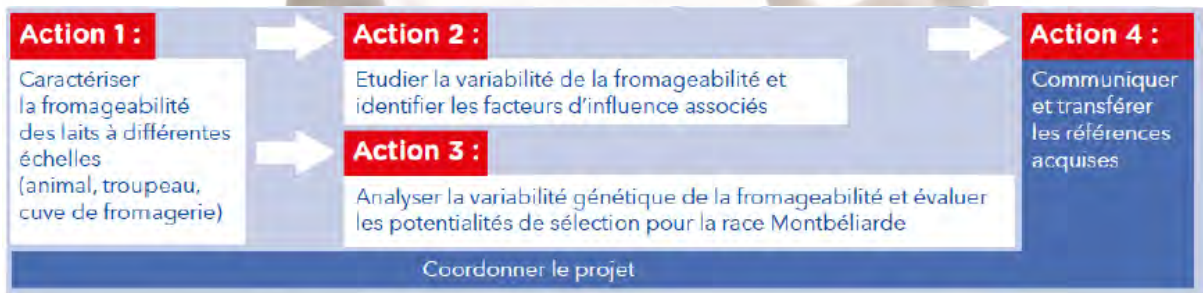


Newsletter FROM'MIR n° 4

De la sélection des échantillons jusqu'aux équations : un partenariat gagnant !

La 4^{ème} newsletter de FROM'MIR met en avant le partenariat qui a permis la mise au point des équations de prédiction de la fromageabilité à partir du Moyen Infra Rouge (MIR), objet principal de la première action du projet. Elle fait également un zoom sur les activités de deux partenaires : le Centre Technique des Fromages Comtois (CTFC) et l'Institut de l'Élevage.


Rappel des objectifs et de l'organisation du projet



Un partenariat réussi




Cf. Newsletters 2 et 3



Collecte des échantillons


- 250 Laits individuels (with logo of CONSEIL ÉLEVAGE 25-90)
- 100 Laits de Troupeaux (with logos of JURA CONSEIL ÉLEVAGE and HAUTE-SAÛNE CONSEIL ÉLEVAGE)

Cf. Newsletters 2 et 3



Elia CHOIGNARD, conseillère technique à Conseil Elevage 25-90 a participé à la collecte.

Le protocole de collecte était très détaillé et clair. C'était nécessaire car il y avait beaucoup à penser ! Le prélèvement de lait individuel était plus contraignant que celui du lait de tank car il fallait traire la vache au pot. Et attendre que la vache passe en salle de traite !



Thierry LETONDOR, fromager à OUNANS (39) a réalisé des prélèvements de laits de cuve dans sa fromagerie.

Quelle a été votre réaction quand vous avez été sollicité pour participer à FROM’MIR ?

Nous avons tout de suite accepté de participer à FROM’MIR : il nous semble important de participer aux études qui visent à amener de la connaissance autour de la fromageabilité du lait au service du savoir-faire des fromagers !

Qu’avez-vous pensé de la collecte ?

Nous avons l’habitude des prélèvements, notamment dans le cadre du suivi CTFC ! Pour FROM’MIR, le protocole de collecte des échantillons était très détaillé, il suffisait de suivre les consignes. Nous n’avons rencontré aucune difficulté pour faire le prélèvement.





Cf. Newsletter 3



Odile ROLET-REPECAUD, INRA de Poligny, a contribué à l’organisation et à la réalisation des analyses.

Quel a été votre rôle au niveau des analyses dans FROM’MIR ?

J’ai organisé la logistique en amont pour que la période d’analyses se passe bien. J’ai fait le lien entre les personnes qui faisaient la collecte et les laboratoires qui réalisaient les différentes analyses. Le jour J des analyses, j’étais responsable de la réception des échantillons à l’INRA de Poligny, de l’aliquotage – c’est-à-dire la répartition de chaque lait dans des flacons pour les différentes analyses – et de la distribution dans les laboratoires concernés. J’ai réalisé, avec mes collègues, les analyses de rendement fromager de laboratoire et la mesure de la taille des micelles. J’ai apprécié d’avoir une vision globale de l’action et pouvoir m’investir à différents niveaux : technique, organisationnel, suivi du projet.

Les particularités de ce projet par rapport aux autres actions de R&D ?

Ce projet implique de nombreux partenaires et la diversité des partenariats a été pour moi très enrichissante. Il y a une forte implication de chacun et une vraie volonté de travailler ensemble.

Qu’avez-vous pensé de la qualité des échantillons reçus ?

Toute la préparation et les échanges en amont ont permis de bien organiser la collecte et assurer l’arrivée des échantillons dans de bonnes conditions. Le timing et la température des échantillons à la réception ont été respectés. Quelques échantillons se sont révélés non conformes aux exigences qu’on s’était fixées en germes totaux et cellules, ils ont été reprélevés et analysés pendant les journées de réserve que l’on avait prévues. Cela n’a concerné que quelques échantillons, la très grande majorité a été conforme aux critères de qualité fixés !

Les analyses se sont-elles bien déroulées ? S’il y a eu des difficultés, comment les avez-vous surmontées ?

Nous n’avons pas rencontré de difficultés particulières. Nous avons bien anticipé les analyses car nous étions conscients qu’en cas de « loupé » toute la chaîne depuis la collecte jusqu’à la réalisation des analyses par les différents laboratoires allait être impactée (nouveaux prélèvements et analyses à refaire).





Traitement des données



Mohammed EL JABRI a réalisé le traitement des données pour établir les équations.

Quelle a été l'originalité de FROM'MIR dans votre métier, vos missions ?

L'originalité de FROM'MIR réside dans une grande diversité de méthodes utilisées. Du point de vue statistique, nous avons fait appel à des techniques habituellement utilisées pour le traitement de données notamment régression PLS, typologie (ACP ou AFM + CAH), modèles mixtes, mais également des méthodes nouvelles : Random Forest, Uninformative Variables Elimination (UVE), régression bayésienne, la modélisation non linéaire (courbes d'acidification PPC/ PM).

Qu'avez-vous pensé de la qualité des données à traiter ?

En ce qui concerne l'analyse des données spectrales, j'ai trouvé que les données reçues étaient de bonne qualité.

Quel(le)s difficultés/imprévus avez-vous rencontré ? Comment y avez-vous remédié ?

Comme dans tous les gros projets, on peut rencontrer quelques difficultés. Pour s'adapter au mieux, il a fallu changer de méthodes/tests en cours de route ce qui a demandé un investissement significatif en matière de méthodes et de temps. Les méthodes statistiques investies et testées ont permis de répondre objectivement aux questions posées. Beaucoup d'échanges ont été organisés pour répondre à ces questions. Je retiens de tout cela un énorme travail d'équipe.

Équations développées dans FROM'MIR

Équations « fromageabilité »

On s'intéresse à 3 critères de fromageabilité du lait liés à la physico-chimie des laits (cf. newsletter n°3) : le rendement, l'aptitude à la coagulation enzymatique (pâte molle (PM) et pâte pressée cuite (PPC)), l'aptitude à l'acidification par des bactéries lactiques (PM et PPC). Les équations visent à prédire les paramètres des trois critères de fromageabilité retenus, évalués au laboratoire. Les nombres de données utilisées pour la mise au point des équations sont les suivants : laits individuels (n=250) ; laits de troupeaux (n=100) ; laits de cuves (n=70).

La méthodologie initiale prévoyait de mettre au point les équations de prédiction de la fromageabilité sur les laits individuels et de les valider sur laits de mélange mais la validation n'a pas donné de bons résultats. Nous avons alors convenu de travailler à l'établissement de nouvelles équations sur différents jeux de données : toutes échelles confondues (globales), cuves + troupeaux, uniquement cuves ou uniquement troupeaux. Les équations ont été conçues par analyse de régression PLS (*Partial Least Square*) avec un jeu de calibration (2/3 des données) et un jeu de validation externe (1/3 des données). Pour la suite des travaux, les équations ont été retenues selon leurs performances en se fixant des seuils d'acceptabilité : $R^2 > 0,5$ (pourcentage de variabilité expliquée par l'équation), biais moyen non-significatif (moyenne de la différence entre les valeurs prédites et mesurées) et minimisation de l'écart type résiduel (variabilité observée de la différence entre les valeurs prédites et mesurées). Les performances des équations retenues sont présentées ci-après avec les codes couleur correspondant à des plages de valeurs pour les deux critères de performance R^2 et RPD (rapport de l'écart-type des données de référence à l'erreur-type de prédiction).

Sur les laits individuels :

	Paramètre	Nb éch	R ²	RPD	Equation retenue
Rendement de laboratoire	Rdt labo ES	245	Vert	Vert	Globale
	Rdt labo frais	245	Vert	Vert	Globale
	Rdt labo MSU	244	Rouge	Orange	Globale
Aptitude à la coagulation – pâte molle (PM)	Fermeté une fois le temps de prise (aR)	249	Orange	Vert	Globale
	Fermeté 2 fois le temps de prise (a2R)	249	Orange	Vert	Globale
	Tg10 (vitesse d'organisation)	249	Rouge	Orange	Globale
	K10/R	72	Rouge	Orange	Indiv
Aptitude à la coagulation – pâte pressée cuite (PPC)	Fermeté une fois le temps de prise (aR)	241	Vert	Vert	Globale
	Tg10	242	Rouge	Orange	Globale
Aptitude à l'acidification (PM)	pH début	249	Orange	Orange	Globale
Aptitude à l'acidification (PPC)	pH début	249	Rouge	Orange	Globale

R² : **Excellente** : > 0,91

Bonne : entre 0,82 et 0,90

Moyenne : entre 0,66 et 0,81

Mauvaise : < 0,66

RPD : **Excellente** : > 2,5

Très bonne : entre 2 et 2,5

Bonne : entre 1,8 et 2

Moyenne : entre 1,4 et 1,8

Mauvaise : RPD entre 1 et 1,4

ES : Extrait Sec

MSU : Matière Sèche Utile

R : Temps de prise

Tg10 : Tangente à 10 IF (Indice de Fermeté)

K10 : Temps nécessaire pour obtenir une fermeté de 10 à partir du temps de prise

Sur les laits de troupeaux :

	Paramètre	Nb éch	R ²	RPD	Equation retenue
Rendement de laboratoire	Rdt labo ES	28			Troupeaux
	Rdt labo frais	28			Troupeaux
Aptitude à la coagulation (PM)	aR	49			Cuves+troupeaux
	Tg10	49			Cuves+troupeaux
	K10/R	26			Troupeaux
Aptitude à la coagulation (PPC)	aR	94			Globale
	K10/R	27			Troupeaux
Aptitude à l'acidification (PM)	pH début	48			Cuves+troupeaux
Aptitude à l'acidification (PPC)	pH début	46			Cuves+troupeaux
	Vitesse moyenne	92			Globale

Sur les laits de cuves :

	Paramètre	Nb éch*	R ²	RPD	Equation retenue
Rendement de laboratoire	Rdt labo ES	50			Cuves+troupeaux
	Rdt labo frais	19			Cuves
Aptitude à la coagulation (PM)	aR	49			Cuves+troupeaux
	Tg10	49			Cuves+troupeaux
	K10/R	49			Cuves+troupeaux
Aptitude à la coagulation (PPC)	aR	49			Cuves+troupeaux
Aptitude à l'acidification (PM)	pH début	67			Globale
Aptitude à l'acidification (PPC)	pH début	46			Cuves+troupeaux
	Vitesse moyenne	17			Cuves

R² : **Excellente** : > 0,91 **Bonne** : entre 0,82 et 0,90 **Moyenne** : entre 0,66 et 0,81 **Mauvaise** : < 0,66
 RPD : **Excellente** : > 2,5 **Très bonne** : entre 2 et 2,5 **Bonne** : entre 1,8 et 2 **Moyenne** : entre 1,4 et 1,8 **Mauvaise** : RPD entre 1 et 1,4
 ES : Extrait Sec MSU : Matière Sèche Utile R : Temps de prise Tg10 : Tangente à 10 IF (Indice de Fermeté)
 K10 : Temps nécessaire pour obtenir une fermeté de 10 à partir du temps de prise

Conclusions : Les équations les plus performantes sont obtenues sur laits individuels. Les équations « globales » donnent les meilleures prédictions. Les performances des équations diminuent sur laits de mélange, les meilleurs étant obtenus avec des modèles spécifiques (laits de troupeaux ou laits de cuves). Les divers paramètres de rendement sont mieux prédits que l'aptitude à la coagulation enzymatique évaluée en PM ou PPC. L'aptitude à l'acidification, critère davantage microbiologique, est mal prédite par le MIR. Des mini-fabrications prévues (cf. prochaine newsletter) permettront de valider en conditions réelles la pertinence de ces critères évalués au laboratoire et de vérifier que l'amélioration de la fromageabilité ne détériore pas la qualité sensorielle des fromages de type PM et PPC.

Équations protéines et minéraux

Le projet prévoyait de valider sur laits de mélange les équations précédemment développées sur laits individuels, pour les protéines, dans Phénofinlait et pour les minéraux, dans Optimir. De la même façon que pour la fromageabilité, cette méthodologie n'a pas donné des résultats satisfaisants. De nouvelles équations, avec la même méthodologie que celle présentée pour la fromageabilité, ont été développées. Seules les performances des équations retenues à l'échelle des laits de mélange (tank et cuve de fromagerie) sont présentées.

	En g/kg	Troupeaux			Equation retenue	Cuves			Equation retenue
		Nb éch	R ²	RPD		Nb éch	R ²	RPD	
Protéines	Caséines αs2	29			Troupeaux	21			Cuves
	Caséines β	29			Troupeaux	68			Globale
	Caséines κ					20			Cuves
	Total caséines (αs1+ αs2+ β+ κ)	30			Troupeaux	21			Cuves
	Total lactoprotéines	29			Troupeaux	20			Cuves
Minéraux	Calcium	97			Globale	49			Troupeaux +cuves
	Phosphore	98			Globale				

R² : **Excellente** : > 0,91 **Bonne** : entre 0,82 et 0,90 **Moyenne** : entre 0,66 et 0,81 **Mauvaise** : < 0,66
 RPD : **Excellente** : > 2,5 **Très bonne** : entre 2 et 2,5 **Bonne** : entre 1,8 et 2 **Moyenne** : entre 1,4 et 1,8 **Mauvaise** : RPD entre 1 et 1,4
 ES : Extrait Sec MSU : Matière Sèche Utile R : Temps de prise Tg10 : Tangente à 10 IF (Indice de Fermeté)
 K10 : Temps nécessaire pour obtenir une fermeté de 10 à partir du temps de prise

Zoom sur l'Institut de l'Élevage (Idele)

La vocation de l'Institut de l'Élevage est d'améliorer la compétitivité des élevages herbivores et de leurs filières. Ses travaux apportent des solutions techniques aux éleveurs de bovins, ovins, caprins et équins et aux acteurs économiques des filières. L'un des enjeux est aussi de fournir des éléments de réponse aux questions sociétales. Organisme de recherche-développement, l'Institut de l'Élevage est à la convergence de la recherche et du conseil. L'Institut de l'Élevage travaille sur des domaines d'expertises très variés qui sont les suivants : la génétique, les techniques d'élevage, l'environnement, la santé, le bien-être animal, la qualité des produits, l'économie des filières et de l'exploitation, les systèmes d'élevage, le métier d'éleveur, les systèmes d'information, la coopération internationale. En collaboration avec ses partenaires, l'Institut de l'Élevage conduit des expérimentations et élabore des documents techniques et des outils destinés aux techniciens et aux éleveurs. L'Institut de l'Élevage comprend 260 personnes dont 200 ingénieurs et techniciens. Le personnel est réparti dans 11 antennes régionales localisées dans toutes les principales zones d'élevage (dont une personne à Besançon) en plus du siège parisien.

Zoom sur l'activité concernant le traitement de données

L'équipe DATA'STAT est composée de 8 statisticiens, dont **Mohammed EL JABRI** participant aux travaux FROM'MIR. Les membres de l'équipe interviennent en prestations, conseils mais également en appui sur les projets de recherche et de développement. Leur expertise est précieuse pour répondre avec des traitements statistiques fiables aux questions posées. Ils interviennent pour consolider les données, les traiter, n'hésitant pas à tester de nouvelles techniques ou méthodes pour répondre efficacement aux problématiques. L'Institut de l'Élevage a été chargé du traitement des données dans le cadre des actions 1 et 2 du programme FROM'MIR.

Les autres personnes mobilisées dans FROM'MIR et leur rôle technique dans le projet



Marine GELÉ travaille sur la composition fine du lait et la valorisation des spectres MIR pour le conseil en élevage. Son rôle dans FROM'MIR est d'étudier, dans le cadre de l'action 2, les facteurs de variation de la fromageabilité à l'échelle des laits individuels.

Stéphanie MINERY, impliquée dans FROM'MIR jusqu'en septembre 2017, travaillait sur l'amélioration génétique des bovins laitiers. Elle a contribué à la sélection des laits individuels dans le cadre de l'action 1 et était co-animatrice de l'action 3 du projet avec Umotest.



Cécile LAITHIER, travaillant sur la qualité du lait et des produits laitiers au sens large est chef du projet FROM'MIR. Son rôle est d'assurer la coordination technique générale du projet et la communication en lien avec le comité opérationnel et les responsables par action du projet. Elle est impliquée davantage au niveau de la conception, la mise en œuvre des protocoles, le traitement et la synthèse des données dans le cadre de l'action 1.

Zoom sur l'équipe du Centre Technique des Fromages Comtois



A gauche : E. NOTZ, directeur
A droite : P. DUBOZ, président

Le Centre Technique du Comté (CTC) a été créé en 1975. En 2007, son offre de service a évolué en intégrant des prestations liées aux autres fromages AOP de la région : Le CTC était rebaptisé Centre Technique des Fromages Comtois (CTFC). A sa création, le CTC comptait 3-4 personnes, il en compte aujourd'hui 41. L'appui technique en fromagerie est le cœur de métier du CTFC. Douze conseillers techniques en fromagerie s'investissent dans les ateliers de fabrication pour les accompagner dans la maîtrise de la qualité technologique et organoleptique des fromages. Le CTFC suit 141 fromageries en comté (93% des fromageries), 22 fromageries en morbier (50% des fromageries) et les 4 fromageries qui transforment le lait en Bleu de Gex. Cinq personnes travaillent au service des

fromageries pour les accompagner dans le suivi sanitaire de leurs productions. Trois techniciens du CTFC et 13 collaborateurs extérieurs (intervenant des chambres d'agriculture et des conseil-élevage) assurent annuellement plus de 650 interventions d'appuis techniques en élevage. Leur objectif est d'accompagner les éleveurs : ils mettent en œuvre les pratiques nécessaires à l'élaboration d'un lait de qualité propre à la fabrication de fromages de haute qualité sensorielle.



Le FOODScan analyse la matière grasse et protéique, l'humidité, l'extrait sec total, le sel des fromages à 20h

En lien direct avec le dispositif de terrain, le CTFC dispose d'un laboratoire employant 5 personnes. L'ensemble des échantillons prélevés le matin en fromagerie est rapatrié et analysé au CTFC le jour même. Les résultats sont disponibles immédiatement sur internet pour les techniciens de fromagerie et les fromagers. Une réactivité qui fait la force de ce dispositif !

Le CTFC a également une mission d'observatoire de la qualité sensorielle des fromages. Trois personnes sont responsables de la réalisation de jury d'analyses sensorielles avec l'analyse de plus de 160 profils sensoriels par an en Comté, Morbier et Bleu de Gex. Elles organisent aussi le « Jury Terroir » du CIGC dont les résultats sont publiés régulièrement dans les nouvelles du Comté !

Rôle du CTFC dans FROM'MIR



L'analyse sensorielle des pâtes pressées cuites

Le CTFC a participé aux collectes d'échantillons de laits de cuves et à la réalisation d'enquêtes en fromagerie. Ces données ont été utilisées respectivement pour la mise au point des équations de prédiction de la fromageabilité et pour la mise en évidence des facteurs de variation de la fromageabilité à l'échelle de la fromagerie. Le CTFC organise également les jurys d'analyse sensorielle des fromages issus de mini-fabrications FROM'MIR (cf. prochaine newsletter). Enfin, son expertise technologique, sensorielle et statistique a été régulièrement sollicitée dans le projet pour l'interprétation des résultats.

Contacts : Cécile LAITHIER Institut de l'Élevage cecile.laithier@idele.fr
Valérie WOLF CEL 25-90 valerie.wolf@cel2590.fr

Crédit photos : V. WOLF (CEL 25-90) – CTFC – M. GELÉ, M. EL JABRI, C. LAITHIER (Idele)

Mise en page : Isabelle GUIGUE, Institut de l'Élevage

PARTENAIRES TECHNIQUES ET FINANCIERS :

