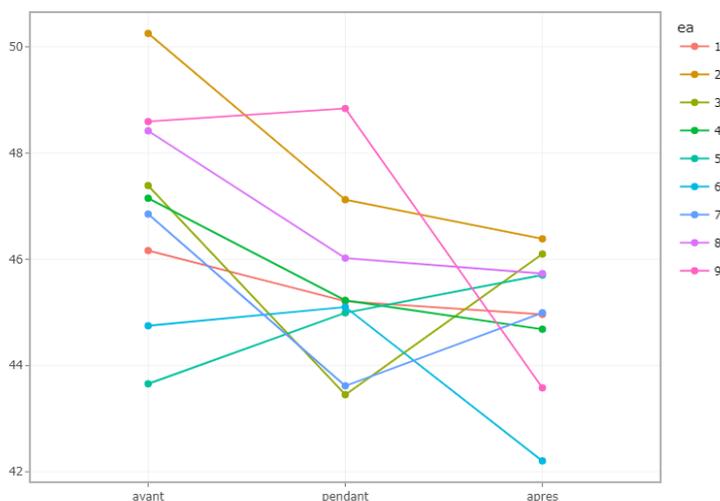


Figure 32 : évolution de la teneur en **gras sur sec** des fromages au démoulage (%) dans les 9 fermes suivies (moyenne de 3 fabrications successives à chaque période avant, pendant et après un épisode de forte chaleur)

RESSUYAGE, SECHAGE ET AFFINAGE

Les étapes de ressuyage, séchage et affinage ont été suivies au Pradel en 2022. En 2023 les données ne sont interprétables que pour le ressuyage car une panne de séchoir a empêché un séchage correct des fromages (figures 33 à 36). La perte de poids au ressuyage est plus importante au ressuyage pour la période « pendant » en 2022 et en 2023, sans doute en lien avec une augmentation de température de la salle de fabrication. La perte au séchage semble aussi un peu plus importante.

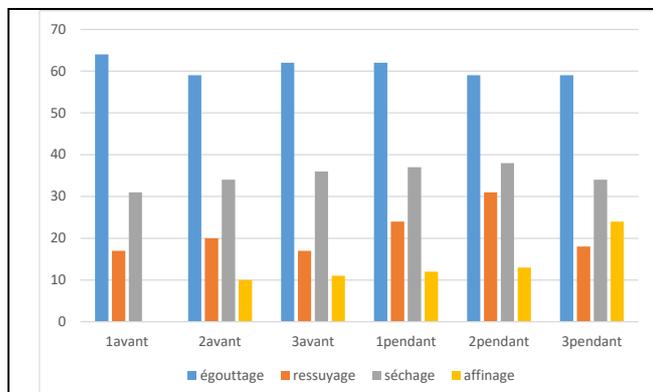


Figure 33 : pertes de poids (% du poids au début de l'étape par fromage moyen) pour les étapes d'égouttage, ressuyage, séchage et affinage à la ferme du Pradel en 2022 pour les périodes « avant » et « pendant »

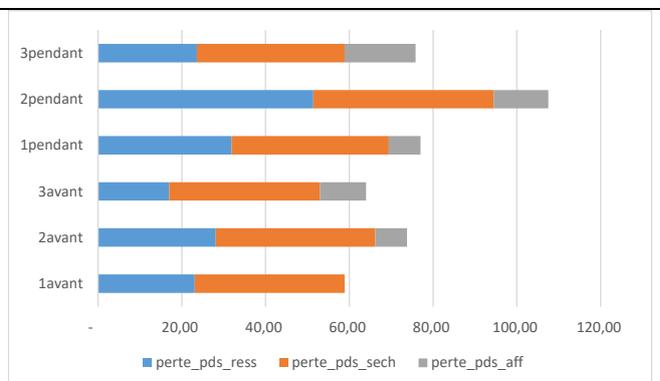


Figure 34 : pertes de poids (g par fromage moyen) pour les étapes de ressuyage, séchage et affinage à la ferme du Pradel en 2022 pour les périodes « avant » et « pendant »

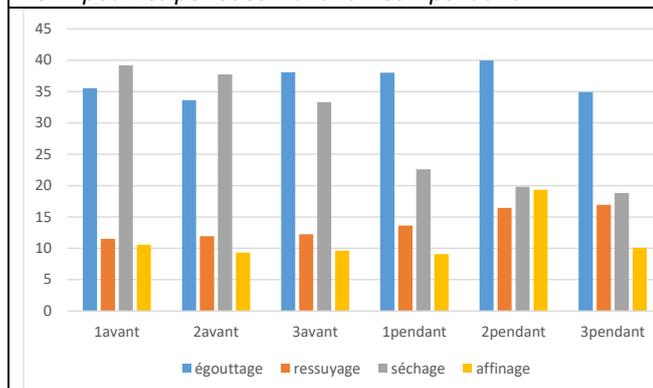


Figure 35 : pertes de poids (% du poids au début de l'étape par fromage moyen) pour les étapes d'égouttage, ressuyage, séchage et affinage à la ferme du Pradel en 2023 pour les périodes « avant » et « pendant »

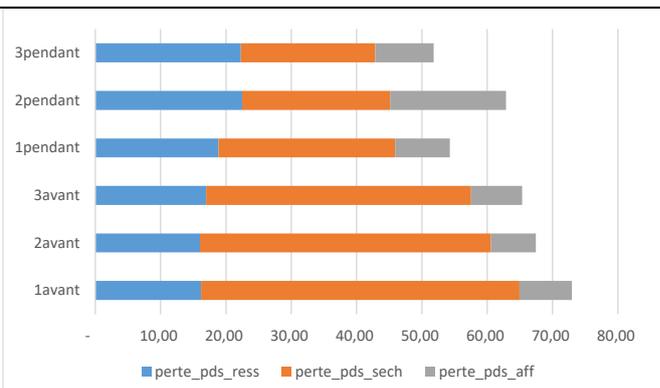
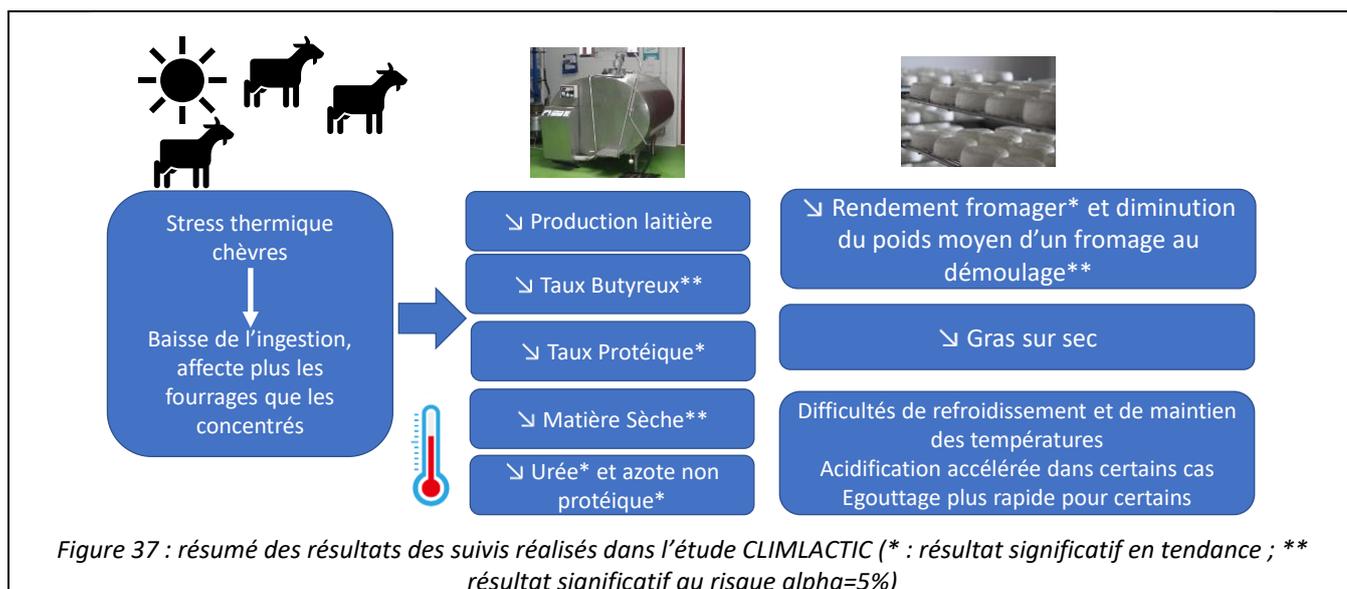


Figure 36 : pertes de poids (g par fromage moyen) pour les étapes de ressuyage, séchage et affinage à la ferme du Pradel en 2023 pour les périodes « avant » et « pendant »

EN RESUME.....



ACTION 2 - Evaluation des surconsommations électriques pendant les épisodes de forte chaleur en fonction des équipements

A la suite de différents déplacements permettant d'équiper les fermes et de récolter les données de consommations électriques et de température et hygrométrie, un bilan de l'ensemble des données disponibles a été réalisé ferme par ferme (Tableau 7).

Les données de consommations électriques et la température extérieure sont disponibles pour 7 fermes sur 9 pendant la période estivale 2023. Cependant, les données de température à l'intérieur de la fromagerie sont manquantes (saturation de la mémoire des capteurs), sauf pour la ferme 2.

Les analyses descriptives des ferme 7 et ferme 1 sont les plus avancées, et sont présentées ci-dessous :

Résultats : Ferme 7

Description de la ferme

75 chèvres laitières

850 à 900 litres par chèvre/an

Production saisonnée, interruption production laitière de 2 mois entre mi-décembre et mi-février

Transformation quotidienne pendant la période de lactation

Produits :

- Lactiques
- Faisselles, fromage blanc battu
- Pâtes pressées non cuites (chauffage de la cuve au gaz)
- Pâtes molles
- Yaourts

Production principale : lactiques

Production saisonnée : yaourts (lundi et samedi entre juin et octobre principalement) ; pâtes pressées non cuites pour du report lors des pics de lactation.

Circuit de commercialisation : vente à la ferme, en AMAP, et 2 marchés

Consommation électrique

Période exploitée : de mi-mai au 16 novembre 2022 pour la fromagerie.

Consommation globale enregistrée sur la période : 27 500 kWh, soit 458 Wh par litre de lait produit (59 980 litres au total). Cette consommation est cohérente avec les références disponibles et compte tenu que toutes les consommations ne sont pas relevées par les capteurs (chaudière à pellet pour la production d'eau chaude).

Les pics de chaleur ne semblent pas impacter les consommations électriques, qui sont plus dépendantes de l'activité de la fromagerie.

Zoom entre le 8 juillet et le 16 septembre

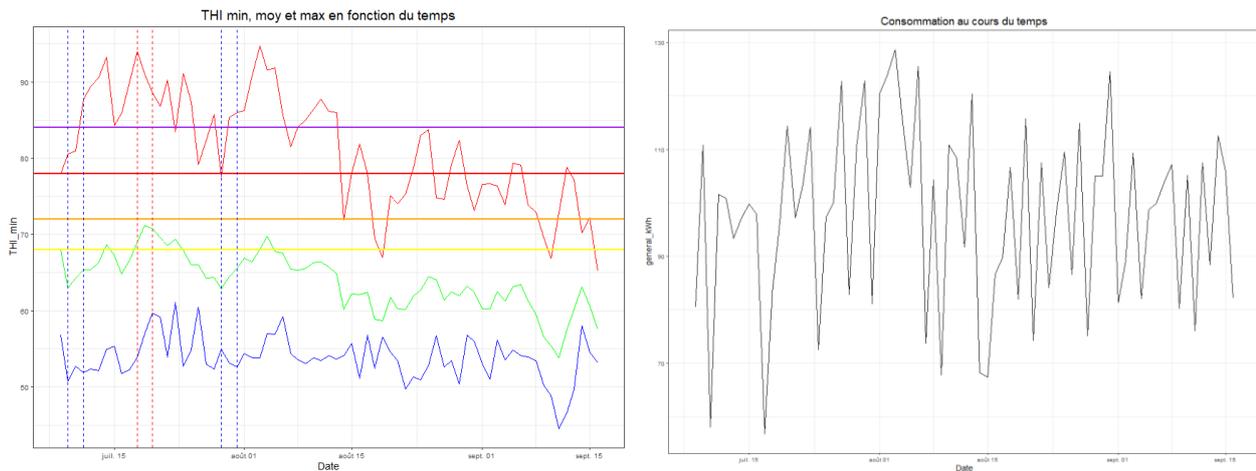


Figure 38 : évolution du THI pendant la période estivale (à gauche) et consommation électrique totale de la fromagerie (à droite)

On constate de grande variation de consommation électrique selon le jour de la semaine (de 70 à 130 kWh/jour), ce qui correspond au jour de fabrication des yaourts et des pâtes pressées cuites, plus énergivore.

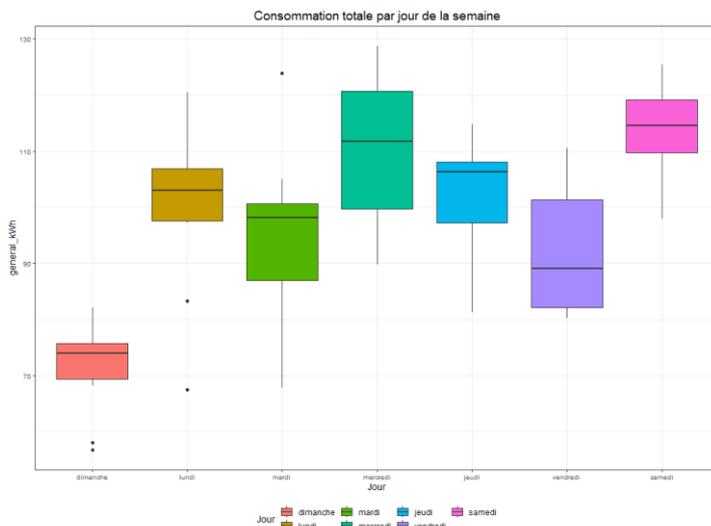


Figure 39 : consommation totale de la fromagerie en fonction du jour de la semaine

Une consommation électrique qui dépend du jour de la semaine

- Très inférieure le dimanche
- Inférieure le mardi et vendredi
- Intermédiaire le lundi et jeudi
- Supérieur le mercredi et samedi : production de yaourts tous les samedis et pâtes pressées les mercredis

La fromagerie est bien globalement bien isolée, avec un maintien des températures de fabrication en période chaude :

Cinétique de température extérieur VS intérieur (ferme 7)

➤ Influence températures extérieur et intérieur sur la température de caillé

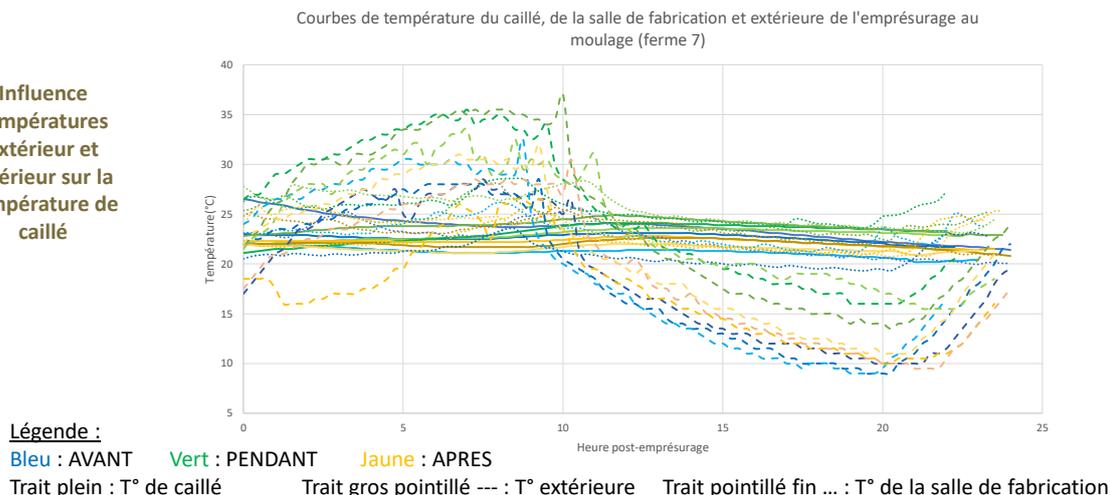


Figure 40 : évolution des températures extérieur, intérieur et température du caillé

Cependant, le tank a du mal à refroidir (objectif 8°C) et il remonte à 10°C au cours de la nuit.

Cinétique de refroidissement du lait (ferme 7)

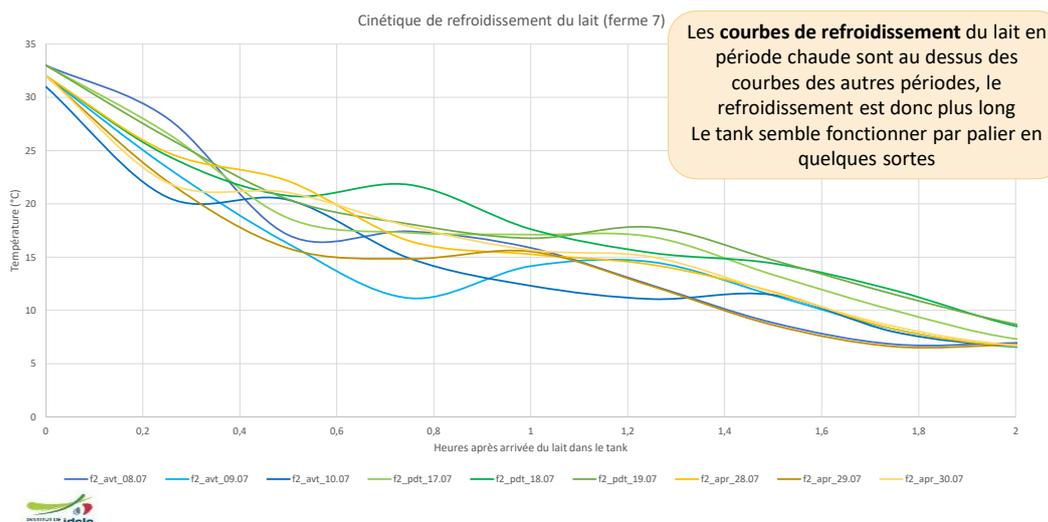


Figure 41 : cinétique de refroidissement du lait dans le tank avant, pendant et après un pic de chaleur

Des points d'amélioration lors du diagnostic ont également été relevés pour limiter les consommations d'énergie :

- Étude de l'intérêt d'utiliser davantage la chaudière à pellet aux vues de l'augmentation du coût de l'électricité.
- Locaux de fromagerie sous-dimensionnés au vu du nombre de produits fabriqués
- Améliorer la ventilation, absences d'entrée d'air : conséquence, température élevée dans la salle de fabrication pendant la période estivale (25°C)
- Pièce avec le tank à lait petite, compresseur du tank contre le mur : pièce très chaude en été et difficulté de refroidissement du tank.
- Utilisation d'une vitrine réfrigérée ouverte pour stocker les commandes de produits frais et préparation de la vente à la ferme en l'absence de chambre froide

Résultats : Ferme 1

Description de la ferme

Environ 200 chèvres et 150 000 litres transformés par an.

Exploitation mixte avec transformation à la ferme et vente en laiterie (litrage variable selon la production laitière, le surplus non transformable vendu en laiterie)

Fabrication 100 % lactique et 100 % AOP Picodon (50 % des picodons partent chez un affineur sans passer par le séchoir)

Consommation électrique

Période : du 1^{er} nov 2022 au 1^{er} nov 2023

Consommation électrique fromagerie rapportée au lait vraiment utilisé : **348 kWh/litre de lait** (sous-estimé) ; en 2016 : 350 kWh/litre de lait.

La sous-estimation de cette consommation s'estime sans doute en partie par des données manquantes (chauffe-eau notamment), car tous les équipements ne sont pas reliés à la remontée automatique des données.

De plus, ce bilan a permis de constater des erreurs de câblage entre différents postes (inversement entre 3 postes : lave-batterie, chauffage dans la fromagerie et chauffe-eau pour les tanks à lait). L'électricien est à nouveau intervenu pour corriger.

Concernant l'évolution des consommations d'électricité pendant la période estivale, on retrouve les conclusions de 2022 : la température extérieure ne semble pas influencer la consommation globale, qui est très dépendante de la consommation du séchoir pour cette ferme.

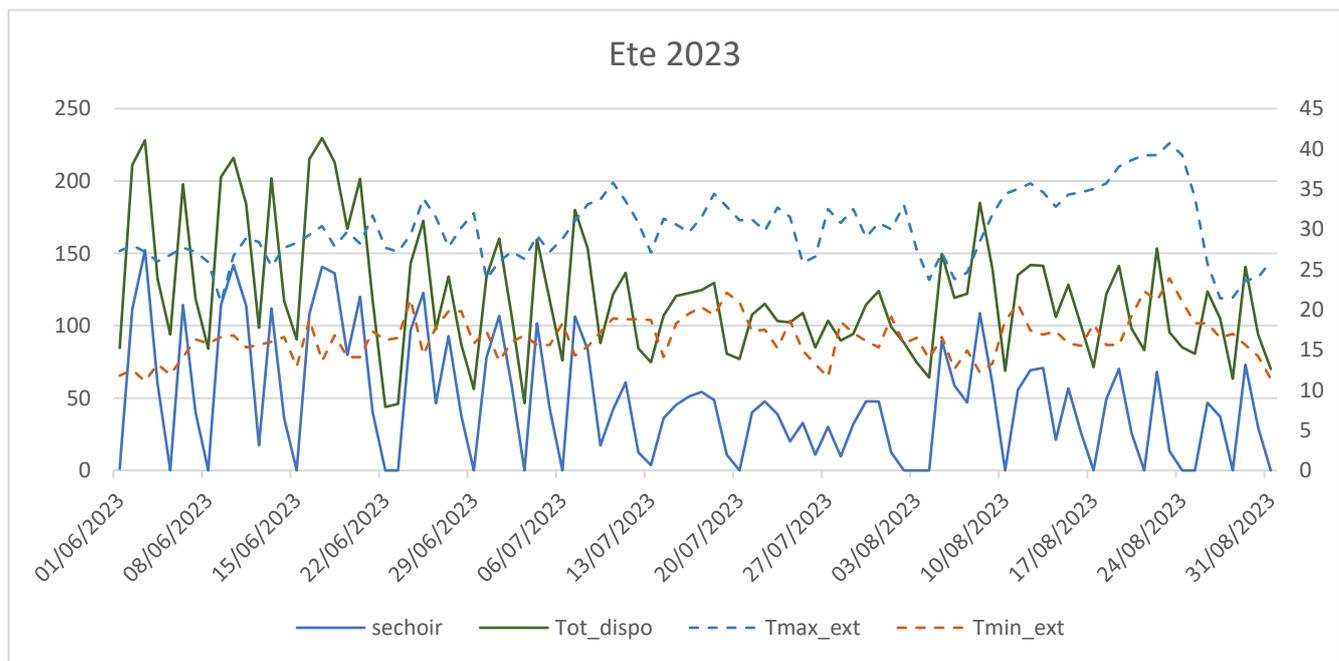
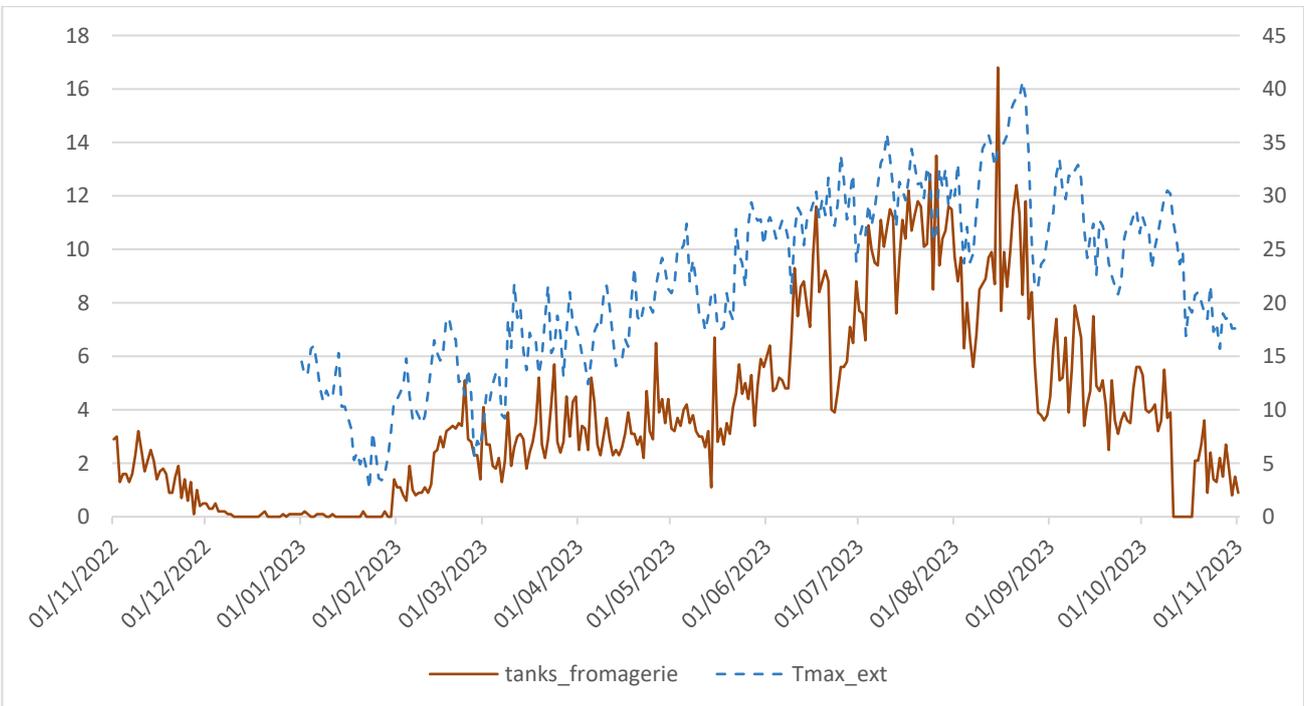
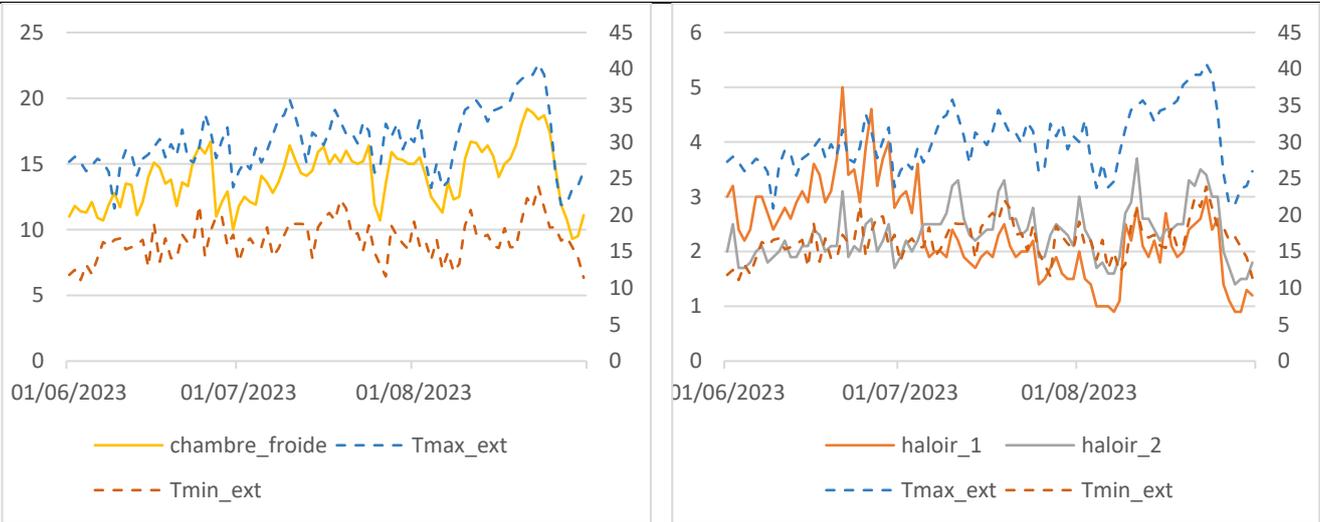


Figure 42 : évolution de la consommation électrique globale et du séchoir (courbes pleines), températures min et max extérieures (courbes pointillés)

Cependant, comme pour la ferme 7, on retrouve quelques équipements dont la consommation semble influencée par les températures extérieures :

- La chambre froide
- Les haloirs
- Les tanks de la fromagerie



Figures 43 à 45 : consommations électriques (kWh/jour) de la chambre froide (trait plein jaune), des haloirs (trait plein orange et gris) et du tank (trait plein orange foncé) ; et températures maximales (pointillé bleu) et minimales (pointillé rouge) à l'extérieur de la fromagerie

La description des données a également permis de constater une limite de la capacité de la climatisation en période de forte chaleur. La consommation de cette dernière ne semble pas dépasser 4kWh, alors que la température à l'intérieur de la salle de fabrication augmente. On peut supposer une saturation de l'équipement au-delà d'une certaine température. La fromagerie est également moins bien isolée, et malgré la climatisation, on note des températures maximales en salle de fabrication de presque 30°C le 24/08/23, et plusieurs autres pics autour de 27°C.

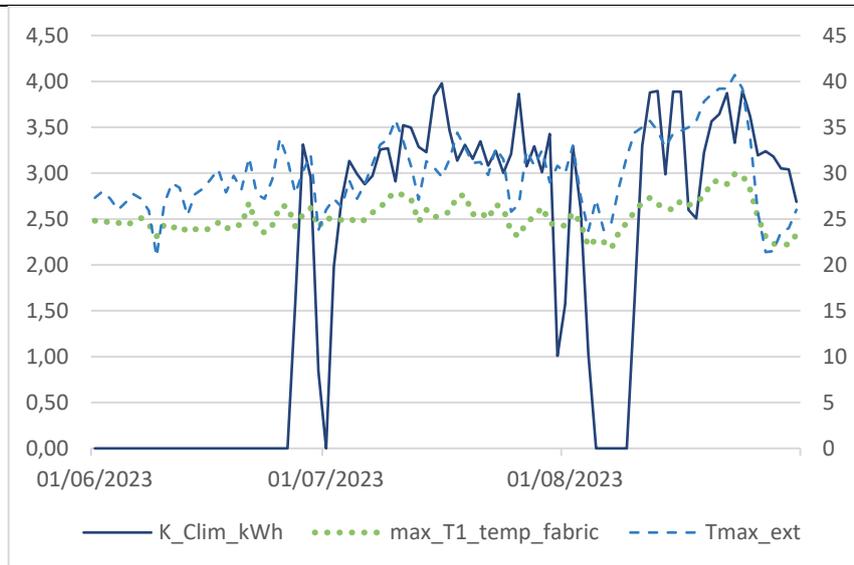


Figure 46 : consommation électrique (kWh/jour) de la climatisation (trait plein bleu foncé) ; température maximale extérieure (pointillé bleu clair) et température maximale de la salle de fabrication (point vert)

Les données électriques étant issues de différents capteurs, un travail d'importation et de mise au propre des fichiers a été effectué. Afin de pérenniser le suivi des données électriques dans les fermes équipées en lien avec d'autres projets, un programme de routine est en réflexion afin de faciliter l'importation et la valorisation de ces données, pendant et après le projet CLIMLACTIC.

Les pistes de traitement de données pour 2024 sont donc :

- De poursuivre le traitement des données sur l'ensemble des fermes afin d'étudier :
 - o Le lien température – consommation électrique
 - o Le lien entre les variations de consommations électriques et les autres paramètres disponibles : consommations des équipements spécifiques, quantité de lait, type de fabrication.
- D'établir des références sur la consommation électrique d'une fromagerie en filière caprine en fonction de sa dimension (nombre d'animaux, quantité de lait, type de produits transformés).

Pour certaines fermes, une approche multivariée de type régression sera également étudiée afin de corriger certains effets (jour de la semaine, type de production, équipement...) de la consommation électrique totale.

Tableau 7 : récapitulatif des données récoltées fermes par fermes (électricité selon le poste, Température et Hygrométrie extérieure et intérieure)

Ferme	Poste	2022								2023								2024							
		mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	dec	janv	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	dec	janv	fév		
Ferme 2	fromagerie	16-mai						17-nov.						25-avr.			14-août								
	séchoir		27-juin											18-janv.										26-nov.	
	hâloir		27-juin											27-janv.										15-nov.	
	chambre froide		27-juin											26-janv.										7-nov.	
	temp ext		10-juin											12-févr.										15-oct.	
	temp from		10-juin											25-avr.										30-mai	
	temp séchoir		27-juin											25-avr.											
temp hâloir		27-juin											25-avr.												
Ferme 3	fromagerie																								
Ferme 4	fromagerie			28-juil.	18-août			10-oct.	4-nov.	20-déc.				26-févr.	4-mars									30-janv.	
	séchoir							10-oct.															23-sept.		
	hâloir			28-juil.		9-sept.				20-déc.														30-janv.	
	chambre froide							10-oct.																30-janv.	
	temp ext							10-oct.																30-janv.	
	temp from			17-juin																					
	temp séchoir			17-juin																					
temp hâloir																									
Ferme 5	fromagerie				31-août	26-sept.								6-févr.	7-mars	19-avr.								19-févr.	
	temp ext				31-août																				
	temp from			24-juin																					
Ferme 6	fromagerie	17-mai												10-janv.										7-déc.	
	séchoir	17-mai								6-déc.				10-janv.										16-août	
	hâloir	17-mai								6-déc.				10-janv.										14-août	
	chambre froide	17-mai								6-déc.				10-janv.										13-août	
	temp ext			11-août																				12-oct.	
	temp from			9-juin																					
	temp séchoir			7-juil.																					
temp hâloir																									
Ferme 7	fromagerie	16-mai												20-févr.										7-août	
	temp ext			8-juil.										20-févr.										12-oct.	
	temp from			8-juil.																				3-juin	
Ferme 8	fromagerie																								
	tank à lait			28-juin																				26-janv.	
	temp ext			23-juin																				23-mars	
Ferme 9	temp from			3-juin																				19-avr.	
	élevage																							24-avr.	
	temp ext																							24-avr.	
temp from			8-juin																						

 Périodes estivales potentiellement exploitables avec des données complètes

ACTION 3 - Capitalisation d'expérience et mise en place d'expérimentations pour solutionner les problèmes technologiques relevés

Capitalisation d'expérience :

Les experts en technologie fromagère se sont réunis à plusieurs reprises pour décliner toutes les conséquences envisageables des impacts observés lors des suivis en ferme. Ils ont ensuite proposé et discuté des solutions à mettre en œuvre pour faire face à ces impacts (voir ci-dessous). Ces discussions ont été complétées lors d'un échange avec les producteurs ayant participé à l'étude.

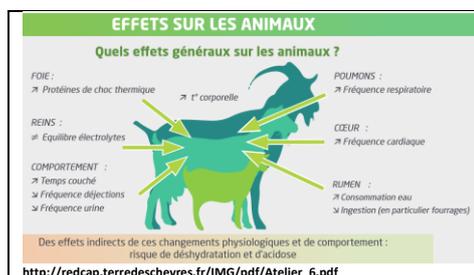
Concernant les consommations électriques, les experts se sont réunis dans une des fermes ayant participé à l'étude, ainsi qu'à la ferme du Pradel, pour décortiquer les locaux, installations électriques et résultats des suivis mis en place dans l'action 2. Ils sont ensuite en train de recenser des solutions d'économie d'énergie et de préparer plusieurs fiches de valorisation de cette action (voir action 4) Ce groupe fait aussi le lien avec d'autres projets traitant cette thématique (autoconsommation, photovoltaïque...), permettant à terme de fournir aux éleveurs caprins davantage de références et de conseils sur l'énergie.

COMMENT GERER LES IMPACTS DES EPISODES DE FORTE CHALEUR EN FROMAGERIE ?

Qualité/quantité du lait	Bâtiment de fromagerie	Caillage	Démoulage	Égouttage, ressuyage, séchage, affinage
IMPACTS DES EPISODES DE FORTE CHALEUR (et conséquences associées)				
<ul style="list-style-type: none"> • Moins de lait dans certaines fermes. • Diminution du TB et du TP, de l'urée et de l'azote non protéique. → TP plus bas : lait moins tamponné → accélère l'acidification. → Risque de fromages plus petits en fin d'affinage si on les sèche bien, ou de poil de chat ou de fromages trop crémeux (souci de conservation) si les fromages restent humides. • Moindre diversité des bactéries du lait. Effet variable sur les profils bactériens selon la ferme. 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficultés à maintenir les températures des pièces. ↳ Cf. figure 3 	<ul style="list-style-type: none"> • Courbe d'acidification qui accélère dans certains cas. → Risque que le caillé reste trop longtemps sous acide et de possibles problèmes de repiquage ou d'hétérofermentaires. → Risque que le caillé garde plus d'eau à l'égouttage. ↳ Cf. figure 4 	<ul style="list-style-type: none"> • Le rendement brut diminue. • Le poids moyen d'un fromage baisse. • Le gras sur sec du fromage diminue. → les fromages sèchent plus vite. 	<ul style="list-style-type: none"> • La vitesse d'égouttage peut être plus importante dans certaines fermes. • Si température plus élevée de la salle de fabrication, plus de perte de poids au ressuyage. • Les équipements de climatisation souffrent quand il fait chaud.
SOLUTIONS A APPORTER				
<p>NOTER LES QUANTITÉS DE LAIT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faire des analyses régulières du lait mis en fabrication pour adapter les paramètres si besoin. Pour les fromages de type palets, il est possible de calculer un rendement théorique. 	<p>ISOLER ET BIEN FAIRE DIMENSIONNER LES ÉQUIPEMENTS DE CLIMATISATION</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mettre les compresseurs à l'extérieur à l'abri du soleil et de la pluie, bien aérés et les nettoyer régulièrement. • Vérifier le renouvellement de l'air et la ventilation. • Poser des volets, pouvoir ouvrir les fenêtres (attention à la qualité de l'air entrant). • Éviter les transformations et appareils qui dégagent de la chaleur : Pâte Pressée Non Cuite, riz au lait..., notamment si la fromagerie est de petite taille. • Faire vérifier et effectuer les opérations de maintenance des appareils de climatisation avant la saison chaude. 	<p>MESURER L'ACIDITÉ ET LA TEMPÉRATURE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diminuer la température d'emprésurage et la température de la pièce (mais difficile s'il fait très chaud...). • Selon les résultats des mesures d'acidité régulières (à l'emprésurage, 8 h ou 10 h, au moulage), adapter la dose de lactosérum. 	<p>PESER POUR POUVOIR S'ADAPTER</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suivre régulièrement le rendement et ajuster le nombre de moules sur la table. Sinon on risque de se retrouver avec des fromages trop petits. ↳ Voir encadré "Pour plus d'informations" • Pour obtenir les mêmes fromages au niveau du poids, il faut davantage charger les moules lors du moulage. 	<p>PESER</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maîtriser la température et l'hygrométrie des pièces. • Raccourcir le ressuyage voire le séchage si la température des pièces est plus élevée que d'habitude. • Adapter le séchage (durée, vitesse d'air, hygrométrie, température...) à la perte de poids observée lors de cette étape.

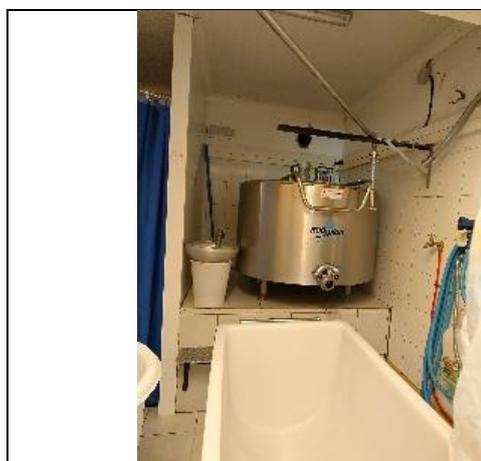
ET LES SOLUTIONS EN ELEVAGE ?

ANIMAUX



Ce sujet n'était pas traité directement par l'étude CLIMLACTIC mais des recommandations existent pour limiter le stress thermique des animaux : isolation et aération des bâtiments, utilisation des arbres, ombre et horaires de pâturage....

LAITERIE



En ce qui concerne la traite et le stockage du lait des difficultés de refroidissement du lait ont été observées lors des épisodes de forte chaleur. La priorité reste la bonne isolation de ce local.

Si le compresseur du tank est dans la laiterie, il risque de réchauffer la pièce, il faut envisager quand c'est possible de le déplacer à l'extérieur, à l'ombre (pas toujours possible selon le modèle de tank). Il faut aussi penser à dépoussiérer le condenseur régulièrement. Surveiller la température du lait dans le tank pour anticiper toute difficulté ou panne, à la fois avec l'afficheur digital s'il existe, mais aussi à l'aide d'un thermomètre manuel.

ACTION 4 - Pilotage du projet et conception de supports de diffusion spécifiques pour gérer la transformation fromagère tout en étant économe en énergie en périodes de forte chaleur

Pilotage : Deux réunions du comité de pilotage ont eu lieu.

Diffusion :

A partir des résultats de l'action 1 et de la capitalisation de l'expérience des experts de l'action 2, deux fiches ont été rédigées :

- Une fiche recto/verso pour sensibiliser les producteurs aux actions à mettre en œuvre avant et pendant un épisode de forte chaleur
- Une fiche de 4 pages pour expliquer les impacts des épisodes de forte chaleur et les solutions disponibles face à ces impacts.

En ce qui concerne le suivi des consommations électriques et leur réduction, le groupe d'expert action 3 a prévu de formaliser les supports suivants :

- Méthodologie de suivi des consommations électriques dans les fromageries.
- Pistes détaillées d'économies d'électricité.
- Voir s'il est possible de valoriser sous forme de cas concret les études de cas menées par le groupe dans les deux fermes où ils se sont réunis.
-

Une vidéo est prévue aussi pour la diffusion des résultats. Ces actions de diffusion seront à finaliser en 2024.

Premiers livrables :

- Fiche de présentation du projet
- Rapport de stage d'Eva Lemée (action 1)
- Diaporama de résultats de l'action 1

Mise en page et diffusion à finaliser en 2024 : fiche éleveur et fiche technicien (action 1).

2.3 – Premier bilan de la période écoulée

Indiquer les retours d'expériences positifs que vous pouvez tirer de cette première période de mise en œuvre, ainsi que les difficultés rencontrées et les actions envisagées/engagées pour les surmonter.

Retours d'expérience positifs :

- Richesse des échanges et progression technique de tous les partenaires,
- Bon déroulement des suivis au Pradel et en ferme, exhaustivité des données, a bien eu lieu avant et pendant un épisode de forte chaleur,
- Les partenaires ont acquis une expertise dans les mesures d'ambiance et d'électricité qui pourra être valorisée.
- Concernant le suivi des consommations électriques, il s'agit d'une thématique ayant suscité un fort intérêt auprès des éleveurs, d'autant plus avec le contexte de l'augmentation du coût de l'énergie fin 2022. Après les différentes difficultés pour équiper les fermes en 2022, les membres du projet ont à nouveau rencontré des difficultés lors de la collecte des données dans les fermes, et de la vérification/remplacement du matériel :
 - o Matériel de comptage : difficultés de programmation et d'installation (dépendant d'une personne ayant l'habilitation électrique et des installations présentes dans les fermes), capacité de mémoire ou sensibilité de l'appareil insuffisante (perte de données).

Ces différentes expériences permettent de tirer quelques conclusions quant aux suivis des consommations électriques dans les fermes commerciales :

- les solutions de remontée automatique des données, bien que plus coûteuse, sont préférables pour des suivis de longue durée,
- des solutions moins coûteuses existent comme le matériel 3 (compteur mono ou triphasé + enregistreur USB), et peuvent être installés dès le départ dans les panneaux électriques des fromageries récentes : c'est un message simple à diffuser auprès des producteurs laitiers fermiers (notamment porteur de projet) afin de poursuivre l'acquisition de référence à l'avenir.

Lors de l'expérimentation au Pradel en 2023, une panne du séchoir n'a pas permis de suivre les effets sur l'affinage. Une partie des données étaient cependant disponibles pour l'année 2022.

Les suivis des consommations électriques et la valorisation des nombreuses données collectées prennent plus de temps que prévu et posent des problèmes méthodologiques, résolus grâce à l'appui du spécialiste énergie et des statisticiens de l'Institut de l'Elevage.

Il a été impossible de rééquiper 2 fermes (incendie et arrêt d'activité).

2.4 – Perspectives et programmation pour l'année suivante

Les actions prévues pour l'année 2024 sont les suivantes :

- ACTION 1 : terminée sauf actions de diffusion,
- ACTION 2 : valorisation des données recueillies en 2022 et 2023. Traitement et valorisation de l'ensemble des données sur les périodes estivales 2022 et 2023, avec étude de l'effet des températures extérieures et des autres effets éventuels (quantité de lait) sur les consommations électriques. Traitement des données sur une période complète de lactation pour les fermes où de longue période de données sont disponibles. Ce suivi des consommations électriques fera le lien avec d'autres projets traitant cette thématique, permettant à terme de fournir aux éleveurs caprins davantage de références et de conseil sur l'énergie. Travail sur l'automatisation de l'import des données afin de pérenniser le suivi des consommations électriques dans les fermes équipées.
- ACTION 3 : échanges du groupe d'experts pour travailler sur des tableaux de solutions et fiches pour la partie énergie. Réalisation de fiche et d'une vidéo sur les solutions d'économie d'énergie dans les fromageries.

- ACTION 4 : deux comités de pilotage, préparation de la diffusion vidéo, diffusion des résultats (prévu déjà journées FLUMI du RMT Fromages de Terroir, congrès Rencontres Recherche Ruminant, journée Portes Ouvertes Cap'Pradel, newsletter du réseau des techniciens Produits Laitiers Fermiers...).

3 – ACTIVITES DE VALORISATION ET DE DIFFUSION/COMMUNICATION

Indiquer les actions de communication et valorisation effectués sur la période considérée :

- Publications et communications scientifiques

Lister, sous forme bibliographique, les travaux de valorisation scientifique du projet (publications soumises et acceptées, présentations dans des colloques et séminaires etc.) et joindre au présent document les résumés de chaque travail.

S. Raynaud, E. Lemée, H. Le Chenadec, M. Legris, P. Massabie, S. Morge, S. Anselmet, V. Béroulle, S. Fressinaud, P. Thorey, C. Boyer, C. Delbès, M. Brocart, N. Morardet, G. Allut, M. Dumont, J. Birckner, Y. Gaüzère, 2023. CLIMLACTIC 2022-2024 : Impact of heat waves on the quality of milk and lactic farmhouse goat cheeses in the AURA region. International Congress on Animal Science, Lyon le 31 août 2023. 1 page.

- Publications, communications, outils de transfert pour et par les acteurs

Fiches techniques dont la mise en forme et la diffusion sera finalisée en 2024 :

Pour les producteurs :

S. Raynaud, E. Lemée, H. Le Chenadec, M. Legris, P. Massabie (Institut de l'Élevage (chef de file)), S. Morge (Chambre d'agriculture de l'Ardèche), S. Anselmet (Chambre d'agriculture de l'Isère), V. Béroulle (Syndicat Caprin de la Drôme), S. Fressinaud, P. Thorey, C. Boyer (Cap'Pradel), C. Delbès (INRAE Aurillac), M. Brocart (ANICAP), N. Morardet (Auvergne-Rhône-Alpes Elevage), G. Allut (CFPPA Davayé), M. Dumont (CA18), Y. Gaüzère et J. Birckner (ENILBIO Poligny), 2024. Adapter la fabrication de fromages lactiques fermiers lors des épisodes de forte chaleur. Résultats de l'étude Climlactic : changement climatique et produits laitiers fermiers. Collection fiche pratique de l'Institut de l'Élevage Plaque 2 pages.

Pour les techniciens :

S. Raynaud, E. Lemée, H. Le Chenadec, M. Legris, P. Massabie (Institut de l'Élevage (chef de file)), S. Morge (Chambre d'agriculture de l'Ardèche), S. Anselmet (Chambre d'agriculture de l'Isère), V. Béroulle (Syndicat Caprin de la Drôme), S. Fressinaud, P. Thorey, C. Boyer (Cap'Pradel), C. Delbès (INRAE Aurillac), M. Brocart (ANICAP), N. Morardet (Auvergne-Rhône-Alpes Elevage), G. Allut (CFPPA Davayé), M. Dumont (CA18), Y. Gaüzère et J. Birckner (ENILBIO Poligny), 2024. Adapter la fabrication de fromages lactiques fermiers lors des épisodes de forte chaleur. Etude Climlactic : réchauffement climatique et produits laitiers fermiers. Collection l'Essentiel de l'Institut de l'Élevage. Plaque 4 pages.

Affiche présentée à la Journée Cap'Climat ANICAP à Paris le 8 juin 2023 et au colloque lait cru à Aurillac le 16 novembre 2023

S. Raynaud, E. Lemée, H. Le Chenadec, M. Legris, P. Massabie, S. Morge, S. Anselmet, V. Béroulle, S. Fressinaud, P. Thorey, C. Boyer, C. Delbès, M. Brocart, N. Morardet, G. Allut, M. Dumont, J. Birckner, Y. Gaüzère, 2023. CLIMLACTIC 2022-2024 : Impacts des périodes de forte chaleur dues au changement climatique sur la transformation fromagère fermière en technologie lactique. Journée Cap'Climat ANICAP Paris le 8 juin 2023. 1 page.

Communications :

Une présentation au comité de filière caprin de l'Institut de l'Élevage le 10 octobre 2023, un peu générale sur les impacts du changement climatique sur la qualité du lait et des produits laitiers a été l'occasion de faire connaître le projet CLIMLACTIC.

Autres présentations

S. Raynaud, 2024. Changement climatique et qualité du lait et des produits laitiers. Premiers résultats projet CLIMLACTIC. Présentation aux journées de perfectionnement des techniciens Produits Laitiers Fermiers le 6 octobre 2023 à Chaux des Crotenay. 52 diapositives.

T. Gontier et H. Le Chenadec, 2024. Energie et production caprine et Premiers résultats projet CLIMLACTIC. Présentation aux journées de perfectionnement des techniciens Produits Laitiers Fermiers le 6 octobre 2023 à Chaux des Crotenay. 29 diapositives.

- Opérations pédagogiques (cours, formation professionnelle, stages...) : Pas d'opérations pédagogiques cette année.

4 – GOUVERNANCE DE L'ENSEMBLE DU PROJET

4.1. Indiquer les actions de coordination mises en œuvre (séminaires, groupes de travail, réunions transversales, outils d'interface), en précisant le type d'évènement, l'objectif, la date, le nombre (approximatif) et le type de participants, les produits éventuels.

Tableau 8 : actions de coordination mises en place en 2023

Type de réunion et objectif	Date	Nombre et type de participants	Produits éventuels
Comité de pilotage	3 mars en visio	14 personnes – tous les partenaires	Diaporama et compte-rendu
Comité de pilotage	27 novembre en visio	12 personnes – tous les partenaires	Diaporama et compte-rendu
Groupes de travail actions 1 et 2	16/01, 31/01, 02 et 22/06, 06/07, 29/08, 8/09	Partenaires du groupe de travail	Diaporama de résultats action 1 et action 2 Fiche technicien et éleveur Ebauche de synthèse sur électricité
Groupe de travail de réflexion sur des solutions technologiques + expé Pradel	24/03, 16 et 30/05 et 14/11	Partenaires du groupe de travail au Pradel le 24 mars et en visio	Tableau de solutions technologiques avec synthèse action 1 techniciens Diaporama de résultats du suivi 2023 au Pradel
Groupe de travail sur les solutions énergie	24 avril et 19 décembre	Partenaires du groupe de travail en ferme en Isère et au Pradel	Ebauche de fiches de solution pour les économies d'électricité et mesure des consommations électriques 2 études de cas

4.2. Premier bilan de la période écoulée

Indiquer les retours d'expériences positifs que vous pouvez tirer de cette première période de mise en œuvre, ainsi que les difficultés rencontrées et les actions envisagées/engagées pour les surmonter.

Les partenaires et les éleveurs se sont très fortement impliqués dans la mise en place du projet CLIMLACTIC.

Ce qui a bien fonctionné	Ce qui aurait pu être amélioré
Cohésion du groupe et échanges Implication de tous les participants Des données complètes, des résultats malgré la complexité du protocole La découverte de matériels intéressants Méthodologie de comptage de l'électricité et de valorisation de ces comptages	Une des difficultés sera de valoriser le nombre important de données recueillies lors de ces suivis en ferme. Les partenaires peuvent s'appuyer sur le service DATA'STAT de l'Institut de l'Élevage et sur les experts de chaque domaine : technologie fromagère, énergie, capteurs. Les données sont régulièrement discutées en groupe de travail. Hésitations sur la forme que devaient prendre les livrables de l'action 1

Collection
Résultats

Edité par :
l'Institut de l'Élevage
149 rue de Bercy
75595 Paris Cedex 12
www.idele.fr
Mars 2024

Dépôt légal :
1^{er} trimestre 2024
© Tous droits réservés
à l'Institut de l'Élevage
Réf. 0024 315 003
ISSN 1773-4738



Impacts des périodes de forte chaleur dues au changement climatique sur la transformation fromagère fermière en technologie lactique CLIMLACTIC

Rapport intermédiaire pour la période du 1^{er} janvier au 31 décembre 2023
Diffusion limitée

La valorisation des données recueillies en ferme en 2022 s'est poursuivie en 2023 et a été complétée par un nouveau suivi technologique à la ferme du Pradel au cours de l'été 2023. Les techniciens, les producteurs et des experts ont ensuite capitalisé leurs expériences pour décrire comment les producteurs peuvent s'adapter au mieux à ces impacts observés, notamment en ce qui concerne le pilotage du rendement fromager. Deux fiches ont été rédigées. Des communications ont permis de valoriser ces résultats.

Les suivis des consommations d'électricité se sont poursuivis sur l'année 2023 dans 7 fermes dont celle du Pradel. L'année 2023 a permis de reproduire à la ferme du Pradel le suivi des conséquences d'un épisode de forte chaleur sur la qualité du lait et la transformation lactique pour conforter les observations de 2022. En complément, les experts ont travaillé à partir de ces cas concrets et de la capitalisation de leurs connaissances pour des outils de diffusion, travail qui se poursuit en 2024.

Avec le soutien financier :



Contact :
sabrina.raynaud@idele.fr

Mars 2024
Réf. 0024 315 003
ISSN 1773-4738

www.idele.fr

