

Retour d'expérience relatif aux essais "des fourrages aux fromages", menés dans les fermes expérimentales bovine du Centre d'élevage de Poisy et caprine du Pradel, dans le cadre du projet FESTIG

I. Contexte

Le changement climatique affecte toutes les productions agricoles dont l'élevage laitier. L'adaptation de l'alimentation des animaux est un des leviers fortement mobilisés, ce qui, en France, interroge particulièrement les filières sous Indications Géographiques (IG). Valorisant les spécificités de leurs terroirs, des sols jusqu'aux produits finis, elles ont besoin d'objectiver les intérêts et les risques d'utilisation de nouvelles espèces fourragères, d'un point de vue agronomique, zootechnique, technologique et organoleptique.

Le projet FESTIG visait ainsi à caractériser les effets de l'introduction de nouvelles espèces fourragères sur les exploitations et les fromages des filières fromagères AOP-IGP dans un contexte de changement climatique.

Le projet était structuré en 4 actions, dont l'une portait sur l'analyse des effets potentiels de l'ingestion d'espèces fourragères estivales par des animaux sur la qualité du lait et des fromages AOP-IGP. (Pour plus d'information sur le projet FESTIG : <https://ceraq.fr/project/festig/>).

Les espèces de ruminants et les technologies fromagères mises en œuvre induisent des résultats qui ne sont pas forcément transposables entre bovins et caprins, et entre fromages lactiques ou à pâte pressée non cuite, d'où les essais menés dans les fermes expérimentales de Poisy (74) et du Pradel (07).

L'objet de ce document est de partager l'ensemble des enseignements méthodologiques tirés de la conduite de ces expérimentations, afin qu'ils puissent être intégrés dans la construction de futures expérimentations et ainsi faciliter leur mise en œuvre & renforcer leur succès !

II. Dispositif global et objectifs

L'objectif commun aux expérimentations bovine (Poisy) et caprine (Pradel) était **d'identifier les effets** liés à l'ingestion de **nouvelles fourragères sur les animaux, la production laitière et les qualités des laits et des fromages**



Ainsi, les essais ont porté sur :

- Le pâturage estival de chicorée par les vaches laitières à Poisy (74), suivi de fabrication de type Tomme de Savoie,
- Le pâturage estival de sorgho multi-coupe suivi de fabrication d'AOP Picodon au Pradel (07).



III. Des moyens nécessaires importants

Ces expérimentations multithématiques « du fourrage au fromage » sont complexes et demandent des moyens importants :

- Des moyens humains en nombre et en compétence : de nombreuses personnes ont été mobilisées avant, pendant et après l'expérimentation, ayant des compétences très diverses : gestion de projet, agronomie (implantation des cultures...), zootechnie, technologie fromagère, microbiologie, statistiques, analyses sensorielles... A titre d'exemple, 18 personnes étaient impliquées au Pradel et 14 à Poisy. Il est nécessaire de bien identifier en amont les missions, les compétences nécessaires et les personnes en capacité d'assurer ces missions.
- Des moyens financiers conséquents (plusieurs dizaines de milliers d'euros) pour pouvoir mobiliser le personnel suffisant et compétent et pour assurer la mise en œuvre d'un protocole suffisamment solide pour apporter des réponses scientifiquement fiables. Cet aspect se traduit souvent par une multiplication du nombre de sous-lot, de répétitions, se traduisant par des frais de personnels et analytiques très importants.

La mise en œuvre de ces expérimentations est ainsi souvent permise par :

- Une approche multi-partenaire, permettant de mobiliser les personnes compétentes en fonction des besoins ;
- Des cofinancements publics complémentaires au financement des structures demandeuses (ODG...), au travers de la réponse à des appels à projets (régionaux, nationaux).

IV. Préparation de l'expérimentation

Plusieurs points de vigilance sont communs aux 2 essais, lors de la phase de préparation de l'expérimentation :

- ✓ **Établir un planning** précis à partir du déclenchement du pâturage pour disposer à la fois des ressources humaines et matérielles pour réaliser ces essais (réservation de la fromagerie et de fromagers, invitation du jury de dégustation expert...). Être vigilant à la période à laquelle les dégustations auront lieu en prenant en compte la durée d'affinage (s'assurer de la disponibilité des dégustateurs) : veiller aux périodes de vacances par exemple.
- ✓ **L'organisation du parcellaire** doit être anticipée avec une marge sur les surfaces offertes (parcelle expérimentale et témoin),
- ✓ Les **modalités de mise en lot** doivent être bien définies,
- ✓ Plusieurs **tests pré-expérimentaux** sont recommandés, tels que des **fabrications pré-essais** (ou fabrication "zéro" à paramètre technologique constant). Il s'agira de s'assurer du **contrôle de la machine à traire** et des modalités de **refroidissement des laits** notamment entre les deux tanks (des laits témoin et essai),
- ✓ **L'organisation du travail** doit être anticipée lors de la rédaction du protocole. Ce dernier doit être accompagné de documents synthétiques de terrain. Il est indispensable d'impliquer des personnes de terrain en réunions de préparation de l'expérimentation.

Quelques spécificités sont relevées sur les dispositifs, en fonction des sites et des espèces :



Poisy

- Utilisation de 2 tanks → contrôle de leur fonctionnement, tests de refroidissement pour tester les différences possibles et ajuster l'expé en fonction
- Organisation de la traite des 2 lots avec une seule salle de traite
- Lieux de traite et de fabrication différents : Organisation importante du transport du lait vers le lieu de fabrication expérimentale.
- Fabrication : calage des paramètres de fabrications (durée de décaillage + brassage et chauffage identiques, réduction des doses de ferments, adaptation des durées de maturation, dose de présure)

Pradel

- 2 machines à traire en parallèle (*lots en binômes traits en même temps*)
- Utilisation de bidons + refroidisseur à bidons (*tests en amont*)
- Intégrer la Chambre d'Agriculture d'Ardèche dès la construction du protocole en fabrication
- Fabrications commerciales conduites en parallèle des fabrications expérimentales



V. Expérimentation

Dans la réalisation des essais de la fourche au fromage, 4 volets sont à anticiper faisant souvent appel à des personnes et compétences différentes :

1. L'**agronomie**
2. La **zootechnie**
3. La **transformation** et l'**affinage**
4. L'**analyse sensorielle**

1. Agronomie

Plusieurs principes agronomiques sont à prendre en compte lors de la conduite d'essais des fourrages aux fromages qui privilégient une ingestion par pâturage :

- ✓ **Le pâturage au fil ou pâturage tournant** en vue d'une constance de la matière sèche ingérée et d'éviter le gaspillage,
- ✓ **La mesure des hauteurs d'herbe en entrée et sortie de parcelle**, pour évaluer l'ingestion des animaux. Les outils « alliés » sont l'**herbomètre**, le **prélèvement d'échantillons via des quadrats** et une **étuve** pour évaluer la densité de la pâture et le rendement,
- ✓ La **prévision d'un plan B**, si les conditions sont trop séchantes et ne permettent pas le pâturage. Il s'agira selon les cas, de prévoir la distribution de foin, de parcelle supplémentaire de la fourragère testée avec une précocité différente (choix d'implantation d'espèces différentes) ...
Remarque : La question du témoin dans le cas des nouvelles fourragères : les prairies permanentes ou temporaires « classiques » peuvent souffrir d'aléa climatique (sécheresse, canicule) et limiter le volume ingéré par les animaux du lot témoin. Il peut être intéressant de prévoir un lot témoin avec une ration de foin, pour garantir une quantité ingérée suffisante (non limitante) du lot témoin. On compare néanmoins une autre ration et on modifie l'essai en quelque sorte.
- ✓ **L'analyse de la valeur alimentaire des fourrages**,
- ✓ Organisation au préalable de la logistique de prélèvement et d'acheminement des analyses, les modalités de conservation (soit en envoi congelé, soit séchage à l'étuve à 60°C pendant 3 jours et envoi à température ambiante) → Préparation de toutes les étiquettes et sachets correspondants.

Quelques spécificités sont à noter sur le volet agronomique :



Poisy

- Prévision de 16 à 21j d'alimentation en chicorée pour le lot expérimental, 12j d'alimentation avant essai
- Des limites sur l'évaluation de l'ingéré liées à l'hétérogénéité des parcelles + fiabilité de l'herbomètre limitée sur la mesure de chicorée
- Difficultés de sécheresse précoce, offre limitante pour les parcelles témoin (prairie Ray gras - trèfle violet)

Pradel

- Prévoir 1 semaine d'adaptation + 1 semaine de mesure
- Semis et pousse du sorgho dans les temps
- Luzerne et sorgho étaient prêts à être pâturés en même temps (*bonnes conditions météo : soleil pour sortir les chèvres, mais été 2024 peu chaud*)
- Disponibilité au niveau des parcelles, adaptation du personnel a permis de refaire l'expé n°2
- bilan agronomique fait sur les 3 pousses de l'année



2. Zootechnie

a. Volet pâturage et ingestion

Plusieurs recommandations sont indispensables et concernent le **pâturage et l'ingestion de fourrages** :

- ✓ Lors de la **phase pré-expérimentale**, fournir la **même alimentation** pour les lots essais et témoin,
- ✓ La **phase expérimentale de pâturage estival** sera **courte** avec alimentation au fil ou tournant, pour optimiser la précision de l'ingéré et réaliser les essais sur une période où la valeur alimentaire du fourrage sera représentative / optimale (ce qui est le plus difficile à réaliser)
- ✓ L'**évaluation de la NEC** des animaux lors de la **période pré-expérimentale** et en fin de période expérimentale permet d'évaluer une éventuelle mobilisation corporelle lors des essais qui restera dans tous les cas limitée compte tenu de la courte durée expérimentale
- ✓ La **pesée des quantités de foin** éventuellement **distribué et les refus** est importante pour estimer les quantités pâturées, de même pour les concentrés.

Quelques spécificités sont à prendre en compte sur le plan de l'ingestion du sorgho et de la chicorée :



Poisy

- Phase expérimentale de 3 semaines
- Pâturage de jour (*identique témoin et essai*) + pâturage de nuit des parcelles essais pour maximiser l'ingestion
- Enregistrement journalier des événements sanitaires

Pradel

- Adaptation des dates d'essais aux hauteurs de sorgho (*souplesse à prévoir*), mais le sorgho a été consommé haut (>1m), moins bonnes valeurs alimentaires
- Débroussailler autour du fil car le sorgho touchait et le courant ne passait plus
- Identification des chèvres avec des colliers de couleur, même code couleur correspondant pour les bidons et les fabrications



b. Volet traite et collecte du lait

Plusieurs points de vigilance sont communs aux 2 expérimentations :

- ✓ Mesure des **quantités de lait de sous-lots et contrôle laitier (CL) individuel réguliers tout au long de l'expérimentation**,
- ✓ **Relevé des températures de refroidissement** (toutes les 30 min, disposer d'un capteur en continu),
- ✓ Vigilance indispensable sur la **destination des laits et leur identification** (tanks, bidons, lots, sous-lots → arrêt alternance des tanks pour éviter les erreurs),
- ✓ Vigilance sur l'**hygiène des matériaux** (bidons atrazine, plastique),
- ✓ Intérêt de **répéter le plan expérimental en 2 séquences dans le temps**,
- ✓ Réalisation de **sous-lots** pour apporter de la **variabilité biologique**, en vue de l'interprétation statistique.

Chaque espèce et chaque site comporte des spécificités relatives à la traite :

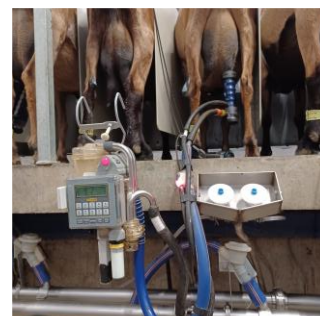


Poisy

- à chaque traite du matin + soir, vaches laitières (VL) traites au pot
- ordre de traite des sous-lots par tirage au sort
- 3 CL (*1 en fin de phase pré-expérimentale pour s'assurer de la comparabilité des lots et sous-lots, 1 en fin de 2^e semaine expé, et 1 en fin de 3^e semaine expé*)
- 1 tank par lot / ne pas excéder 10 VL à traire au pot
- 1VL avec mammites écartée avec sa jumelle

Pradel

- 2 Machines A Traire, 1 par quai : pratique pour l'expé (lot, sous-lot), récupération du lait à la canne
- Mesure des quantités de lait des sous-lots à chaque traite + contrôle laitier 2 fois par semaine
- Transfert du lait en fromagerie pas pratique, à optimiser
- Organisation du lot de 24 chèvres pratique à la traite (*1 quai*)
- Adaptation des CL en fonction du pâturage (*adaptation des personnes*)
- Pas de problème sur les chèvres lors de l'expé



3. Transformation fromagère et affinage

a. Transformation fromagère

Plusieurs points de vigilance pour les 2 expérimentations sont à prendre en compte :

- ✓ **Détermination du volume minimal de lait** pour le **fonctionnement de chaque cuve** (et avoir un minimum de fromages pour les analyses labo et organoleptiques) : c'est en fonction de cela que se déterminera le nombre d'animaux,
- ✓ **Pesée des laits** dans l'objectif de connaître le volume exact mis en transformation et des **fromages au démoulage** et en **fin d'affinage**, afin d'évaluer les **rendements** obtenus,
- ✓ **Mélange des laits du matin + soir** : une attention particulière doit y être portée, avec les prélèvements des échantillons à analyser à réception en fromagerie, après mélange et avant ensemencement,
- ✓ **Analyse de la composition de base et fine des laits** (*TB, TP, cellules, urée, lactose, calcium, fractions azotées, acides gras*). La connaissance de la composition fine a plus un intérêt scientifique qu'un intérêt pour conseiller l'éleveur : *le plan analytique doit être construit en fonction de la question à laquelle l'expérimentation doit répondre.*
- ✓ Organisation au préalable de la logistique de prélèvement et d'acheminement des analyses, les modalités de conservation (4°C et / ou -20°C) → préparation de toutes les étiquettes, flacons et sachets correspondants,
- ✓ **Relevé des paramètres de fabrication** : les fiches de fabrications et autres supports de relevés doivent être prêts en amont des expérimentations, analyses du lait (pH, A°D, résazurine, pouvoir acidifiant...),
- ✓ **Articulation partie élevage et transformation** : pour une bonne réussite des essais, les protocoles très détaillés doivent être écrits et partagés avant l'expérimentation,
- ✓ **Réactivité** face aux **aléas**.

Quelques spécificités des transformations fromagères respectives sont identifiées :

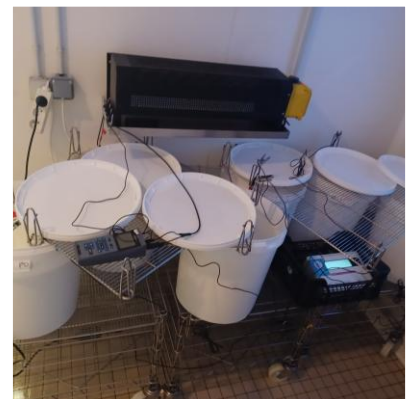


Poisy

- Ajustement de la durée de coagulation totale en fonction de la durée de prise de chaque cuve, pour travailler à égouttage constant
- Fortes différences technologiques (temps de prise) entre témoin et essai dues à des différences de taux entre pré-essais et essais
- Impact de laits avec taux cellulaires élevés (petit nombre d'animaux par sous-lot)

Pradel

- Prévoir tout le matériel plusieurs mois en amont (*seaux, louches de prélèvements...*)
- Ajustement du nombre de moules en fonction des rendements respectifs (essai / témoin) pour travailler à poids constant des fromages (fab 0 indispensable, à faire à J-3 et J0)
- Salage : faire un salage différé de la 2^e face 2h après → améliorer l'homogénéité du salage
- Une personne dédiée aux suivis de fabrications formée avant l'expé (*former une 2^e personne en fromagerie*), *des mesures supplémentaires : nombreuses pesées (blocs moules)*
- refroidissement du lait et des salles à améliorer : *révision des compresseurs à faire avant les expés, changement des évaporateurs à prévoir, révision frigoriste, drapeaux inox dans les bidons*
- communication avec les labos, nécessité de reconfirmer par téléphone la venue des prestataires Agrolab's
- Acheter un support de consort pour les 6 sondes de pH
- Prévoir une maintenance (révision) du consort avant les futures expérimentations



b. Affinage



Poisie

- 40 jours d'affinage

Pradel

- 14j d'affinage puis conservation au frigo avant expédition et analyse sensorielle (J18)
- Préciser les consignes d'objectif de durée + perte de poids = 35% et ne pas sortir du séchoir si perte de poids non atteinte → cela dépend du chargement du séchoir, du nombre de fromages à sécher...
- Bien connaître son séchoir en amont de l'expérimentation : vérifier les vitesses de ventilation en fonction du chargement du séchoir (tester en fonction des piles, du nombre de fromages par grille)



4. Analyse sensorielle

Afin d'évaluer l'impact de ces nouvelles fourragères sur les caractéristiques organoleptiques des fromages affinés et d'en estimer la perception globale par le consommateur, deux approches ont été conduites pour chaque type de fromage :

- ✓ **Dégustation par jury expert**, composé de 8 à 12 personnes formées et entraînées à la dégustation respectivement de Picodon et de Tomme de Savoie, avec des descripteurs d'aspect, texture, odeur, goût, sur des échelles de 0 à 10.
L'objectif de leur mobilisation est de recueillir des descriptions fines des caractéristiques organoleptiques, qui puissent faire l'objet d'une analyse statistique permettant d'identifier de possibles différences entre les critères des fromages des deux lots ;
- ✓ **Dégustation par panel de consommateurs**, composé de minimum 60 personnes soumises à un test triangulaire. Le principe de ce test est de proposer 3 morceaux de fromage, dont 2 sont issus du même fromage, en demandant au dégustateur d'identifier l'intrus.
L'objectif est d'identifier si des différences entre fromages essais et témoins sont perçues par des consommateurs non experts. La mobilisation d'un grand nombre de personnes nécessite une coordination amont. Dans ce cas de figure, il est plus difficile de moduler les dates du panel consommateur, si les dates des essais sont amenées à changer en fonction de la pousse des fourragères.



Poisy

- 83 personnes recrutées,
- Déséquilibre du nombre de dégustateurs entre sites : 6 lieux différents → préconisation réduire le nombre de sites de dégustation à 2 à 3 pour plus de facilité

Pradel

- Logistique d'acheminement des échantillons depuis le Pradel au laboratoire d'analyse sensorielle de Villers-Bocage (transport par une personne Idele + transport Stef fiable)
- Adaptation du laboratoire
- Prendre des fromages d'aspect et poids similaires pour la dégustation (variabilité intra-lot, liée aux fabrications de petits volumes)
- 69 personnes recrutées (panel consommateur)



VI. Traitement statistique des données

Des statisticiens ont accompagné les deux essais pour élaborer le plan expérimental. Idéalement, il s'agit des mêmes personnes d'une expérimentation à l'autre et celles-ci doivent être mobilisées dès la construction du protocole pour garantir que ce dernier permettra un traitement statistique. Par ailleurs, l'appui par les statisticiens pour l'analyse des données a permis de construire des modèles statistiques spécifiques quand les résultats le permettaient. Quelques éléments différaient en fonction des sites et espèces concernées :



Poisy

- Statistiques descriptives utilisées pour les données agronomiques et zootechniques,
- Pas de test statistique possible du fait du petit nombre d'animaux (15 VL / lot et 1 seul CL disponible, 5 VL par sous-lot)

Pradel

- Réalisation de modèles mixtes sur les données de fromages (petit nombre d'individus, manque de puissance)



VII. Conclusion

La conduite d'essais de la fourche à la fourchette nécessite une longue anticipation des dispositifs à mettre en place, de concert avec l'appui de biostatisticiens, en vue d'optimiser les conclusions qui pourront être tirées des essais.

La construction collective du protocole et sa formalisation au travers d'un document précis est indispensable, pour une compréhension par tous, du déroulé de l'essai, des prélèvements et suivis à réaliser durant l'expérimentation, et une anticipation des aléas qui peuvent survenir lors d'un essai. C'est « la bible » à laquelle se référer pendant la mise en œuvre de l'expérimentation.

Concernant le **volet agronomique**, il s'agira de réfléchir au moins 1 an à l'avance les parcelles à planter, la sélection des variétés notamment. Une flexibilité sera de mise concernant les dates des essais au pâturage en fonction du stade de pousse des fourragères testées (ex : toxicité du sorgho en-dessous de 40 à 80 cm, perte de valeur alimentaire de la chicorée lors de la montée en tige). **Le choix du témoin est extrêmement important. Il s'agit de se demander à quoi les essais sont-ils comparés et que veut-on voir ?** Il est intéressant de conduire les essais de façon pluriannuelle pour prendre du recul sur la fourragère testée (mais nécessite des moyens accrus).

Sur le **volet zootechnique**, et suivi de la traite, un point d'attention majeur est à porter sur le choix des animaux, les modalités de mises en lot, l'identification des animaux, à concevoir dès la préparation des expérimentations. Lors des essais, la traite différenciée des animaux avec l'identification respective des animaux et des contenants est source d'erreur fréquente : l'identification des animaux et le passage des consignes (destination du lait du lot dans le tank approprié) est cruciale lors de cette étape, notamment en cas de changement d'opérateur.

Sur le **volet des transformations fromagères et de l'affinage**, il s'agira d'évaluer le nombre maximal de fabrications pouvant être conduites simultanément, et le volume minimal de lait à mettre en œuvre, ou nombre de bloc-moules minimum à produire. Ces derniers conditionneront le nombre d'animaux à mettre en lots.

Enfin, plusieurs stratégies peuvent être adoptées sur le **volet sensoriel**. Elles différeront en fonction de la question des collectifs à l'origine des expérimentations et des moyens mobilisables (existence d'un jury expert...).

Une approche par les jurys experts permettra une caractérisation précise des fromages, grâce à de nombreux descripteurs.

Une approche consommateur donnera une vision globale de la perception des fromages, de leurs différences et / ou préférences.

Enfin, pour les AOP / IGP, l'inclusion des essais et témoins en commission d'évaluation organoleptique permettra de s'assurer (ou non) de la conformité du fromage par rapport aux attentes du signe de qualité.

Ce document vous fournit quelques éléments de réflexion à prendre en compte dans la construction de votre expérimentation « du fourrage au fromages ». Pour aller plus loin, vous pourrez consulter les protocoles respectifs ou contacter les personnes directement :

- Protocole expérimental chicorée-Tomme au CEP : [lien](#)
- Protocole expérimental sorgho – Picodons à la ferme du Pradel : [lien](#)

Les contacts :

	Expérimentation Poisy	Expérimentation Pradel
Responsables de stations	Adeline Allard : allard@elevage-poisys.org Centre d'Elevage de Poisy 845 route de l'école d'agriculture 74 330 POISY 04 50 46 20 13	Hugo Delorme : hugo.delorme@educagri.fr Ferme expérimentale Caprine 950 chemin du Pradel 07 170 MIRABEL 04 75 36 74 37
Coordination projets	CERAQ (centre de ressources pour l'agriculture de qualité et de montagne) Christophe Berthelot : christophe.berthelot@ceraq.fr Maison de l'Agriculture et de la Forêt 40 rue de terraillet 73 190 SAINT-BALDOPHE 04 79 70 87 88	CAP' Pradel Philippe Thorey : philippe.thorey@idele.fr Ferme expérimentale Caprine 950 chemin du Pradel 07 170 MIRABEL 04 75 36 74 37 Sabrina Raynaud: sabrina.raynaud@idele.fr 570, avenue de la libération 04 100 MANOSQUE