

# Sélection génomique et changements dans l'indexation des bovins laitiers : évolutions ou révolution ?

Journée CSAGAD / Institut de l'Élevage, Paris, le 13 octobre 2009

## Les programmes de sélection d'hier à aujourd'hui : efficacité, limites, coûts et délais

Pascale LE MEZEC, Etienne VERRIER

Institut de l'Élevage, Département de Génétique  
AgroParisTech, UFR Génétique, Elevage et Reproduction



# Un regard dans le rétroviseur ...

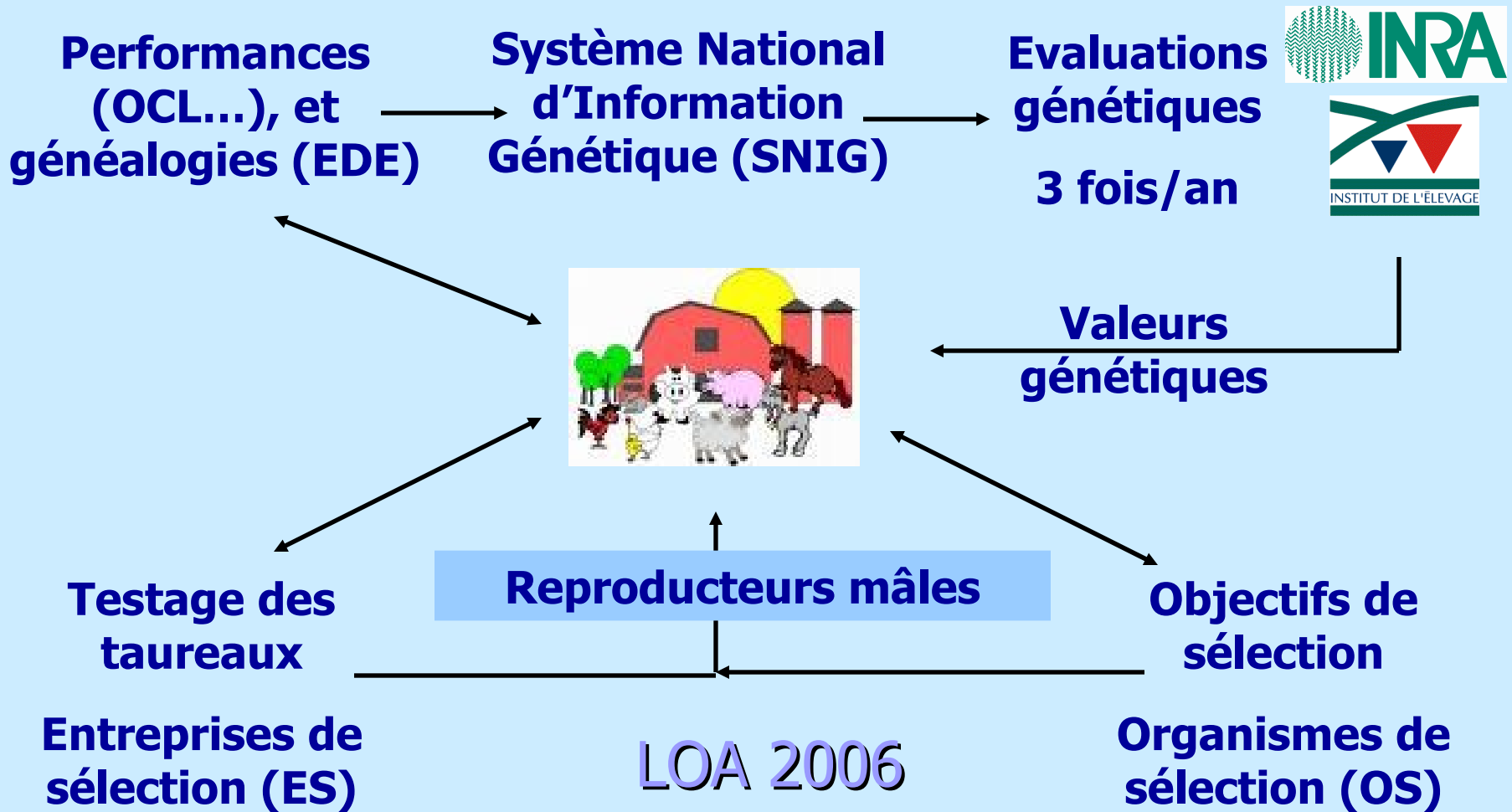
## La vision actuelle des programmes de sélection :

- Ampleur accrue, internationalisation, restructurations
- Intégration régulière de nouveaux outils, de nouvelles méthodes, ...
- Efficacité avérée : évolution des performances et des moyennes génétiques
- Difficultés bien cernées : coûts, délais

## Quel bilan ?

## Quelles limites, anciennes ou plus récentes ?

# L'organisation



# De tout temps, des innovations : techniques de reproduction

## Voie mâle

1950-1960 : l'insémination avec la semence congelée : large diffusion des meilleurs taureaux, échanges entre pays

+ optimisation de la production de semence des taureaux

1966 : 4 600 000 femelles laitières inséminées

2008 : 3 200 000 femelles inséminées (68% des vaches laitières)

Des voies explorées : diffusion en semence fraîche

## Voie femelle

Transfert embryonnaire, OPU-FIV : pour assurer la reproduction des femelles d'élite

# De tout temps, des innovations : informations

Les **pedigrees** :  
un outil de sélection  
depuis longtemps

De plus en plus de **vaches au contrôle laitier** :

1955 : 150 000 = 2% du cheptel

2008 : 2 700 000 = 73%

+ années 1980, contrôle de la morphologie

+ années 2000, enregistrement de : cellules,  
fertilité, facilité de naissance, longévité

## Epreuve de la descendance

depuis 1950 :

Fin années 60 : ~500 tx. testés / an

Années 2000 : 1 000 tx. testés / an

**Typages de gènes** à fonction connue  
(années 1990) :

kappa caséine = plus-value génétique  
BLAD, CVM, SHCG (anomalies)

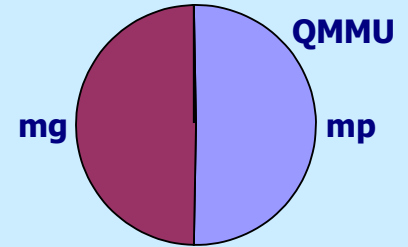
Années 2000 : **marqueurs** de QTL, développement de la **génomique**

# De tout temps, des innovations : méthodes d'évaluation génétique

- 1966 : « comparaison aux contemporaines »
  - 1973 : BLUP (Best Linear Unbiased Predictor) : évaluation conjointe des effets génétiques et de milieu, prise en compte du progrès génétique
  - 1989 : BLUP modèle animal : prise en compte directe de tous les effets et tous les liens de parenté
  - 1995 : la France participe aux évaluations internationales Interbull
  - 1998 : ajout de l'hétérogénéité de variance=prise en compte de la variabilité des troupeaux
- + Méthodes adaptées pour « nouveaux » caractères : survie pour longévité, seuils pour naissance vêlage, ...
- Et bientôt...

# ... et des objectifs de sélection mouvants

**Années 60** → quantité de lait ou de matière grasse,  
**Fin des années 70** : protéine → **Quantité Moyenne de Matières Utiles (QMMU)**

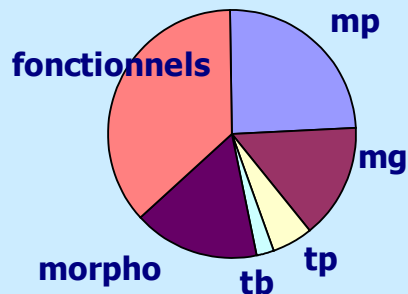


1983 , les quotas → inclusion du Taux Moyen de Matières Utiles (TMMU) (+ morphologie et vitesse de traite)

1989, références matières grasses → premier INEL (INDEX Economique Laitier), incluant MP, MG et TP avec des poids prospectifs adaptés.

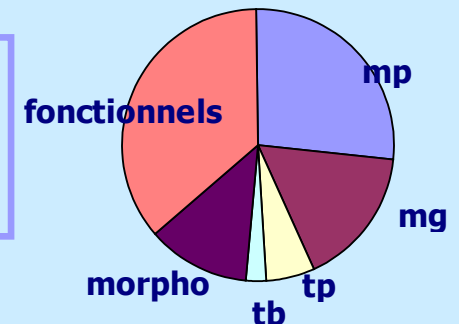
1993, révision de l'INEL, premiers ISU (production+morphologie)

isu tarentaise



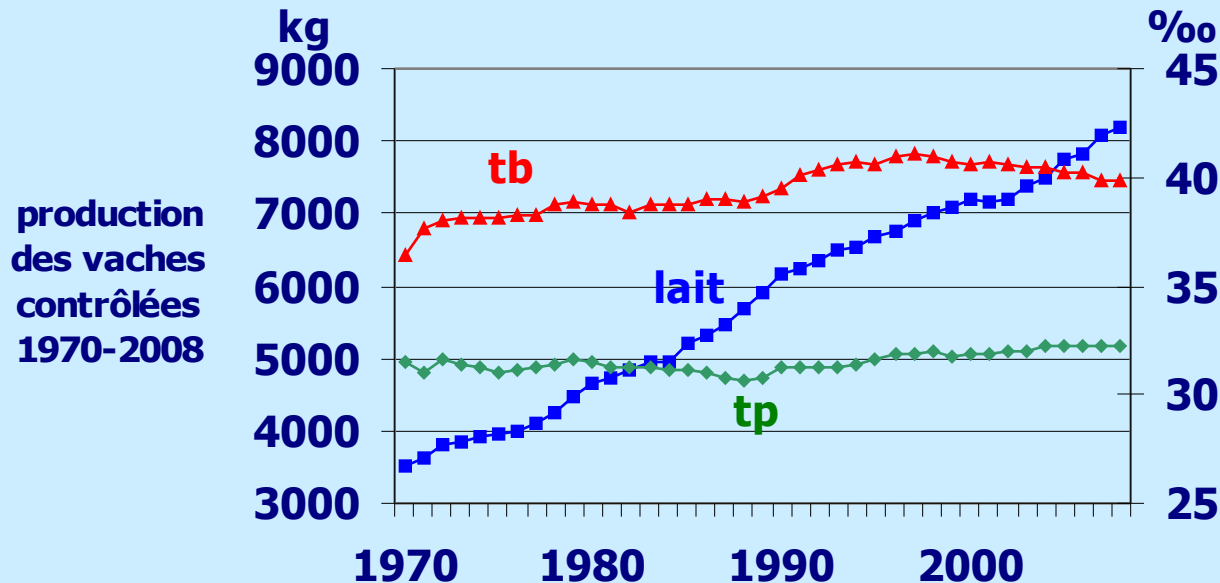
**Années 2000** → prise en compte des caractères fonctionnels dans la sélection

isu prim'holstein



# Des évolutions très marquées

La production par vache contrôlée est multipliée par 2,3 depuis 1970



Des progrès :

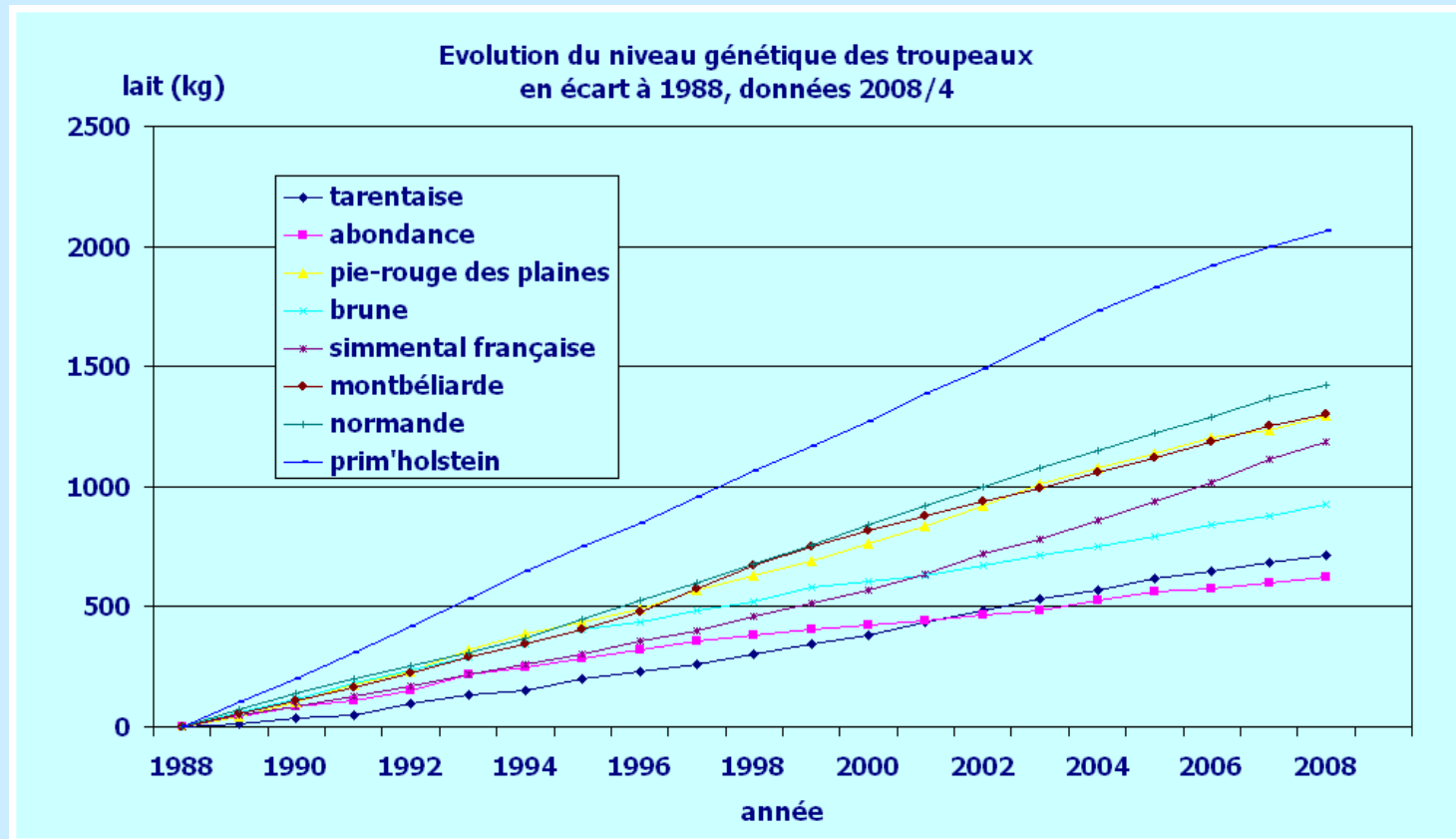
- dans toutes les races
- en lait et en taux
- en rythme variable selon les périodes

Des changements dans :

- la répartition des races,
- la part de vaches contrôlées,
- le nombre, la taille et la conduite des élevages



# Evolution génétique estimée : le lait

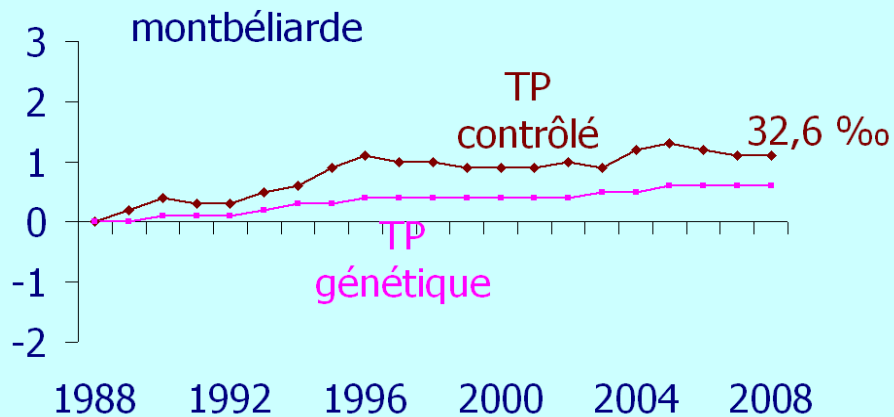
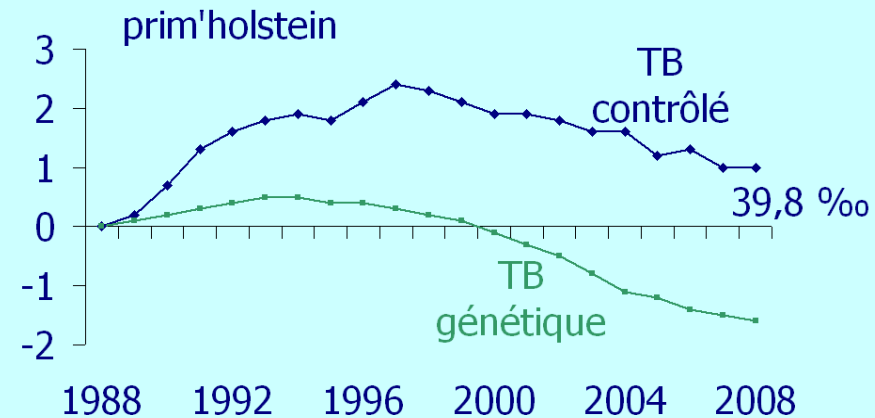


**Des rythmes de progrès génétique réguliers  
mais différents selon les races, en fonction de la taille de la  
population, des possibilités et des objectifs de sélection**

# Evolutions génétiques estimées : les taux

**Les taux contrôlés ont progressé :**

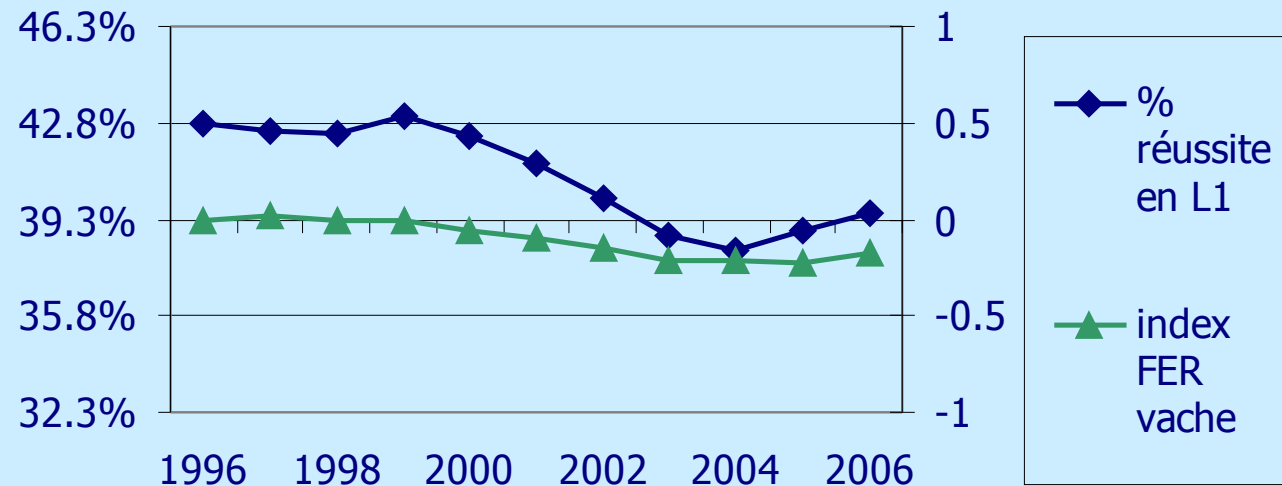
- le TB beaucoup jusqu'au milieu des années 1990, mais le niveau génétique des vaches baisse depuis 10 ans, surtout en prim'holstein



- le TP un peu, et le niveau génétique s'élève doucement

# Evolution génétique estimée : la fertilité des vaches

taux de réussite des IA et niveau génétique des femelles prim'holstein par année de 1ère lactation, en écart à 1996



**Les qualités d'élevage : difficiles à enregistrer et à évaluer, contrairement au progrès en production**

**→ une situation à redresser**

**Pour les primipares, entre 1998-1999 et 2003-2004 :  
~ -5 % réussite à l'IA, 30 à 50% imputables à la baisse génétique**

# Les paramètres du progrès génétique annuel (1)

## Quand on sélectionne ...

- On trie au sein d'une certaine variabilité génétique
  - Ecart-type génétique du caractère =  $S_a$
- On est plus ou moins sévère dans le choix
  - Proportion d'animaux retenus =  $p$  → Intensité de sélection =  $i$
- On décide sur la base d'un critère plus ou moins précis
  - Lien entre le critère et la valeur génétique =  $CD$
- Entre les parents sélectionnés et leurs descendants, il se passe du temps
  - intervalle de génération =  $T$

# Les paramètres du progrès génétique annuel (2)

**Racine carrée du  $CD$**

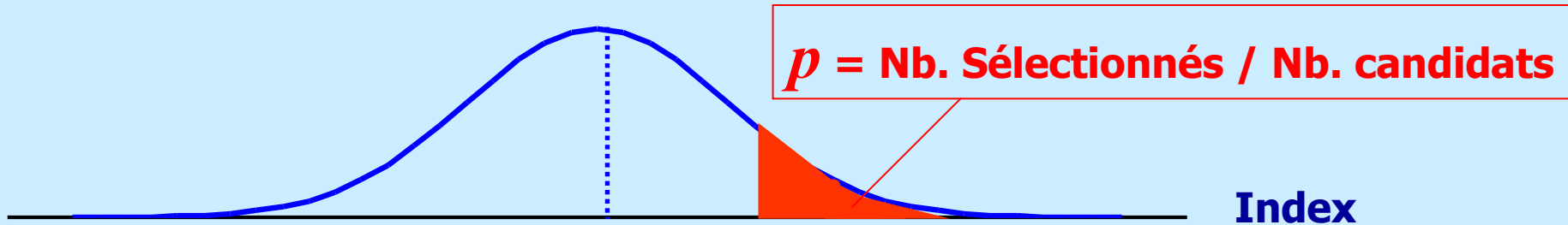
**Intensité de sélection**

**Ecart-type génétique du caractère**

$$\Delta Ga \text{ attendu} = \frac{i \sqrt{CD} \sigma_a}{T}$$

**Intervalle de génération**

# Intensité de sélection



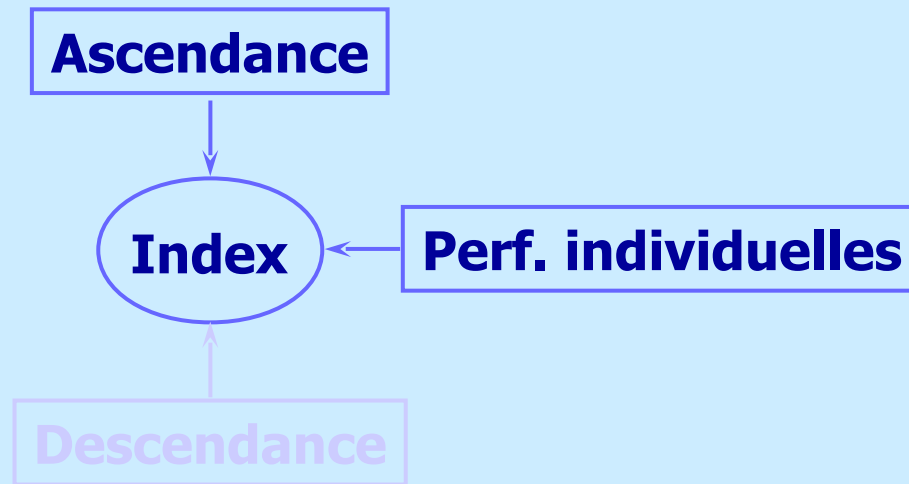
**IA → Fortes pressions (intensités) de sélection :**

- **Taureaux de service : 10%**
- **Pères à taureaux : quelques %**
- **Mères à taureaux : quelques ‰**

**Faible fécondité femelle et fort taux de renouvellement**

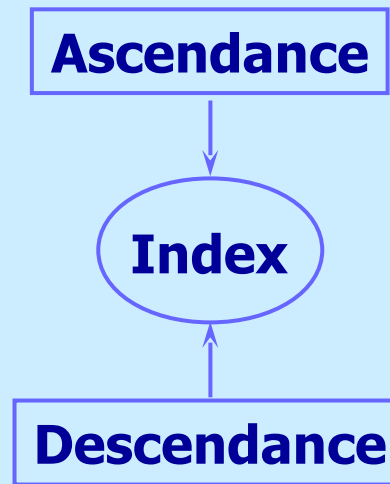
**→ Faible pression de sélection sur la voie mère-fille : > 50%**

# Coefficient de Détermination : vaches



- **Lait et taux : valeurs correctes (mais quid des index extrêmes ?)**
- **Caractères fonctionnels :**
  - **Dépend du caractère**
  - **Très faible pour la fertilité → pas d'index « Fertilité » publié**

# Coefficient de Détermination : taureaux



- **Lait et taux : valeurs très élevées,  $> 0,7$  dans la pratique**
- **Caractères fonctionnels :**
  - **Généralement valeurs correctes, mais**
  - **Faibles pour la fertilité → efficacité non optimale**

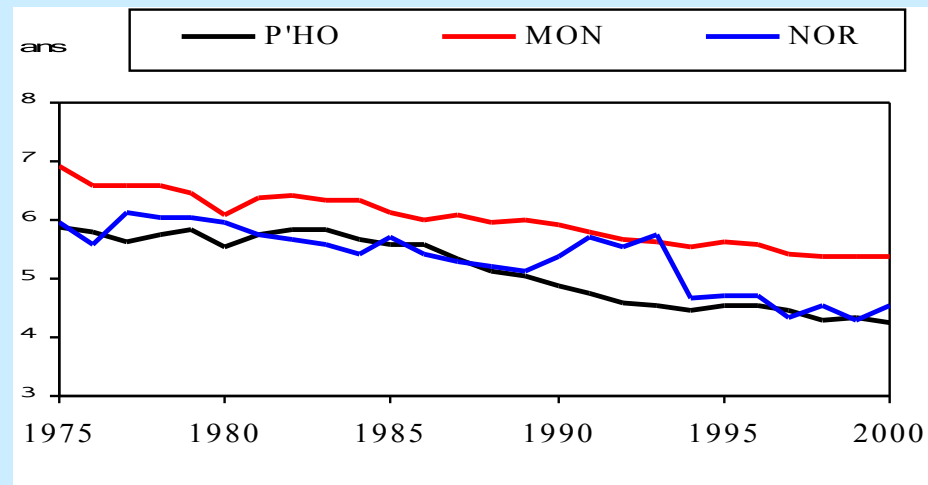


# Intervalle de génération

- **Renouvellement naturel de l'espèce bovine = lent**
- **Epreuve de la descendance → allongement de  $T$**
- **Evolution des pratiques de recrutement → raccourcissement de  $T$**

Exemple : évolution  
de l'intervalle de génération  
mère-fils  
selon l'année de naissance  
des taureaux

Source : Mattalia et al. (2006)



# Variabilité génétique

- Paramètre initial, que la sélection va exploiter
- Sélection et accroissement de consanguinité → baisse de variabilité

**Une pratique défavorable à la variabilité :**

**La « starisation » de certains taureaux,**

- en tant que pères de service
- en tant que pères à taureaux

**La variabilité n'est pas épuisée mais elle a baissé dans le temps  
Peu à attendre de ce point de vue de l'ouverture mondiale (ex. Holstein)**

cf. bilans réguliers :

Boichard et al., 1996 ; Moureaux et al., 2001 ; Mattalia et al., 2006

# Coûts

## Epreuve de la descendance → entreprises de sélection

- Mise en place des accouplements raisonnés
- Achat des jeunes taureaux
- Entretien des taureaux → 6 ans
- Contrôle fonction sexuelle (+ élimination sur croissance) + 1<sup>er</sup> stock semence
- Mise en place des IA de testage + primes de testage
- Contrôle de la morphologie des filles

**Prix de revient d'un taureau à l'issue de l'épreuve → 50 000 €**

## Autres coûts → autres opérateurs

- Identification, Etat civil, Contrôle laitier
- Gestion et transfert de l'information zootechnique
- Evaluation génétique, diffusion des index

# Conséquences des coûts de l'épreuve de la descendance

➤ **Sélection amont renforcée:**  
**Nb. jeunes taureaux recrutés avant mise à l'épreuve**

**ou**

➤ **Eventail de choix à l'évaluation :**  
**Nb. taureaux mis à l'épreuve**

→ **Stratégies variables d'adaptation à une baisse d'activité**

# Conclusions

## Des programmes

- qui ont permis de créer et de diffuser du progrès génétique
- peu « amicaux » vis-à-vis de la variabilité génétique

## Des limites liées

- à la faible fécondité des vaches
- aux délais de l'épreuve de la descendance
- à la difficulté de sélectionner efficacement certains caractères d'importance majeure (ex. fertilité des femelles)
- aux coûts et à la lourdeur de la logistique

## Les attentes vis-à-vis de la sélection génomique :

- contourner les limites,
- tout en permettant les progrès génétiques souhaités,
- sans aggraver la situation de la variabilité génétique