

## WEBINAR DI FORMAZIONE DEL CONTRATTO GENETICO CAPRINO (CGC) LA GENETICA CAPRINA VERSO UNA DIMENSIONE EUROPEA – PARTE I



Pierre Martin [pierre.martin@capgenes.com](mailto:pierre.martin@capgenes.com)  
Sito web [www.capgenes.com](http://www.capgenes.com)

# Evoluzione storica e situazione attuale della genetica caprina in Francia

27 APRILE 2022

# **Le schéma de sélection caprin français son histoire et ses évolutions**

# Principes

- Mise en place de l'organisation collective et des protocoles de collecte de données
  - Recueil des filiations et de la race
  - Mesures des données laitières et morphologiques (phénotypes)
  - Connaissance des systèmes d'élevages et du milieu
  - Organisation de la sélection
  
- Maîtrise des outils classiques de la sélection quantitative
  - Développement de l'insémination
  - Optimisation du schéma de sélection (pères et mères à boucs)
  - Perfectionnement de l'évaluation des reproducteurs
  - Utilisation de la génomique
  - Rationalisation des objectifs de sélection

# Les années 50

## Création des livres généalogiques

- 1950 : création du livre généalogique Poitevin
- 1955 : création du livre généalogique alpin qui regroupe les éleveurs s'intéressant à la sélection en chèvre alpine et saanen sous forme d'association

- Missions :
  - Enregistrer les naissances
  - Assurer une visite annuelle pour éliminer les jeunes animaux présentant des anomalies
  - Délivrer les pédigrées

**Ascendance**

**Père** (nom Grapié N° 19)  
 Section..... Volume.....  
 inscrite au titre (3) Ascendance  
 et confirmée (4) avec..... points.

**Mère** (nom Glizot N° 89)  
 Section..... Volume.....  
 inscrite au titre (3) I  
 et confirmée (4) avec 79,4 points,  
 ayant donné une production annuelle de :

|                      | Années |       |    |    |    |    |
|----------------------|--------|-------|----|----|----|----|
|                      | 1952   | 1953  | 19 | 19 | 19 | 19 |
| Lait . . . . .       | 952    | 1063  |    |    |    |    |
| Matière gr. .        | 32,7   | 32,7  |    |    |    |    |
| Ext.sectotal         | 11,9   | 125,5 |    |    |    |    |
| T. B. M. . . .       | 35     | 36,4  |    |    |    |    |
| Taux ext. ses total. | 117,5  | 118   |    |    |    |    |

**Observations particulières :**

# Les années 60

## Mise en place des outils

- Mesure par l'INRA de la qualité du lait de chèvre : 26 TP/30 TB: (par rapport au lait de vache 32 TP/ 38 TB)
- En 1963 : contrôle laitier devient officiel en caprin (MAT et Matière Grasse pour les éleveurs inscrits dans les livres généalogiques (dosage par la méthode au noir amido)
- En 1966 : choix de la quantité de MAT comme critère de sélection (quantité de lait et TB utilisés en bovins)
- **En 1969 !** Premier testage sur descendance en station (à Moissac en Lozère) ; 15 à 18 évalués sur descendance annuellement avec en moyenne 8 filles par bouc et **Première indexation des mâles de ferme (Index MAT diffusé)**

# Les années 1970

## Mise en place de l'UPRA

- 1972 : Création de l'UPRA CAPRINE:
  - Collège Création (éleveurs délégués)
  - Collège Diffusion (Coop d'IA et contrôles laitiers)
  - Collège Utilisation (GIE et laiteries)
  - Organismes associés (Ministère, FUS, ITOVIC, INRA...)
- 1975 :
  - choix des mères à boucs parmi les troupeaux adhérents de l'UPRA **sur les performances et la morphologie**
  - choix de travailler sur des mâles d'IA **cornus** (masculinisation de certaines femelles mottes)

**1977 : Première indexation des femelles en ferme**

# Les années 1980 : utilisation en ferme des outils génétiques

- 1981 : la MAT est abandonnée au profit de la mesure du taux de protéine vraie (meilleure appréciation des protéines coagulables), mères à boucs sont choisies à partir des **index, des performances et de la morphologie**
- **1982 : Mise en place d'un programme de connexion**
- Définition d'un objectif de sélection incluant l'index TP (Choix des meilleures femelles sur l'index MP ayant un **index TP>0**)

# Les années 1980

## Utilisation en ferme des outils de la sélection

- 1986 : fin du testage en station et démarrage du testage en ferme des boucs d'IA : 30 à 40 boucs testés pour les deux races (amélioration des performances sur la matière protéique et le Taux protéique)

# Les années 1990 une innovation permanente



- 1992 : lancement du programme Gènes + : partenariat contrôle laitier, insémination, UPRA
  - 1993 : utilisation dans l'indexation du BLUP Modèle Animal
  - 1995 : publication du génotype caséine alpha S1  
**création de l'index de synthèse économique :**  
**Index Combiné Caprin : ICC = MP+0,4TP**
- rénovation de la grille de pointage

# Les années 1990 une innovation permanente

- 1999 : prise en compte de la matière grasse dans l'objectif de sélection à la demande des laiteries:

$$\text{ICC} = \text{MP} + 0,4\text{TP} + 0,2\text{MG} + 0,1\text{TB}$$

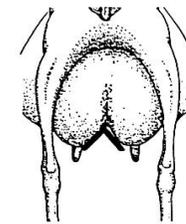
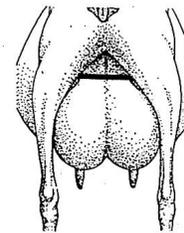
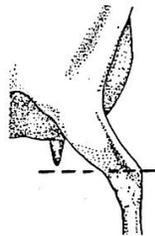
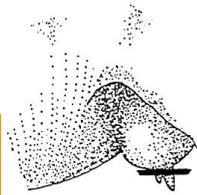
- Choix d'une pondération « centrale » pour les éleveurs laitiers et pour les éleveurs fromagers fermiers

# Les années 2000

## diversification des caractères

- 2002 : prise en compte de la diversité génétique par le choix des pères à boucs issus de familles différentes (12 familles en Alpin et 12 familles en Saanen)

- 2005 : mise au point d'un index de synthèse morphologique  
**I'MC**



# Les années 2000

## diversification des caractères

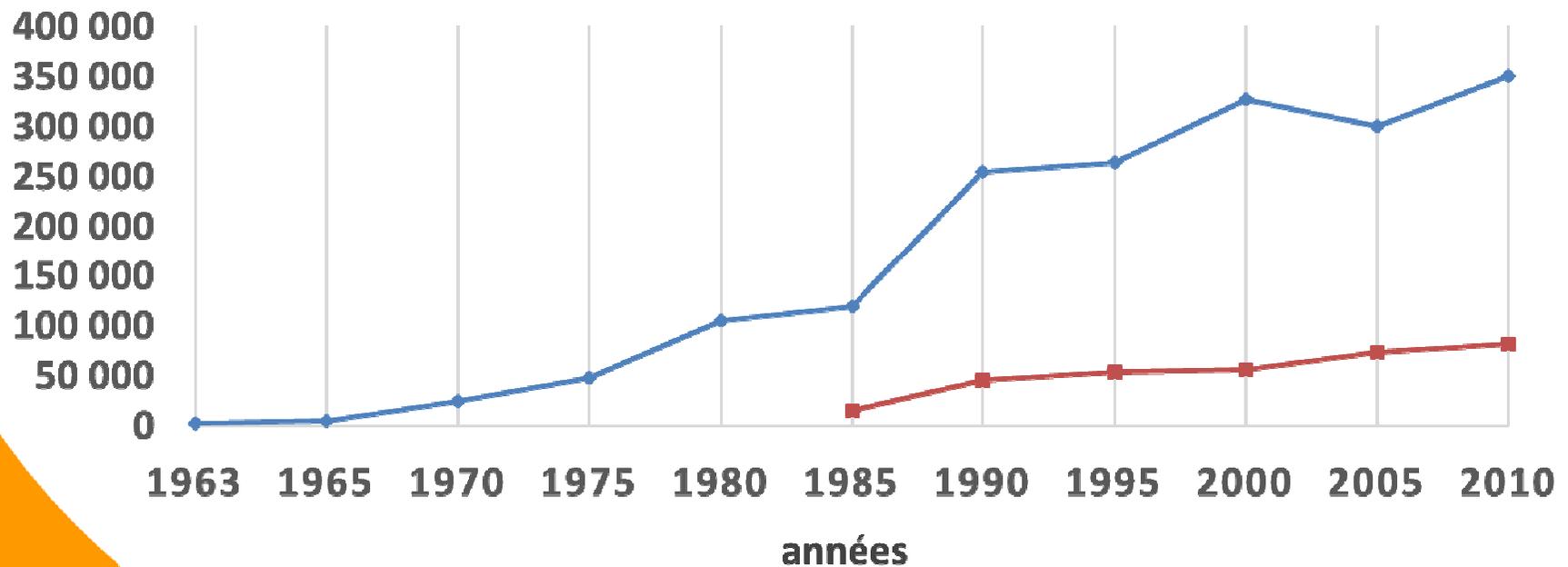
- 2006 : intégration de la morphologie dans l'objectif de sélection et utilisation de la méthode de Sélection à Parenté Minimum dans le choix des pères à boucs, des mères à boucs et des accouplements

- En Alpin **ICC= 0.67 IPC + 0.33 IMC**

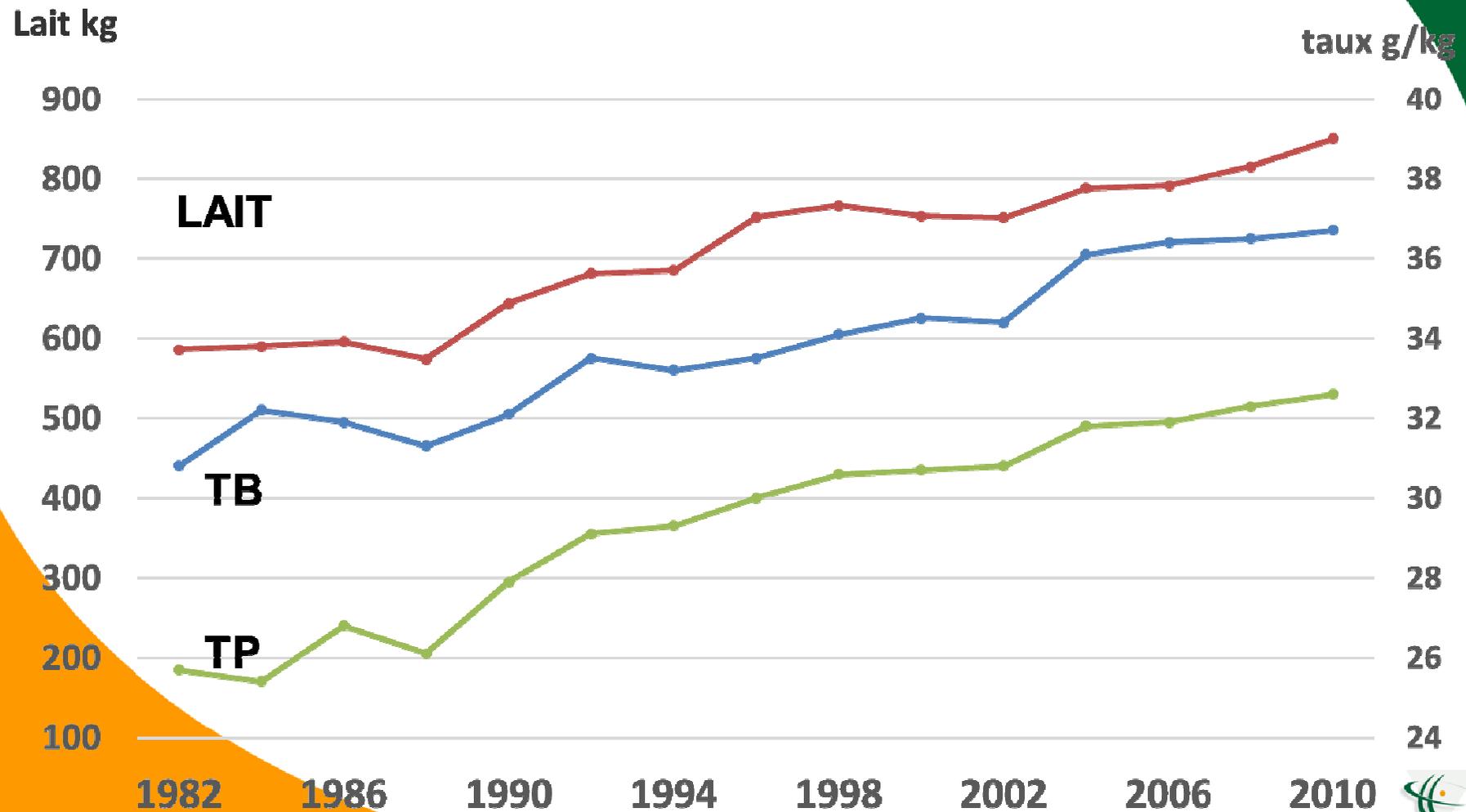
- En Saanen **ICC =0.56 IPC + 0.44 IMC**

# Evolution des chèvres

—•— chèvres contrôlées    —■— chèvres inséminées



# Evolution des performances



# Les années 2010

## utilisation progressive des données moléculaires

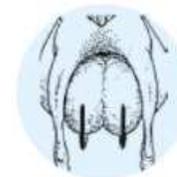
- 2012: critère de sélection évolutif: **I**ndex **C**ombiné **C**aprin

$$\text{ICC alpin} = \text{IPC} + 0.5 \text{ IMC}$$

$$\text{ICC saanen} = \text{IPC} + 0.6 \text{ IMC}$$

$$\text{IPC} = \text{MP} + 0.4\text{TP} + 0.2\text{MG} + 0.1\text{TB}$$

**Nouvelle version de l'IMC= profil + plancher + largeur  
attache arrière + avant pis + orientation des trayons**



# Les années 2010

## utilisation progressive des données moléculaires

- 2014 :
  - Diffusion de l'index cellule pour les mâles et les femelles
  - Pris en compte de cet index dans le choix des mères à boucs, des pères à boucs et des accouplements avec un poids relatif de 15%

2018

## Indexation génomique dans le schéma de sélection caprin

2015

Génotypage de 250 boucs d'IA supplémentaires

2014

Recherche de QTL et de gènes d'intérêt pour la filière caprine

2011

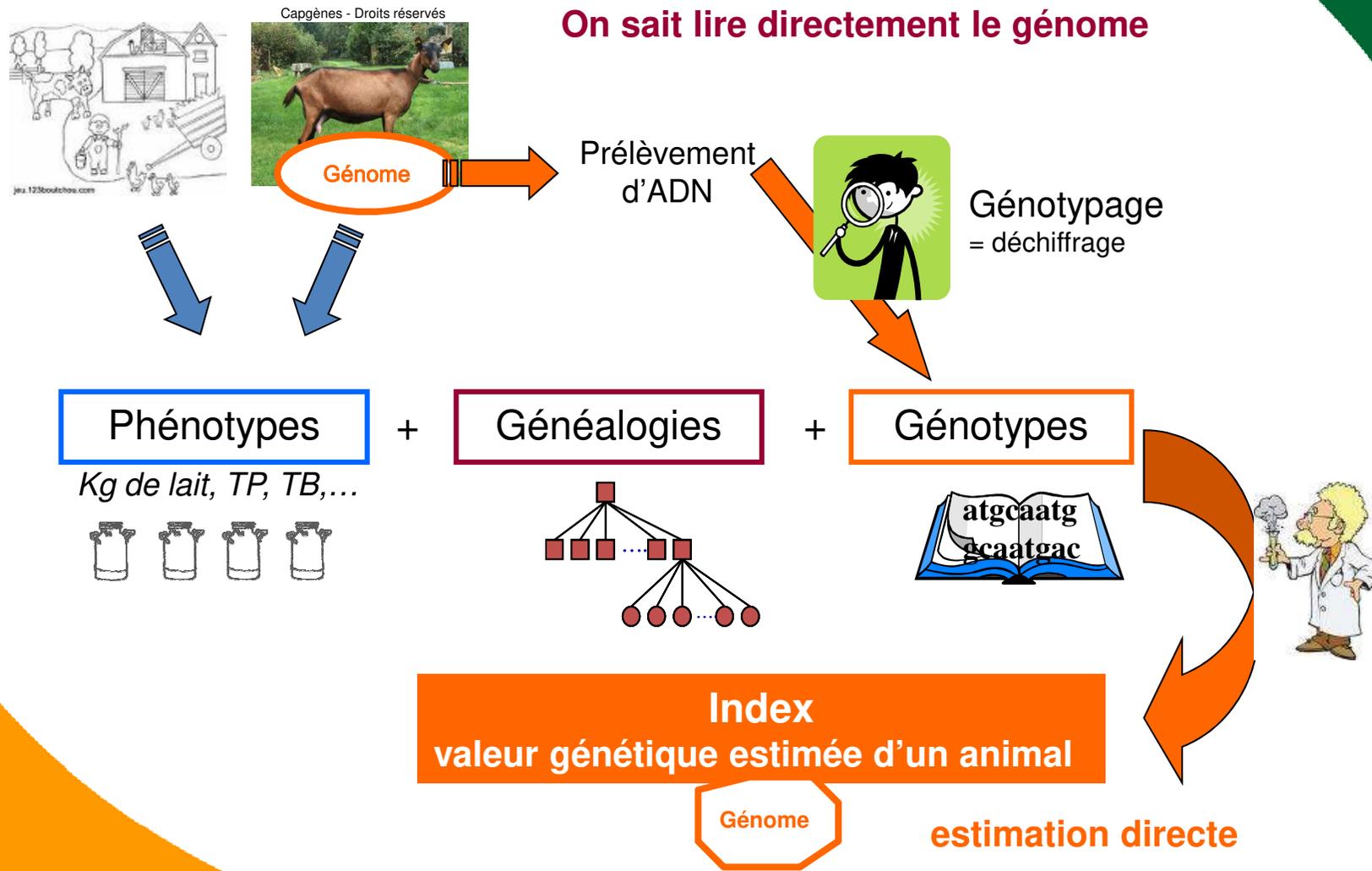
- Utilisation dans le choix des mâles des gènes de résistance à la tremblante
- Génotypage de 850 boucs d'IA
- **Création d'une puce SNP internationale caprine 50k**

2010

Séquençage par la Chine du génome caprin



# Avec la génomique...



# Deux stratégies complémentaires

- **Détection de QTL (zone du génome ayant un effet majeur sur un caractère) et recherche de gènes**
  - Application : sélection par prise en compte de **quelques** marqueurs dans **quelques** régions du génome bien connues et précises (idéalement gènes)
    - ciblée sur **quelques** caractères
    - à combiner dans les index classiques ou génomiques (effet gène + effet polygénique)
- **Sélection génomique**
  - Application : sélection par prise en compte d'une **multitude** de marqueurs sur l'ensemble du génome
    - concerne **tous** les caractères en sélection
    - on s'affranchit de la connaissance des gènes
    - calcul d'index génomiques

# Détection de QTL et recherche de gènes

- **Gènes déjà connus : PRP pour la tremblante, caséines alpha S1 et PIS pour le cornage**
- **Sur les caractères laitiers (lait, taux, cellules, compositions fines des laits)**
- **Sur les caractères morphologiques**
- **Sur les tares ou anomalies**
- **Demain : sur les caractères de production de semences et sur tous les nouveaux caractères qui seront nouvellement évalués**

Gène identifié

**DGAT1 (taux butyreux) : 2 mutations**

1 SNP  
= bon prédicteur

**Cou rose (Saanen)  
Pampilles**

Quelques SNP  
= prédiction moyenne

**Rose (Saanen)**

QTL très forts  
(à l'étude)

**Plancher jarret, attache arrière, lait, MP, MG  
Cellules (Saanen)**

Polygénique

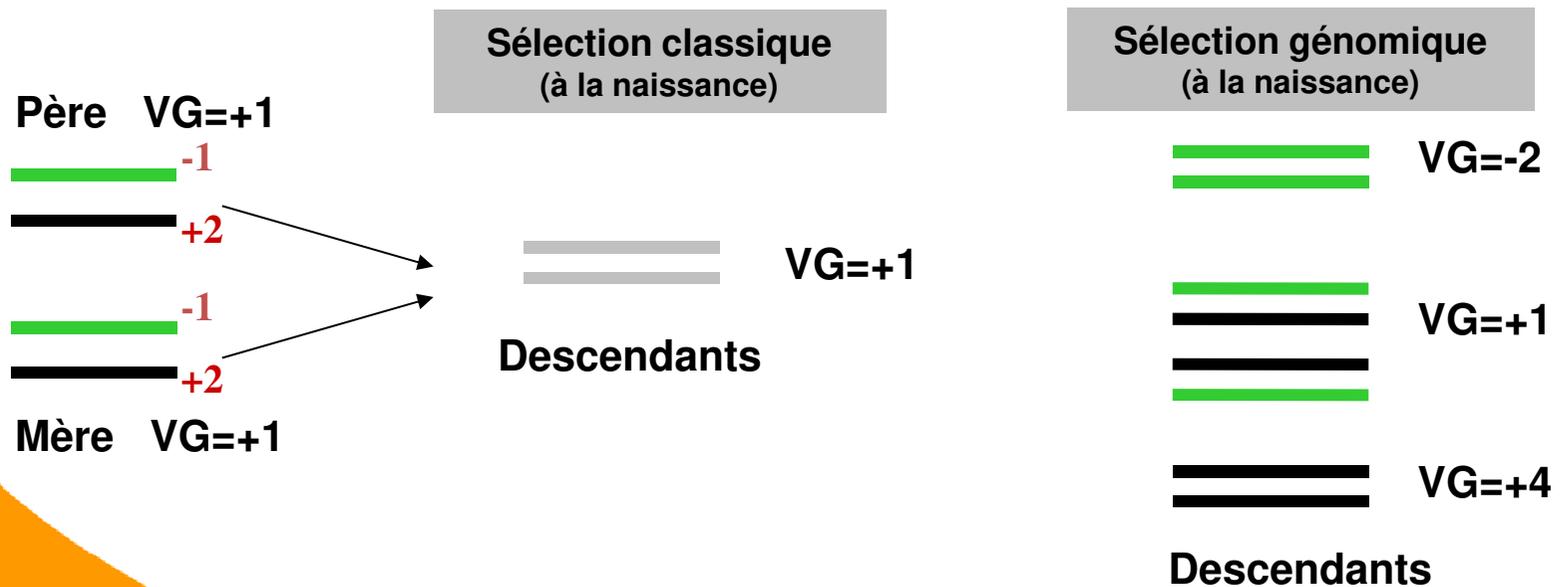
**Débit de lait à la traite  
Trayon surnuméraire**

# Objectif et principe de la sélection génomique

- Estimer la valeur génétique des candidats à partir des marqueurs couvrant tout le génome → index génomiques
- **Ingrédients** : généalogies, performances, génotypes
- **Principe** :
  - Estimations des effets des SNP dans la pop de référence (avec performances et génotypes)
  - Puis, application de ces estimations d'effets à des candidats (génotypes) → prédiction de leur valeur génomique

- Possibilité d'avoir une estimation **fiable** de la valeur génétique des animaux **peu après leur naissance**

Dès la naissance, on sait quel fragment chromosomique un descendant a reçu de ses parents (aléa de méiose)



# Objectif et principe de la sélection génomique

- Gains permis par la sélection génomique (progrès génétique) :
  - **Intervalle de génération** → utilisation + précoce des mâles IA
  - **Intensité de sélection** → sélection des futurs mâles IA parmi + de candidats
  - **Précision des valeurs génétiques** → CD plus élevés, surtout à la naissance

# Index génomiques : les différentes briques

fait

Gestion et traitement  
des génotypes

Modèle d'évaluation  
Validation logiciel

Fait,  
pour tous les  
caractères

Chaîne indexation  
automatisée et paramétrable

Fait,  
pour tous les  
caractères

Validation des index et CD

Fait,  
pour tous les  
caractères

Diffusion et utilisation  
des index

Fait,  
pour tous les caractères

# Index génomiques : quelques éléments à retenir

- Pour la majorité des animaux (mâles IA avec filles, femelles avec perf.)
  - index génomiques  $\approx$  index classiques
  - CD génomiques  $\approx$  CD classiques
- Pour les jeunes animaux (femelle sans perf., mâles IA avec pas/peu de filles)
  - Index génomiques peuvent être très différents des index classiques
    - mais **sont** « plus justes »
  - Gain de CD varie selon le caractère, la race et le millésime
    - De +0,05/0,06 à +0,12 CD génomique MP jeunes mâles sans perf. = 0,60 Montbéliarde / 0,50 caprins

# La génomique concrètement

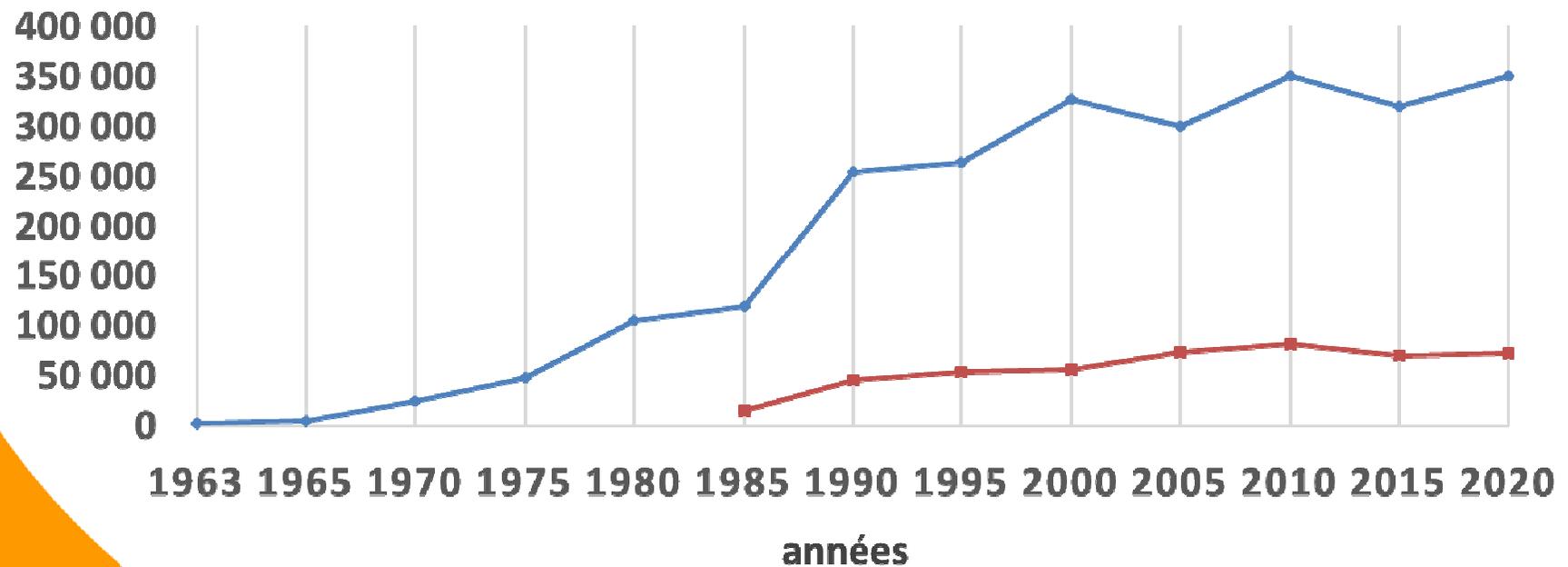
- Tous les boucs d'IA testés sur descendance depuis 20 ans ont été génotypés et ont un index génomique test
- Les boucs d'IA de la nouvelle série de testage (série N proposée en 2018) sont génotypés et auront un index génomique fin janvier 2018; Cet index ne sera pas diffusé mais sera utilisé pour mieux diffuser la semence
- Les futurs boucs d'IA achetés par Capgènes en 2018 (série O) seront génotypés et sélectionnés sur leur index génomique
- Les index génomiques seront diffusés dans la chaîne génétique pour les éleveurs et les techniciens pour la campagne 2019 pour les jeunes boucs d'IA

# Les années 2020

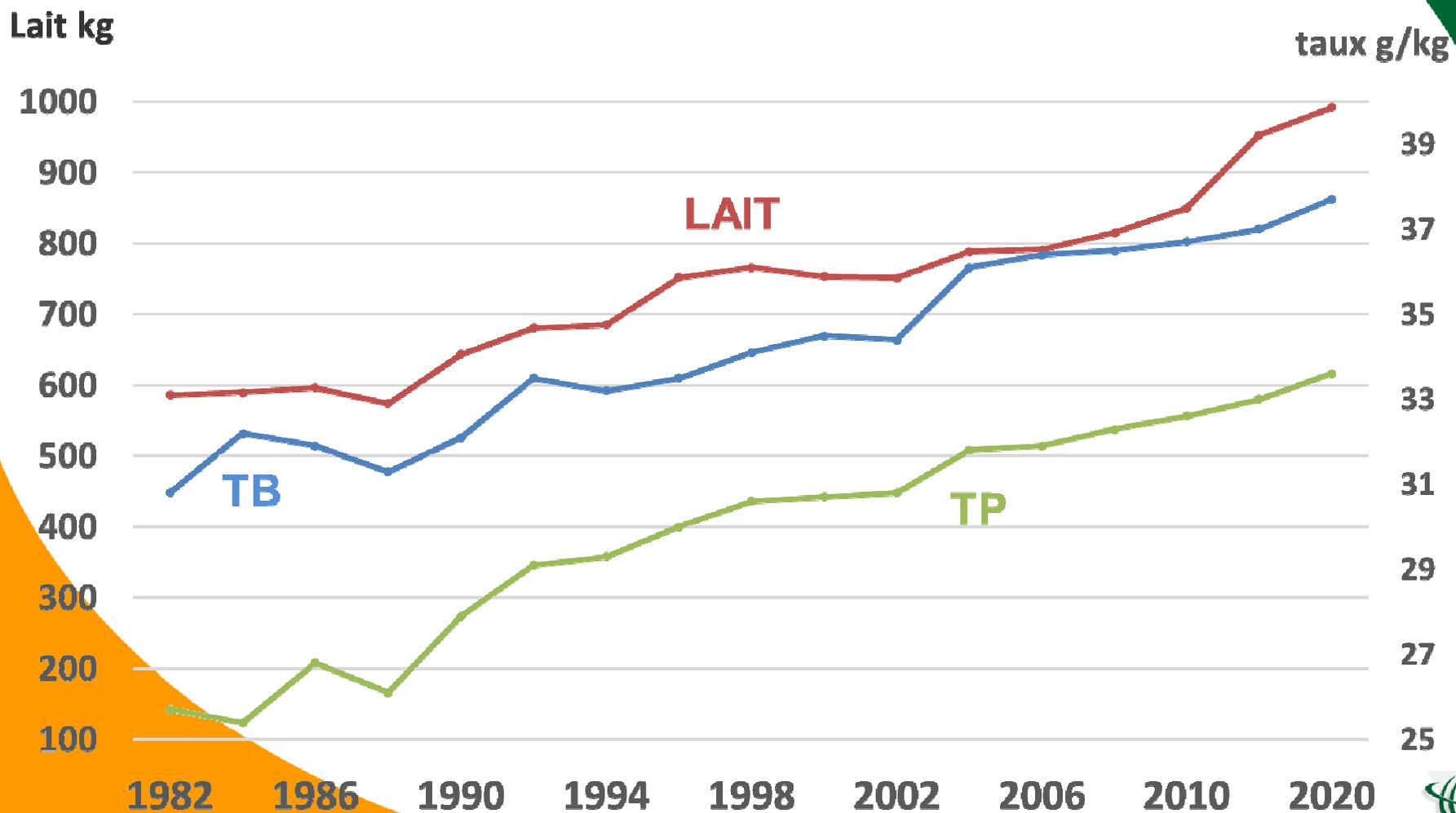
## la génomique à tous les étages

# Evolution des chèvres

—• chèvres contrôlées —■ chèvres inséminées



# Evolution des performances



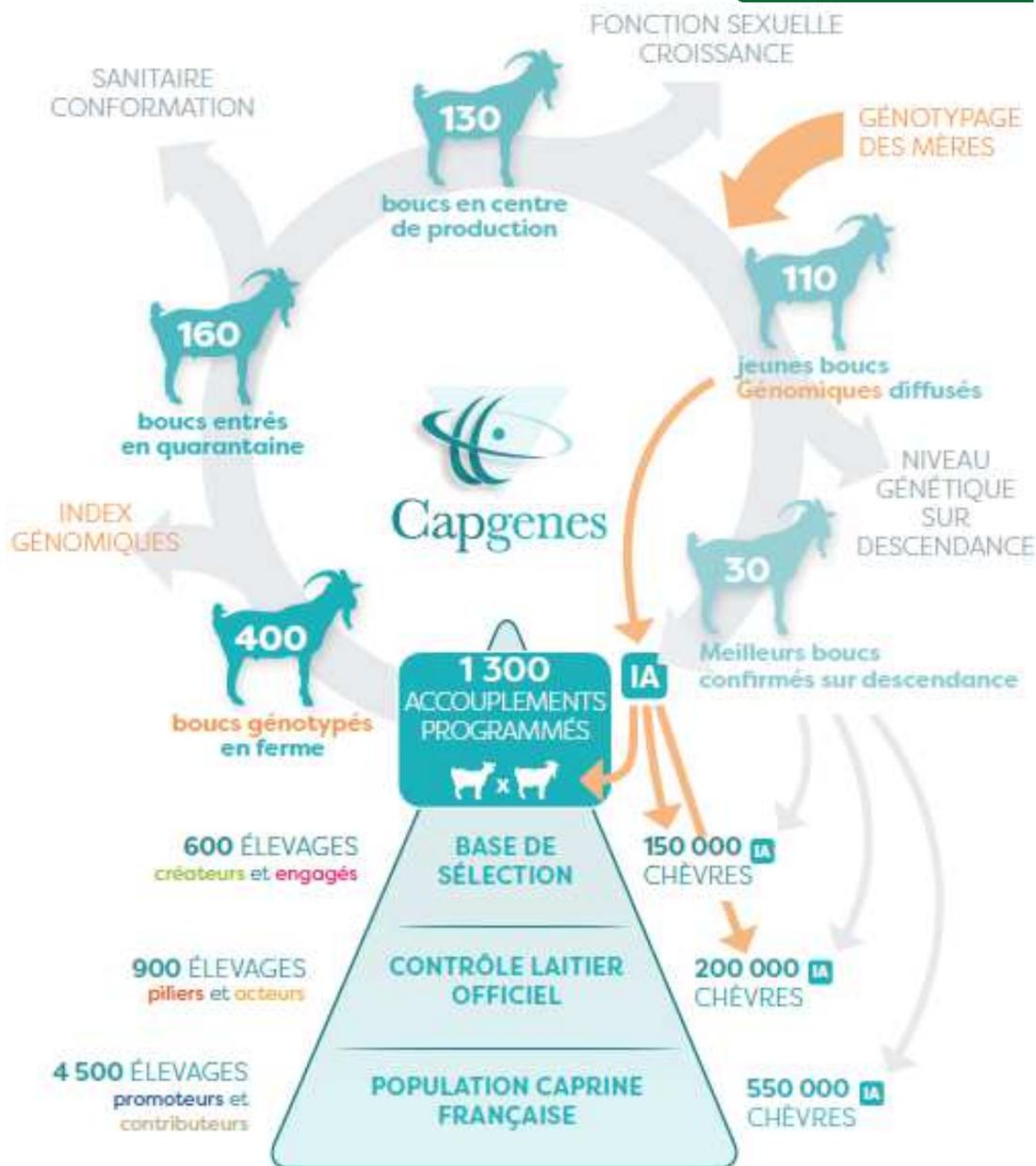
# Le schéma génomique

ACCÉLÉRATION DU PROGRÈS GÉNÉTIQUE

Meilleure précision des index

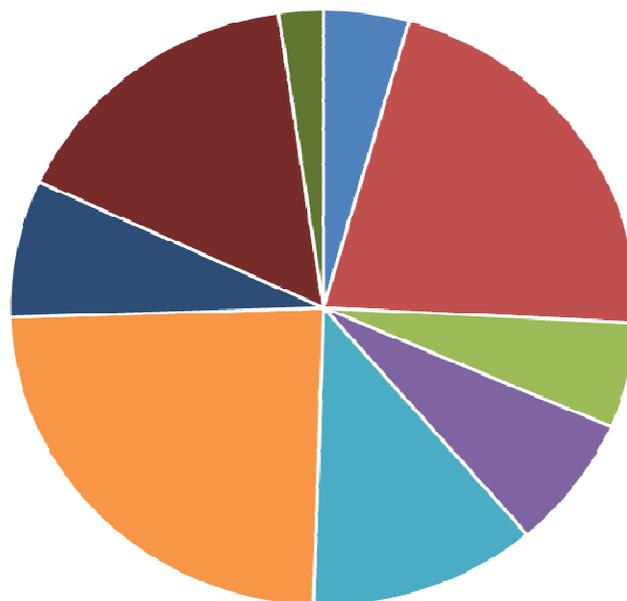
Intensité de sélection accrue

Intervalle de génération réduit



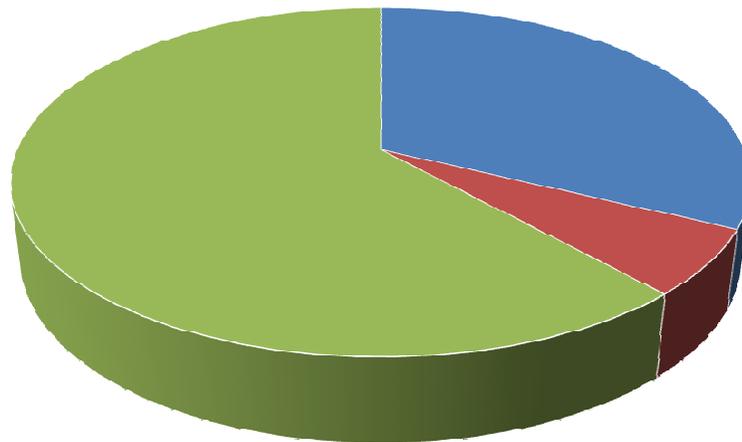
# La force du schéma tient dans la diversité des systèmes d'élevages

systeme alimentaire dans les 1 500 élevages suivis en controle de performances



- pastoral
- enrubannage
- foin désyhradté
- paturage
- foin graminé
- ensilage maïs
- fouillage en vert
- foin luzerne
- paille concentré

## SYSTEME DE VENTE DANS LES 1 500 élevages suivis en contrôle de performance



■ FROMAGER ■ MIXTE ■ LAIT

# La force du schéma tient dans la forte connexion entre les élevages

## 🐾 Deux raisons majeures de s'intéresser à la connexion :

🐾 Fondement de l'indexation : Performances + **Pedigrees** = Index

🐾 A la base du Programme GA : Services adaptés au **niveau** de l'éleveur  
**d'engagement**

## 🐾 Envoi des Bilans de connexion

🐾 **Document Eleveur** : Bilan de connexion individuel : mesure de la connexion sous forme de qualité de la connexion (CD comme pour les index)

## 🐾 Outil de travail pour les techniciens

🐾 Bilan de connexion individuels

🐾 Tableur (*excel*) avec le récapitulatif et les statistiques par région Gènes Avenir

# Les Règles de la « Connexion »

## SUIS-JE CONNECTÉ ?

L'élevage est considéré connecté quand :

CD DE CONNEXION  $\geq 0,40$  ET TAUX DE GÉNÉALOGIES CONNUES  $\geq 30\%$   
OU  
 $0,20 \leq$  CD DE CONNEXION  $< 0,40$  ET TAUX DE GÉNÉALOGIES CONNUES  $\geq 60\%$

- Deux leviers pour atteindre le seuil de connexion :
  - Pratiquer l'insémination  
*pour assurer son renouvellement avec des femelles issues d'IA*
  - Gérer les filiations des lots en saillie naturelle  
*pour avoir des chevrettes filées*

Les acteurs de la filière caprine ont identifié plusieurs niveaux d'engagement dans le programme Gènes Avenir :

|                      | Adhésion Contrôle Laitier Officiel + Capgènes | Adhésion Contrôle Laitier Officiel | Adhésion Contrôle Laitier Simplifié | Non adhérent Contrôle Laitier |
|----------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Elevage connecté     | <b>CREATEUR</b>                               | <b>PILIER</b>                      | <b>PIONNIER</b>                     | <b>CONTRIBUTEUR</b>           |
| Elevage non connecté | <b>ENGAGE</b>                                 | <b>ACTEUR</b>                      | <b>PROMOTEUR</b>                    |                               |

# Quel intérêt pour l'éleveur ?

- **De bons outils de pilotage du troupeau (*documents génétiques*)**
  - Fiabilité de ses index troupeau (*comparaison à la base nationale*)
  - Des services Gènes Avenir + complets *quand niveau d'engagement supérieur*
  - Pointage des primipares avec un père connu *Créateurs, Engagés*
- **Améliorer les performances technico-économiques**
  - Repérer les bonnes / mauvaises lignées
  - Valoriser ses animaux en reproducteur
  - Contribuer à la qualité de l'offre génétique qui lui ait proposé
    - + de généalogies connues = indexation + fiable = schéma de sélection + performant



# La force du schéma tient dans la collecte Harmonisée de données depuis de nombreuses Années

- 🐄 **LAIT et TAUX depuis 1980** : 2 millions de contrôles individuels par an
- 🐄 **Cellules depuis 1999** : 2 millions de contrôles individuels par an
- 🐄 **Lait, Taux et cellules** : 300 000 nouvelles lactations standardisées à 250 jours pour l'évaluation génétique par an
- 🐄 **Pointages morphologiques depuis 1999** : 17 postes mesurés sur 30 000 primipares par an
- 🐄 **Génotypage depuis 2004** : tous les boucs d'IAS jusqu'en 2018, depuis tous les candidats

# La force du schéma tient dans la conduite des accouplements programmés:

- **La pression de sélection voie femelle** : 5 % des meilleures femelles sont retenues
- **La pression de sélection avant l'entrée au centre** : 2 mâles retenus sur 5 génotypés

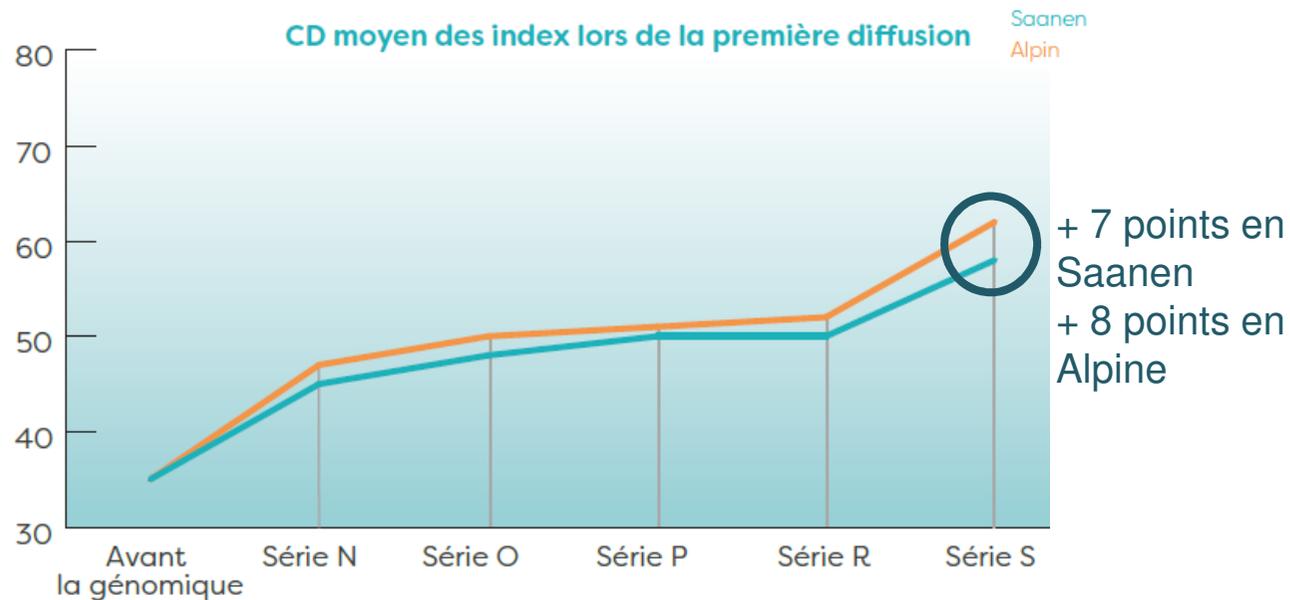
# Accouplements programmés 2022

- Stratégie d'accouplement** : lait, taux, morphologie, cellules + intégration de nouveaux caractères permis par la génomique : fertilité, résistance tremblante... + variabilité génétique

| Niveau Génétique moyen           | Race Saanen |              |                         | Race Alpine |              |                         |
|----------------------------------|-------------|--------------|-------------------------|-------------|--------------|-------------------------|
|                                  | Femelles    | Boucs Agréés | Jeunes Boucs Génomiques | Femelles    | Boucs Agréés | Jeunes Boucs Génomiques |
| <b>Effectifs</b>                 | <b>700</b>  | <b>19</b>    | <b>28</b>               | <b>730</b>  | <b>21</b>    | <b>31</b>               |
| Index Production Caprine (IPC)   | 152         | 150          | 159                     | 158         | 156          | 157                     |
| Index Morphologique Caprin (IMC) | 108         | 105          | 109                     | 110         | 108          | 111                     |
| Index Cellules (I CEL)           | 104         | 104          | 105                     | 104         | 103          | 105                     |
| Index Combiné Caprin (ICC)       | 6,5         | 6,1          | 7,5                     | 7,1         | 6,8          | 7,2                     |

# Jeunes Boucs Génomiques :

- **Génotypage des mères des boucs de la série S**



**Des index génomiques  
toujours plus précis pour  
les JBG du catalogue**

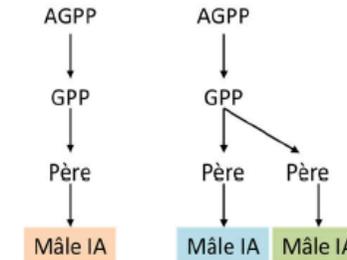
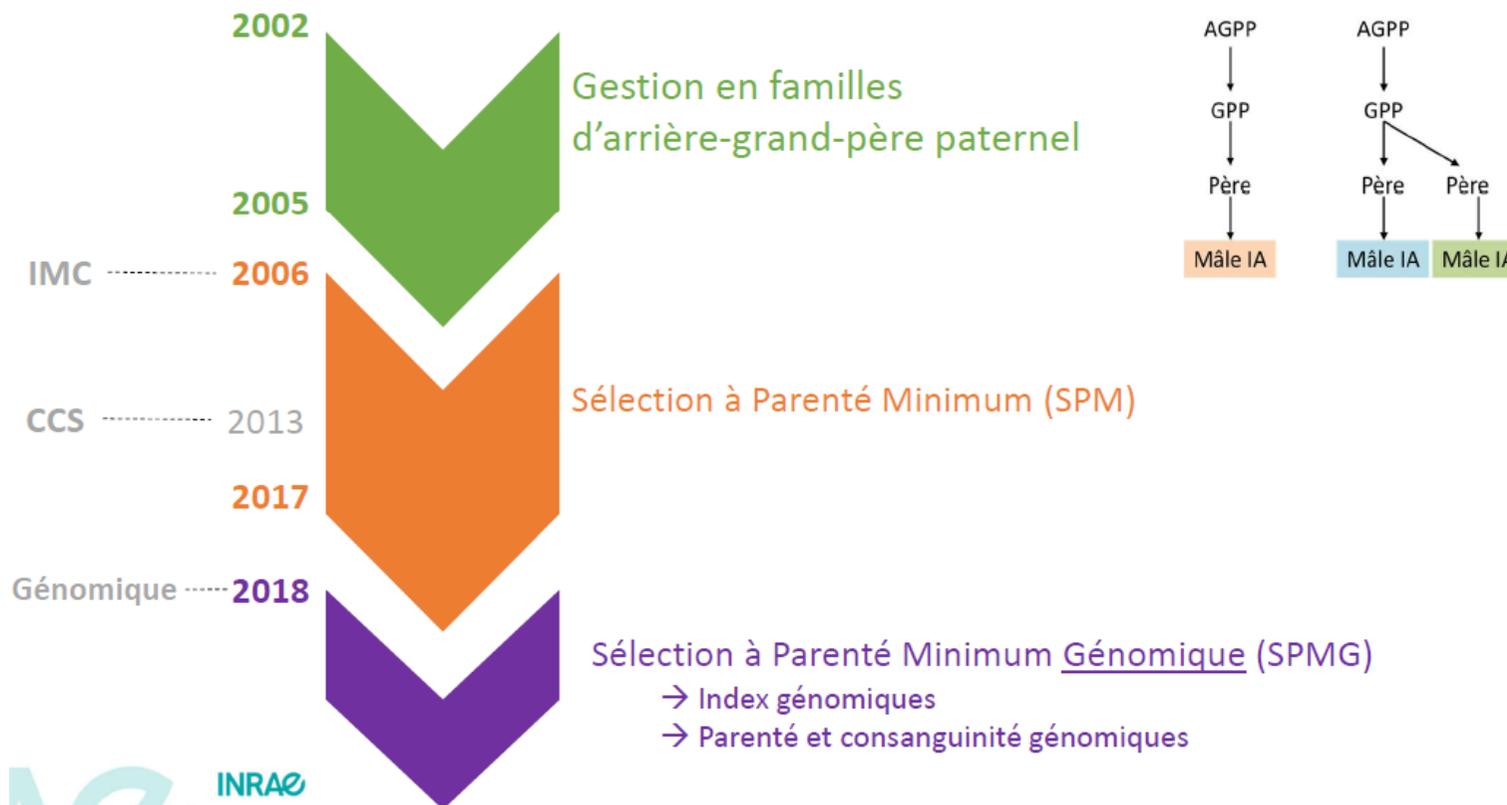
# Jeunes Boucs Génomiques

- Progrès génétique
- Meilleure précision des index (CD)
- Sélection sur de nouveaux caractères : fertilité à l'IA, résistance à la Tremblante
- Variabilité génétique et diversité de profils



# La force du schéma tient dans la bonne gestion de la variabilité génétique intra race

- 3 grandes périodes de gestion de la variabilité génétique des boucs d'IA, à Capgenes

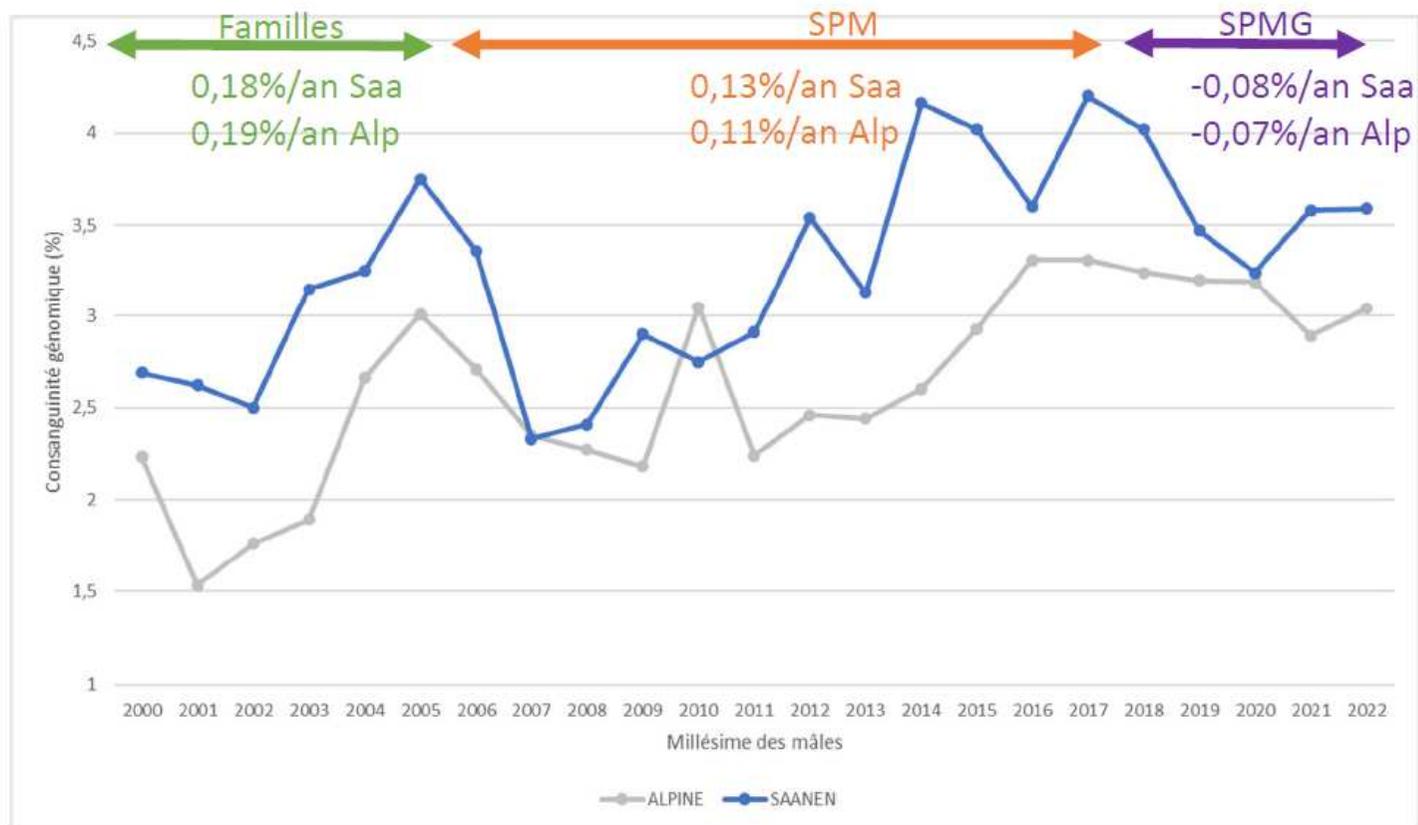


# La force du schéma tient dans la bonne gestion de la variabilité génétique intra race

## ➤ Consanguinité génomique (%)

2000-2022

|         | Alpine   | Saanen   |
|---------|----------|----------|
| Moyenne | 2,57%    | 3,27%    |
| Pente   | 0,06%/an | 0,05%/an |



Les bœufs d'IA des races Alpine et Saanen ont une variabilité génétique satisfaisante  
La SPM et la SPMG ont permis une amélioration de cette variabilité génétique

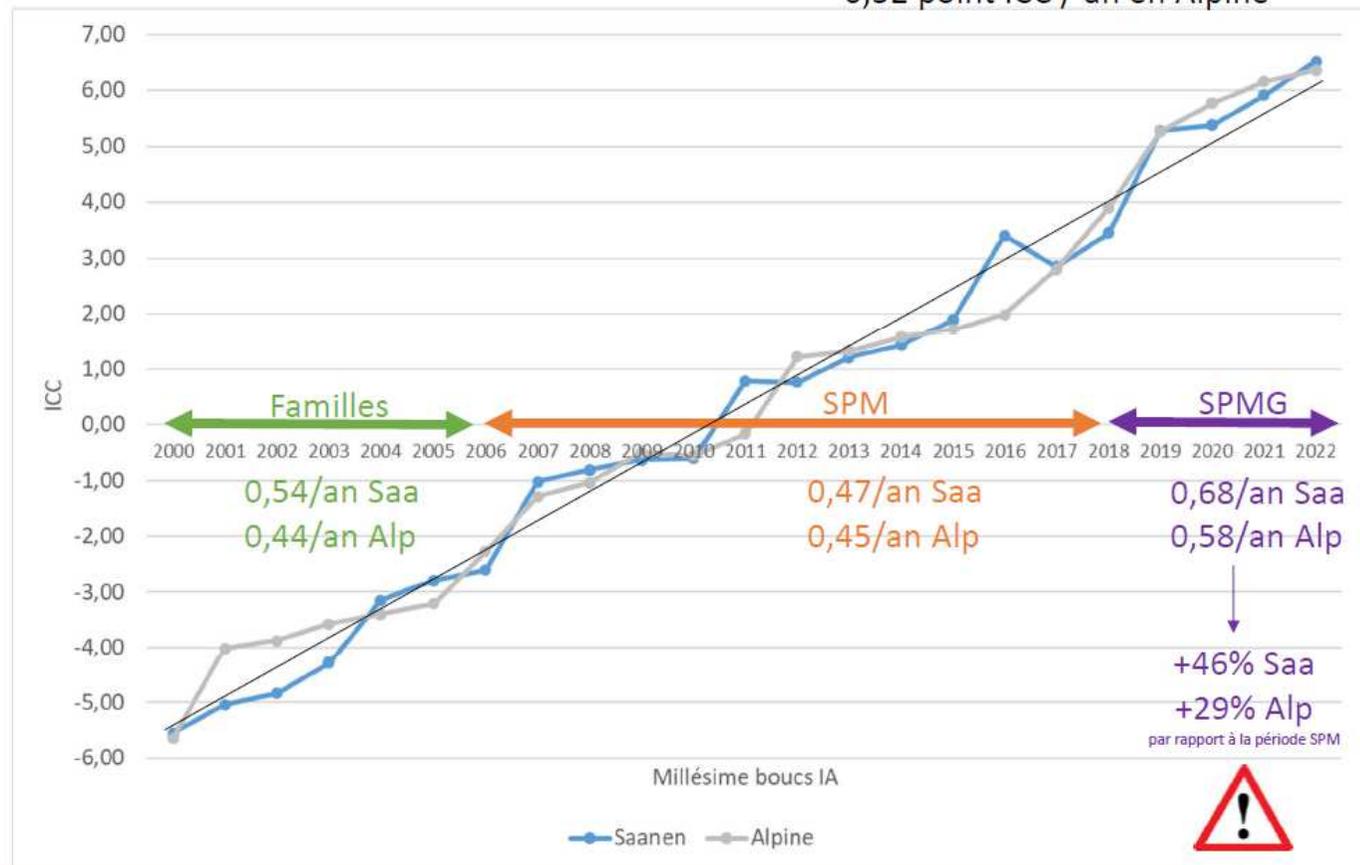
# La force du schéma tient dans la bonne gestion de la variabilité génétique intra race

## ➤ Progrès génétique ICC

Entre 2000 et 2022

0,54 point ICC / an en Saanen

0,52 point ICC / an en Alpine

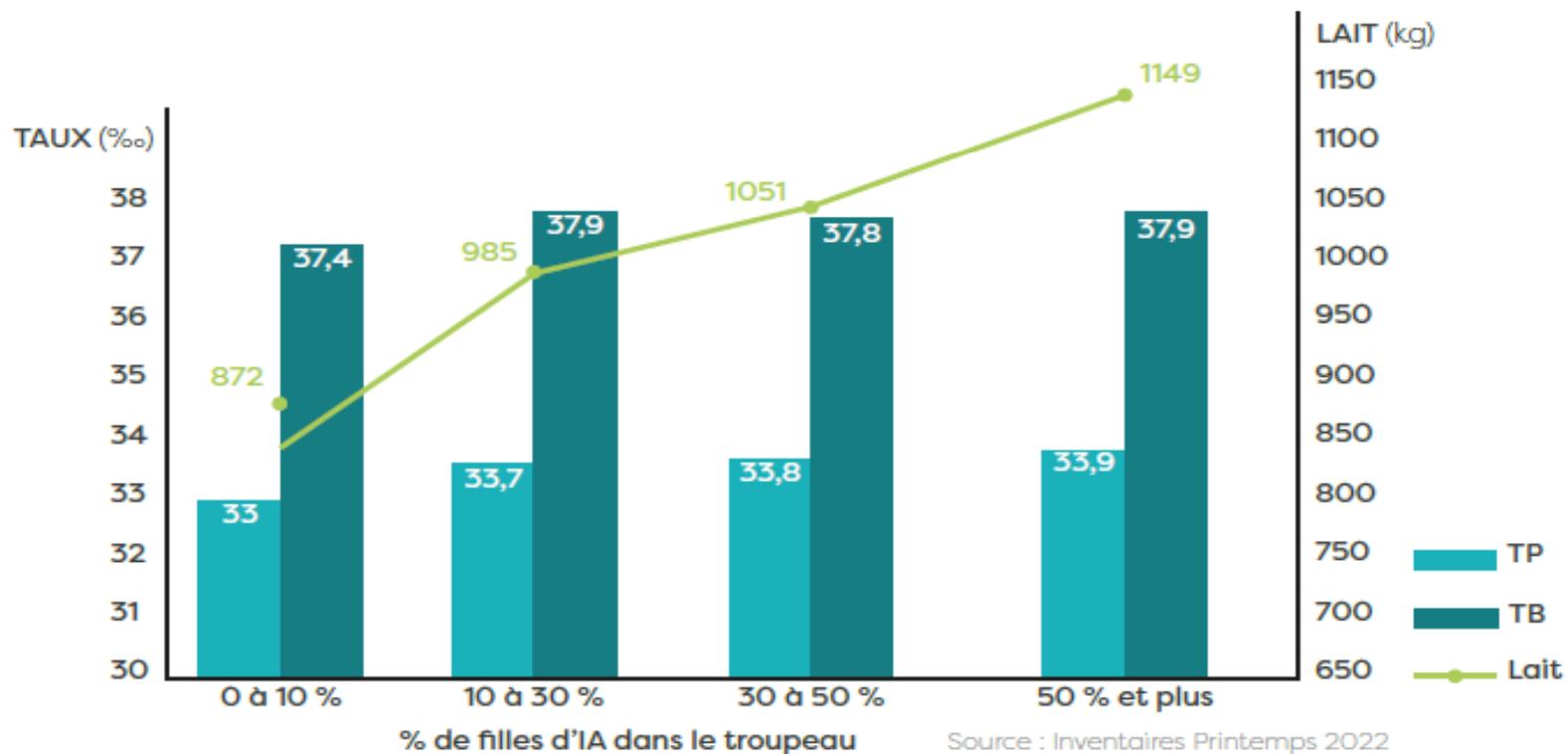


Le progrès génétique a été ralenti en race Saanen à partir de 2006 (lié à la morpho)  
Depuis la génomique, les progrès génétiques annuels ont l'air supérieurs dans les 2 races

p. 15

# Focus : Génétique et Performances

PERFORMANCES EN FONCTION DU POURCENTAGE DE FILLES ISSUES D'INSEMINATION DANS LES ÉLEVAGES EN CONTRÔLE LAITIER OFFICIEL



# Focus : Génétique et Performances



106 laitiers



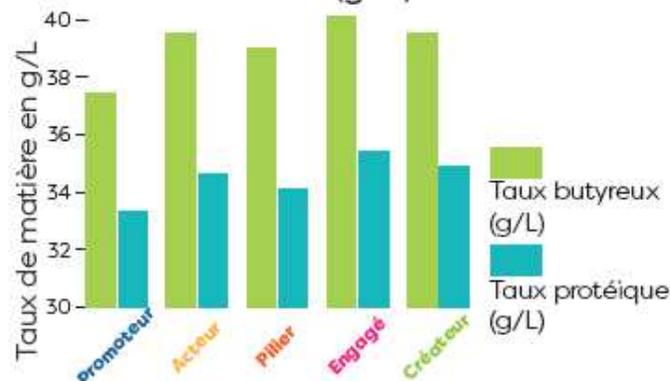
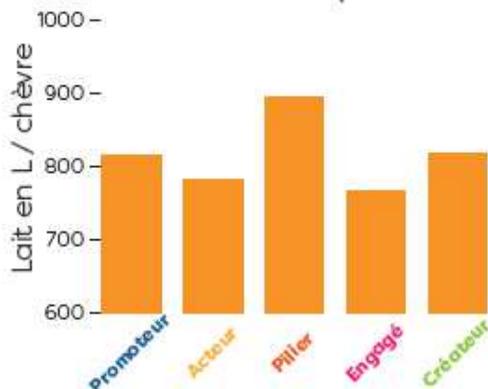
27 fromagers

RÉSULTATS TECHNICO-ÉCONOMIQUES ISSUS DE 133 DIAGNOSTICS CAP'€C RÉALISÉS SUR LA CAMPAGNE 2020 PAR LES CONSEILLERS ECEL.

Répartition des élevages selon leur statut Gènes Avenir

|                      | Adhésion Contrôle Laitier Officiel + Capgènes | Adhésion Contrôle Laitier Officiel | Adhésion Contrôle Laitier Simplifié | Non adhérent Contrôle Laitier |
|----------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Elevage connecté     | 59 <b>CRÉATEURS</b>                           | 7 <b>PILIER</b>                    | <b>PIONNIER</b>                     | <b>CONTRIBUTEUR</b>           |
| Elevage non connecté | 12 <b>ENGAGÉS</b>                             | 39 <b>ACTEURS</b>                  | 16 <b>PROMOTEURS</b>                |                               |

Production de lait (L/chèvre) et Taux de matières (g/L) en fonction de la classification Gènes Avenir



Chez les éleveurs laitiers ou fromagers le chiffre d'affaire augmente à chaque palier d'investissement Gènes Avenir.

# Focus : Génétique et Performances



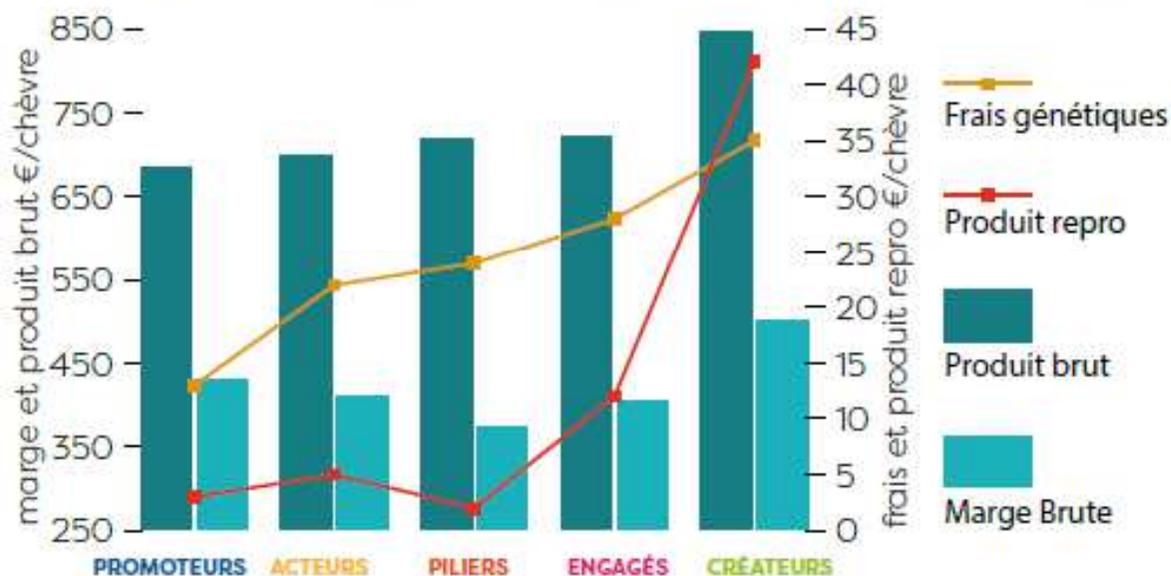
Pour les éleveurs  
**CREATEURS :**

**+ 160€** de produit brut  
par chèvre et par an



**+24%** de fromage  
par chèvre  
**+43%** de produit brut  
par chèvre et par an

Résultats technico-économiques en € par chèvre pour les éleveurs laitiers



Chez les éleveurs laitiers, la marge brute progresse avec le niveau d'investissement dans Gènes Avenir par **+ de lait, + de taux, + de vente de reproducteurs.**



**1€ investi**  
(CL + repro) = **+7€**  
de produit

# Des perspectives à court terme

- **Sexage** de semence caprine (1 000 doses mises en place en 2022 en France dans 60 élevages)
- Evolution dans **l'objectif de sélection** vers davantage de longévité (intégration cellules somatiques et fertilité)
- **Génotypage des mères à boucs**