



# **Principes de génomique en production bovine**

**Frédéric Fortin, M.Sc., agronome, responsable du secteur génétique,  
Centre de développement du porc du Québec (CDPQ)**

**Bernard Doré, agronome, conseiller membre du groupe Bovi-  
Expert**

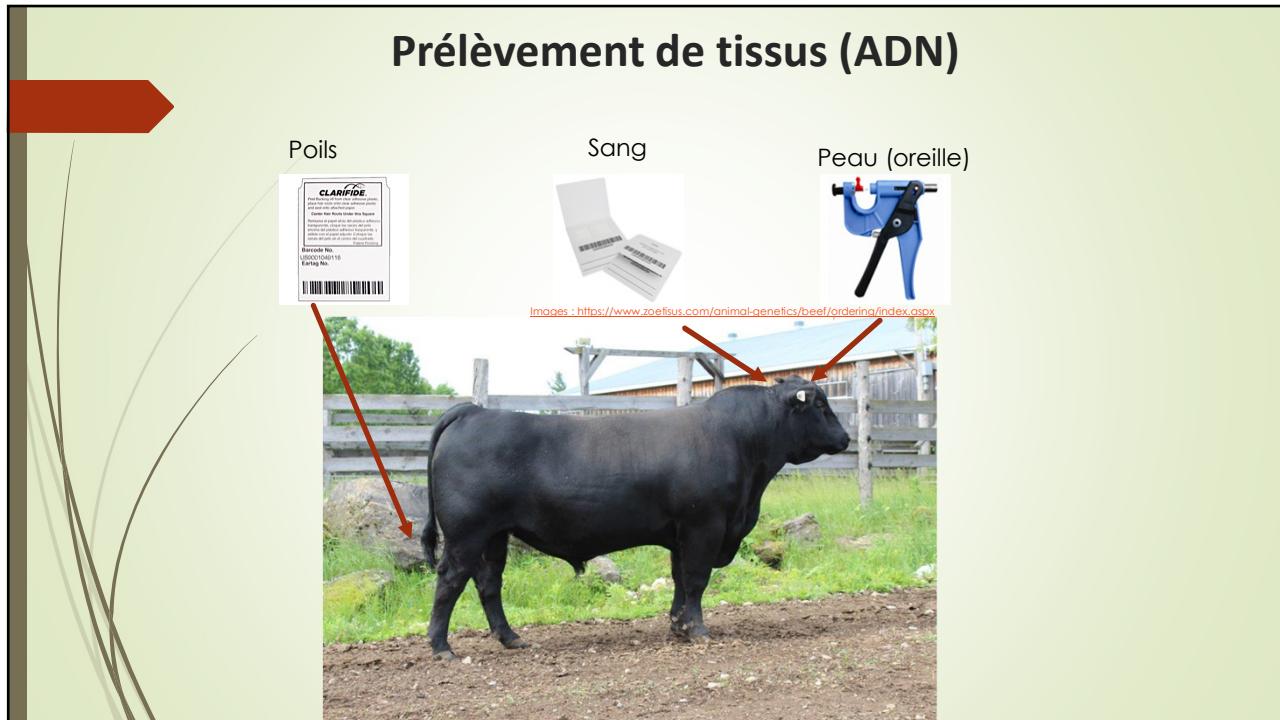
**Victoriaville, 11 octobre 2019**



## **PLAN**

- La structure de l'ADN (chromosome, gène, SNP)
- Les caractères d'intérêt
- Les techniques d'analyse
- Des facteurs de succès
- Les ÉPD améliorés par la génomique
- Quelques raisons d'avoir confiance
- Comment intégrer le tout à nos pratiques
- Le futur

## Prélèvement de tissus (ADN)



## L'extraction du matériel génétique en laboratoire

- Génome : matériel génétique d'un individu codé dans l'ADN (la base de l'hérédité)



Youtube : Protocol 1 - DNA Extraction Part 1, [The Jackson Laboratory](https://www.youtube.com/watch?v=JyfjwvXzgkA), Published on Jun 29, 2015

## La cellule

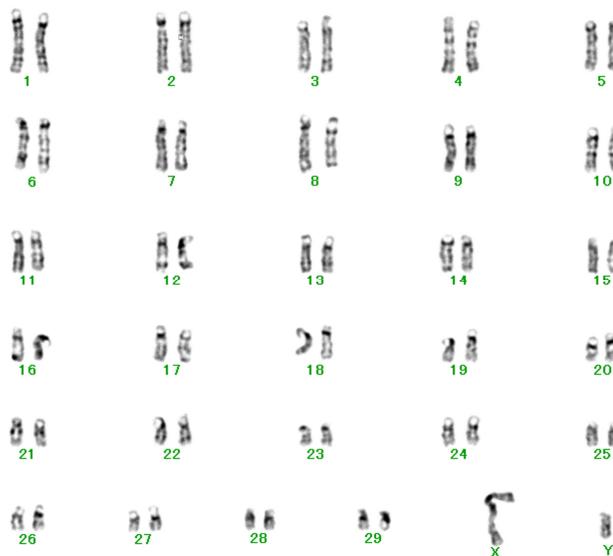
noyau

cellule

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Chromosome#/media/Fichier:Chromosome\\_fr.svg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Chromosome#/media/Fichier:Chromosome_fr.svg)

## Les chromosomes

- Une structure constituée d'ADN
- 60 chromosomes chez la vache
- 58 chromosomes homologues
- 2 chromosomes sexuels



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Karyotype\\_of\\_cattle.PNG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Karyotype_of_cattle.PNG)

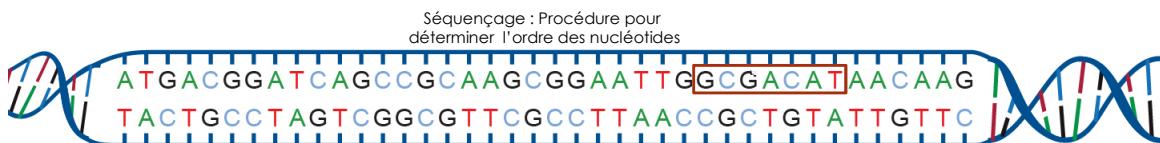
## ADN (matériel génétique)

- Hélice à double brin



## Un gène

- Séquence d'ADN qui code pour les protéines



- Le code = 4 différents nucléotides
  - Adénosine (A)
  - Thymine (T)
  - Guanine (G)
  - Cytosine (C)

Ex. : Chromosome 2 : myostatine (double muscle)

Animal 1

G C G A C A T



<https://www.la-viande.fr>

Animal 2

G C A A C A T

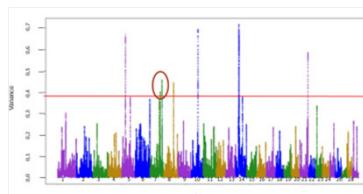


<http://www.francegrimer.fr>

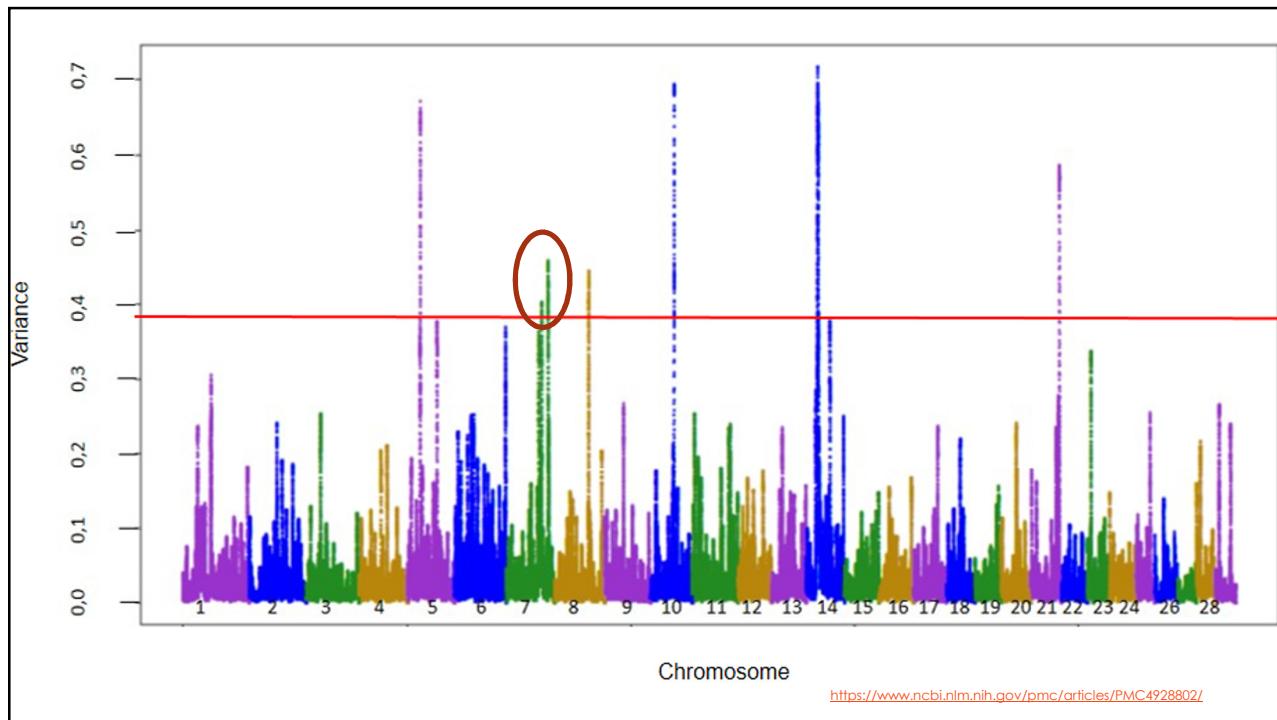
- ▶ Substitution d'un nucléotide G par un A
- ▶ Effet majeur et caractère simple

## Les caractères d'intérêt pour les producteurs

- ▶ Complexes
- ▶ Quantitatifs
- ▶ Multigéniques
- ▶ Sélection assistée par marqueurs vs génomique
- ▶ Ex. : Effets des SNP sur la tendreté de la viande (GWAS)



<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4928802/>



Ex. : Chromosome 7 : CAST calpastatin

Animal 3      Animal 4

T A G C T A C	T A G G C C A C
---------------	-----------------



<https://fr.dreamstime.com/bifteck-tendre-frais-cru-image117636271>



<https://fr.dreamstime.com/photo-stock-bifteck-boeuf-dur-image97327542>

- ▶ Substitution d'un nucléotide d'un T par un C
- ▶ Association avec la tendreté de la viande
- ▶ Effet significatif mais faible et caractère complexe

## Puces à SNP(« SNPs Chip »)

- ▶ Lamelle comportant des milliers de séquences d'ADN pour identifier les polymorphismes (génotypage)
- ▶ Différentes densités (par exemple) :
  - ▶ 3 000 SNP
  - ▶ 50 000 SNP
  - ▶ 700 000 SNP



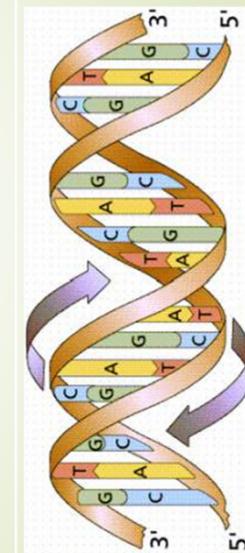
<https://www.illumina.com>

## Questions/réponses

- ▶ Combien de nucléotides dans le génome bovin ?
  - ▶ Des milliards
- ▶ Combien de SNP ?
  - ▶ Des millions
- ▶ Combien de gènes ?
  - ▶ Des milliers
- ▶ La différence génétique « l'hérédité » s'explique par l'ADN ?
  - ▶ Oui
- ▶ La différence génétique « l'hérédité » s'explique par les SNP ?
  - ▶ Seulement en partie
  - ▶ Il y a aussi les insertions, les délétions, le nombre de copies (CNV), l'épigénétique, etc.

## Développement des technologies et réduction des coûts

- ▶ Génotypage d'un nucléotide (gène HAL)
  - ▶ En 1991 (1 SNP) : environ 50 \$ par individu
- ▶ Génotypage par la puce à SNP
  - ▶ En 2008 (50 000 SNP) : environ 200 \$ par individu
- ▶ Séquençage du génome humain
  - ▶ En 2003 (plus de 10 ans) : environ 3 milliards \$
- ▶ Séquençage du génome bovin
  - ▶ En 2006 (4 ans) : environ 50 millions \$
- ▶ Séquençage d'un nouveau génome
  - ▶ En 2011 (en jours) : en milliers de \$
  - ▶ En 2017 (en heures) : 1000 \$
  - ▶ De 3 à 10 ans : environ 100 \$



## Facteurs de succès à l'implantation de la sélection génomique

- ▶ Base de données de performance pour l'entraînement des évaluations génomiques
- ▶ Participation des éleveurs au génotypage
  - ▶ Valeurs des animaux sur le coût du génotypage
- ▶ Contribution des producteurs commerciaux
  - ▶ Retour sur investissement
  - ▶ Développement de la filière bovine

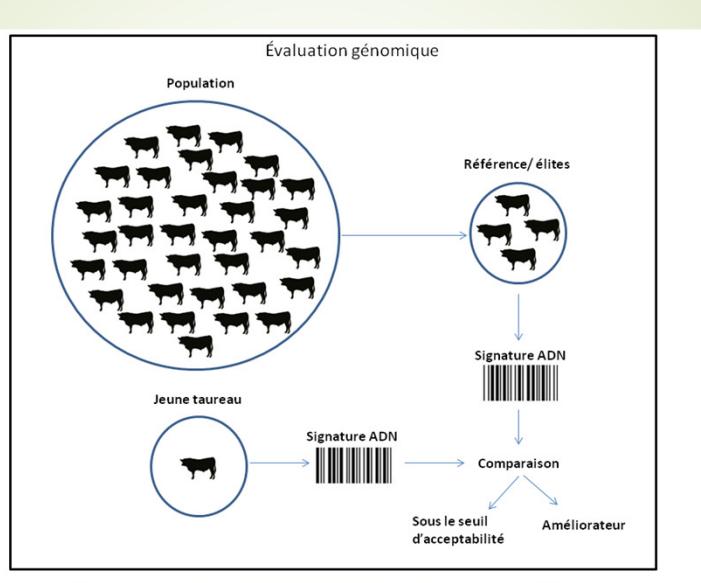
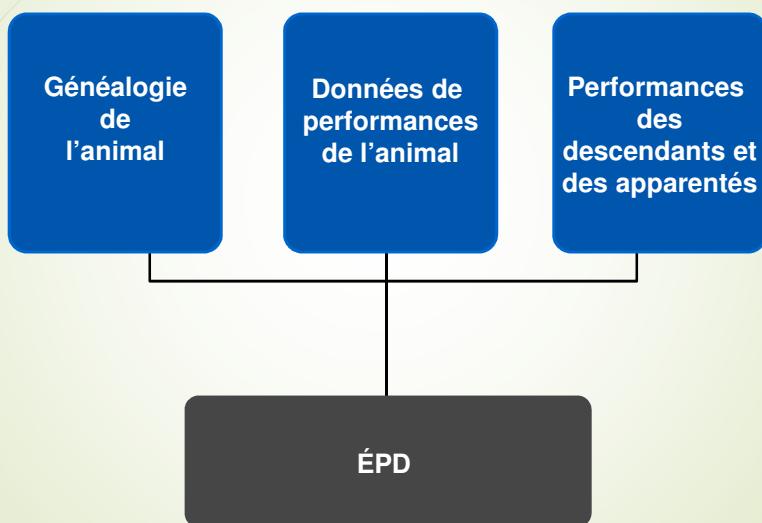
## DOIS-JE ME SOUVENIR DE TOUS CES TERMES TECHNIQUES ?



### Des outils de sélection améliorés

- La sélection génétique doit reposer sur des outils fiables et précis :
  - Performances brutes
  - Données ajustées
  - Indices, rang centile
  - Indices économiques
  - Conformation fonctionnelle
  - Généalogie
  - EPD
  - EPD génomique

## Calcul des ÉPD



Courtoisie de Claude Robert, PhD, professeur titulaire, Département des sciences animales, Université Laval. Présenté lors du 38<sup>e</sup> Symposium des Bovins laitiers, CRAAQ

## Calcul des ÉPD améliorés par la génomique

Généalogie  
de  
l'animal

Données de  
performances  
de l'animal

Performances  
des  
descendants et  
des apparentés



Valeurs  
génomiques

ÉPD génomique

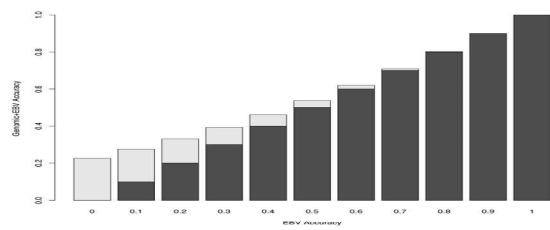
### ÉPD génomique - Pourquoi ?

- Le principal gain se traduit par une augmentation de la précision des ÉPD.
- Plus la précision d'un ÉPD augmente, meilleur sera l'estimé du vrai potentiel génétique de l'animal.
- Et plus, on peut avoir confiance que l'animal transmettra son potentiel génétique à sa progéniture.

## ÉPD génomique - Pourquoi ?

- La précision des ÉPD sera améliorée significativement chez les plus jeunes animaux et les animaux ayant peu de données de performances.
- Plus on ajoutera de descendants évalués et génotypés, plus on améliorera les ÉPD génomiques.

## ÉPD génomique-Pourquoi ?



Section pâle = gain de précision par le génotypage

## Notion de descendants équivalents

- C'est comme si un animal avait plus de descendants nés et ayant des données de performances, même s'ils ne sont pas nés.
- Le nombre additionnel de descendants équivalents varie selon les caractères.

### Nombre de descendants équivalents

(Source : Association Angus du Canada, juin 2019)

Caractère	Descendants équivalents
Facilité de vêlage-directe	22
Poids à la naissance	12
Poids au sevrage	19
Poids à un an	23
Aptitude laitière	15
Persillage	17
Poids de la carcasse	7

BD1  
BD2  
BD3  
BD5

## Exemple : Taureau Angus PJ 4F, né le 6-01-2018 \*

(ÉPD génomique de juin 2019, CAA)

Caractère	Précision %	ÉPD	% Supérieur
Facilité de vêlage-directe	33	+5.0	35
Poids à la naissance	50	0.0	10
Poids au sevrage	43	+ 52	30
Poids à un an	39	+ 98	15
Aptitude laitière	30	+ 26	10
Persillage	32	+ 0.19	80
Poids de la carcasse	36	+ 17	91

\* Éleveur du taureau : Ranch PJ, Hemmingford, QC

## Avant de décider de l'acheter...



**Assurez-vous qu'il soit génotypé !**



BD1  
BD2  
BD3

**EST-CE IMPORTANT DE SAVOIR COMMENT LES ÉPD  
GÉNOMIQUES SONT CALCULÉS ?**



## Qu'est-ce ça me donne ?

- Des estimés du potentiel génétique plus précis.
- Une sélection plus efficace, surtout chez les jeunes sujets.
- Une amélioration génétique plus rapide dans mon troupeau de race pure.

## Combien ça me coûte ?

Type d'analyse de l'ADN	Coûts actuels (\$)**
Vérification de la parenté	30-40
Génotype de basse densité	50
Génotype de haute densité	70
Couleur du poil	25
Gène acère	50
Gène acère et couleur du poil	65

\*\*Estimés



## Ça prend combien de temps avoir les résultats ?

- Je dois d'abord obtenir des cartes pour la transmission des échantillons de poils.
- Je compte 3 à 4 semaines après la réception des échantillons au laboratoire.
- Les résultats sont transmis au bureau de mon Association de race, puis je peux les consulter par internet.



## Quels sujets devrait-on faire génotyper ?

- Les jeunes taureaux sélectionnés pour la reproduction et les femelles d'élevage.
- Les vaches retenues comme donneuses d'embryons devraient aussi être génotypées.
- Les taureaux offerts par les centres d'insémination sont la plupart du temps génotypés.



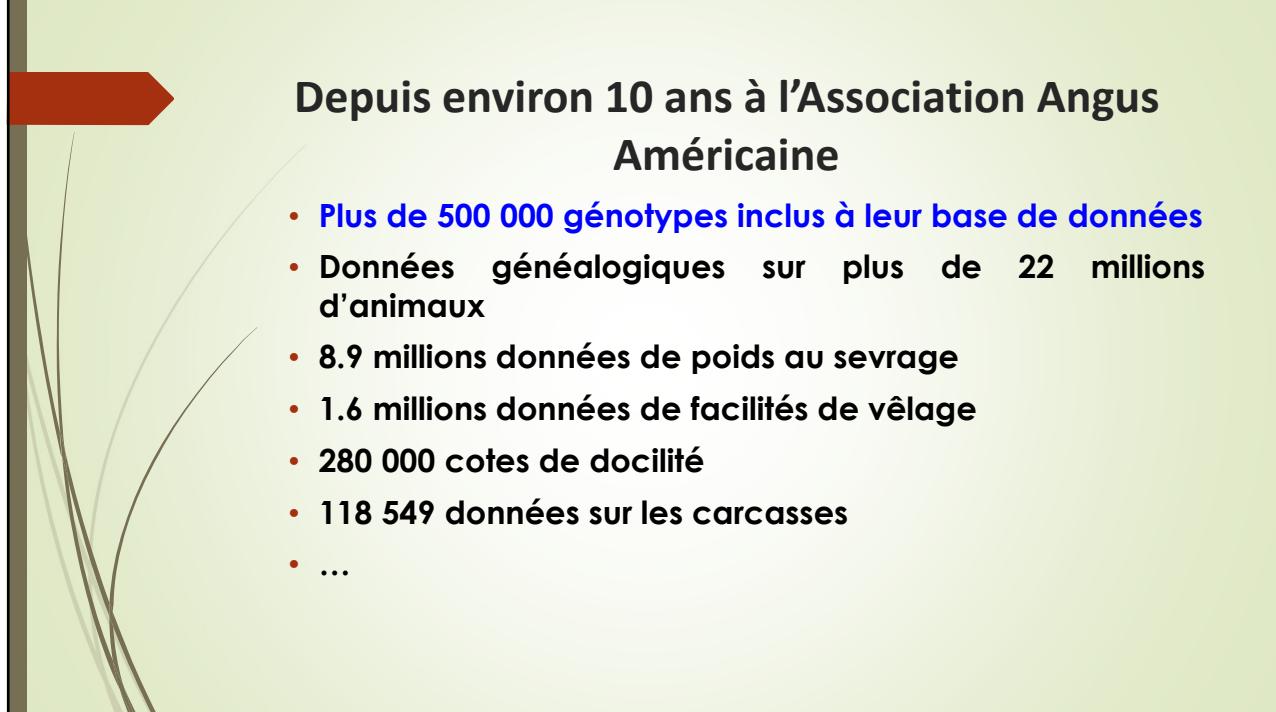
## Qu'est-ce que ça va améliorer chez nous ?

- Une augmentation de la précision des ÉPD (plus rapide chez les jeunes sujets).
- Un meilleur estimé du vrai potentiel génétique de l'animal.
- Une confiance accrue que l'animal transmettra son potentiel génétique.



## Est-ce que je dois encore faire du contrôle de performances ?

- La génomique **ne remplace pas** la prise de données de performances.
- Les données de performances et généalogiques doivent être combinées aux analyses génotypiques.
- Les mesures par ultrasons contribueront aux ÉPD génomiques sur les données de carcasse.



## Depuis environ 10 ans à l'Association Angus Américaine

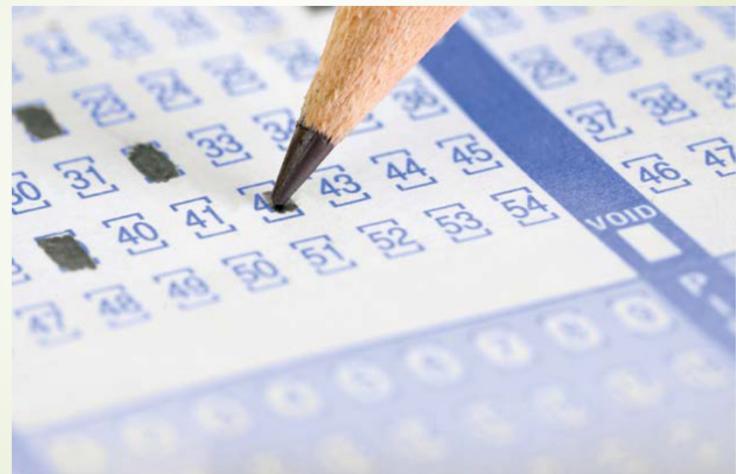
- **Plus de 500 000 génotypes inclus à leur base de données**
- Données généalogiques sur plus de 22 millions d'animaux
- 8.9 millions données de poids au sevrage
- 1.6 millions données de facilités de vêlage
- 280 000 cotes de docilité
- 118 549 données sur les carcasses
- ...



## L'avenir au niveau de la génomique ?

- Séquençage de l'ADN
- Protection contre les maladies
- Résistance immunitaire
- Amélioration de l'efficacité économique
- ...

En résumé, jouer à la loterie ou...



Jouer sûr avec des outils fiables !

