

Groupe de Contact FNRS – Nutrition, Alimentation et Santé  
Liège, 5 novembre 2008



# La sélection animale, un nouvel outil pour améliorer la qualité nutritionnelle du lait de vache

---

**Hélène Soyeurt et Nicolas Gengler\***

Groupe de Génétique et Amélioration Animales

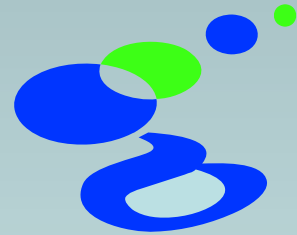
Unité de Zootechnie, FUSAGx

\*Chercheur qualifié FNRS

En collaboration  
avec :

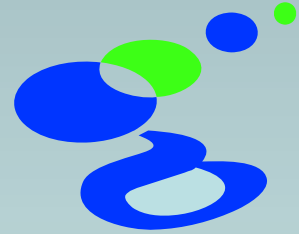


# Diverses collaborations



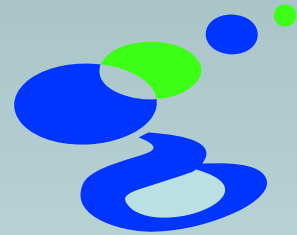
- **Association Wallonne de l'Élevage (AWE) :**
  - C. Bertozzi
- **CRA-W :**
  - P. Dardenne, F. Dehareng
- **Comité du Lait :**
  - E. Piraux, D. Veselko
- **CONVIS (Contrôle laitier du GD Luxembourg) :**
  - J. Stoll
- **FUSAGx :**
  - H. Soyeurt, V. Arnould, N. Gengler

# Contexte



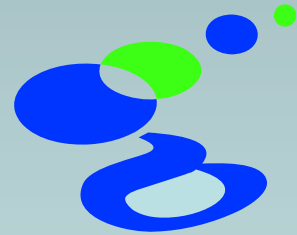
- Objectif de la sélection animale
  - Adapter le potentiel génétique des animaux aux besoins
- Pour la composition du lait
  - Situation figée depuis 30 ans
    - Matière grasse (MG), protéine  
→ paiement du lait
    - Suivant pays, régions : urée, lactose
- Autres composants d'intérêt dans le lait?

# Exemple : acides gras



- 3 à 7% de MG dans le lait de vache
- Acides gras (AG) = Unité de base
- 3 classes :
  - Saturés (70%)
  - Monoinsaturés (25%)
  - Polyinsaturés (5%)

# Intérêts des acides gras



- **Santé humaine :**
  - Composition en AG du lait éloignée du « profil idéal »
    - Saturés (70% *vs.* 30%)
    - Monoinsaturés (25% *vs.* 60%)
    - Polyinsaturés (5% *vs.* 10%)
- **Santé animale :**
  - Indicateurs pour :
    - Mammites
    - Désordres métaboliques (acidose, cétose,...)
- **Propriétés technologiques :**
  - Beurre riche en insaturés est + tartinable

# Conditions nécessaires à la sélection animale



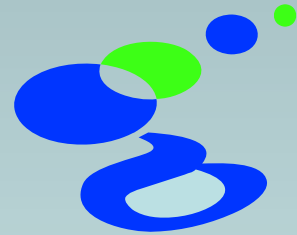
## ■ Possibilité d'obtenir des données

- Contrôle laitier (échantillonnage 4 ou 6 semaines), mais seulement l'estimation de composants standards (MG, PROT, lactose, urée)
- Collaboration entre l'organisme de contrôle laitier (**AWE**) et le labo d'analyse (**Comité du Lait**)
- Collaboration étendue à **CONVIS** (CL du GD Lux.)

## ■ Existence d'une variabilité suffisante et héritable

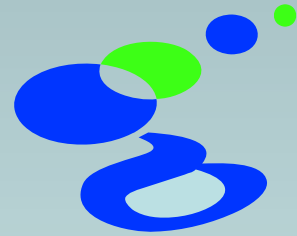
- Phénotypique et génétique
- Héritabilité ( $h^2 = \text{var. génétique} / \text{var. phénotypique}$ )

# Sélection animale pour AG ?



- Données par chromatographie en phase gazeuse ?
  - Avantage: Fiable
  - Inconvénients:
    - Demande un personnel expérimenté
    - Réactifs onéreux et souvent polluants
    - Temps d'analyse important
- Effet de la génétique sur le profil en AG ?
  - $h^2$  inconnu
- Nécessité d'effectuer des recherches
  - Méthode de dosage des AG **rapide et bon marché**
  - Etude de l'existence d'une variabilité suffisante et héritable des AG

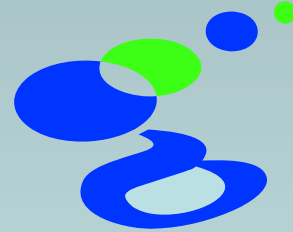
# Méthode d'analyse et de prédiction des AG



- **Spectrométrie du Moyen Infrarouge (MIR)**
  - Dosage des composés majeurs du lait (MG, PROT)
  - Paiement du lait et Contrôle laitier
- **Avantage : Economique**
  - Rapidité d'analyse (500 éch./heure avec MilkoScan FT6000)
  - Aucun pré-traitement de l'échantillon
- **Autres avantages**
  - Intégration dans le contrôle laitier



# Dosage des AG

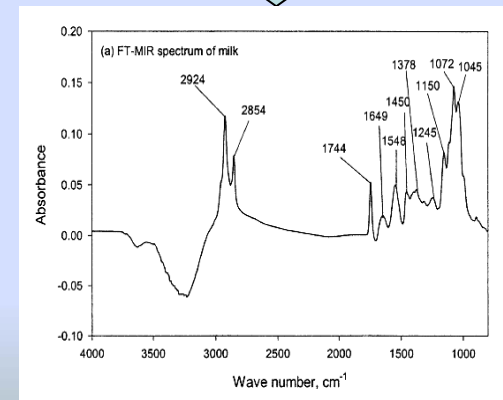
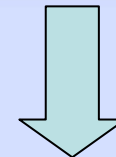


**Collecte d'échantillons de lait**  
(laiterie, contrôle laitier)



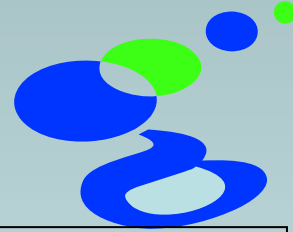
(Foss, 2008)

**Spectromètre infrarouge**



**Données brutes = Spectre**

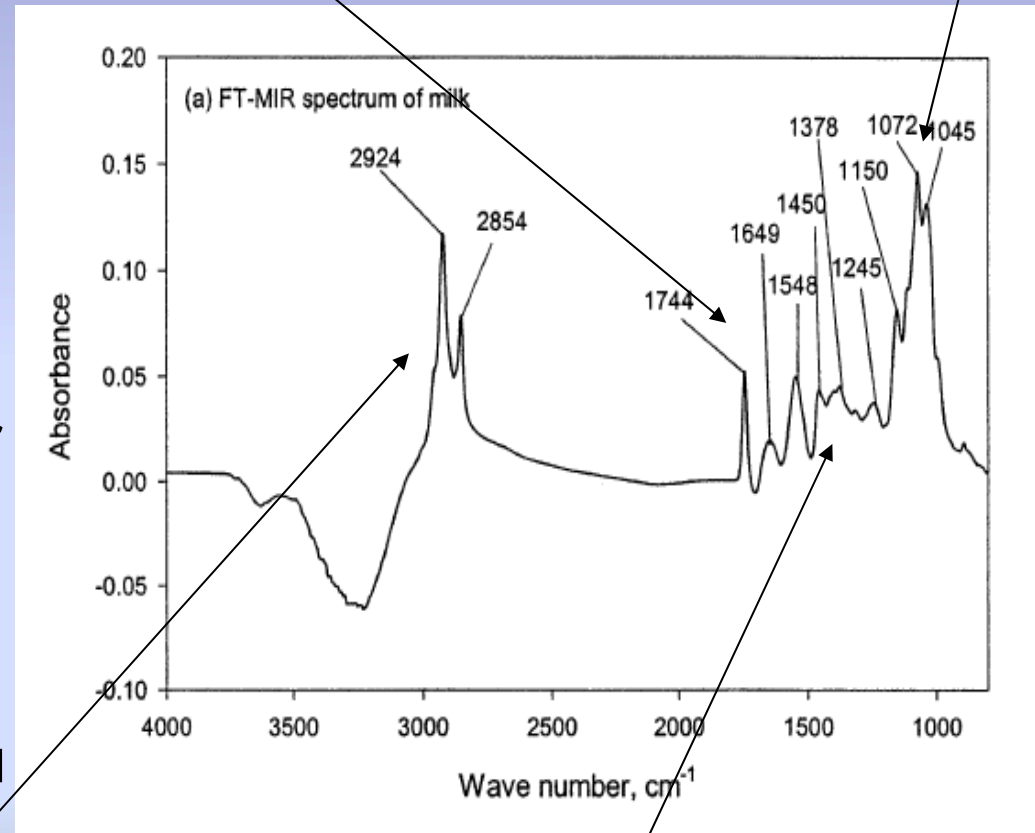
# Dosage des AG



1700 – 1500  $\text{cm}^{-1}$  : N-H

1200 – 900  $\text{cm}^{-1}$  : C-O

- Absorptions du rayonnement MIR à des fréquences corrélées aux vibrations de liaisons spécifiques à l'intérieur d'une molécule
- Le spectre MIR représente ainsi la composition globale du lait

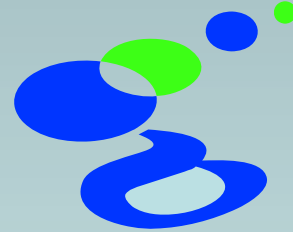


Spectre MIR de lait (Sivakesava and Irudayaraj, 2002)

3000-2800  $\text{cm}^{-1}$  : C-H

1450-1200  $\text{cm}^{-1}$  : COOH

# Dosage des AG



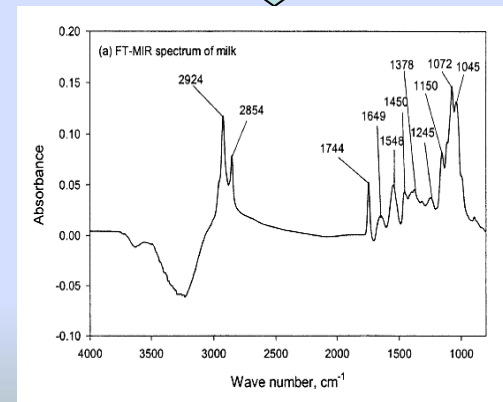
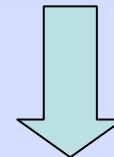
**Collecte d'échantillons de lait**

(laiterie, contrôle laitier)



(Foss, 2008)

**Spectromètre infrarouge**



**Données brutes = Spectre**

**Equations de calibration**

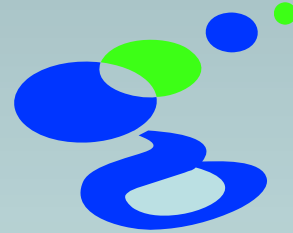


**Dosage:**

- MG
- Protéines
- Lactose
- ...



# Dosage des AG



**Collecte d'échantillons de lait**

(laiterie, contrôle laitier)



(Foss, 2008)

**Spectromètre infrarouge**

Développement  
d'équations de calibration  
pour les AG du lait

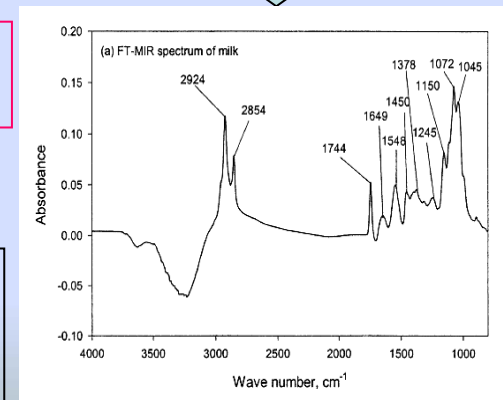
**Dosage:**

- MG
- Protéines
- Lactose
- ...



**Equations de calibration**

Collaboration avec le  
**CRA-W**, Dép. Qualité des  
Productions Agricoles



**Données brutes = Spectre**

2 x 1 609 échantillons de lait

Maximiser la variabilité:

- 475 vaches

- 8 troupeaux

- 6 races laitières

Conserver à  $-26^{\circ}\text{C}$

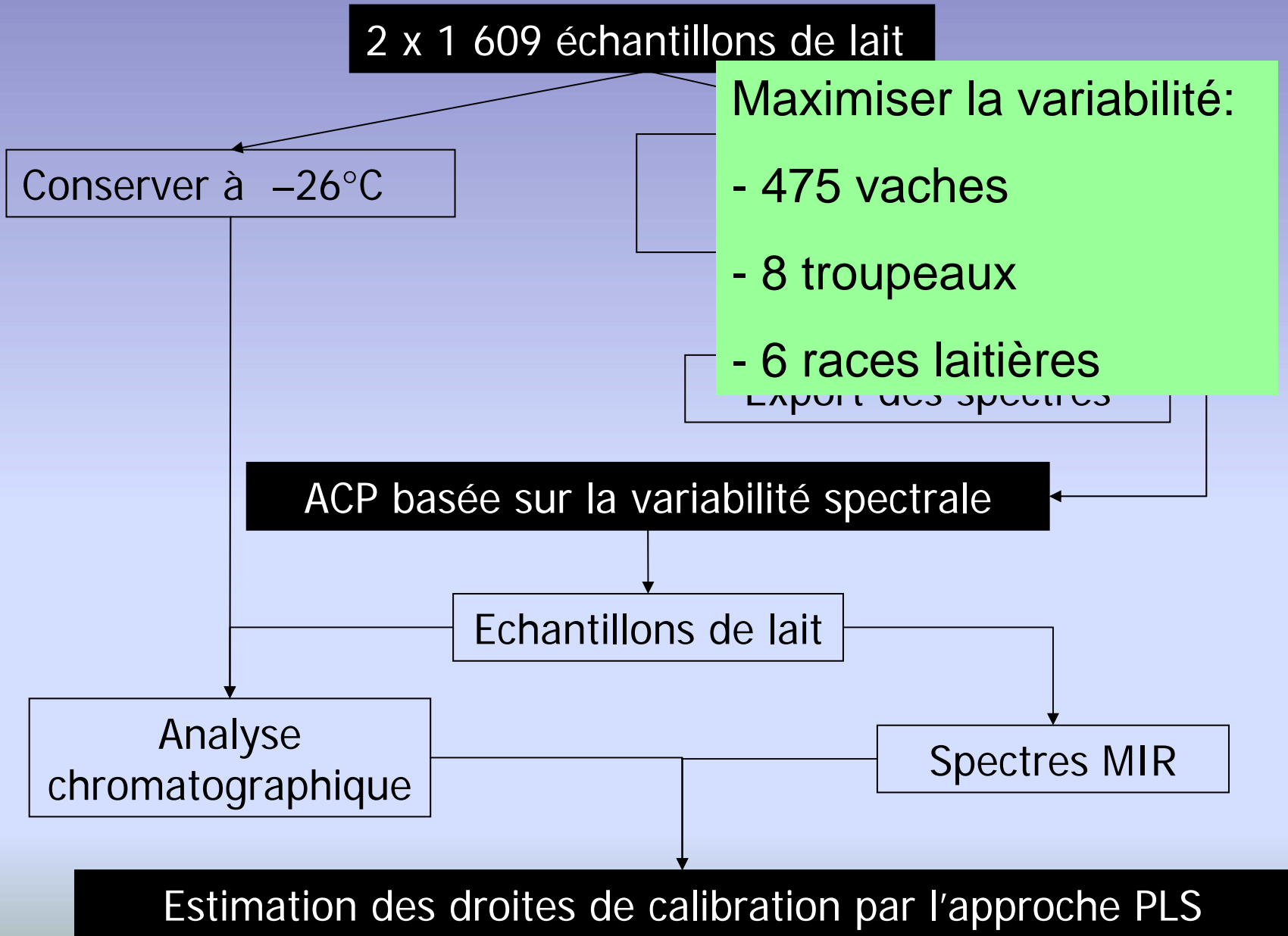
ACP basée sur la variabilité spectrale

Echantillons de lait

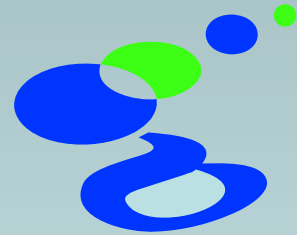
Analyse chromatographique

Spectres MIR

Estimation des droites de calibration par l'approche PLS



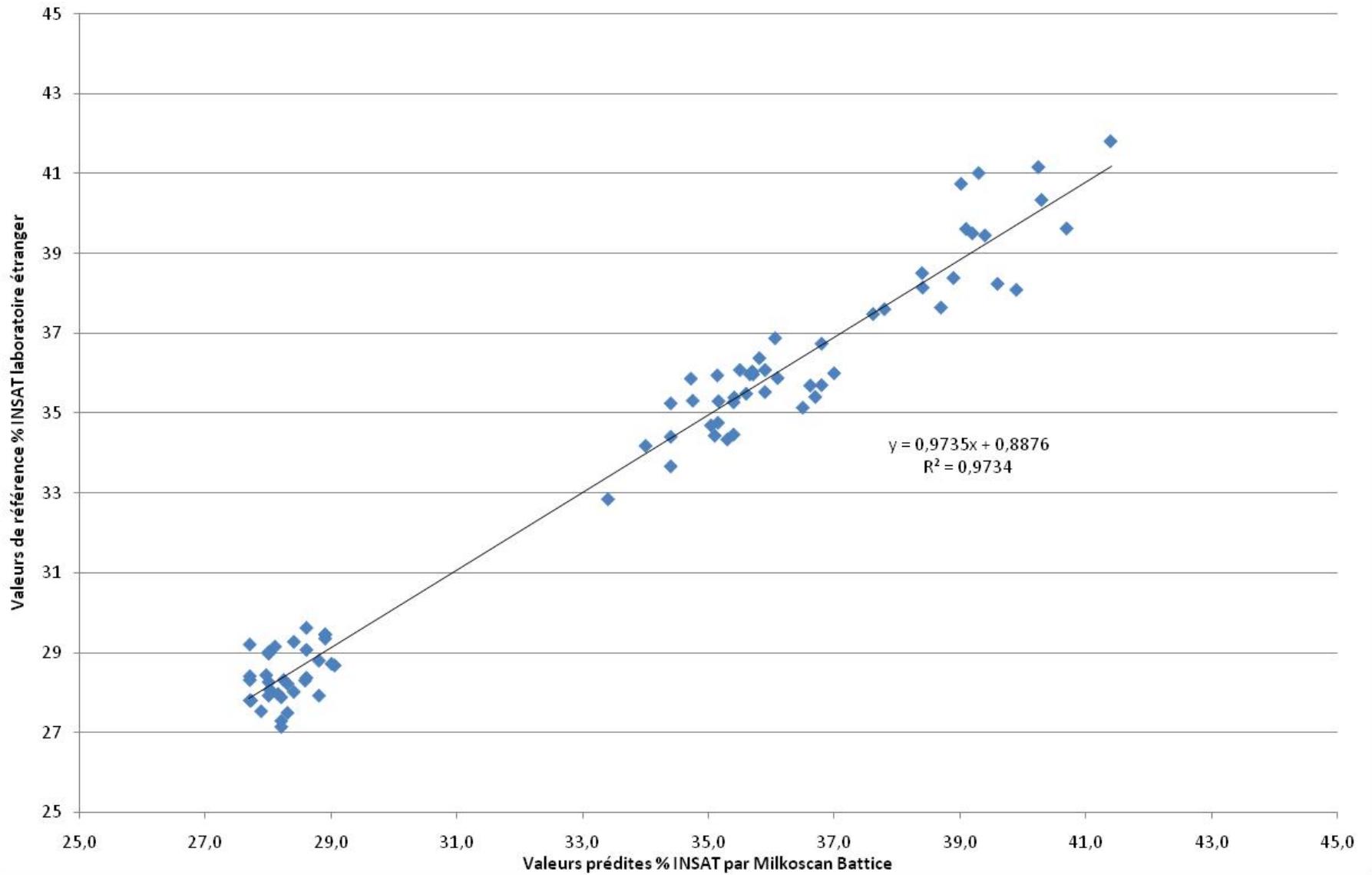
# Dosage des AG



- Addition de nouveaux échantillons  
« remarquables »
- Méthode
  - « Analyse en Composantes Principales »  
sur les échantillons de lait analysés en routine  
au Comité du Lait de Battice
- Avec cette méthode, un total de 137 échantillons  
sont disponibles actuellement pour le calibrage
  - Mais sélection des échantillons continue

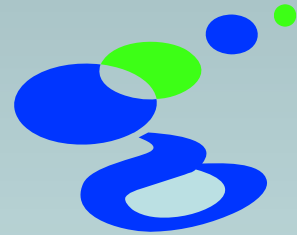
Acides gras (g/dl)	Moyenne	SD	SEC	R <sup>2</sup> C	SECV	R <sup>2</sup> CV	RPD <sub>cv</sub>
C4:0	0,13	0,04	0,01	0,94	0,01	0,86	2,69
C6:0	0,09	0,03	0,01	0,94	0,01	0,91	3,41
C8:0	0,05	0,02	0,01	0,90	0,01	0,87	2,80
C10:0	0,12	0,05	0,01	0,92	0,02	0,84	2,49
C12:0	0,15	0,06	0,01	0,94	0,02	0,84	2,48
C14:0	0,49	0,14	0,03	0,96	0,05	0,90	3,14
C14:1	0,01	0,00	0,00	0,41	0,00	0,36	1,25
C16:0	1,40	0,41	0,14	0,88	0,17	0,83	2,46
C16:1	0,08	0,04	0,02	0,76	0,03	0,32	1,22
C18:0	0,56	0,25	0,06	0,94	0,10	0,85	2,62
C18:1 trans	0,17	0,10	0,02	0,95	0,04	0,88	2,83
C18:1	1,07	0,37	0,08	0,95	0,12	0,90	3,23
C18:2	0,11	0,03	0,02	0,73	0,02	0,59	1,57
C18:3	0,03	0,01	0,01	0,71	0,01	0,53	1,46
CLA	0,04	0,02	0,01	0,80	0,01	0,52	1,44
SAT	3,20	0,85	0,08	0,99	0,14	0,97	6,06
INSAT	1,61	0,48	0,08	0,97	0,13	0,93	3,75
MONO	1,40	0,43	0,08	0,97	0,12	0,93	3,67
POLY	0,21	0,06	0,03	0,79	0,04	0,67	1,75
AG Courts	0,41	0,12	0,03	0,94	0,04	0,92	3,54
AG Moyens	2,32	0,63	0,13	0,96	0,19	0,91	3,40
AG longs	2,08	0,70	0,14	0,96	0,18	0,93	3,81

SD= Ecart-type; SEC= Erreur standard de calibration; R<sup>2</sup>c= coefficient de détermination de calibration; SECV= Erreur standard de cross-validation; R<sup>2</sup>cv= coefficient de détermination de cross-validation; RPD= SD/SECV



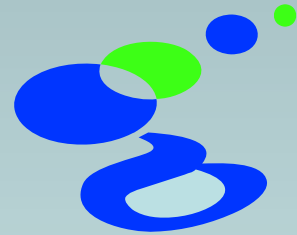


# Données disponibles actuellement



- **Actuellement (1/11/2008)**
  - AWE :  $\pm 500.000$  spectres
  - CONVIS :  $\pm 300.000$  spectres
- **Calibrages actuellement disponibles**
  - AG saturés, monoinsaturés
  - AG à courte, moyenne et longue chaînes
  - Oméga-9
  - Limitations: AG faiblement présents dans le lait

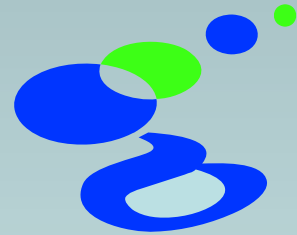
# Variabilité suffisante et héritable ? (J. Dairy Sci 91:3611-3626)



## ■ Héritabilité journalière moyenne :

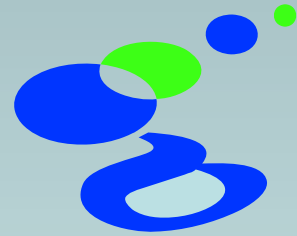
- Lait (kg/jour) : 0,27
- MG (%) : 0,37
- Protéine (%) : 0,45
- AG :
  - Saturés (g/100 g lait): 0,42
  - Monoinsaturé (g/100 g lait): 0,14
  - Saturés (g/100 g MG): 0,24
  - Monoinsaturé (g/100 g MG): 0,27
  - Rapport Sat. / Insaturés : 0,27

# Sélection animale pour AG

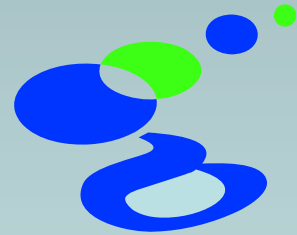


- **Conditions remplies pour sélection AG**
  - Disponibilité des données
  - Variabilité suffisante et héritable
- **Avantages de la sélection :**
  - Durable, persiste
  - Effet additif : s'additionne de générations en générations
- **Mais, inconvénient :**
  - Prend du temps
- **Sélection animale :**
  - Travail dans le moyen et long terme

# Autres pays



- **Données spectrale MIR (encore) uniques**
- **Autre pays, grands efforts génomiques, quelques exemples :**
  - Californie : UC Davis
  - Pays-Bas : Wageningen University (WU)
- **Projet 7FP : RobustMilk**
  - Moorepark, SAC, SLU, WU, ASG et FUSAGx



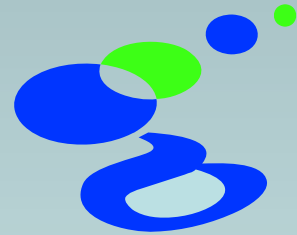
- **Augmentation spectaculaire de la base de données spectrales**
  - environ 800.000 par an
  
- **Recherches soutenues par**
  - UE : 7FP RobustMilk
  - F.R.F.C
  - RW en collaboration R. Renaville (FUSAGx)

# Avenir - Développement d'un objectif de sélection



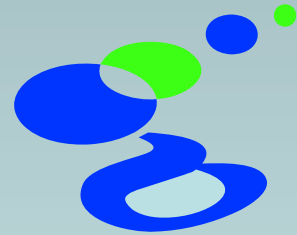
- **Objectif incluant la « Qualité nutritionnelle »**
  - Nécessite la connaissance des corrélations
    - Entre caractères « qualité » étudiés et autres caractères actuellement considérés dans la sélection
  - Etude génétique et économique des caractères nécessaires pour établir l'index
- **Développement d'évaluation génétique quantitative pour ces caractères**
  - Modèles complexes car
    - Données longitudinales, évolutives
    - Beaucoup de caractères à la fois, y compris des caractères indicateurs

# Avenir – Sélection génomique ?



- **Evaluation génétique quantitative**
  - Basée (aussi) sur SNP, appelé « Sélection génomique »
- **Principe :**
  - Equations de prédiction du phénotype basées sur les variations du génome au niveau des nucléotides (SNP)
  - Permet l'évaluation génétique d'animaux sans phénotype ou sans descendants avec phénotype
- **Permet éventuellement de palier au problèmes**
  - Manque de données AG
  - Manque de profondeur dans les données AG

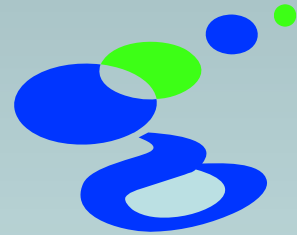
# Conclusions



- **Sélection animale est un nouvel outil pour améliorer la composition du lait**
  - Disponibilités de données, p. ex. AG
    - Calibrage MIR
  - Développement d'évaluations génétiques
  - Etablir un index de sélection approprié
- **Problèmes**
  - Définition des objectifs de sélection
  - Profondeur des données
    - ➔ Sélection génomique ?



# Merci de votre attention



[gengler.n@fsagx.ac.be](mailto:gengler.n@fsagx.ac.be)

[soyeurt.h@fsagx.ac.be](mailto:soyeurt.h@fsagx.ac.be)