



# La spectrométrie MIR pour qualifier le lait de Normandie

*Focus sur la composition fine du lait à partir des résultats du programme PhénoFinlait*

**Marine Gelé**

***Marine.gele@idele.fr***

**15 septembre 2014**

**www.idele.fr**

Conférence internationale de la Normandie , Le Pin-au-Haras





# Plan de la présentation

- 1. PhénoFinlait : généralités et avancées pour la filière**
- 2. Le lait de Normandie : observations du programme PhénoFinlait**
  - Production laitière et composition du lait**
  - Focus sur la composition fine du lait**
    - Acides gras, protéines, minéraux
    - Paramètres génétiques
    - Influence des facteurs physiologiques, alimentaires et saisonniers
- 3. Le calcium du lait : premiers résultats**
- 4. La spectrométrie MIR, méthode de phénotypage pour de nouveaux caractères**



# Plan de la présentation

- 1. PhénoFinlait : généralités et avancées pour la filière**
2. Le lait de Normandie : observations du programme PhénoFinlait
  - Production laitière et composition du lait
  - Focus sur la composition fine du lait
    - Acides gras, protéines, minéraux
    - Paramètres génétiques
    - Influence des facteurs physiologiques, alimentaires et saisonniers
3. Le calcium du lait : premiers résultats
4. La spectrométrie MIR, méthode de phénotypage pour de nouveaux caractères





# PhénoFinlait

« PHENOTYPAGE » et « GENOTYPAGE » dans les principales populations bovines, caprines et ovines pour une meilleure connaissance, caractérisation et maîtrise de la composition fine des laits (acides gras et protéines),

- ▶ Programme de R&D **d'ampleur nationale**
- ▶ Programme **multi-filières**
- ▶ Programme **multidisciplinaire**
- ▶ **Intérêts communs** entre les différents acteurs de la filière (industrie, élevage, recherche, développement...)



Un programme R&D pour les filières laitières de demain

PhénoFinlait

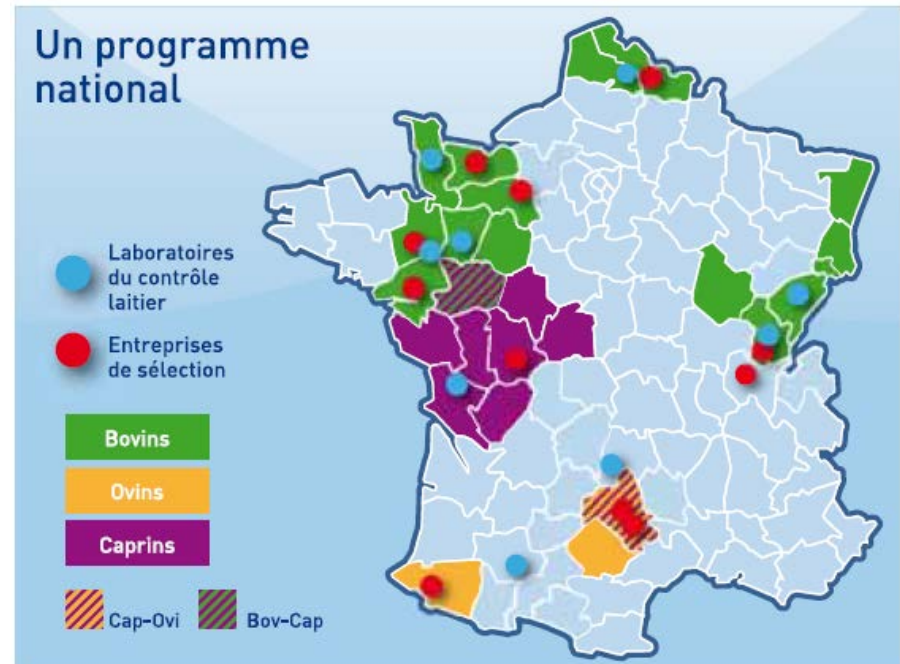


INSTITUT DE  
L'ÉLEVAGE

# Des acteurs nombreux et variés

- ▶ Cniel
- ▶ France Génétique Elevage
- ▶ UNCEIA, ANIO et Capgènes
- ▶ FCEL et CNBL
- ▶ Inra
- ▶ Actalia
- ▶ Institut de l'Elevage
- ▶ Et sur le terrain ...

- Des entreprises de conseil en élevage dans 26 départements
- Une dizaine d'entreprises de sélection et entreprises de mise en place
- 9 laboratoires du contrôle laitier + Labogéna
- Et 1500 éleveurs !



# La collecte des données

88 274 vaches, 33 710 brebis, 71 551 chèvres  
dans 1 540 élevages de 26 départements

Sélection de 12000 vaches, 4000  
brebis, 4000 chèvres

ECEL

Entreprises de sélection  
(CIA)

Lait

Sang

Laboratoires  
d'analyse du lait

Congélation

CRB-GADIE

Labogéna

Enquêtes en élevage :  
Alimentation...

Acides gras  
Protéines

Génotypes

BD  
PFL

Inra CTIG

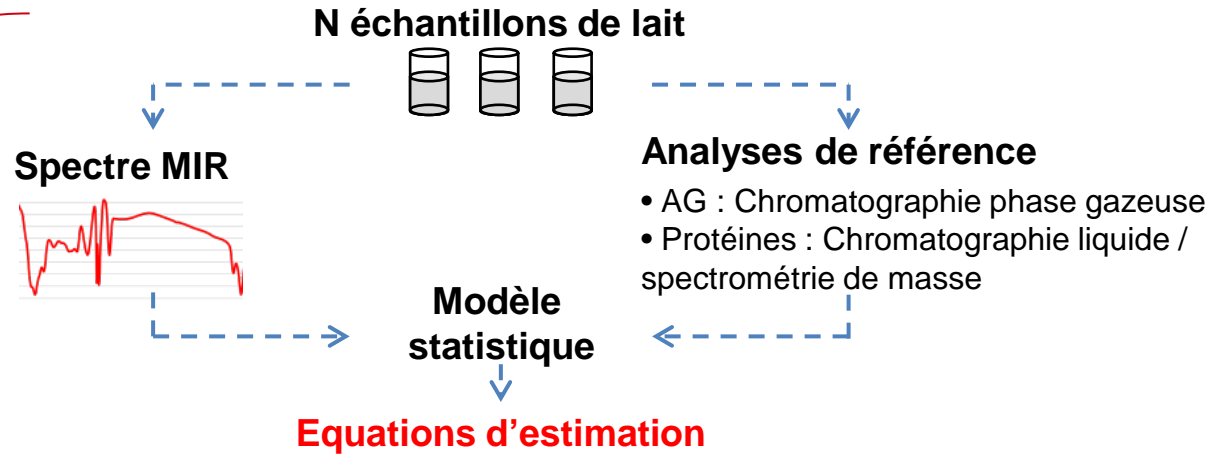
Phénotypage

SNIGs

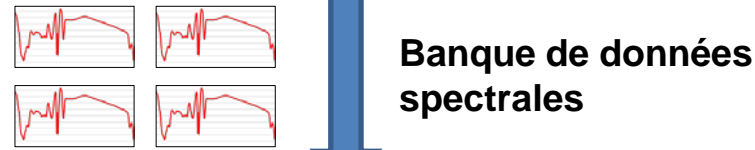
Génotypage

# Schéma général

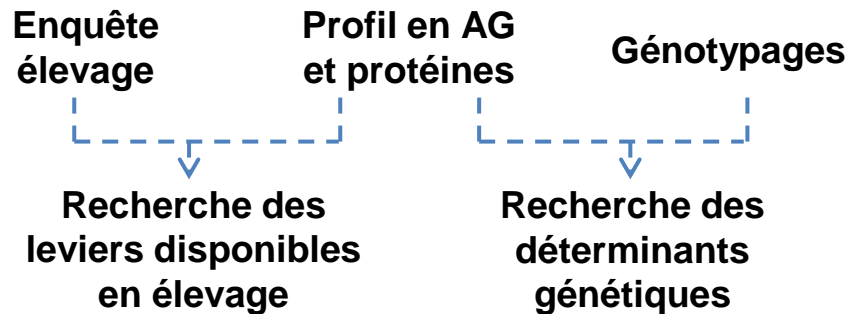
## 1. Méthodes d'analyse



## 2. Constitution de la base de données



## 3. Interprétation des données



Plus d'infos ?  
[www.phenofinlait.fr](http://www.phenofinlait.fr)





# Plan de la présentation

1. PhénoFinlait : généralités et avancées pour la filière
- 2. Le lait de Normandie : observations du programme PhénoFinlait**
  - Production laitière et composition du lait**
  - Focus sur la composition fine du lait**
    - Acides gras, protéines, minéraux
    - Paramètres génétiques
    - Influence des facteurs physiologiques, alimentaires et saisonniers
3. Le calcium du lait : premiers résultats
4. La spectrométrie MIR, méthode de phénotypage pour de nouveaux caractères







# Performances laitières comparées

## ► Moins de lait mais plus de matière chez la Normande

Caractère	Normande (n = 117 593)	Normande <i>CLO 2010</i>	Montbéliarde (n = 92 267)	Holstein (n = 198 378)
Production laitière (kg/jour)	<b>20,1 ± 6,4</b>	19,4	24,4 ± 6,9	26,8 ± 8,1
Taux butyreux (g/kg)	<b>43,6 ± 6,6</b>	42,8	39,3 ± 5,5	39,7 ± 6,8
Taux protéique (g/kg)	<b>35,4 ± 3,5</b>	34,5	33,4 ± 3,2	32,8 ± 3,8
Urée (mg/L)	<b>241 ± 88,8</b>		282 ± 89,5	206 ± 113
Lactose (g/kg)	<b>47,9 ± 2,8</b>		48,5 ± 2,8	48,7 ± 2,8
Cellules (10 <sup>3</sup> )	<b>320 ± 770</b>	240	231 ± 606	288 ± 730

Données de contrôle laitier officiel

Résultats issus du programme **PhénoFinlait**

Un programme R&D pour les filières laitières de demain





# FOCUS

## La composition fine du lait estimée par spectrométrie MIR

- ▶ 53 acides gras, groupes d'AG ou ratios d'AG
- ▶ 7 protéines ou groupes de protéines

Composants estimés	Très bonne précision ( $R^2 > 0,91$ et $s_{y,x}$ relatif $< 5\%$ )	Bonne précision ( $R^2 > 0,82$ et $s_{y,x}$ relatif entre 5 et 10%)	Précision correcte ( $R^2 > 0,70$ et $s_{y,x}$ relatif entre 10 et 15%)
<b>Acides Gras</b>	MG, C4:0, C6:0, C8:0, AGS, AGMI, AGI, SCFA, MCFA, Somme C4+C6, AG pairs de C4 à C10, AG pairs de C4 à C12, AG pairs de C4 à C14, AG à 16 carbones ou moins, AGS à 16 carbones ou moins, AGS pairs à 16 C ou moins, Somme C12:0+4C14:0+C16:0	C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:1 c9, LCFA, Total des C18:1, Total des C18:1cis, Indice d'élongation, Indice d'athérogénicité	C11:0, C15:0, C15:0 iso, C17:0, C18:0, C20:0, C17:1 c10, C18:1 c15, C18:1 t12, C18:1 t16, C18:2 c9 c12, AGPI, AGPI/AGS, AG trans, Total des C18:1trans, Total des C18:2, Total des C18:2 oméga6, AG oméga3, AG oméga6, AG oméga7, AG oméga7 cis, AG impairs C5 à C11, AG impairs C5 à C15, AG impairs C13 à C17, C18:1/C16:0, 18:1c9/C16:0, Index désaturation C16,
<b>Protéines</b>	MP, Total des caséines, caséine $\beta$	Caséine $\alpha$ 1, Caséine $\alpha$ 2, Caséine $\kappa$	Somme $\alpha$ -lactalbumine + $\beta$ -lactoglobuline, $\beta$ -lactoglobuline



# Plus d'AGS, en particulier les AG à moyenne chaîne, chez la Normande

Caractère (en % des AG totaux)	Montbéliarde (n = 91 784)	Normande (n = 115 838)	Holstein (n = 194 530)
<b>Acides gras saturés (AGS)</b>	67,1 ± 5,3	<b>69,0 ± 5,1</b>	67,9 ± 5,2
<b>Acide butyrique C4:0</b>	3,73 ± 0,5	<b>3,77 ± 0,4</b>	3,68 ± 0,5
<b>Acide caproïque C6:0</b>	2,11 ± 0,3	<b>2,15 ± 0,2</b>	2,08 ± 0,3
<b>Acide caprylique C8:0</b>	1,30 ± 0,2	<b>1,34 ± 0,2</b>	1,29 ± 0,2
<b>Acide caprique C10:0</b>	2,67 ± 0,6	<b>2,78 ± 0,6</b>	2,63 ± 0,6
<b>Acide laurique C12:0</b>	3,09 ± 0,8	<b>3,20 ± 0,8</b>	3,09 ± 0,8
<b>Acide myristique C14:0</b>	11,8 ± 1,7	<b>11,8 ± 1,7</b>	11,8 ± 1,5
<b>Acide palmitique C16:0</b>	28,0 ± 4,7	<b>28,0 ± 4,6</b>	28,1 ± 5,2
<b>Acides gras monoinsaturés (AGMI)</b>	28,9 ± 4,7	<b>27,3 ± 4,7</b>	28,3 ± 4,8
<b>Total des C18:1</b>	25,5 ± 4,7	<b>24,1 ± 4,5</b>	25,0 ± 4,7
<b>Total des C18:1 cis</b>	22,6 ± 4,2	<b>21,1 ± 4,1</b>	21,9 ± 4,1
<b>Acide oléique C18:1c9</b>	21,6 ± 4,0	<b>20,6 ± 4,0</b>	21,3 ± 4,2
<b>Acides gras polyinsaturés (AGPI)</b>	4,0 ± 0,7	<b>3,6 ± 0,6</b>	3,7 ± 0,6
<b>Total des C18:2</b>	2,76 ± 0,6	<b>2,51 ± 0,5</b>	2,60 ± 0,5

Données estimées par MIR via les équations *PhénoFinlait*

Résultats issus du programme **PhénoFinlait**  
Un programme R&D pour les filières laitières de demain





# Le déterminisme génétique reflète les mécanismes de synthèse des acides gras

## ► Héritabilité

- Modérée pour les AG saturés courts et moyens synthétisés dans la mamelle
- Plus faible pour les AG longs apportés principalement par l'alimentation et les réserves adipeuses

## ► Coefficient de variation génétique assez faible (1 à 5)

## ► Corrélations génétiques

- TB corrélé + avec les AGS et le C16:0
- TB corrélé - - avec les AGMI et AGPI

Caractère	Héritabilité
TB (g/kg)	0,35
<b>AGS</b>	<b>0,19</b>
C4:0	0,48
C6:0	0,31
C8:0	0,32
C10:0	0,32
C12:0	0,34
C14:0	0,26
C16:0	0,19
C18:0	0,15
<b>AGMI</b>	<b>0,21</b>
C18:1	0,20
<b>AGPI</b>	<b>0,21</b>
C18:2c9t11	0,10
ω3	0,20
ω6	0,14

Résultats issus du programme **PhénoFinlait**  
Un programme R&D pour les filières laitières de demain

# Une composition protéique similaire entre races,

## La part de caséine $\kappa$ légèrement diminuée au profit de l' $\alpha$ s2 chez la Normande

Caractère (en % de la MP totale)	Montbéliarde (n = 91 469)	Normande (n = 117 391)	Holstein (n = 129 509)
<b>Caséines totales</b>	83,9 ± 1,4	83,5 ± 1,2	82,9 ± 1,4
Caséine $\alpha$ s1	28,0 ± 0,6	27,8 ± 0,7	27,9 ± 0,7
Caséine $\alpha$ s2	9,66 ± 0,3	9,89 ± 0,3	9,70 ± 0,4
Caséine $\beta$	36,3 ± 0,9	36,2 ± 1,2	36,1 ± 1,2
Caséine $\kappa$	9,97 ± 0,6	9,87 ± 0,5	9,44 ± 0,6
<b>Somme <math>\alpha</math>-lactalbumine + <math>\beta</math>-lactoglobuline</b>	12,4 ± 1,2	11,9 ± 1,2	12,5 ± 1,4

Données estimées par MIR via les équations *PhénoFinlait*

Résultats issus du programme **PhénoFinlait**  
Un programme R&D pour les filières laitières de demain





# L'essentiel de la variabilité de la composition relative en protéines du lait est d'origine génétique

## ► Héritabilité

- Plus fortes que pour les acides gras
- Très fortes pour les caséines  $\alpha 1$ ,  $\kappa$  et la  $\beta$ -lactoglobuline

## ► Coefficient de variation génétique assez faible (0,5 à 7)

## ► Corrélations génétiques

- TP corrélé + fortement avec les caséines qu'avec les protéines sériques

Caractère	Héritabilité
TP (g/kg)	0,41
Caséine $\alpha 1$	0,57
Caséine $\alpha 2$	0,25
Caséine $\beta$	0,39
Caséine $\kappa$	0,55
$\alpha$ -lactalbumine	0,53
$\beta$ -lactoglobuline	0,72

Résultats issus du programme

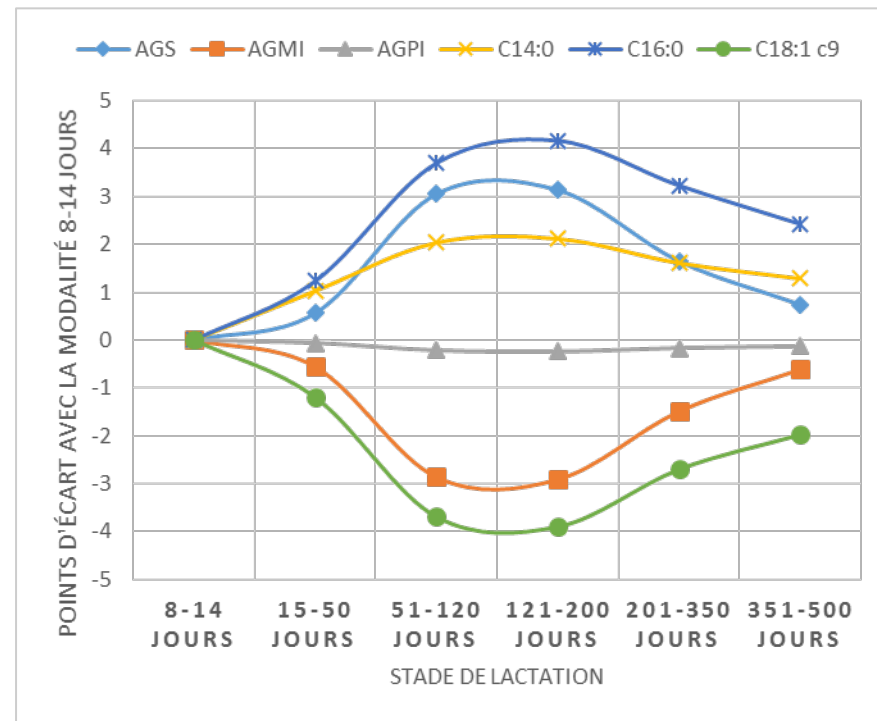
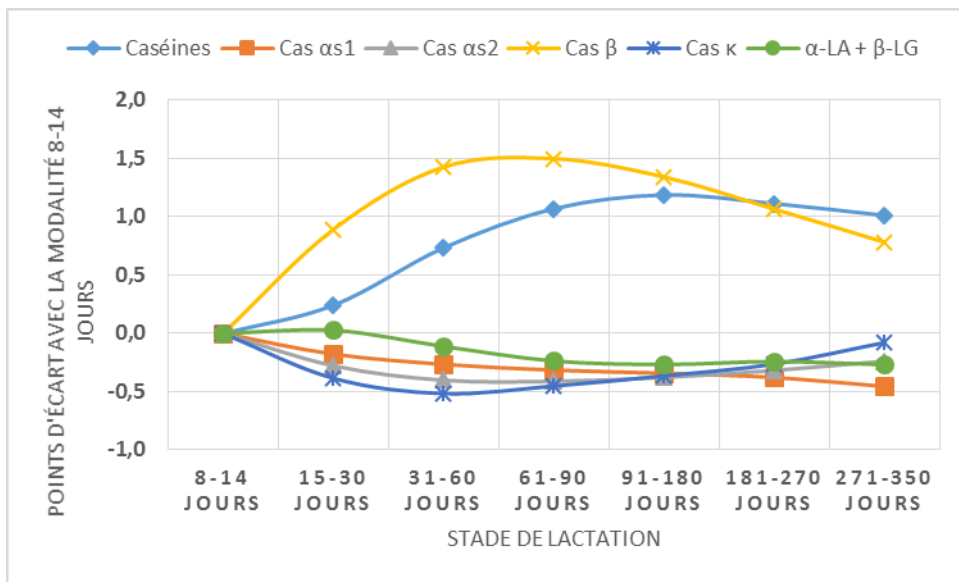
**PhénoFinlait**

Un programme R&D pour les filières laitières de demain



# En début de lactation :

- ▶ Les parts d'AGS, caséines totales et caséine  $\beta$  augmentent
- ▶ Les parts d'AGMI et des autres protéines diminuent



Résultats issus du programme

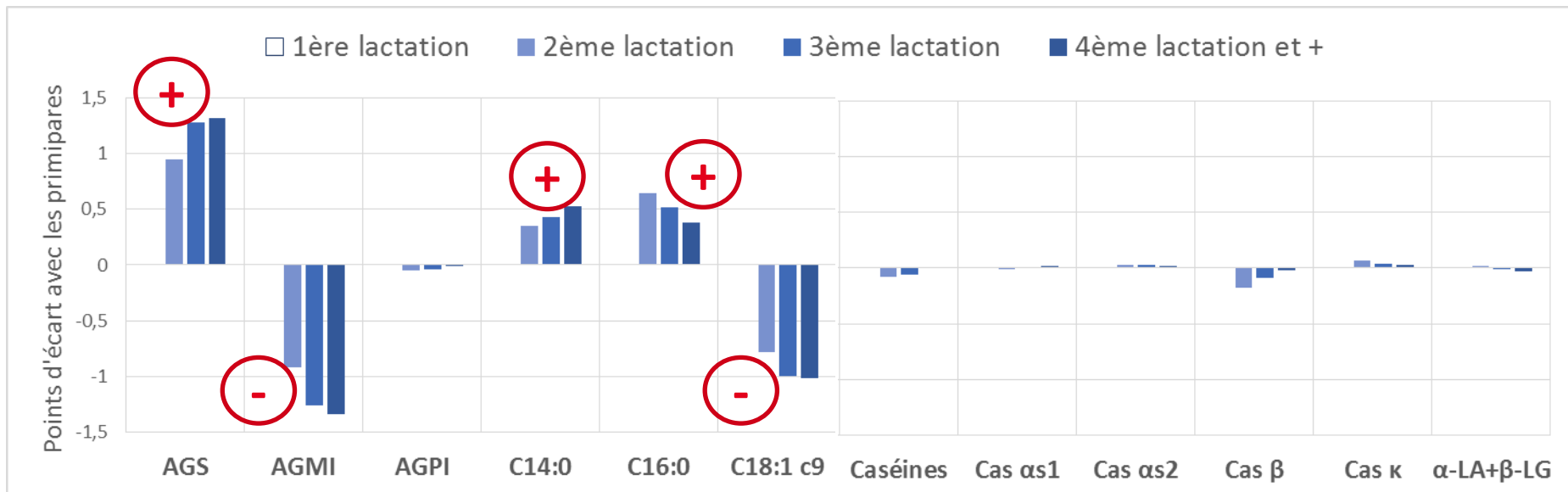
**PhénoFinlait**  
Un programme R&D pour les filières laitières de demain



# La parité affecte le profil en acides gras :

- ▶ Les primipares produisent moins d'AGS et plus d'AGMI que les multipares
- ▶ Les multipares de rang différent ont des profils semblables

## ... mais pas le profil en protéines



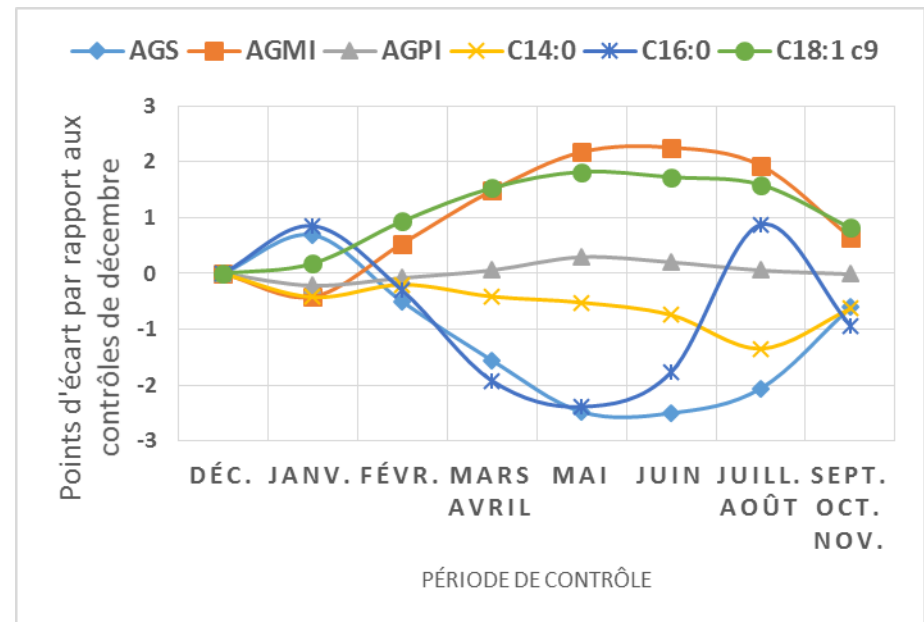
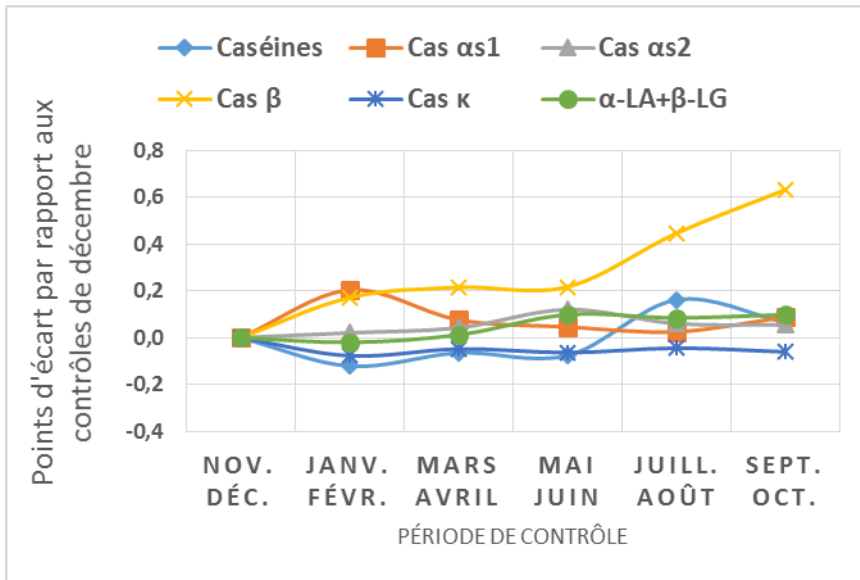
Résultats issus du programme **PhénoFinlait**  
Un programme R&D pour les filières laitières de demain





# En période de jours longs :

- ▶ Les parts d'AGS, C16:0, C14:0 et caséine  $\alpha$ 1 diminuent
- ▶ Les parts d'AGMI, C18:1c9 et caséine  $\beta$  augmentent



Résultats issus du programme

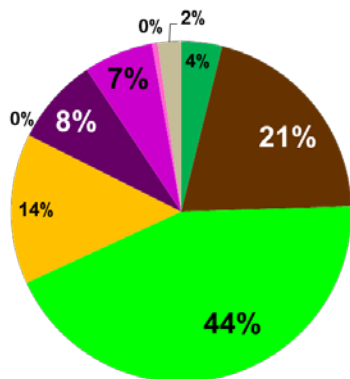
**PhénoFinlait**

Un programme R&D pour les filières laitières de demain

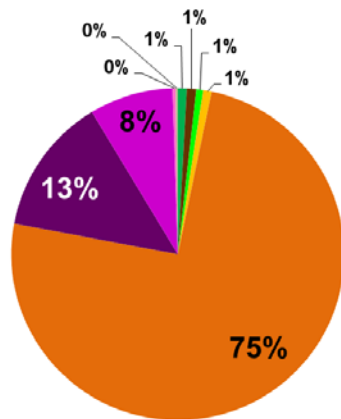


# Les principaux systèmes d'alimentation

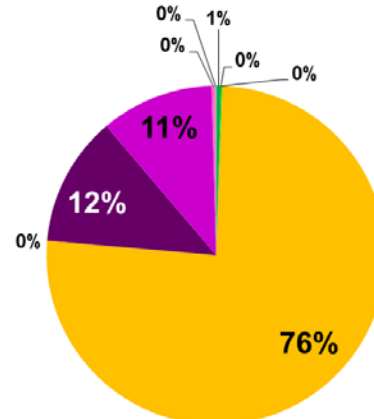
**Ens. Herbe**  
(n=1 064)



**Foin Ventilé**  
(n=965)



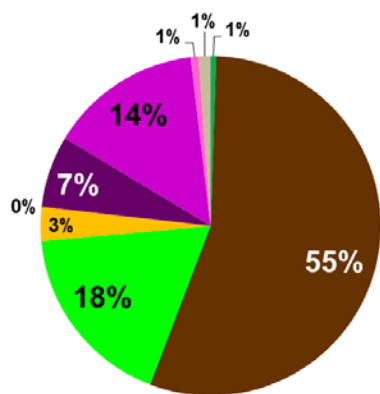
**Foin Séché sol**  
(n=518)



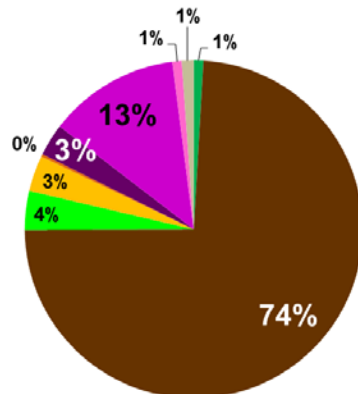
**% des aliments dans la ration**

- Pâturage
- Ensilage de maïs/sorghos
- Ensilage d'herbe
- Foin séché
- Foin ventilé
- Concentrés énergétiques
- Concentrés azotés
- Minéraux et additifs
- Autres

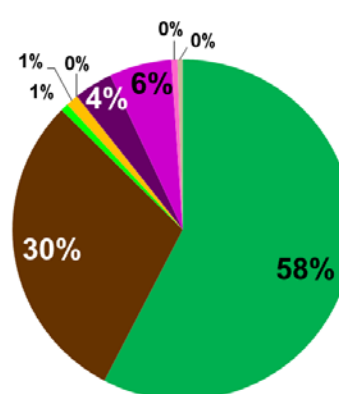
**Ens. Maïs + Ens. Herbe**  
(n=8 025)



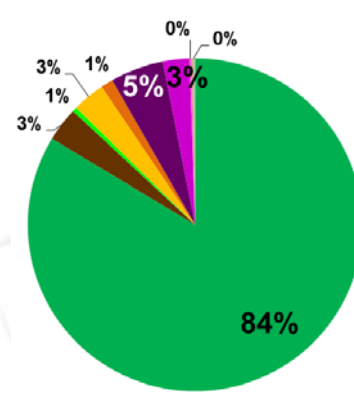
**Ens. Maïs**  
(n=15 430)



**Pâture + Ens. Maïs**  
(n=22 789)



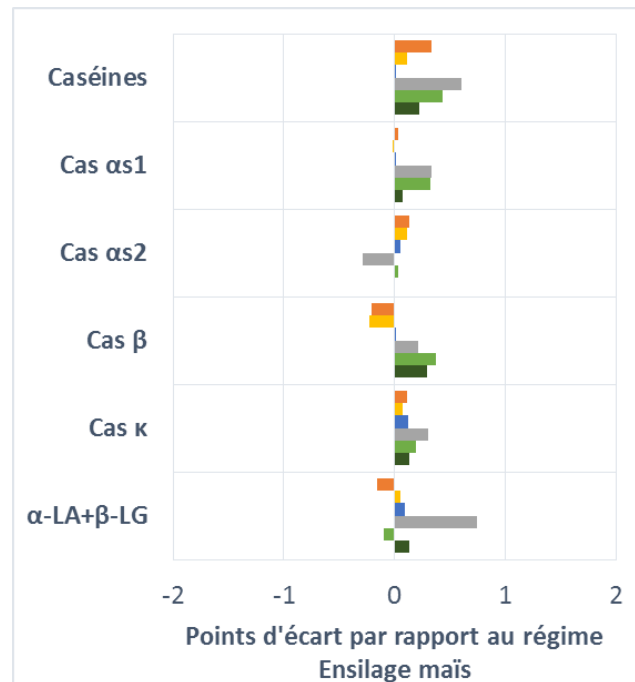
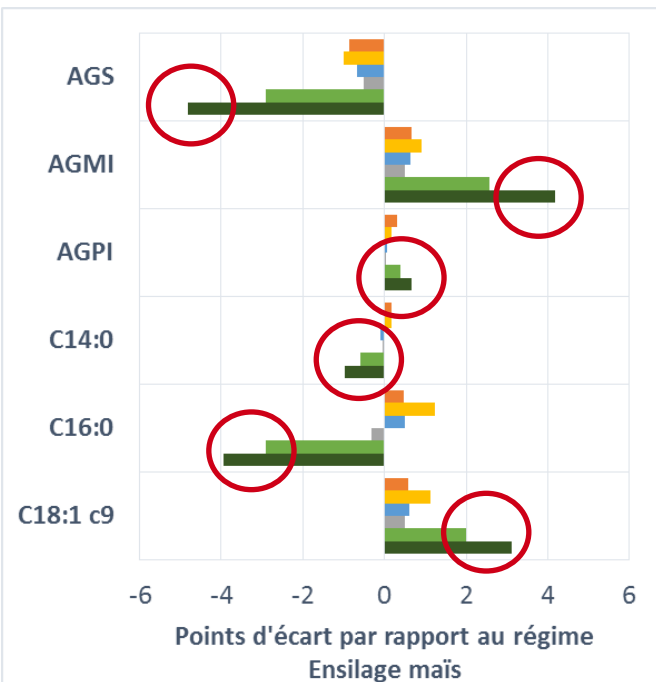
**Pâture**  
(n=6 678)



# Le régime a une forte influence sur le profil en acides gras :

- Par rapport à l'ensilage de maïs :
- ▶ Les parts d'AGI sont légèrement plus élevés avec l'herbe conservée
- ▶ Le pâturage diminue fortement les parts d'AGS au profit des AGMI et AGPI

## ... mais influence peu le profil en protéines



- Foin ventilé
- Foin séché sol
- Ensilage d'herbe
- Ens. Maïs + Ens. herbe
- Pâturage + Ens. maïs
- Pâturage

Résultats issus du programme

**PhénoFinlait**  
Un programme R&D pour les filières laitières de demain





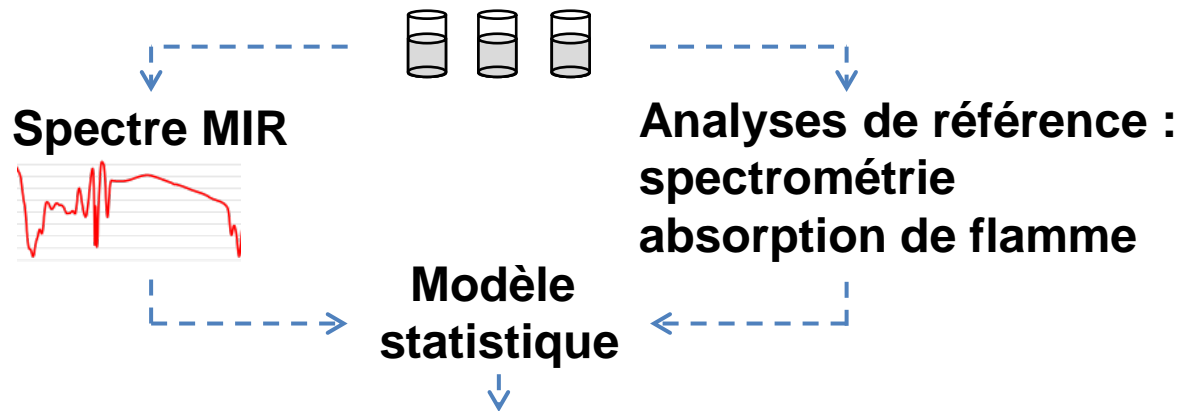
# Plan de la présentation

1. PhénoFinlait : généralités et avancées pour la filière
2. Le lait de Normandie : observations du programme PhénoFinlait
  - Production laitière et composition du lait
  - Focus sur la composition fine du lait
    - Acides gras, protéines, minéraux
    - Paramètres génétiques
    - Influence des facteurs physiologiques, alimentaires et saisonniers
- 3. Le calcium du lait : premiers résultats**
4. La spectrométrie MIR, méthode de phénotypage pour de nouveaux caractères



# La spectrométrie MIR permet d'estimer la teneur en calcium du lait avec une précision satisfaisante

300 échantillons de lait



**Equations d'estimation de la teneur en calcium du lait**

- $R^2=0,80$  et Erreur relative = 3,6%

Application sur la banque de données spectrales PhénoFinlait

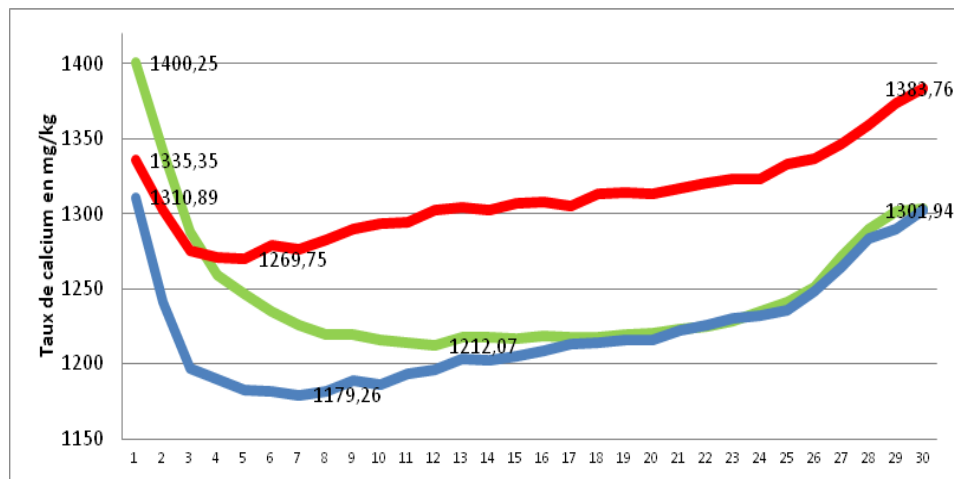
Normande	Montbéliarde	Holstein
1315 ± 90	1239 ± 87	1220 ± 96

Résultats issus du stage de M. Wald



# Résultats préliminaires

Evolution du taux de calcium du lait au cours des semaines de la 1<sup>ère</sup> lactation



Rouge = Normande, Vert = Montbéliarde, Bleu = Holstein

- ▶ Héritabilité = 0,74
- ▶ Coefficient de variation génétique = 4,3%
- ▶ Corrélation génétique :
  - ▶ Négative avec la production laitière (-0,18), les cellules et la vitesse de traite (-0,31 à -0,34)
  - ▶ Nulle avec les caractères de morphologie
  - ▶ Positive avec le TB et TP (+0,42 et +0,44), les caséines (+0,28 à +0,42) et la  $\beta$ -lactoglobuline (+0,34)

Résultats issus du stage de M. Wald



# Plan de la présentation

1. PhénoFinlait : généralités et avancées pour la filière
2. Le lait de Normandie : observations du programme PhénoFinlait
  - Production laitière et composition du lait
  - Focus sur la composition fine du lait
    - Acides gras, protéines, minéraux
    - Paramètres génétiques
    - Influence des facteurs physiologiques, alimentaires et saisonniers
3. Le calcium du lait : premiers résultats
- 4. La spectrométrie MIR, méthode de phénotypage pour de nouveaux caractères**



# Avec la spectrométrie moyen infrarouge, l'analyse du lait devient indicateur d'alerte et de pilotage du troupeau



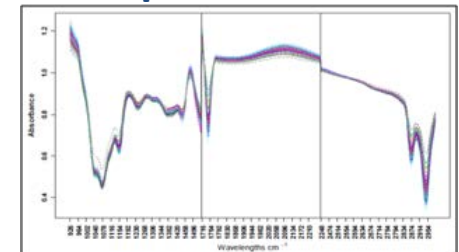
La gestation, l'acidose, l'acétonémie, les mammites, etc... modifient la composition du lait

La composition du lait se reflète dans le spectre MIR

Gestation, maladies métaboliques, émissions de méthane...

Composition du lait

Spectre MIR



La composition du lait informe sur le statut physiologique de l'animal

Le spectre, miroir de la composition du lait, est également un indicateur global du statut physiologique de l'animal



# De nombreuses perspectives d'utilisation

## ▶ Reproduction :

- ▶ Diagnostic de gestation

## ▶ Nutrition :

- ▶ Balance énergétique
- ▶ Emissions de méthane entérique

## ▶ Santé :

- ▶ Maladies métaboliques (acétonémie, acidose)
- ▶ Santé de la mamelle

## ▶ Technologie :

- ▶ Aptitudes fromagères
- ▶ Rendement fromager

Programme OptiMIR



Programme From'MIR



# Conclusion : la spectrométrie MIR pour promouvoir les qualités de la race Normande

- ▶ Des acides gras pour la transformation beurrière
  - indice de tartinabilité (C16:0/C18:1)
- ▶ Des caséines pour la transformation fromagère
  - Caséines  $\kappa$  et  $\alpha_2$
- ▶ Un taux de calcium élevé et assez stable sur la lactation



© S. Fraisse/Cniel





**Merci pour votre  
attention !**

