

# Sélection du lapin axes de recherche

H. Garreau

INRA SAGA

BP 27, 31326 Auzeville, France

[garreau@toulouse.inra.fr](mailto:garreau@toulouse.inra.fr)



# Plan

- Axes de recherches
  - Résistance aux maladies
  - Longévité fonctionnelle de la femelle
  - Aptitudes maternelles : Croissance du jeune  
Homogénéité des  
poids de naissance
  - Fertilité mâle et femelle
- Conclusion

# Les recherches en génétique à la SAGA

---

**Equipe** : 2 scientifiques, 3 ingénieurs, 1 AI, 2 techniciens

**Missions** : Connaissances pour l'amélioration génétique du lapin (variabilité, outils, création du progrès)

**Orientations** : - Axes stratégiques de l'INRA  
- Schéma directeur du département  
- Besoins de la filière, des sélectionneurs

➔ La productivité numérique n'est plus une priorité

➔ Amélioration des caractères fonctionnels et d'adaptation :  
Résistance aux maladies, longévité des femelles, aptitudes à la gestation et à la lactation, survie et homogénéité du lapereau

# Plan

- **Axes de recherches**
- - **Résistance aux maladies**
- - Longévité fonctionnelle de la femelle
- - Aptitudes maternelles : Croissance du jeune  
Homogénéité des  
poids de naissance
- - Fertilité mâle et femelle
- Conclusion

# Variabilité génétique de la résistance à l'entéropathie épizootique du lapin : nouveaux résultats

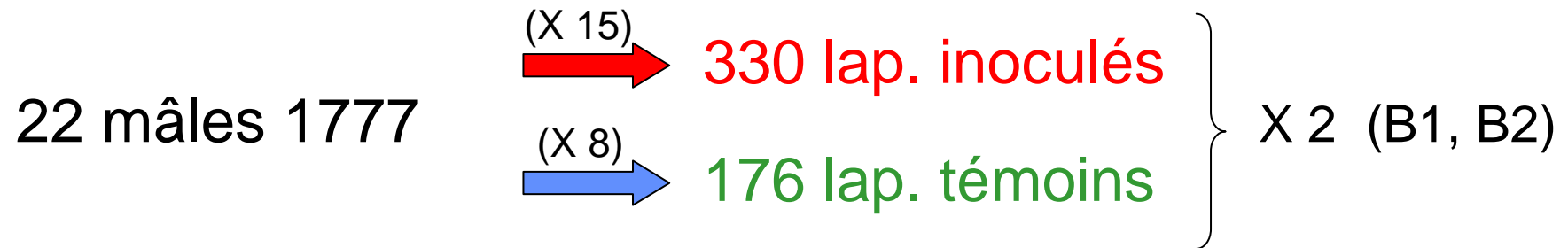
H. Garreau <sup>(1)</sup> , D. Licois <sup>(2)</sup> , R. Rupp <sup>(1)</sup> , H. de Rochambeau <sup>(1)</sup>

(1) : INRA, Station d'Amélioration Génétique des Animaux, BP 27, 31326 Castanet-Tolosan cedex

(2) : INRA, BioAgresseurs, Santé, Environnement, 37380 Nouzilly

# Inoculation expérimentale après sevrage (TEC 3)

---



## Lapereaux inoculés

- Mortalité journalière
- Contrôle hebdomadaire J5 à J33
  - Poids individuel → GMQ<sub>i</sub>
  - Ballonnement, diarrhée

## Lapereaux témoins

- Poids individuel J12 et J33



Croissance moyenne par père :

GMQ12<sub>p</sub>   GMQ33<sub>p</sub>

## 4 indices binaires pour caractériser la résistance

---

- **Mortalité** : mort avant J33 = 1  
vivant à J33 = 0
- **Diarrhée** : un symptôme sur la période = 1  
aucun symptôme sur la période = 0
- **Croissance anormale à J12** :  $GMQ12_i < \overline{GMQ12_p} - 2 \text{STD12} = 1$   
 $GMQ12_i \geq \overline{GMQ12_p} - 2 \text{STD12} = 0$
- **Résilience** : Vivant ET Croissance normale = 1  
Autre (mort ou croissance anormale) = 0

# Analyse des résultats

---

## -Régression logistique (SAS) :

Effet du père

Effets des facteurs non génétiques

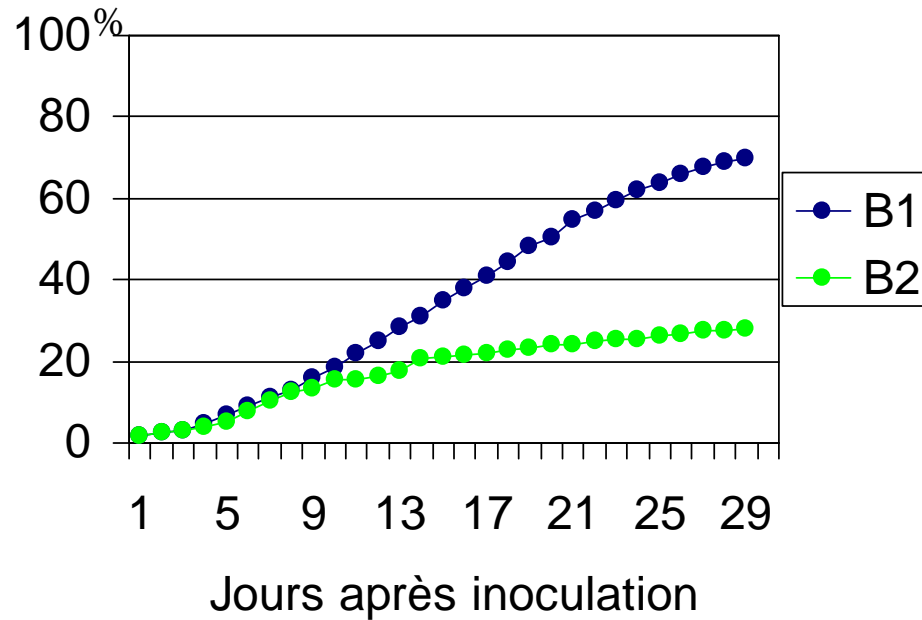
## -Estimation des paramètres génétiques par la méthode du REML (ASREML):

Héritabilités : Modèle à seuil

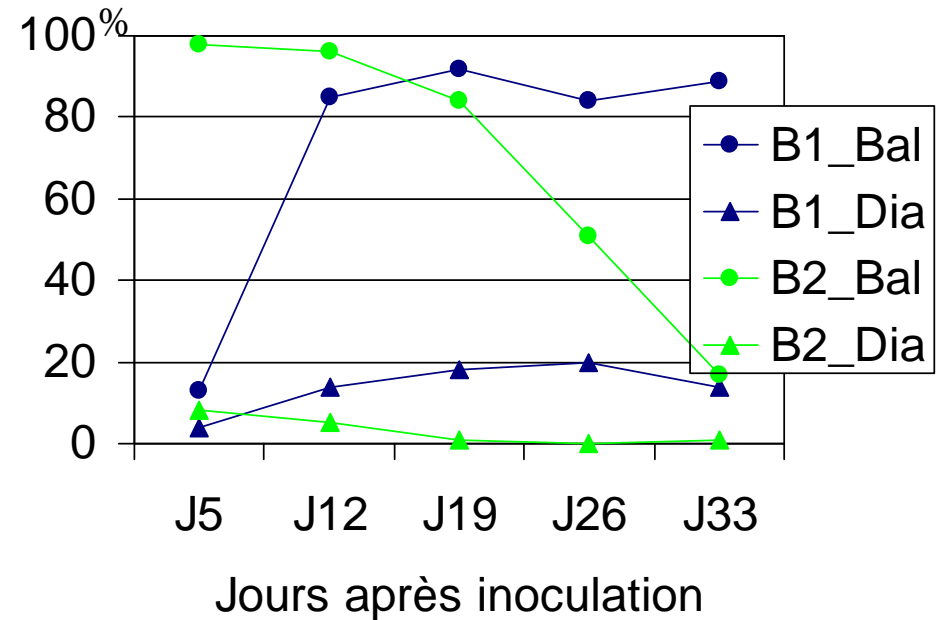


# Résultats de mortalité et de morbidité

Mortalité journalière cumulée



signes de ballonnements et de diarrhées  
(en proportion des lapins vivants)



# Résultats de l'analyse de régression

Indice	Signification des effets			
	Fréquence	Père	Bande	Présence diarrhée
Mortalité	52%	NS	***	*
Diarrhées	21%	*	***	-
Crois. anormale à J12	69 %	**	***	***
Résilience	27%	**	***	***

# Paramètres génétiques

---

Indices	Mortalité	Diarrhée	Croissance anormale à J12	Résilience
Héritabilité	0.05 ± 0.05	0.21 ± 0.16	0.38 ± 0.21	0.08 ± 0.07

# Conclusion

---

- Réponse à l'inoculation très différente entre les 2 bandes
  - Problème de maîtrise des conditions expérimentales
- La résilience est plus discriminante que la mortalité
  - La croissance précoce est un critère informatif
  - Pères significativement différents pour la fréquence de lapereaux résilients
- Faible variabilité génétique pour mortalité et résilience :
  - Sélection et création de divergence difficiles
  - Recherche de variabilité entre races différentes ?

# Résistance génétique à la pasteurellose

---

## 1. Une collaboration INRA-CSIRO

### ■ Un noyau de sélection créé en 1999 : 120 femelles, 40 mâles

- Sélection sur taille de portée et croissance de 5 à 10 semaines (2001)
- Investissements en bâtiments réduits :
  - Pas d'isolation
  - Sol nu
  - Ventilation sommaire
- Pas de conduite en bande (saillies chaque semaine)
  - ➔ Pas de vides sanitaires
  - Nettoyage et désinfection peu efficaces
- Supplémentation de l'aliment en antibiotique interdite

# Résistance génétique à la pasteurellose

---

## 1. Une collaboration INRA-CSIRO



Enregistrement hebdomadaire des symptômes, mortalités sur animaux en croissance (S5 -S10) : 6990 animaux contrôlés

■ Mortalité moyenne : 10 % (dont 5 % élimination)

Causes : Infections bactériennes (Pasteurella Mult., Staph) : 52 %

Problèmes digestifs : 30 %

Autres causes : 18 %

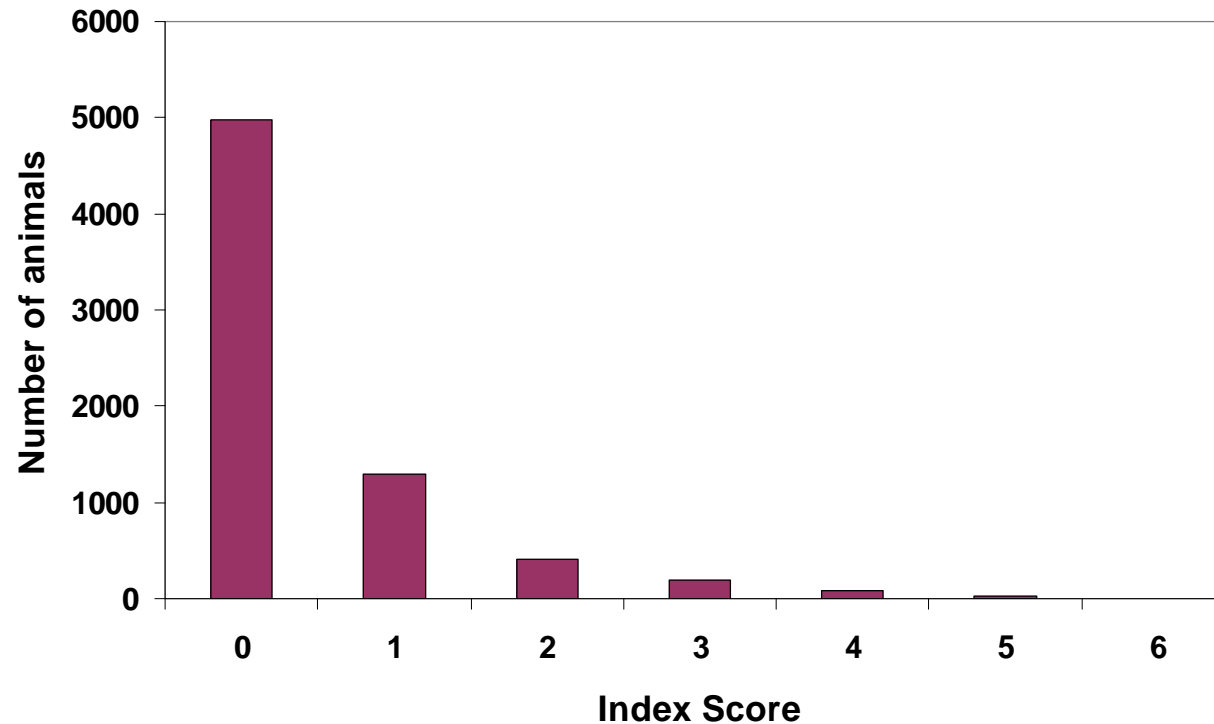
■ Indices résistance aux infections bactériennes

Symptômes : Rhinites, pneumonies, abcès, infections génitales ...

- Indices hebdomadaires : I5 à I10 (0,1)

- Indice global : Somme des scores de la période (0,6)

## Distribution de l'indice global



Fréquence hebdomadaires infections : S9 : 12,1 % S10 : 13.7 %



# CSIRO- INRA Sélection pour la résistance

## ■ Modélisation de l'indice

Indice<sub>i</sub> = Sexe

+ année-saison

+ rang de portée naissance

+ taille de portée au sevrage

+ environnement commun de la portée

+ Valeur Génétique<sub>i</sub>

+ résiduelle<sub>i</sub>

➔ Estimation de l'héritabilité : Méthode du REML

➔ Calcul de la valeur génétique de résistance  $VG_{res\_i}$  :  
Méthode du BLUP

## CSIRO- INRA Sélection pour la résistance

➔ Héritabilité Indice Global : 0.10  
Corrélation génétique IG-I9 : 0.98  
IG-I10 : 0.95

➔ Index multicaractère :  $I = VG_{\text{sevres}} \cdot \$34 + VG_{\text{GMQ}} \cdot \$11 + VG_{\text{res}} \cdot \$28$

Pas de vérification expérimentale

Manque de recul pour analyser les évolutions génétiques  
(sélection commencée en septembre 2003)

Corrélations génétiques résistance du jeune- résistance femelle  
restent à estimer

# Transposition au schéma de sélection français ?

---

Le progrès génétique est réalisé dans les souches pures en sélection

Problème : Fréquence très faible des animaux malades  
liée au statut sanitaire particulier des élevages de sélection

- Lignées mâles : fréquence : 4 à 7 % . Héritabilité = 0.04

- Lignées femelles : Fréquence proche de 0 % (1777)

➡ Les enregistrements d'état sanitaire des élevages de sélection français ne permettent pas de caractériser la résistance à la pasteurellose

➡ Nécessité d'un dispositif expérimental

# Plan

- **Axes de recherches**
  - - Résistance aux maladies
  - - **Longévité fonctionnelle de la femelle**
  - - Aptitudes maternelles : Croissance du jeune
  - Homogénéité des poids de naissance
  - - Fertilité mâle et femelle
- Conclusion

# Pourquoi améliorer la longévité de la femelle ?

---

## ➤ Taux de renouvellement : 110 – 120 %

- Mortalité des femelles (30 %)
- Baisse de fertilité
- Inaptitude à réaliser plusieurs portées

## ➡ Coût lié au remplacement des femelles

## ➡ Proportion excessive de jeunes femelles :

besoins de croissance avec problèmes de santé et prolificité réduite

## ➡ Facteur limitant de la conduite « tout-plein tout-vide »

Introduction d'un cheptel entier conduit une année sans renouvellement avant un vide sanitaire

# L'analyse de survie

---

## ➤ Permet le traitement des durées de vie

- Variable temps discrète ou continue
- Effets environnementaux
- Données censurées (animaux toujours en vie en fin de bande)
- **La fonction de survie** = Probabilité d'être encore en activité au temps  
 $S(t) = \text{Prob}[T \geq t]$
- **La fonction de risque** = Probabilité de mourir ou d'être réformé au temps  $t$   
 $H(t) = - \frac{d \log S(t)}{dt}$
- **Fonction paramétrique de Weibull**

$$S(t) = \exp(-(\lambda t)^\rho)$$

$$H(t) = \lambda \rho (\lambda t)^{\rho-1}$$

# Analyse de survie de la souche 1777

---

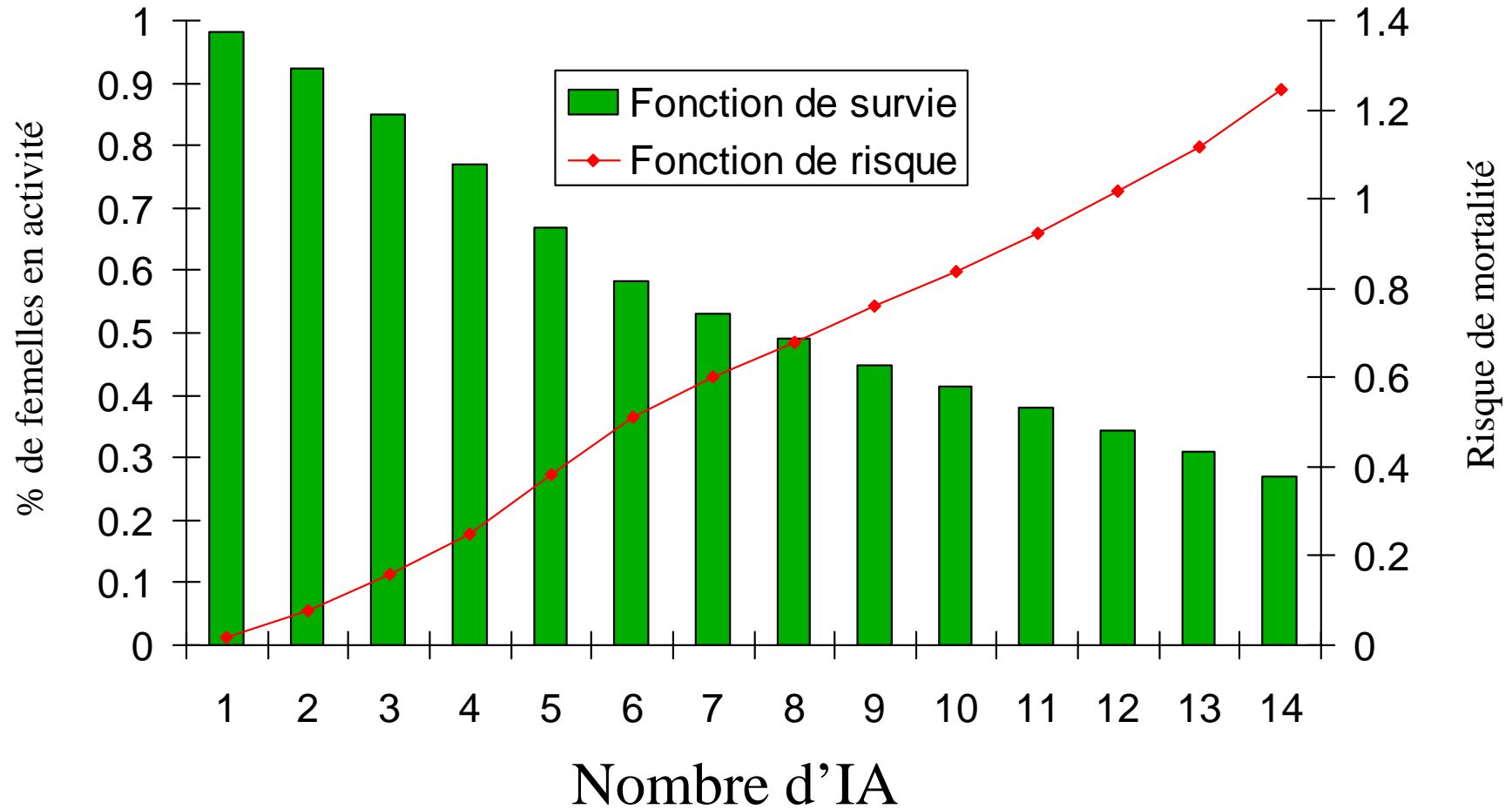
## Modèle d'analyse

### Effets fixes

- Année saison (AS): 42 niveaux
- Rang de portée (R) : 1, 2, 3 et plus
- Taille de portée (TP) : 0, 1-2, 3-4, 5-6, 7-8, 9-10, 11-12, 13 et plus

**Effets aléatoires :** - Valeur génétique animal

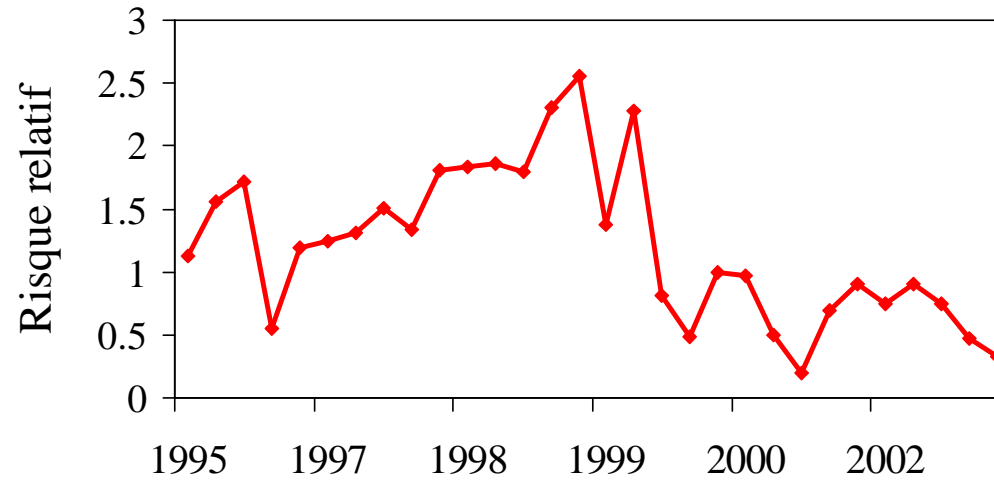
# Analyse de survie de la souche 1777



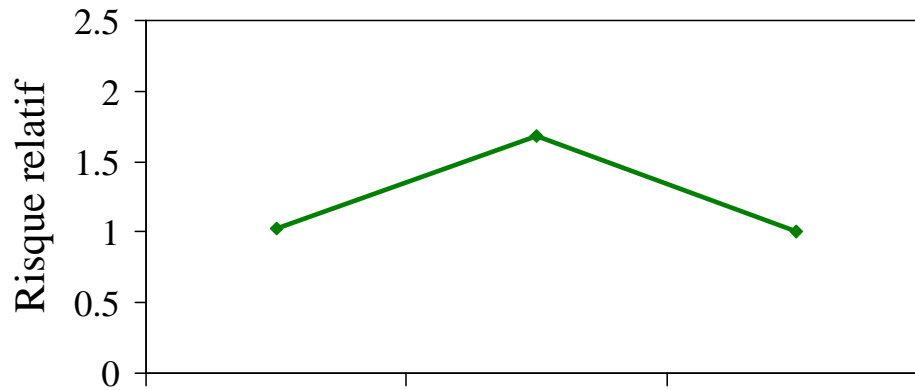


# Analyse de survie de la souche 1777

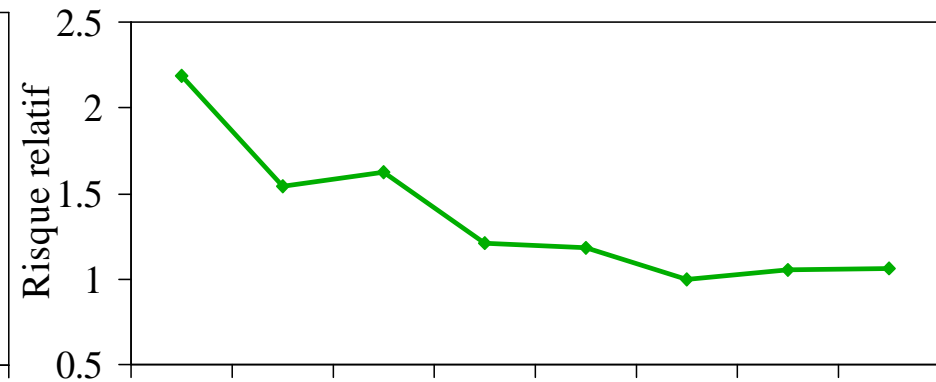
Année saison



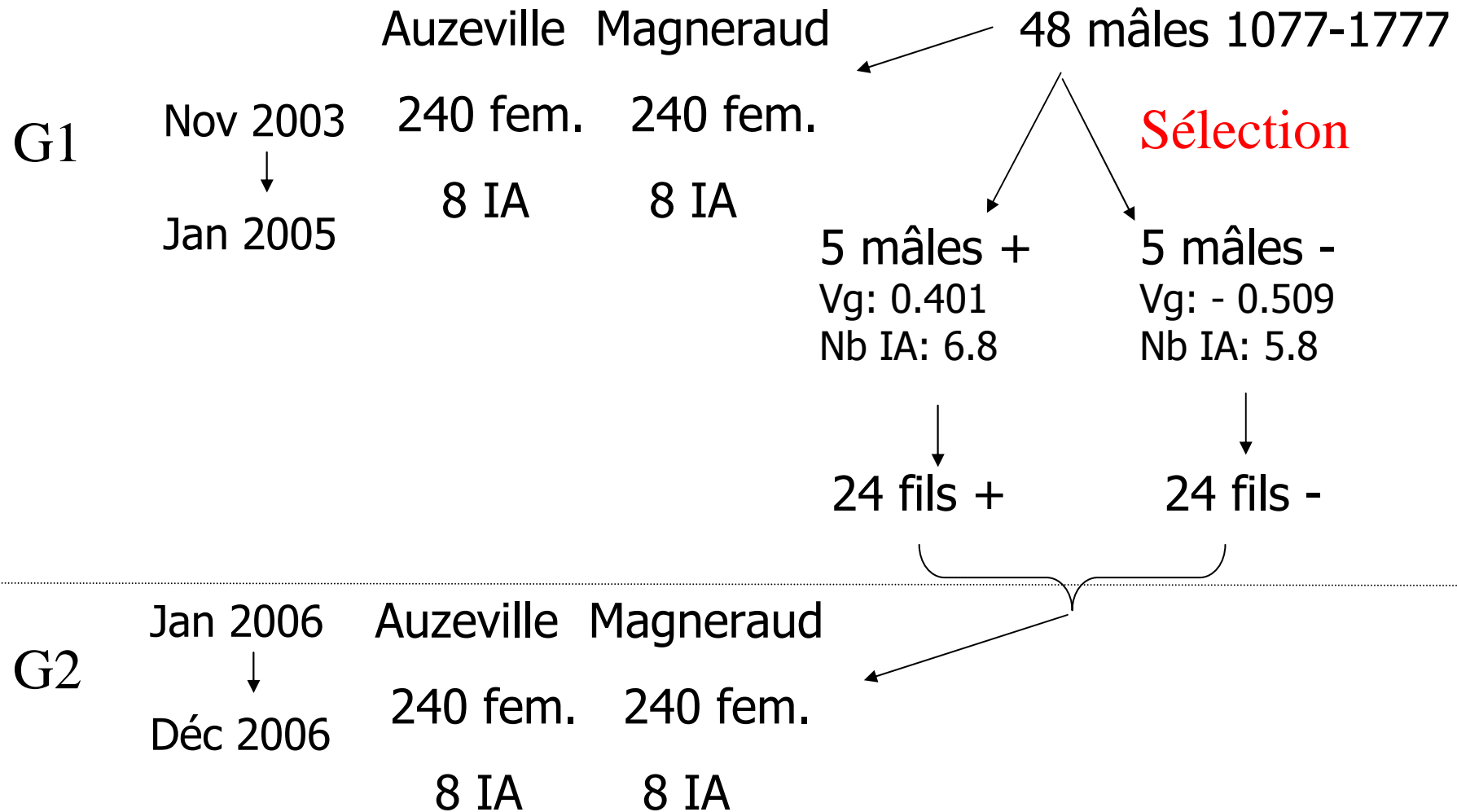
Rang



Taille de portée

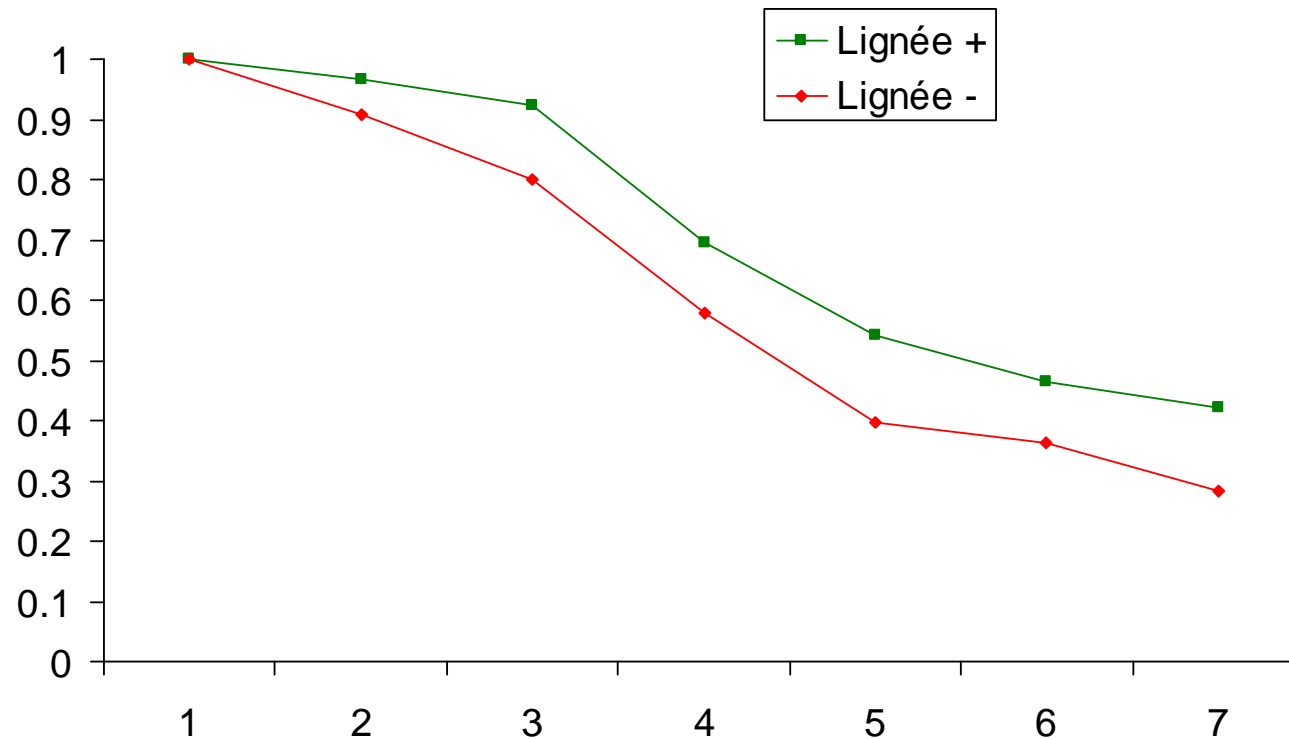


# Protocole de sélection divergente pour la longévité



# Protocole de sélection divergente pour la longévité

## Résultats G2 Auzeville



Survie des femelles (%) en fonction du N° d'IA

# Mesures complémentaires sur les femelles de la G2

---

Bilan nutritionnel sur 3 cycles : **Apport** – **besoins**

Apports alimentaires : **Aliment consommée pendant 3e semaine après la mise bas**

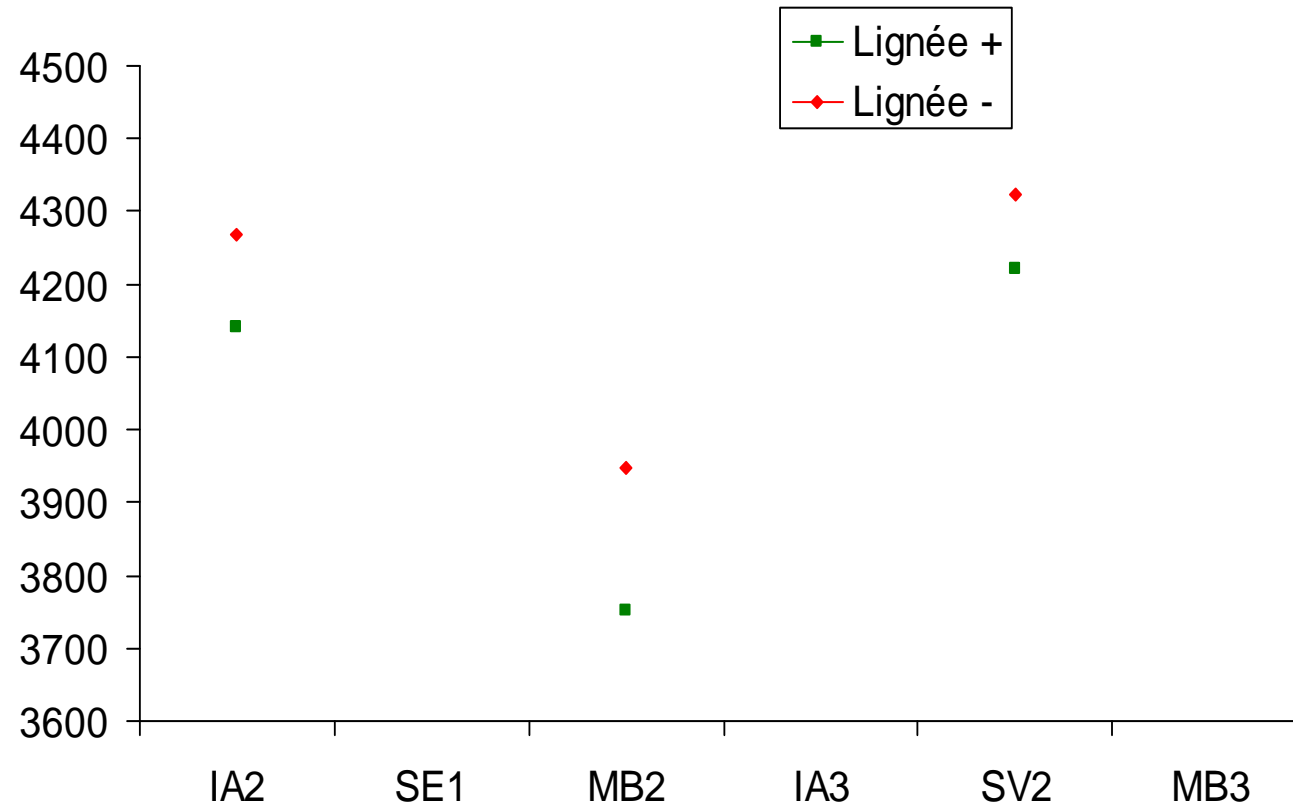
Mobilisation réserves lipidiques : **Mesures Tobec**

Besoins en gestation : **Poids total de portée à la naissance**

Besoins en lactation : **Poids total de portée à 21j**

Besoins métaboliques : **Poids des femelles**

# Protocole de sélection divergente pour la longévité



Evolution du poids des femelles pendant le second cycle

# Plan

- **Axes de recherches**
- - Résistance aux maladies
- - Longévité fonctionnelle de la femelle
- - **Aptitudes maternelles : Croissance du jeune**
- Homogénéité des poids de naissance
- - Fertilité mâle et femelle
- Conclusion

# La sélection des qualités maternelles pour la croissance du lapereau

H. Garreau, H. de Rochambeau

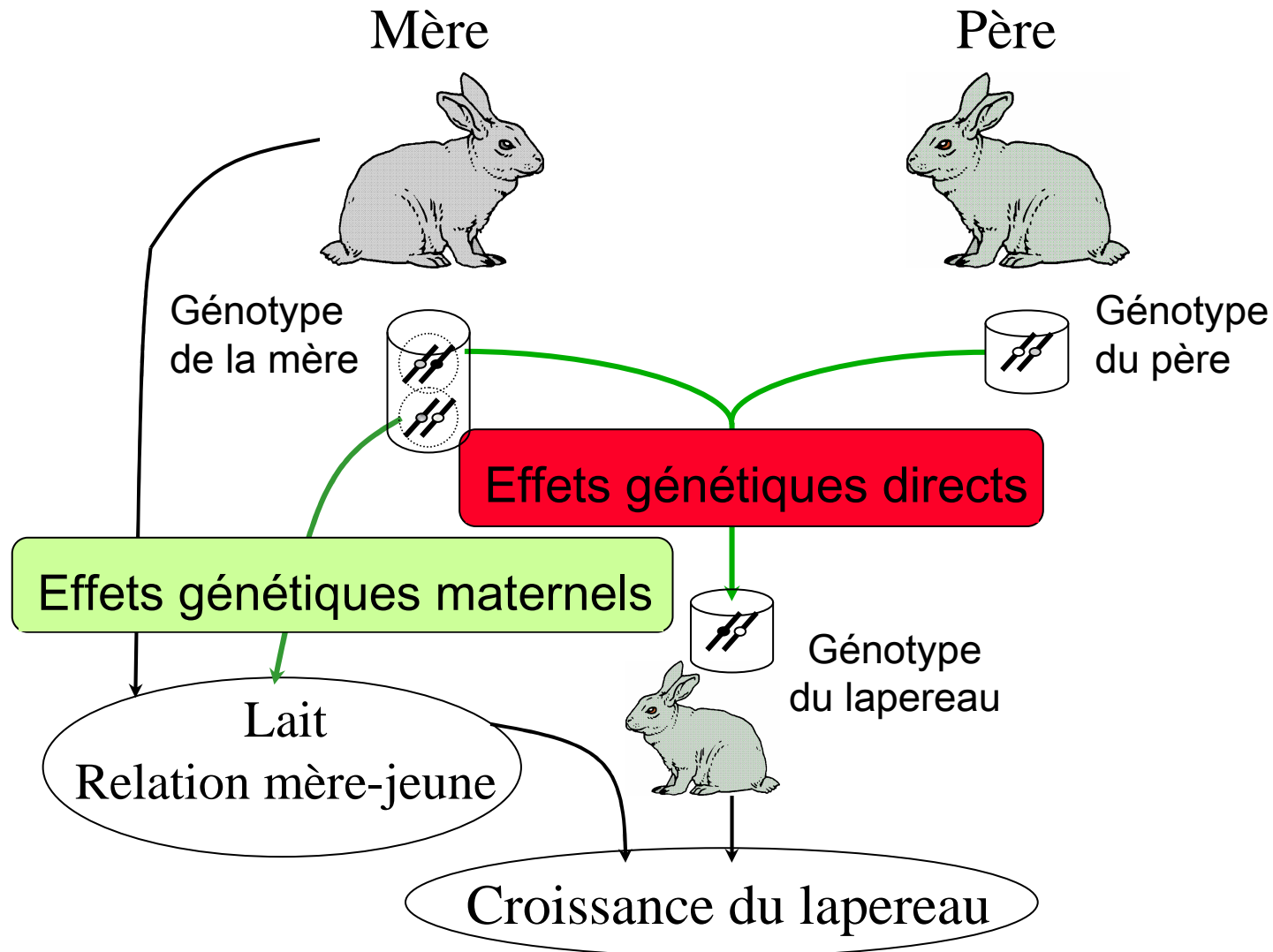
INRA, Station d'Amélioration Génétique des Animaux, BP 27, 31326 Castanet-Tolosan cedex



Génétique Animale Toulouse

Institut National de la Recherche Agronomique

# Le déterminisme génétique de la croissance du lapereau





# Le modèle à effet génétique maternel

---

Poids = valeur génétique directe  
+ effets environnementaux du lapereau (1)  
+ valeur génétique maternelle  
+ effet environnemental de la mère

(1) : année-saison, rang et taille de portée de naissance

➡ Ce modèle permet la sélection des valeurs laitières des femelles en ovins et bovins allaitants

# Création et conduite de la souche 1777

---

## Nouvel objectif de sélection :

- Améliorer les aptitudes maternelles
- Améliorer le poids des lapereaux au sevrage

## Conduite :

- Génération séparée
- IA avec intervalle de 6 semaines
- Renouvellement à partir des IA 4 et 5
- Equilibrage des portées par retrait/adoption
- Identification et pesée à la naissance et au sevrage

# Calcul des valeurs génétiques

---

## BLUP modèle animal (ASREML)

- Nés vivants par portée :  $VG_{nv}$
- Poids au sevrage : Effets directs :  $VG_{psd}$   
Effets maternels :  $VG_{psm}$

## Indice global de sélection

$$I_g = 0.25 VG_{nv} + 0.25 VG_{psd} + 0.50 VG_{psm}$$

# Optimisation du progrès génétique

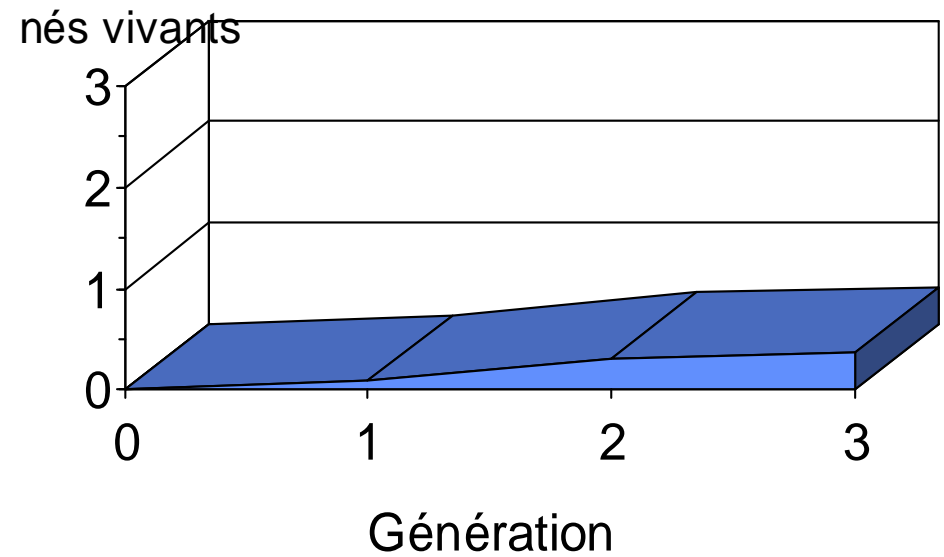
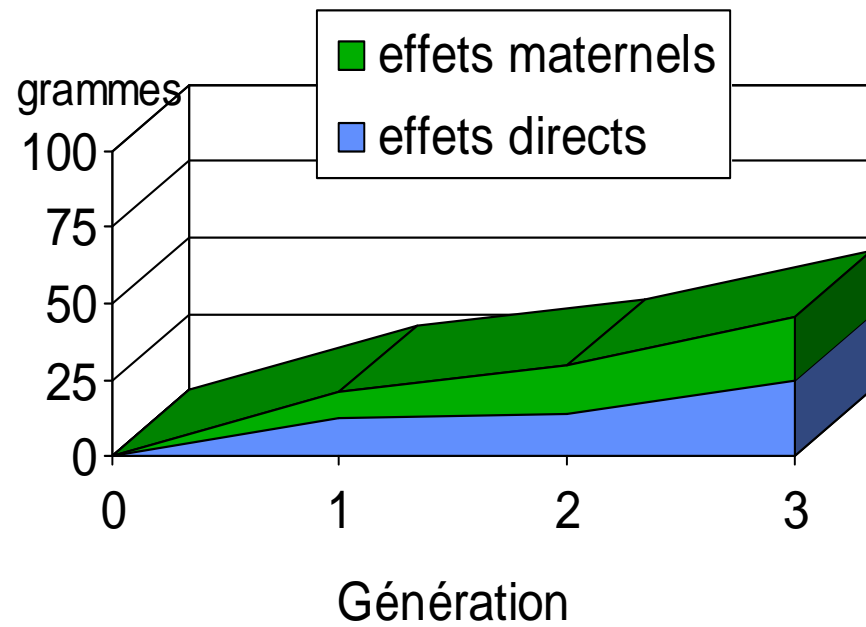
---

- Maximisation du progrès génétique (GENCONT) :  
Choix des mâles et des femelles (↗ Niveau génétique)  
Contrainte d'évolution de consanguinité fixée (1%)
- Maximisation d'une fonction :

$$H = \underbrace{C \cdot Ig}_{\text{Contribution des candidats sélectionnés}} - \lambda (\underbrace{C \cdot A}_{\text{Matrice de parenté}} - \underbrace{\Delta F}_{\text{Augmentation de consanguinité fixée}})$$

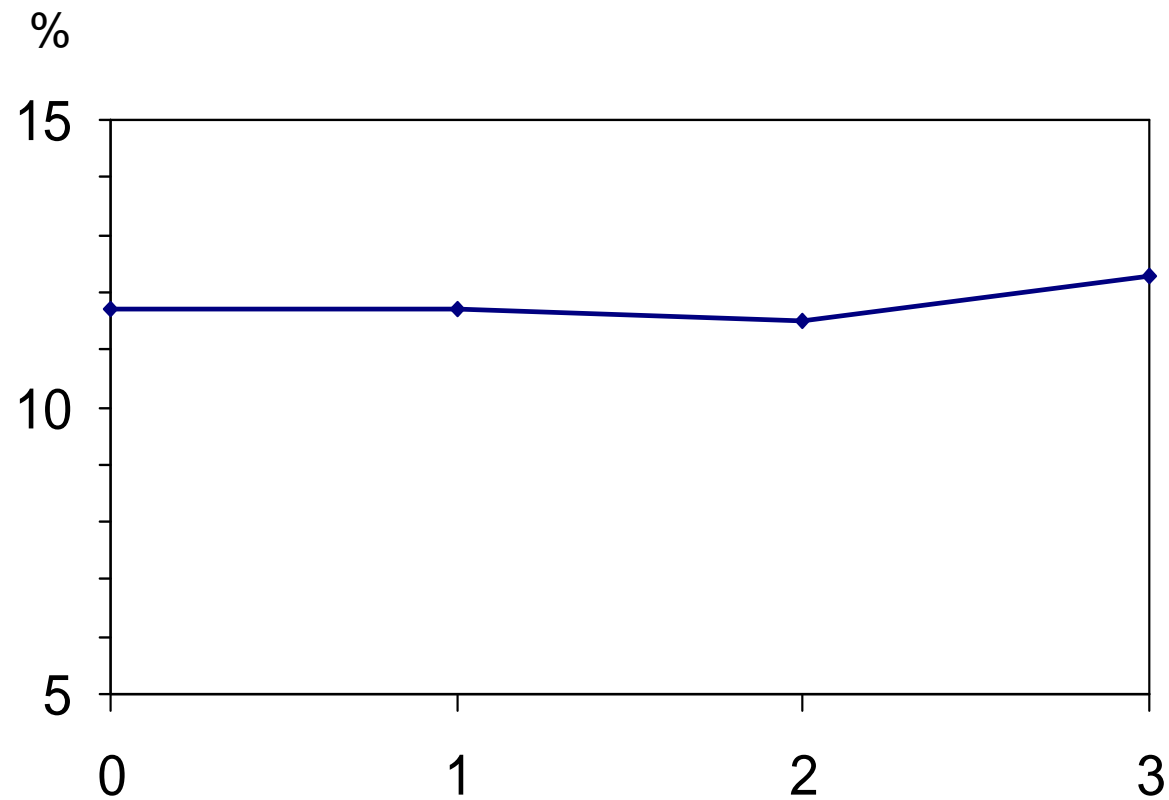
Niveau génétique des candidats sélectionnés      consanguinité moyenne des candidats sélectionnés

# Résultats : Evolutions génétiques



# Résultats : Evolution de la consanguinité

---



# Plan

- Axes de recherches
  - - Résistance aux maladies
  - - Longévité fonctionnelle de la femelle
  - - Aptitudes maternelles : Croissance du jeune
  - Homogénéité
  - des poids de naissance
  - - Fertilité mâle et femelle
- Conclusion

# Peut-on sélectionner l'homogénéité des poids de naissance chez le lapin Une expérience de sélection divergente

H. Garreau <sup>(1)</sup> , M. San Cristobal <sup>(2)</sup> , J. Hurtaud <sup>(3)</sup> ,  
L. Bodin <sup>(1)</sup> , G. Saleil <sup>(1)</sup> , G. Bolet <sup>(1)</sup>

(1) INRA, SAGA, Castanet-Tolosan, France

(2) INRA, Laboratoire de Génétique cellulaire, Castanet-Tolosan, France

(3) GRIMAUD FRERES Sélection, Roussay, France



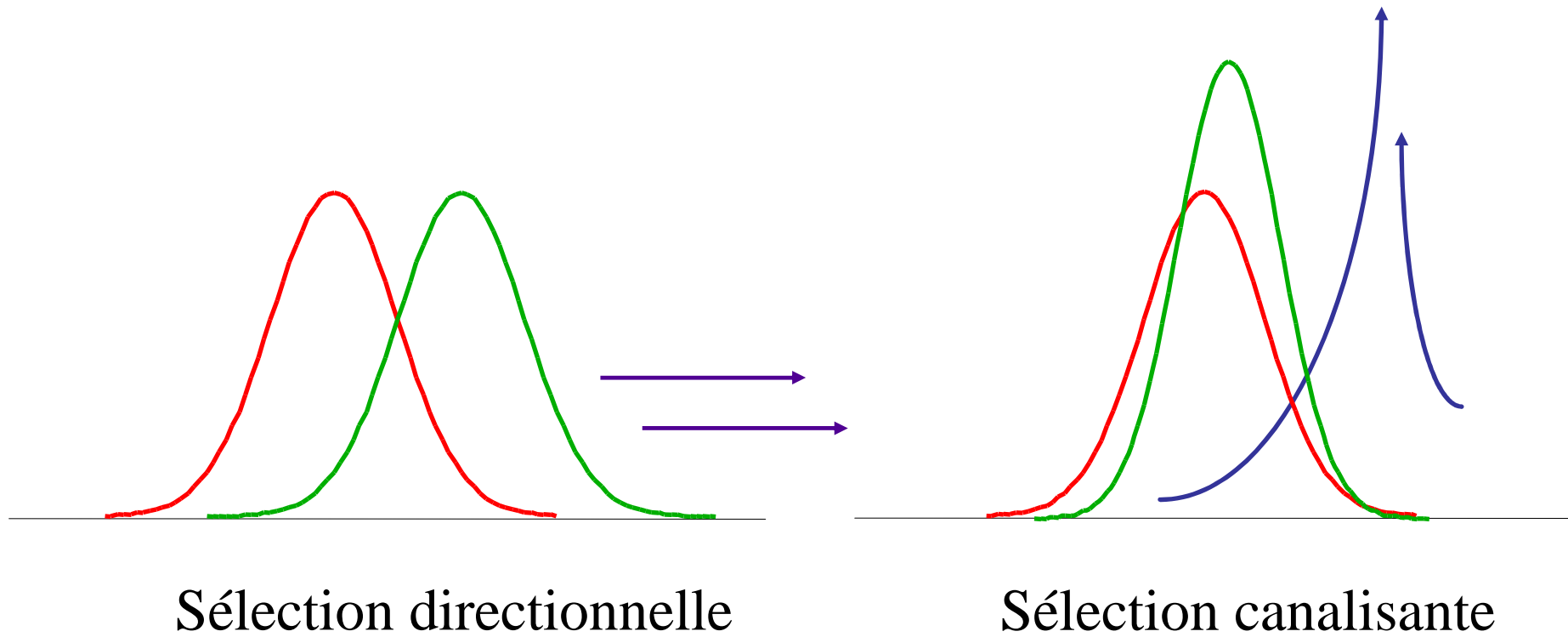
# L'hétérogénéité des poids à la naissance

---

- ✓ Facteur de mortalité : Les plus petits lapereaux meurent de faim et sont plus sensibles aux maladies
- ✓ Liaison avec la position des embryons dans la corne utérine
  - ↳ La variabilité des poids à la naissance est-elle un caractère maternel ?
  - ↳ Peut-on diminuer la variabilité des poids par la sélection ?

# La sélection canalisante

---



# Analyse en 2 étapes

---

$$y_{ij} = \mu + u_i + e^{(\eta + vi)} \epsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  jème poids du lapereau de la femelle  $i$

$u_i$  valeur génétique de la moyenne

$v_i$  Valeur génétique de la variance environnementale

1) Estimation de  $\mu$  et  $u_i$  avec un modèle classique

$$\hat{\mu} = \bar{y}$$

$$\hat{u}_i = n/(n+\alpha) (\bar{y}_i - \bar{y}) \quad \text{avec} \quad \alpha = 1/h_u^2$$

2) Connaissant  $\hat{\mu}$  et  $\hat{u}_i$ , on obtient  $\hat{e}_{ij}$

$$\hat{e}_{ij} = y_{ij} - \hat{\mu} - \hat{u}_i \quad \text{On analyse } \ln \hat{e}_{ij}^2$$

# Modèle statistique

---

$$1) P_{ij} = \mu + Y_{Sea} + T_{born} + A_{gew} + L_{gest} + Par + P_e + Lit + u_i + e_{ij}$$

$$2) \ln(e^2_{ij}) = \eta + Y_{Sea} + T_{born} + A_{gew} + Par + P_e + Lit + v_i$$

## Effets fixes :

$Y_{sea}$  : Année-saison

$T_{born}$  : Taille de portée

$A_{gew}$  : Age à la pesée

$L_{gest}$  : Durée de gestation

$Par$  : Parité

## Effets aléatoires :

$P_e$  : environnement permanent ♀

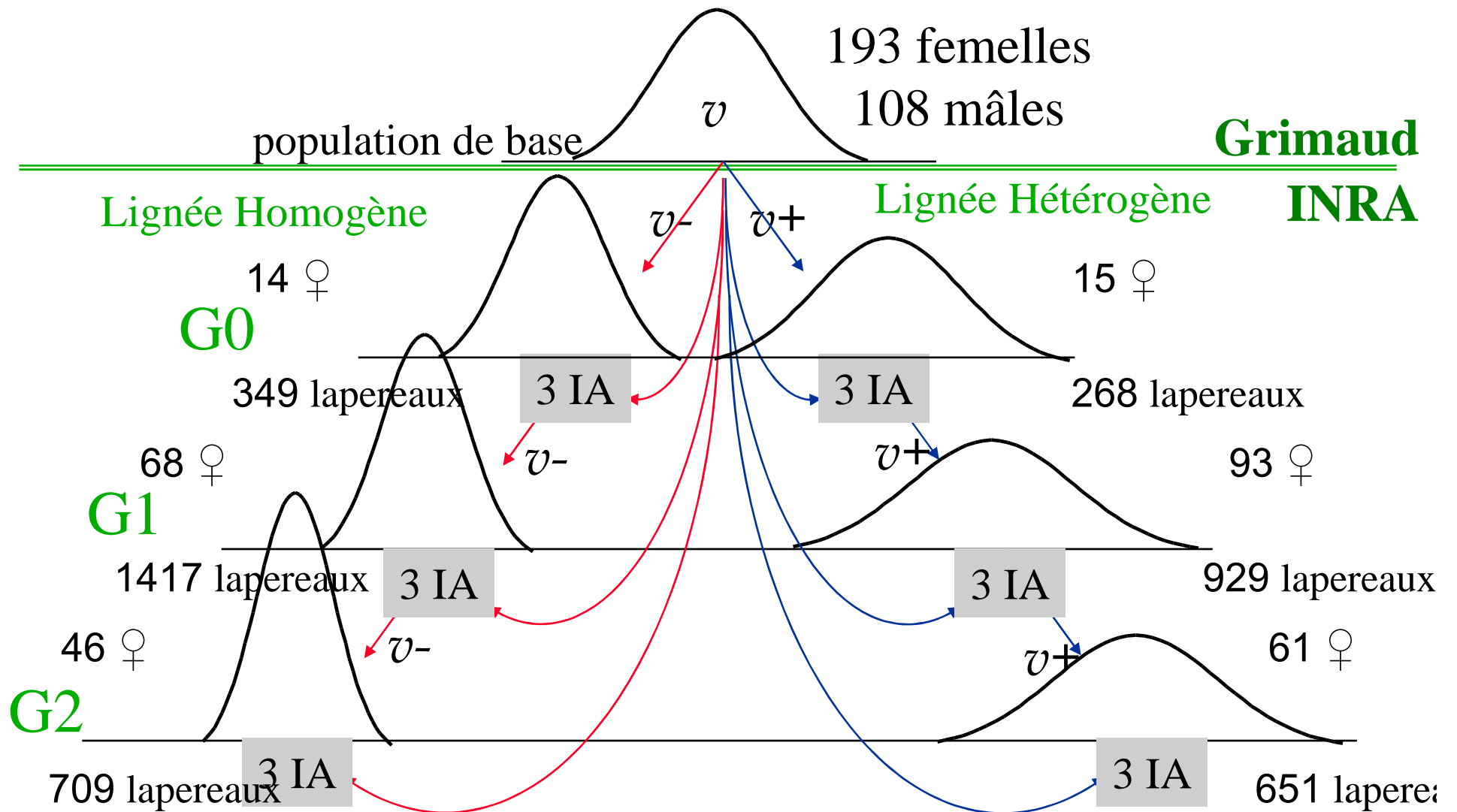
$Lit$  : Environnement commun portée

$u_i$  : Valeur génétique de la moyenne

$e_{ij}$  : Résiduelle

$v_i$  : Valeur génétique de la variance  
environnementale

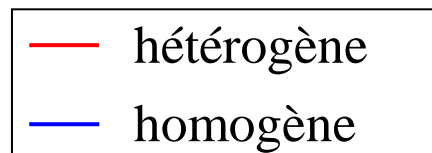
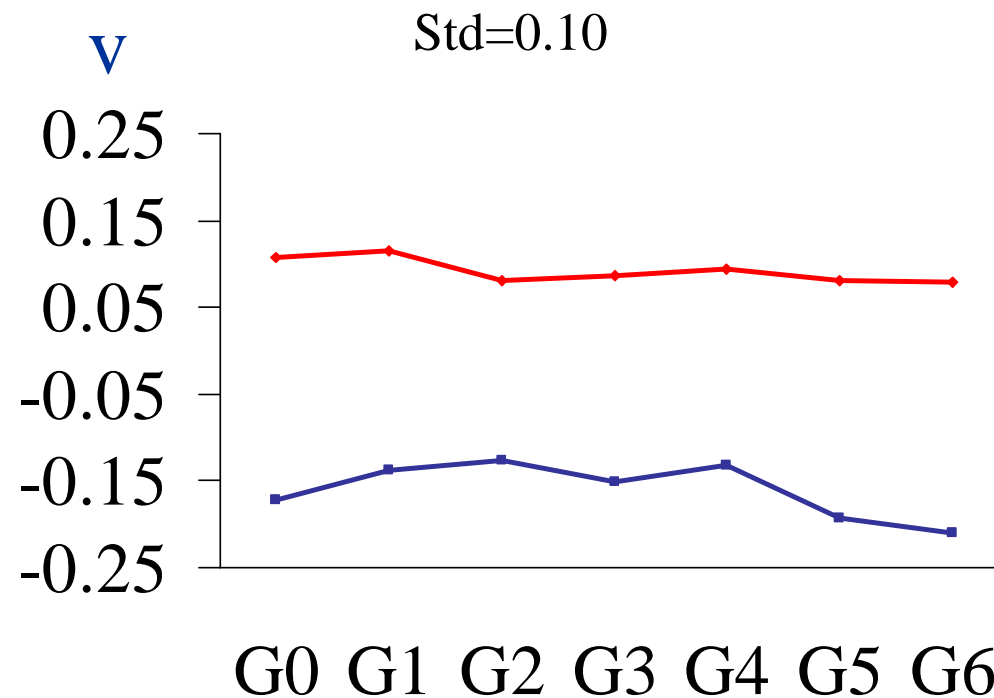
# Expérience de sélection divergente



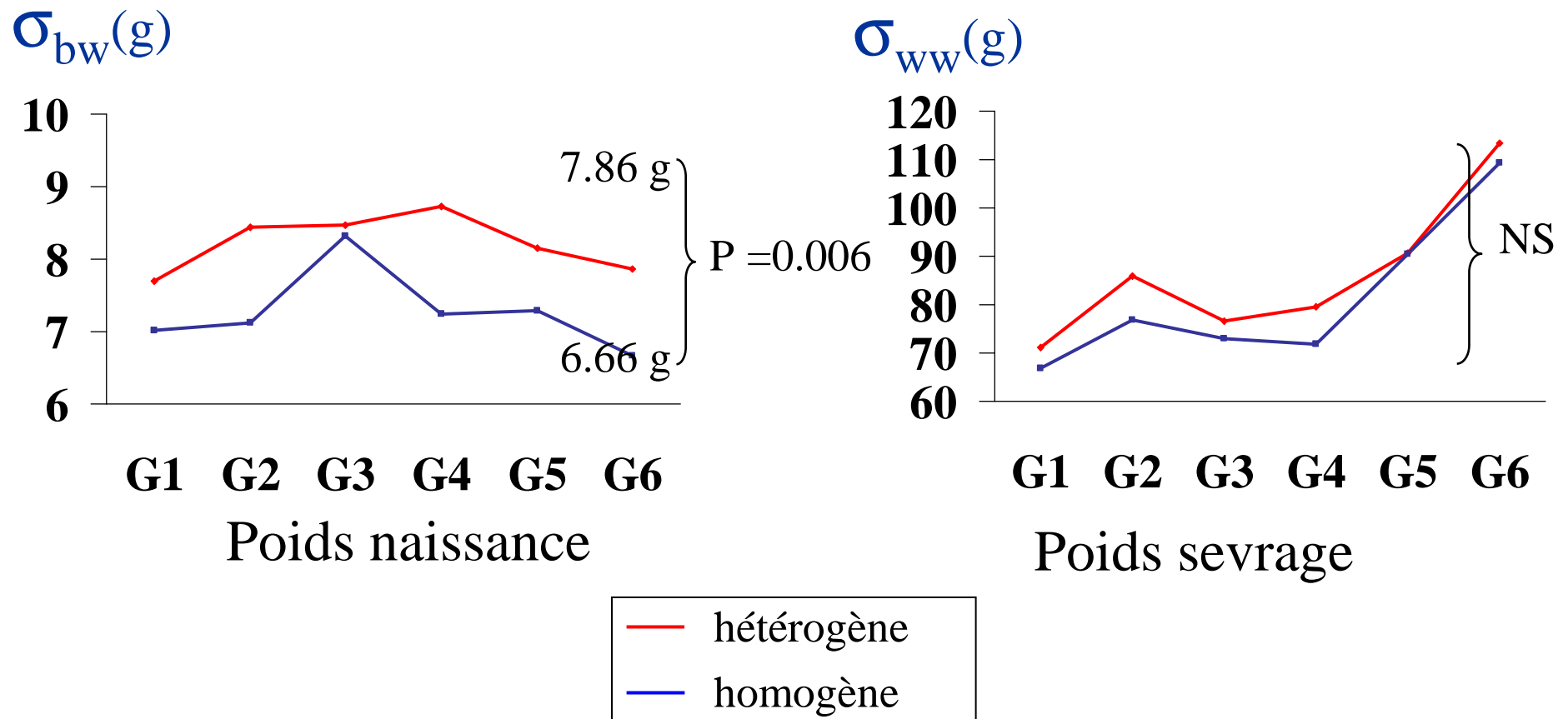
**Grimaud**  
**INRA**

# Résultats : Evolutions génétiques V

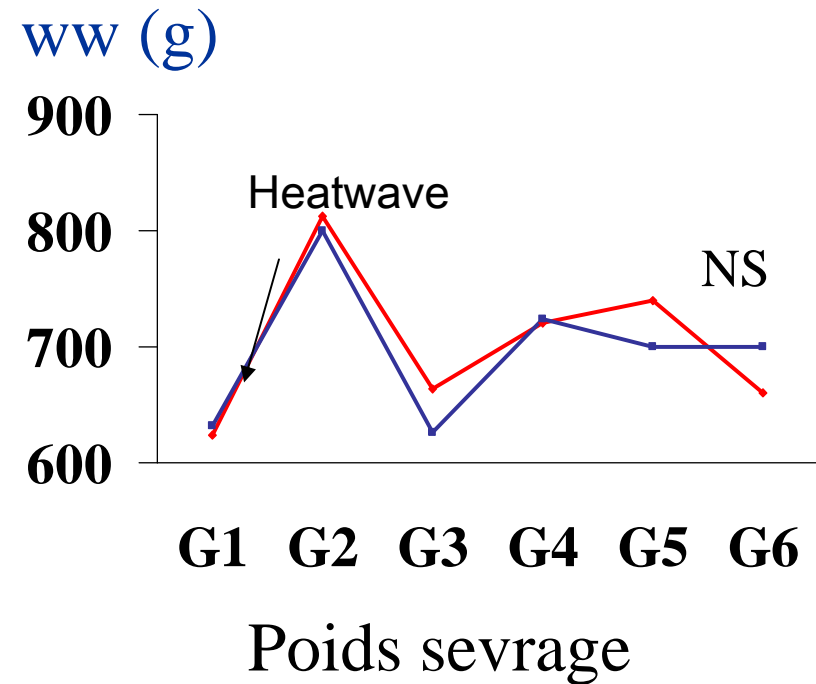
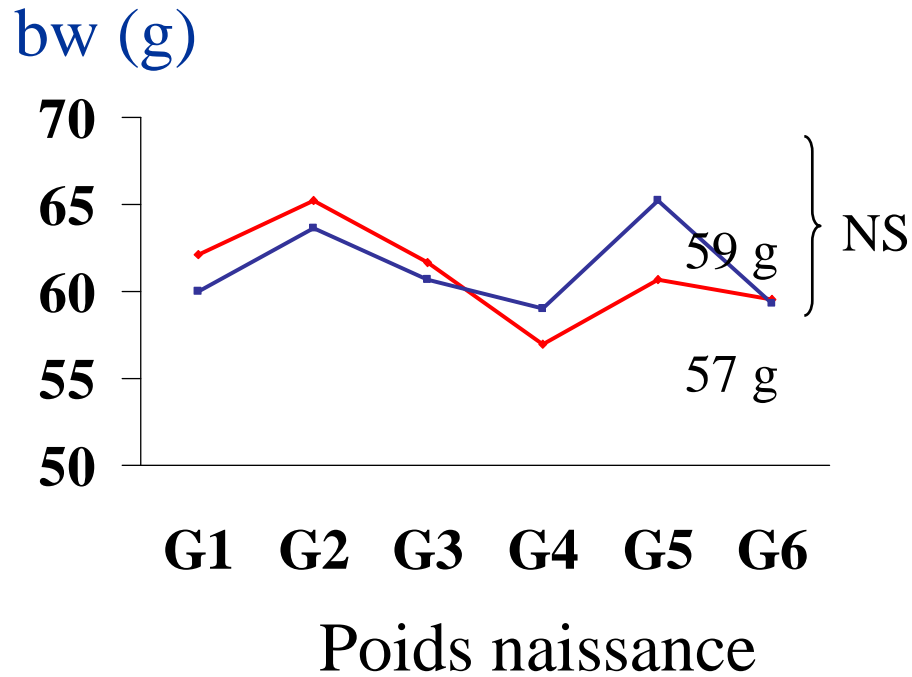
---



# Résultats : Ecart type de poids intra portée



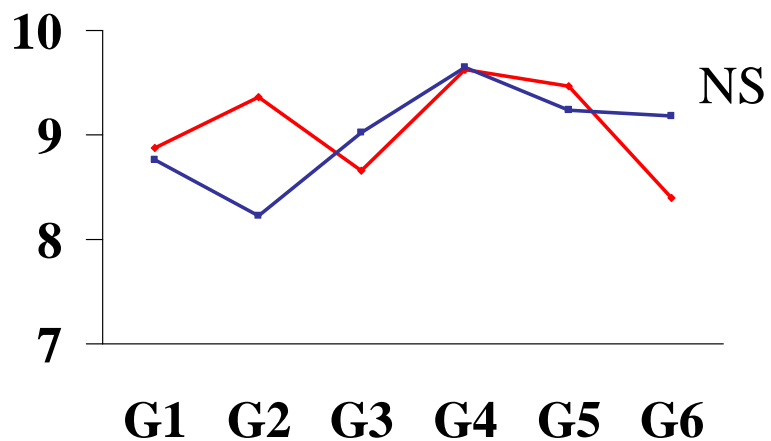
# Résultats poids individuels



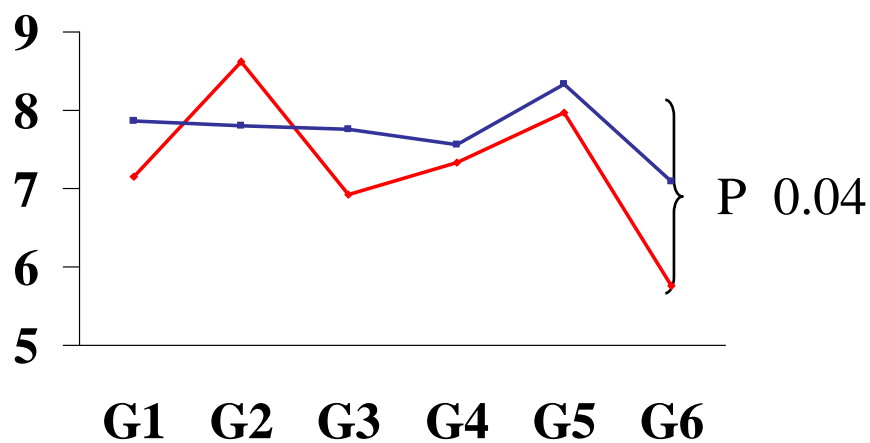


# Résultats : prolificité

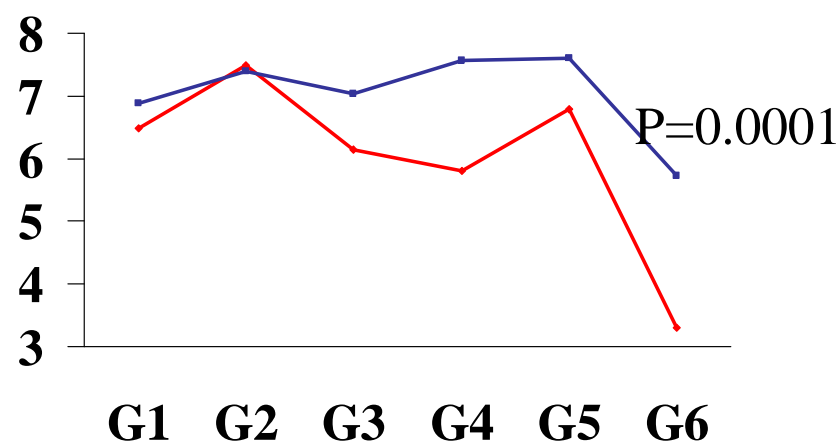
## Nés totaux



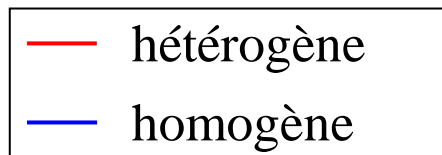
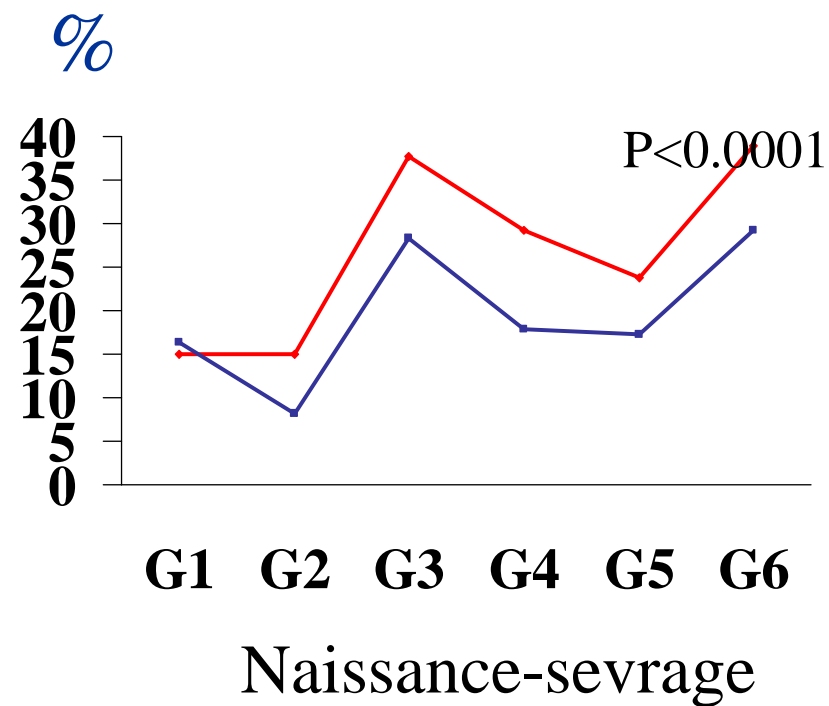
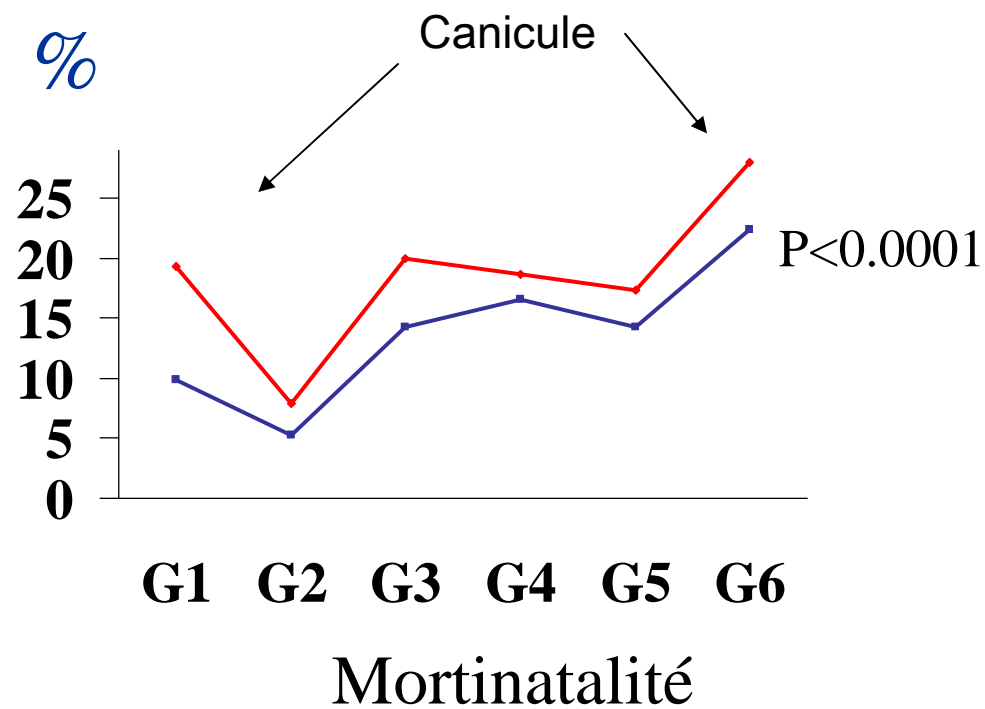
## Nés vivants



## Nombre de sevrés



# Résultats mortalité



# Plan

- **Axes de recherches**
- - Résistance aux maladies
- - Longévité fonctionnelle de la femelle
- - Aptitudes maternelles : Croissance du jeune
- Homogénéité des poids de naissance
- - **Fertilité mâle et femelle**
- Conclusion

# Questions posées sur le mâle et la semence :

## Connaissances scientifiques

- Amélioration par sélection de la production spermatique ?
- Critères prédicteurs de la fécondance ?
- Congélation de la semence ?

## Pour application dans les centres d'IA

- Méthode simple et précise d'évaluation de la concentration ?
- Critères prédicteurs de la fécondance ?

# Etudes en cours

---

- Estimation héritabilité des caractéristiques de la semence
- Relation entre caractéristiques semence et fécondance

*Evaluation des caractéristiques de la semence de 144 mâles issus de 20 pères sur 2 générations (durée observation = 5 mois)*  
*4 séries d'inséminations / lot*

# Schéma du dispositif expérimental

Paramètres génétiques de la production de semence

Génération n



relations avec la fécondance

Génération n+1



# Conclusion

- Une petite filière mais dynamique, organisée, innovante
- Des sélectionneurs leader au niveau international: large activité d'exportation (Europe, Chine)
- Des programmes de sélection qui évoluent pour prendre en compte la durabilité de l'élevage:
  - Durabilité économique : ↘ coûts de production
  - Contraintes environnementales : ↘ rejets, antibiotiques
  - Demande sociétale: meilleure acceptabilité de la sélection :
    - amélioration survie, santé, bien-être
    - ↘ intrants pharmaceutiques