

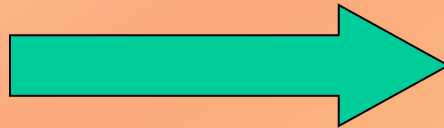
AMELIORATION GENETIQUE DES VOLAILLES

**ANALYSE DE LA VARIABILITE GENETIQUE DES
CARACTERES**

COMPORTEMENT ET ADAPTATION

Sélection et comportement : une histoire ancienne ... 1ère étape : la domestication

Domestication : Processus par lequel l'animal s'adapte à l'homme et à l'environnement qu'il lui propose (Price, 1984)



Implique que l'homme contrôle

La reproduction



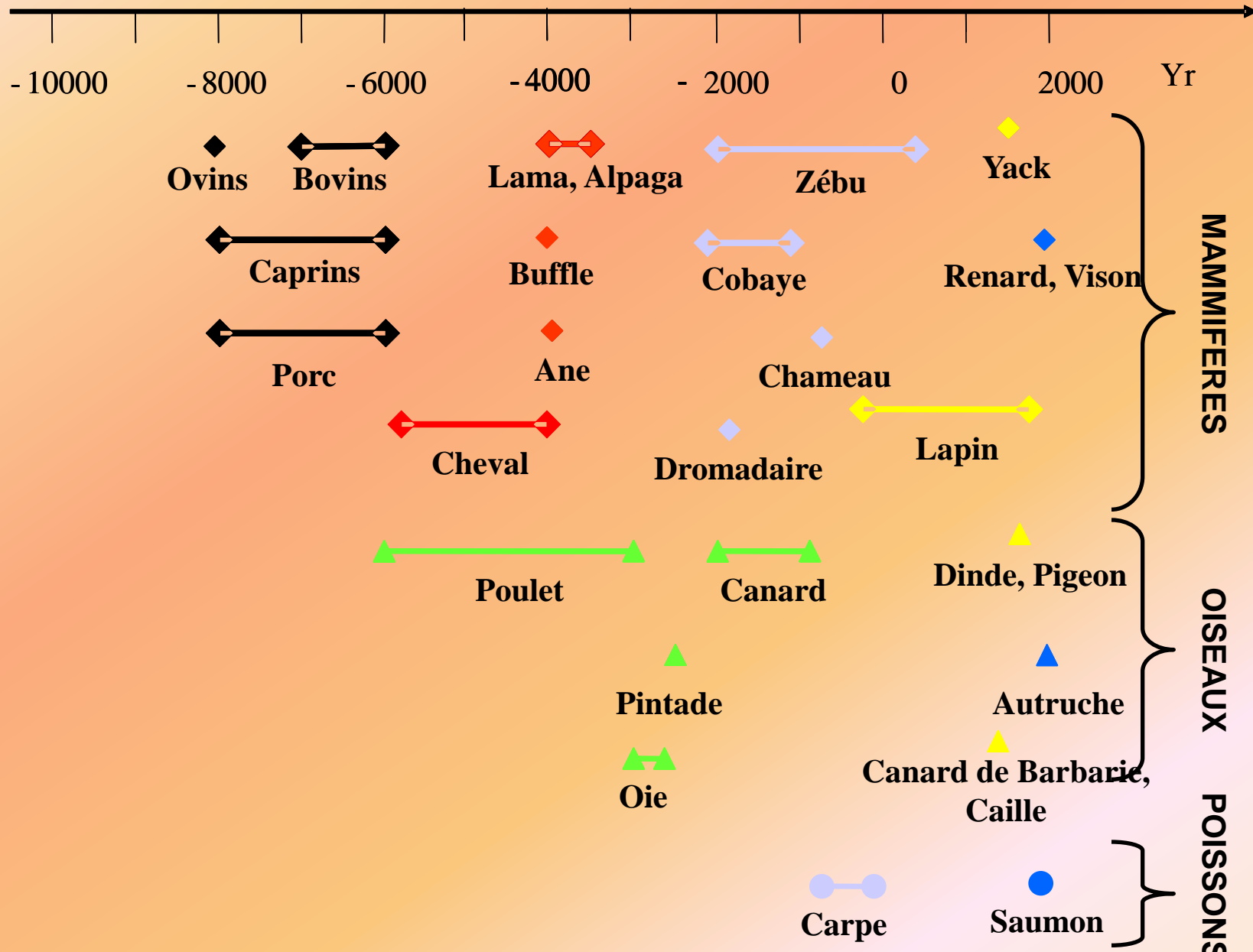
Les soins



L'alimentation



Domestication : qui, quand, où ?



Domestication : qui, quand, où ?

Porc, Lapin
Renard, Vison,
Carpe, Dinde, Pigeon

Bœuf, Mouton, Chèvre,
Zébu, Chameau

Cheval

Saumon

Canard de
Barbarie

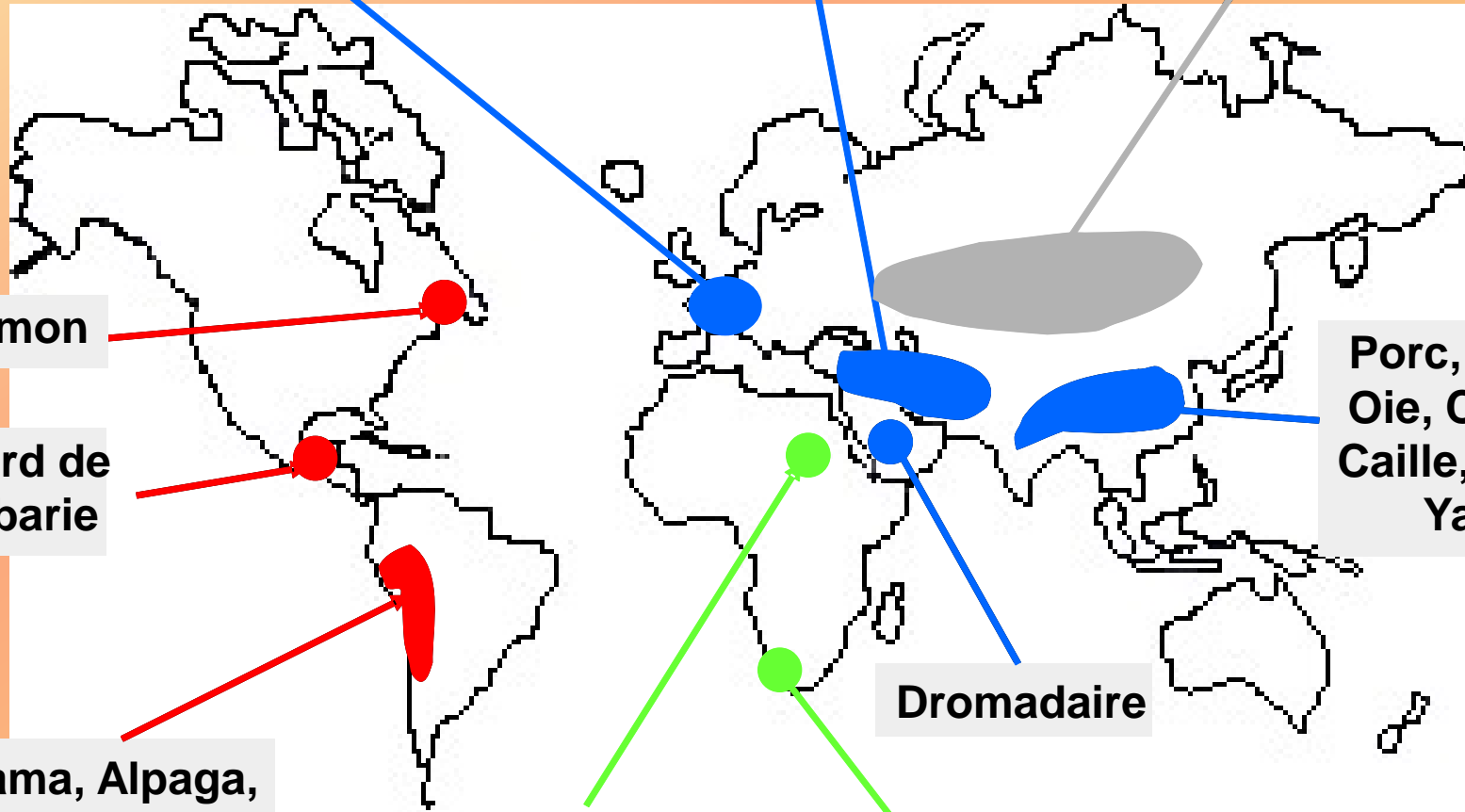
Lama, Alpaga,
Cobaye

Ane, Pintade

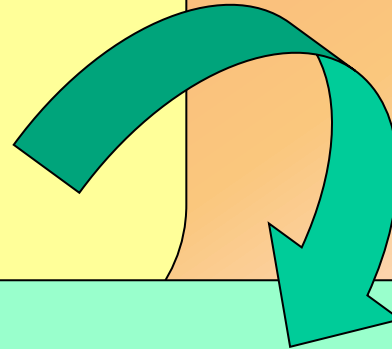
Autruche

Dromadaire

Porc, Poulet
Oie, Canard,
Caille, Buffle,
Yack



Domestication : peu d'espèces



Caractéristiques nécessaires ou favorables à la domestication

Alimentation

(omnivore ou herbivore vs carnivore)



Relations sociales

(grégaire, aptitudes maternelles)



Comportement avec l'homme

(agressivité, fuite)



Reproduction

(mâle dominant, promiscuité)



Plasticité comportementale

(adaptation à des environnements différents)

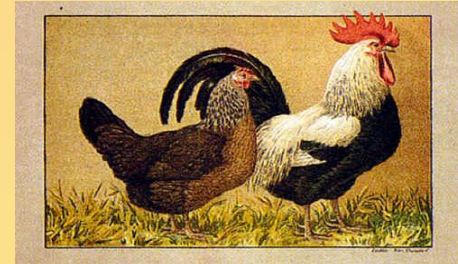


Une première phase d'évolution lente

800-1500g
Ponte
saisonnière



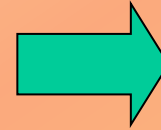
Changements lents
Sélection faible



2000g-3000g
180 w

Mécanismes impliqués

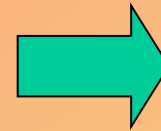
Consanguinité, Dérive génétique
(faible nombre de reproducteurs)



Changements aléatoires

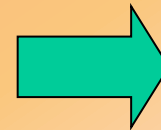
Sélection

Relâchement de la sélection naturelle
(caractères importants dans la nature,
mais pas en captivité)



Variabilité augmentée

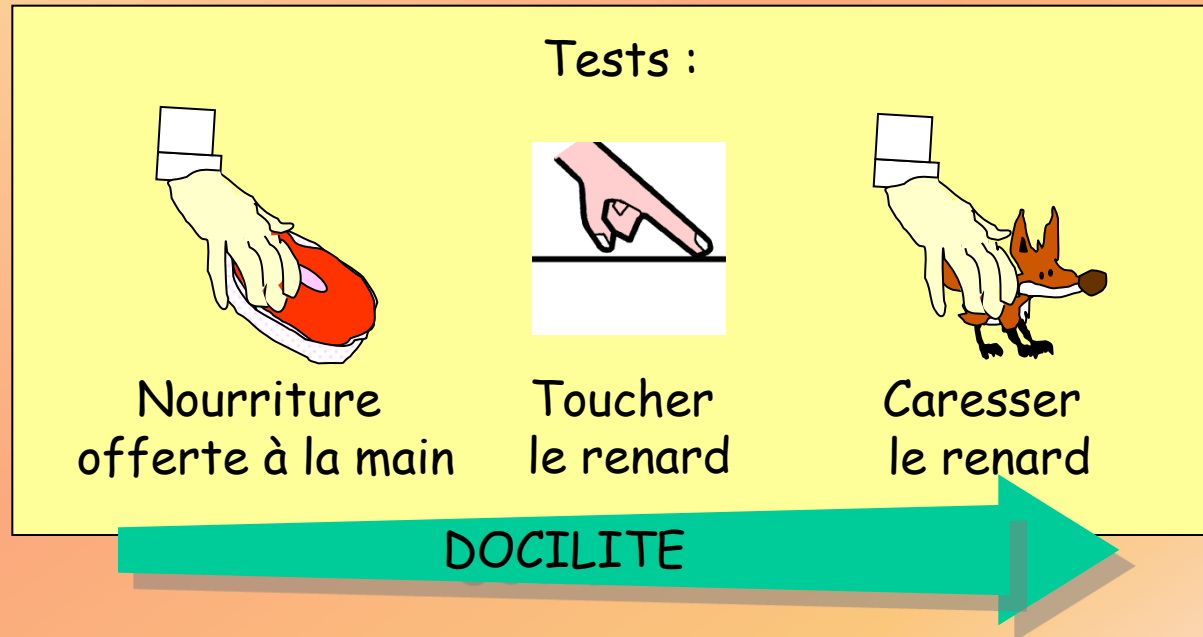
Sélection naturelle
(élimination des animaux ne
pouvant se reproduire en captivité)



Changements directionnels

Sélection artificielle
(modification délibérée d'un caractère)

Un exemple : la domestication du renard argenté (Belyaev, 1979)

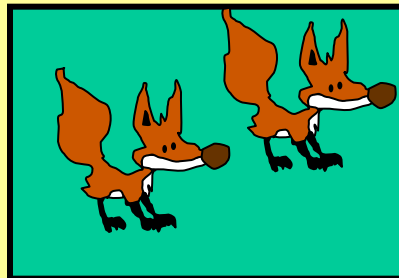


Conditions :

- Une fois seul en cage



- Une fois dans un espace libre (avec un autre renard)



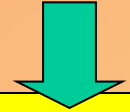
DOCILITE

Test répété tous les mois
de 1 mois
à 6-7 mois

Un exemple : la domestication du renard argenté (Belyaev, 1979)

Les renards sont classés en 3 catégories

A la G6



Classe 3

Non apprivoisés

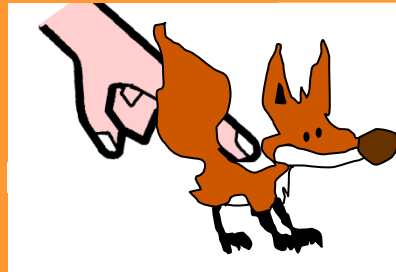
- Fuient
- Mordent



Classe 2

Peu apprivoisés

- Se laissent toucher
- Ne manifestent pas d'émotion face à l'homme



Classe 1

Apprivoisés

- Se laissent caresser
- Manifestent une émotion face à l'homme



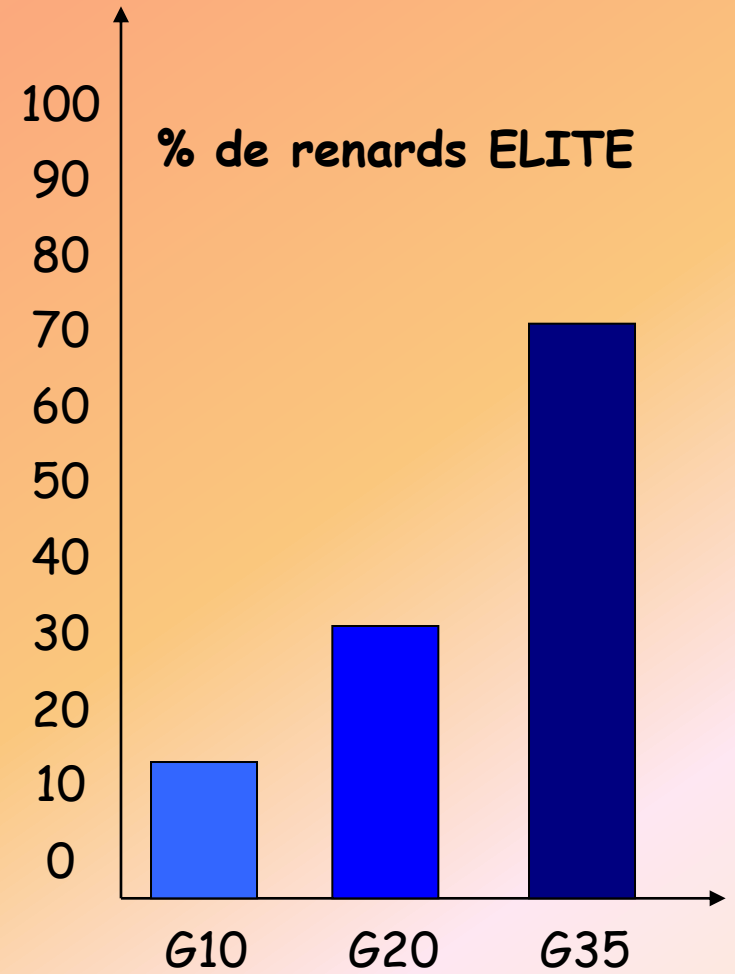
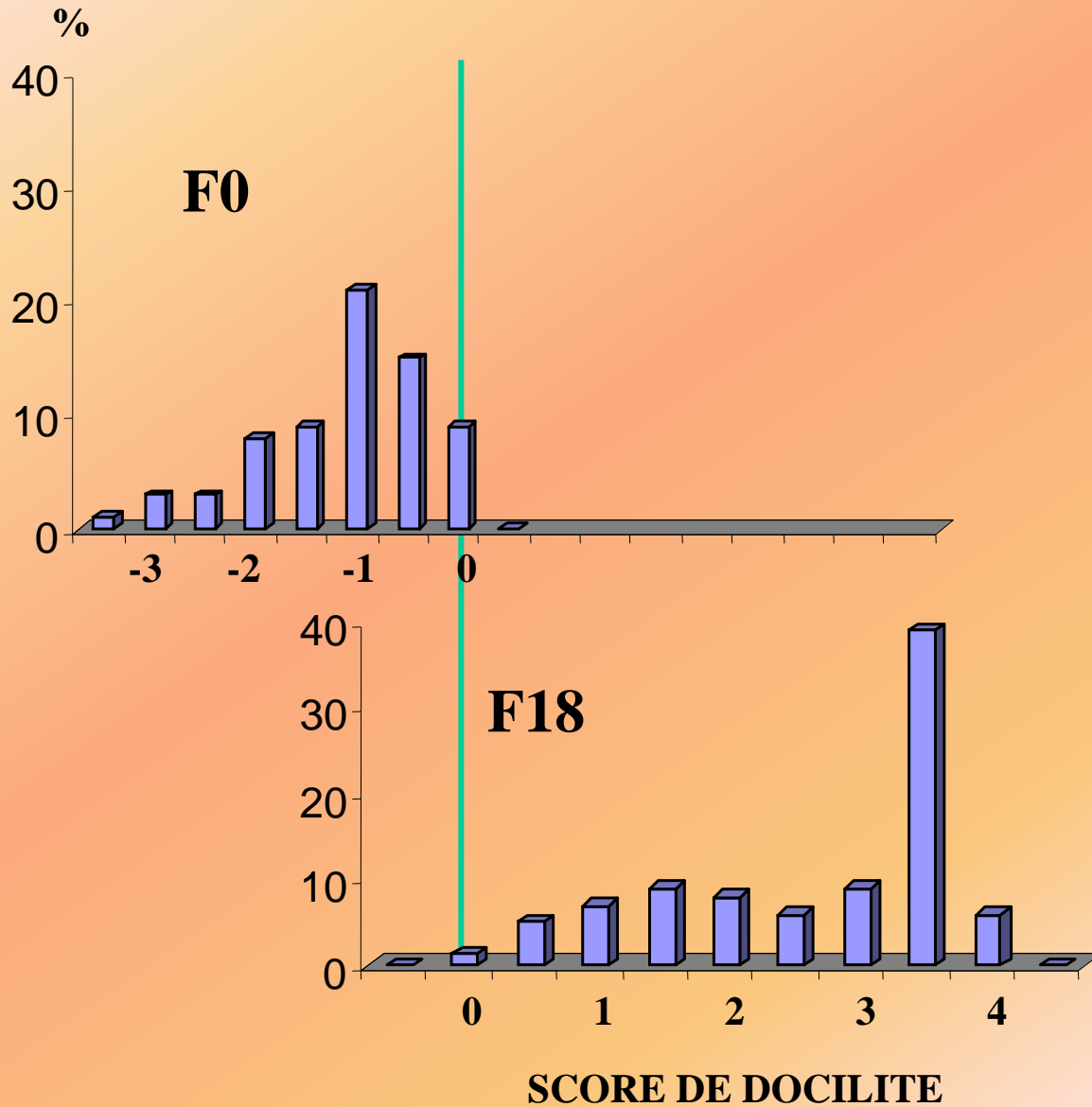
Classe ELITE

Très apprivoisés

- Recherchent le contact avec l'homme
- Comportement proche de celui du chien



Résultats de l'expérience sur la domestication du renard argenté (Belyaev, 1979)



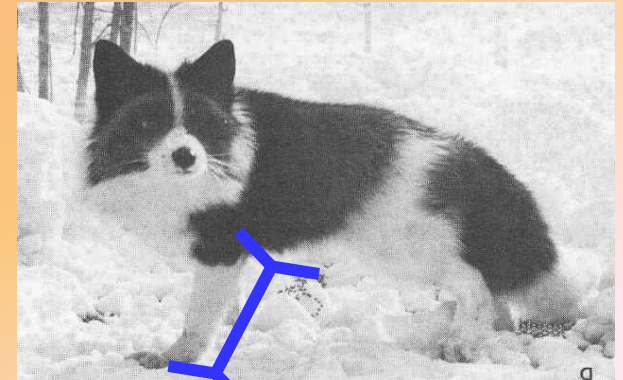
Conséquences de la sélection sur la domestication du renard argenté * Morphologiques

Apparition après 8 générations de sélection

Oreilles tombantes

Queue recourbée

Pelage Pie



Queue plus courte

Crâne moins haut,
Moins large

Pattes plus courtes

Apparition après 15 générations de sélection

Conséquences de la sélection sur la domestication du renard argenté
* Développement - Ontogénèse



Sauvage



Domestique

Réponse aux stimuli auditifs

16 j

14 j

Ouverture des yeux

18-19 j

17-18 j

Apparition des réactions de peur > 6 semaines

> 9 semaines

Maturité sexuelle

8 mois

7 mois

Conséquences de la sélection sur la domestication du renard argenté
* Neurochimiques et hormonaux



Sauvage



Domestique

Activité, Sensibilité des surrénales

+

-

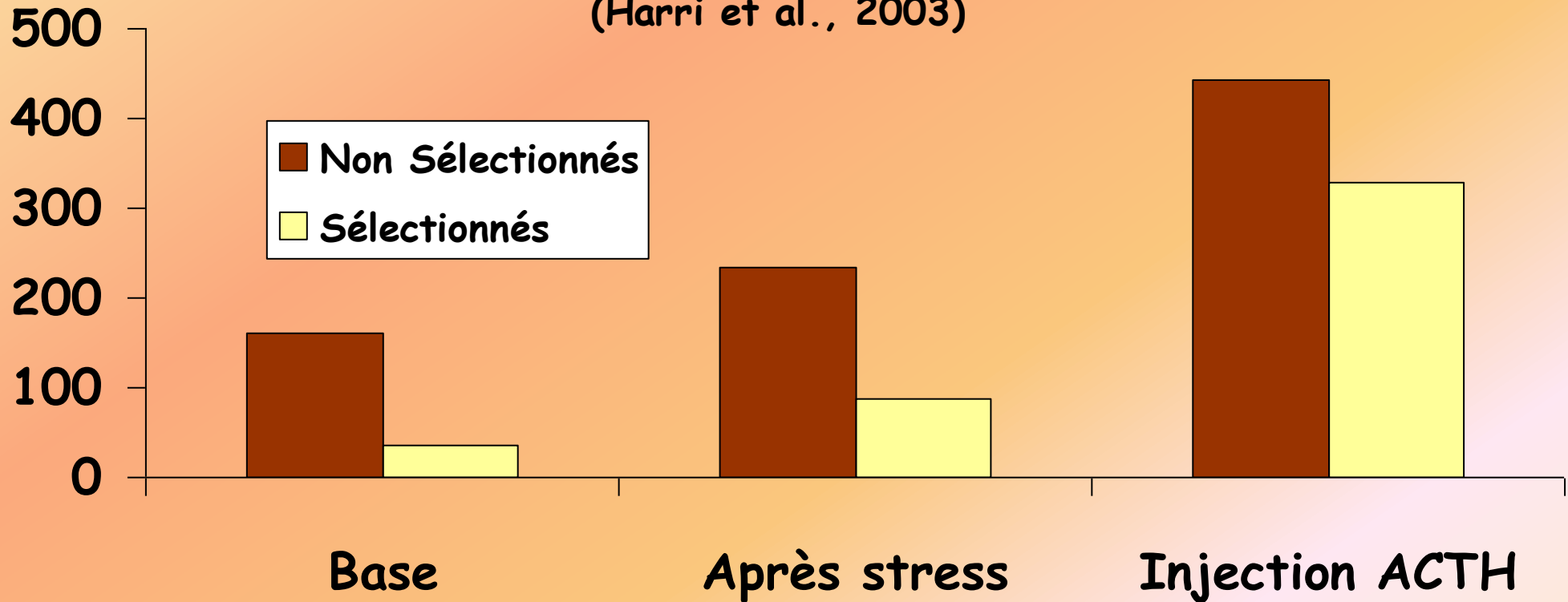
Corticostéronémie (G28)

100 %

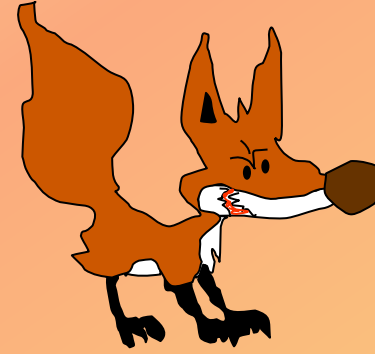
25 %

Conséquences de la sélection sur la domestication du renard argenté
*** Neurochimiques et hormonaux**

Niveau de corticostérone des renards sélectionnés ou non
(Harri et al., 2003)



Conséquences de la sélection sur la domestication du renard argenté
 * Neurochimiques et hormonaux



Sauvage



Domestique

Activité, Sensibilité des surrénales	+	-
Corticostéronémie (G28)	100 %	25 %
Sérotonine (médiateur du comportement agressif)	-	+
Reproduction saisonnée	Stricte	Moins stricte, Parfois 2 portées/an

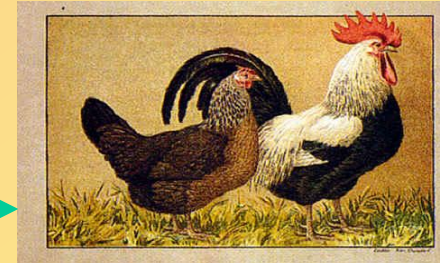
Une deuxième phase avec des changements accélérés

800-1500g
Ponte
saisonnaire



Changements lents
Sélection faible

Répertoire comportemental
de même nature
≠ en fréquence et en intensité



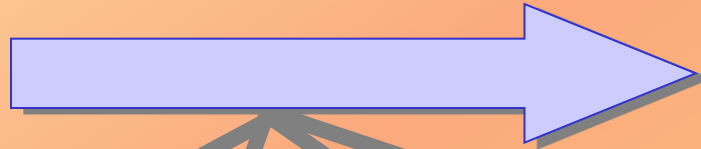
2000g-3000g
180 w

Changements rapides
Sélection Forte
Peu de caractères



6 kg, 280 w

Evolution du comportement avec la sélection : activité générale

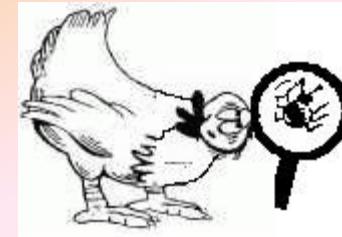


Activité locomotrice

Bain de poussière

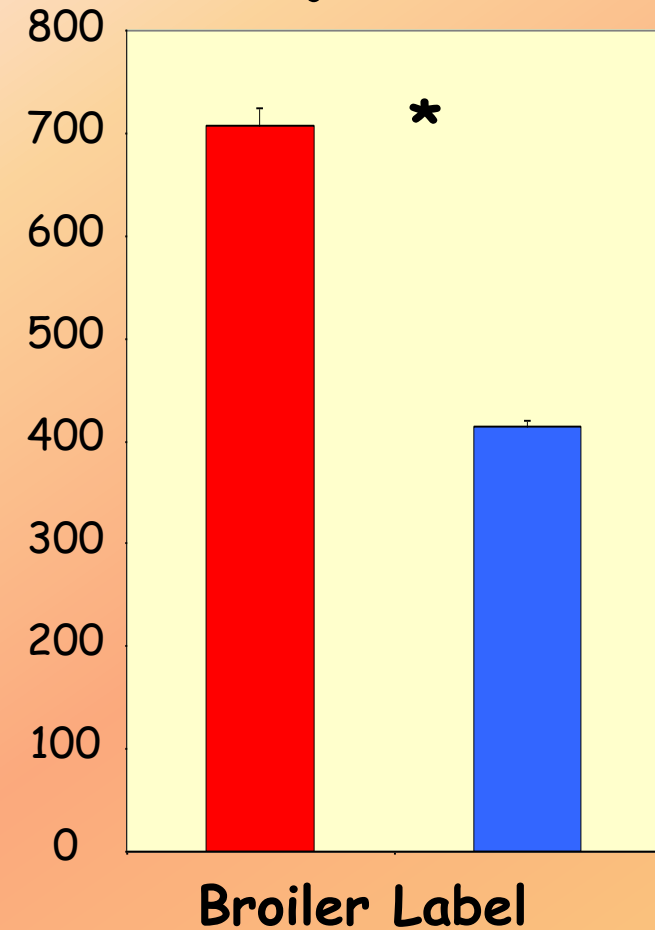
Perchage

Exploration

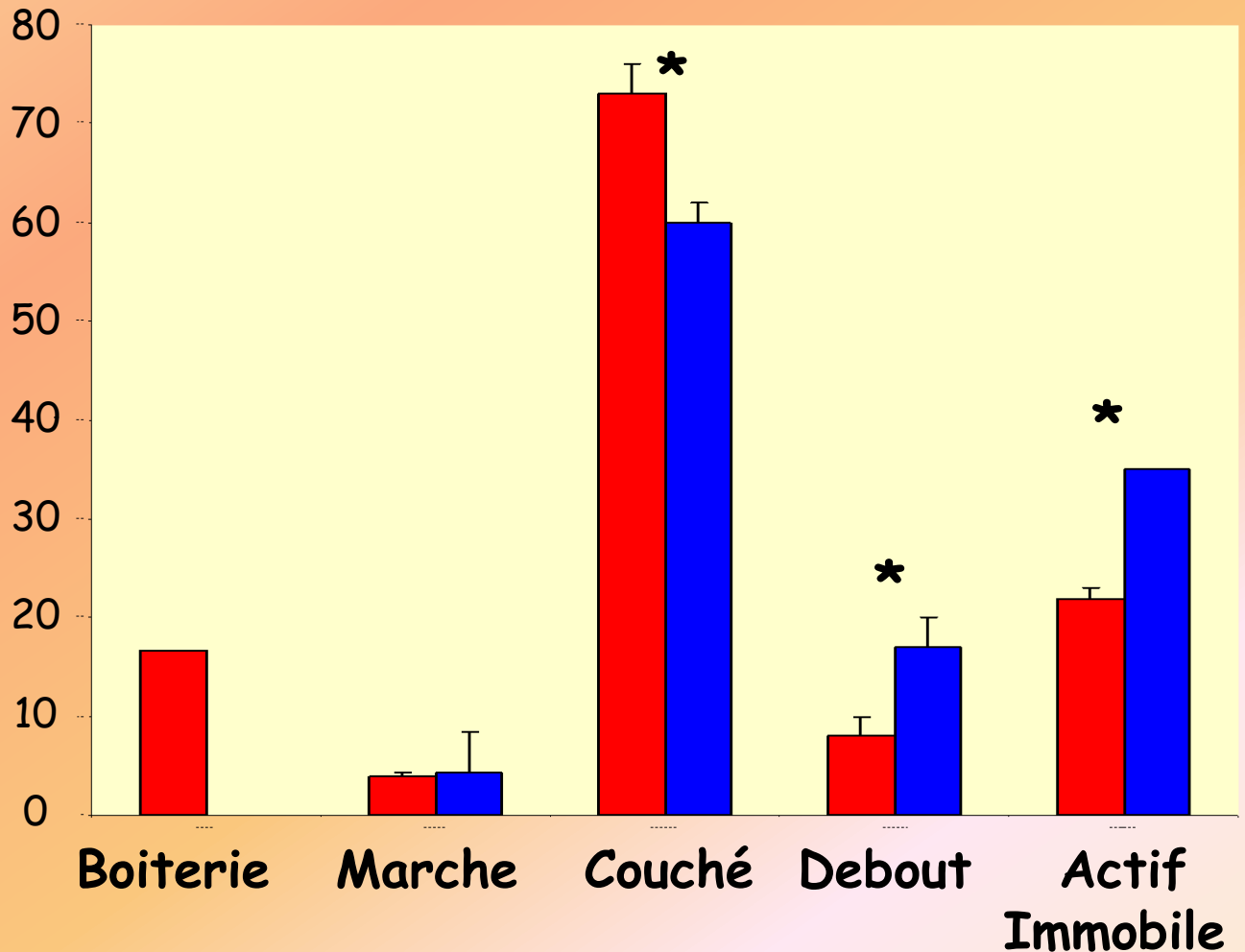


Evolution du comportement avec la sélection : activité générale
(Bizeray et al., 2000)

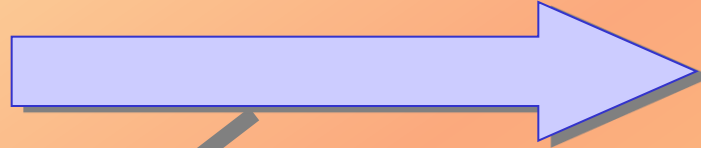
Poids à 22 j



%



Evolution du comportement avec la sélection : reproduction



Nb d'accouplements



Dinde sauvage
Reproduction
en lignée Pure

♂ = 13.5 kg

♀ = 9.0 kg

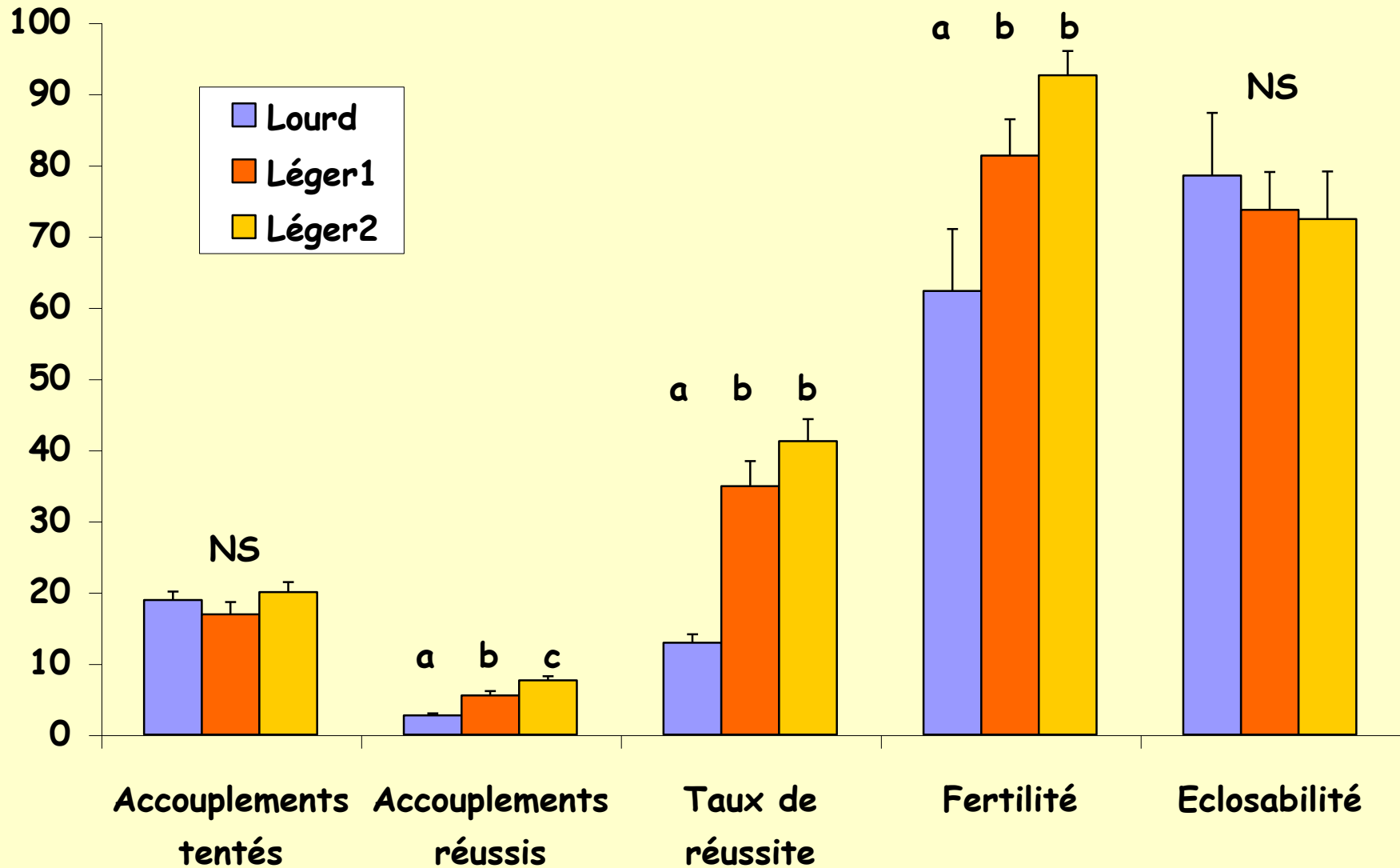


Dinde commerciale =
Croisement entre un mâle lourd
et une femelle légère

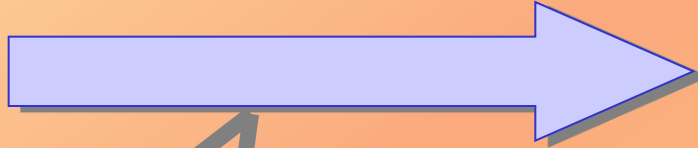
♂ = 35-40 kg (jusqu'à 60 kg)

♀ = 9-12 kg

Conséquence de l'augmentation du poids sur la reproduction de la caille (d'après Blohowiak et al., 1984)



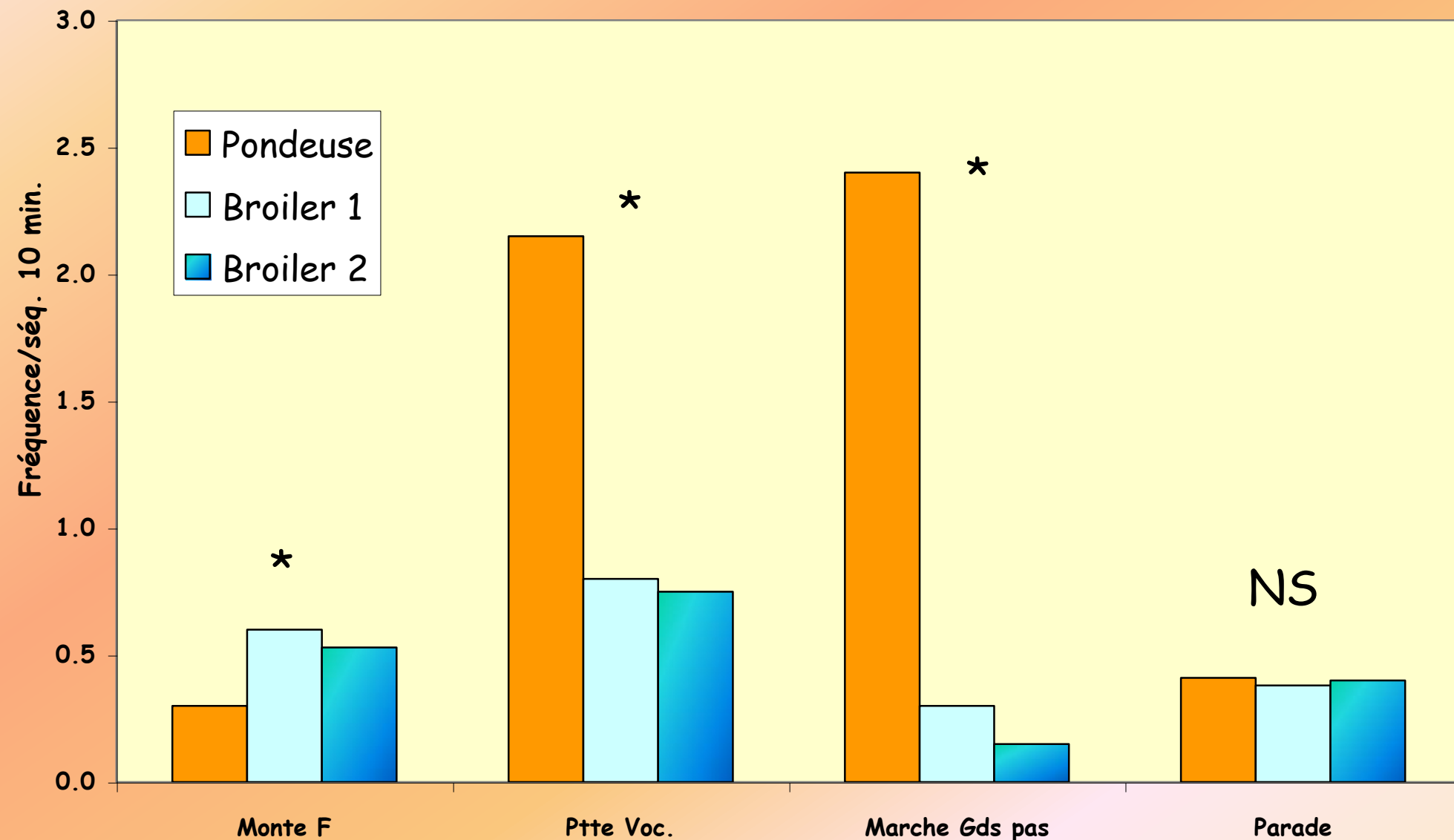
Evolution du comportement avec la sélection : reproduction



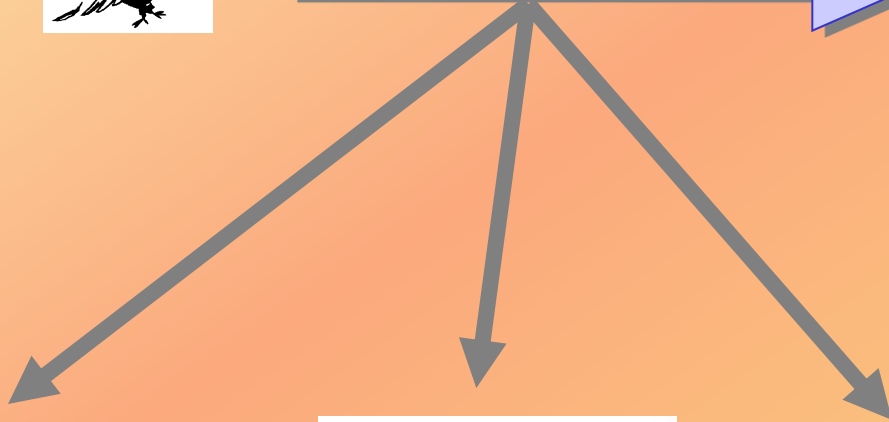
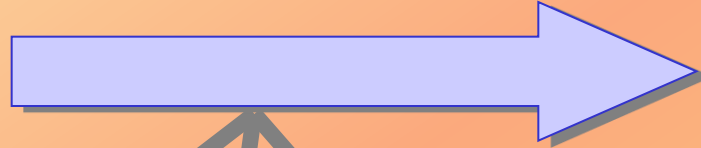
Nb d'accouplements

**Comportement
de Cour**

Conséquence de l'augmentation du poids sur le comportement de cour du coq de chair (d'après Millman et al., 2000)



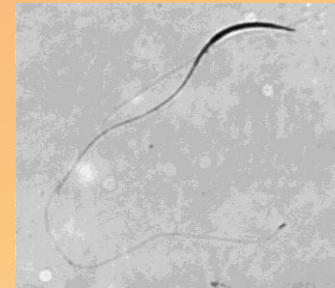
Evolution du comportement avec la sélection : reproduction



Nb d'accouplements



**Comportement
de Cour**

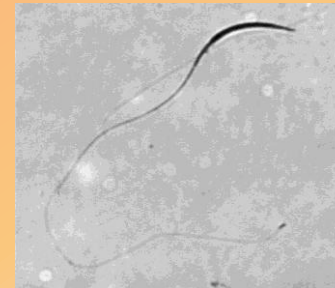
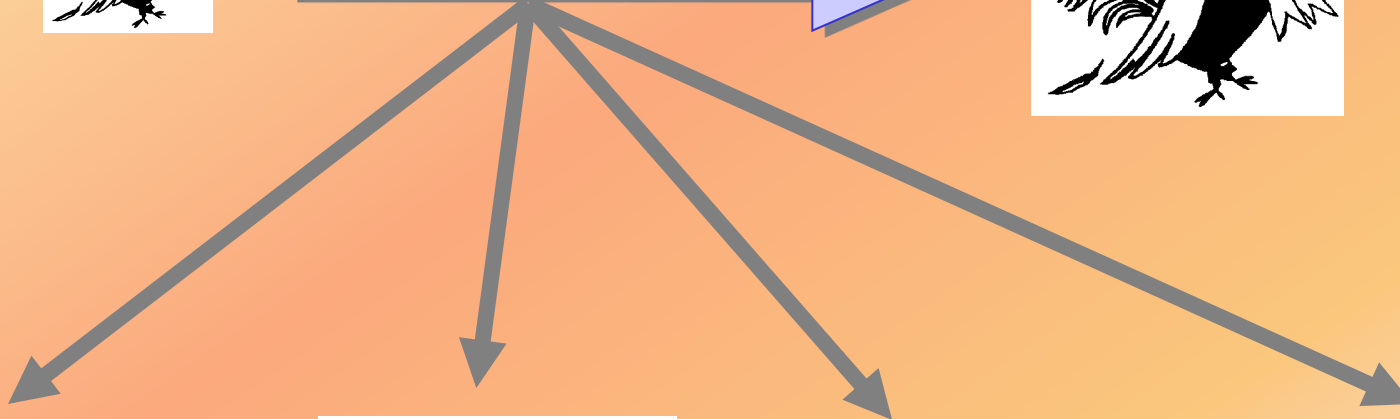
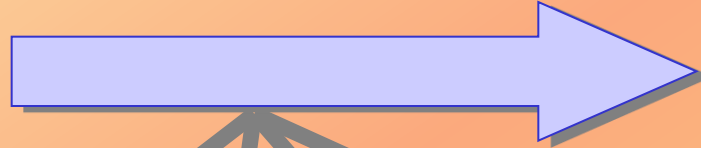


**Qualité du
sperme**

Conséquence de l'augmentation du poids
sur la fertilité des coqs (d'après Soller et al., 1965; Reddy et Sadjadi, 1990)

	Poids	Conformation (Filet)
Volume	0.44	0.42
Motilité	-0.28 à -0.18	-0.39
Concentration	-0.24	-0.33
Maturité sexuelle	+ précoce	
Dévt testiculaire	- important	
Persistance	- bonne	

Evolution du comportement avec la sélection : reproduction



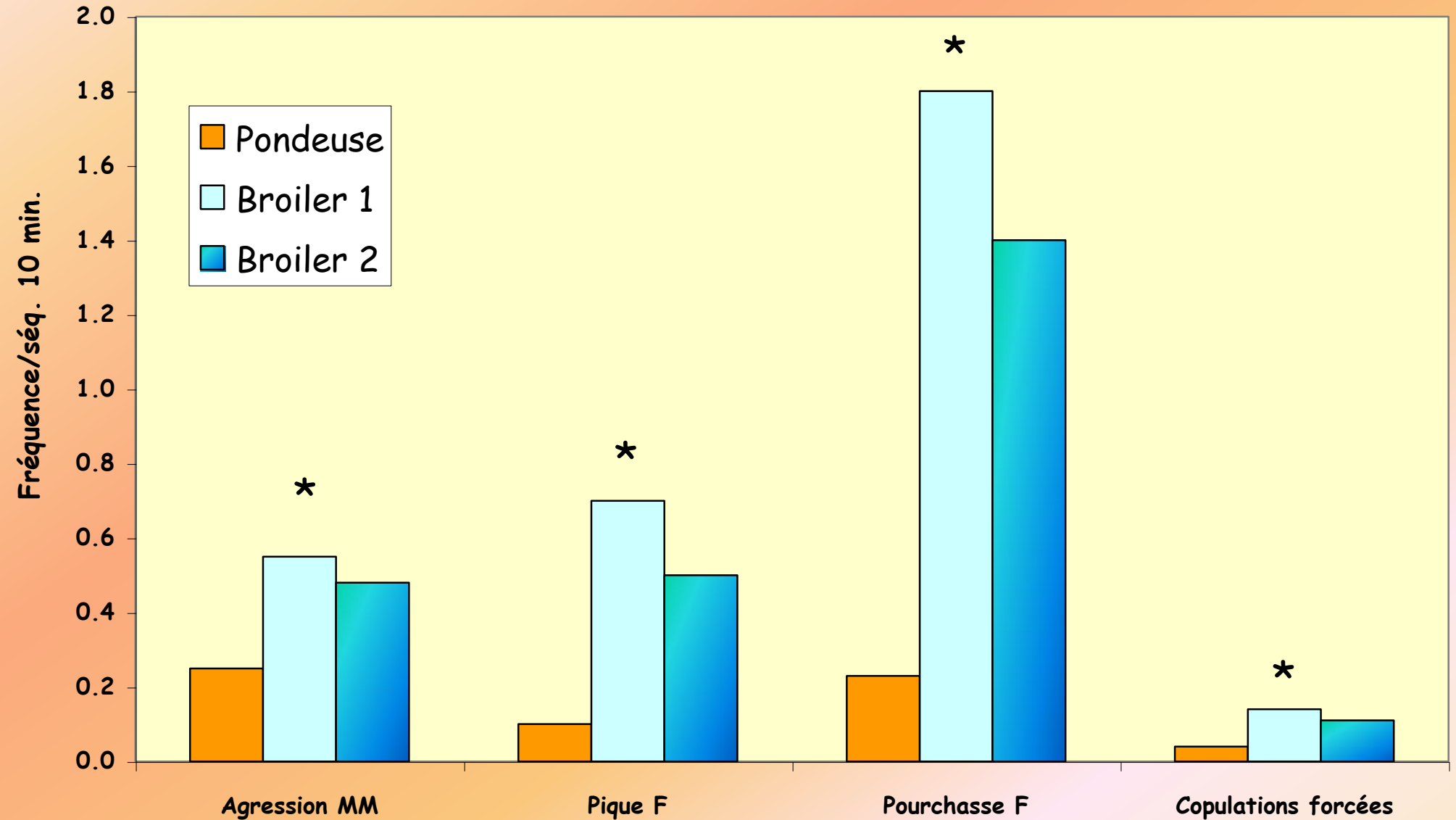
Nb d'accouplements

Comportement
de Cour

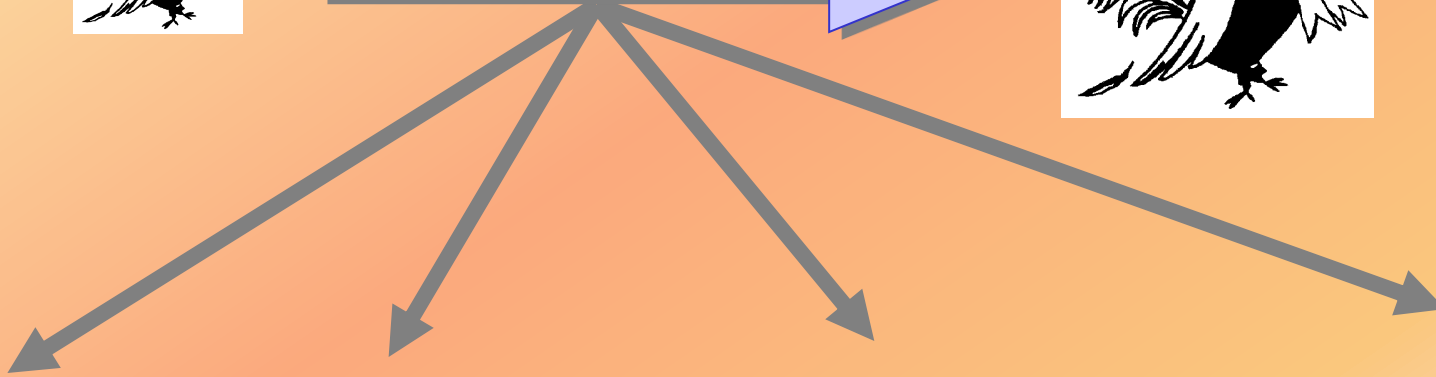
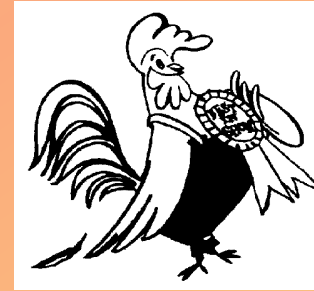
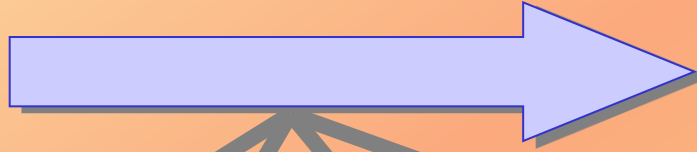
Qualité du
sperme

Agressivité avec
les femelles

Conséquence de l'augmentation du poids sur l'agressivité du coq de chair avec les femelles (d'après Millman et al., 2000)



Evolution du comportement avec la sélection : comportement alimentaire



Obésité

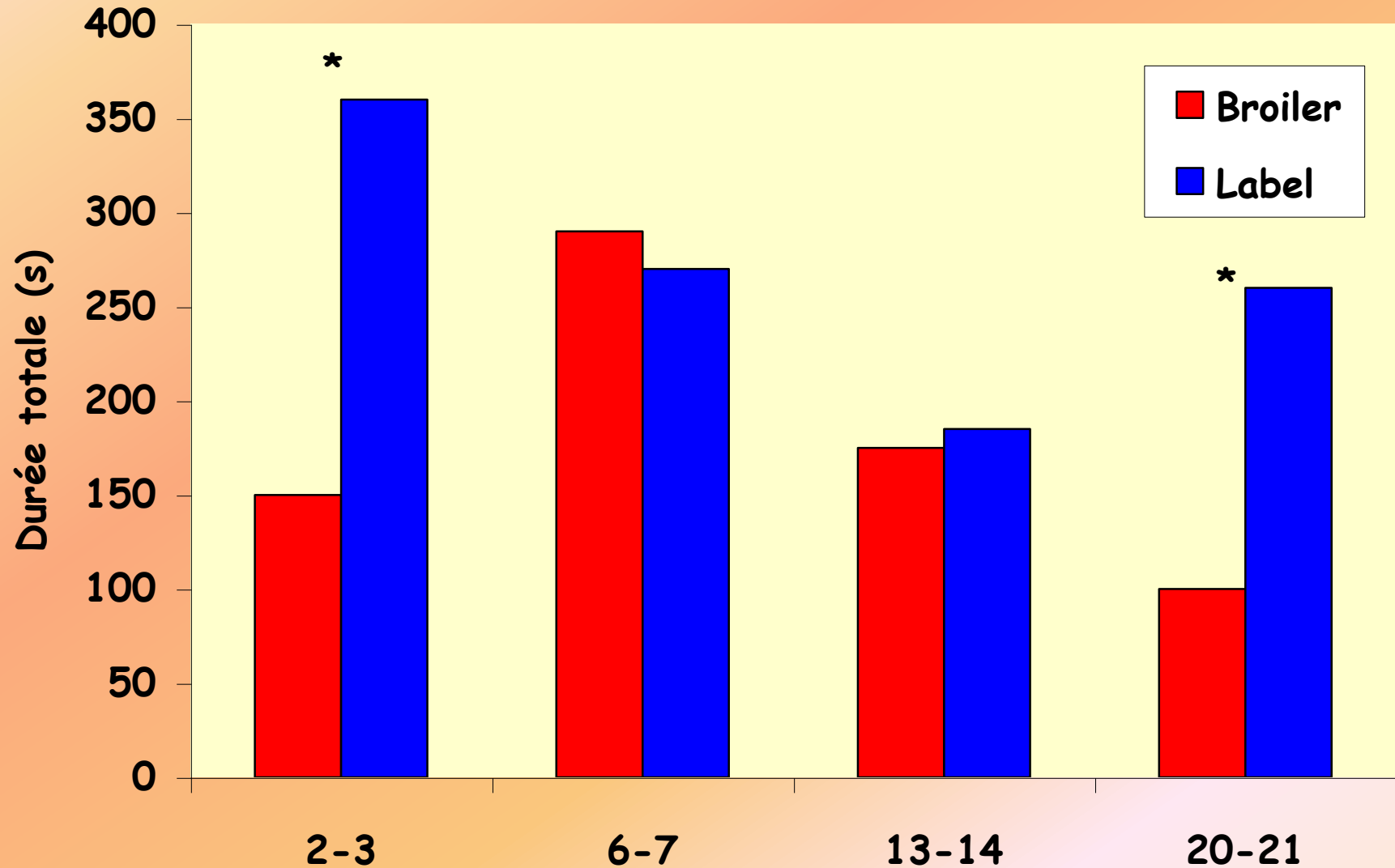
Nombre de repas

Seuil d'aversion

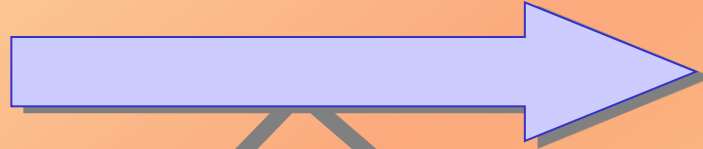
**Ajustement au contenu
énergétique de la ration**



Durée des séquences d'alimentation chez le poulet de chair et le poulet label



Evolution du comportement avec la sélection : peur

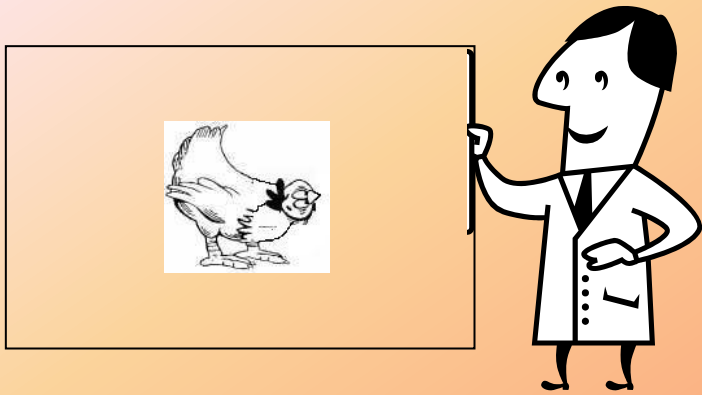


Réactions de peur

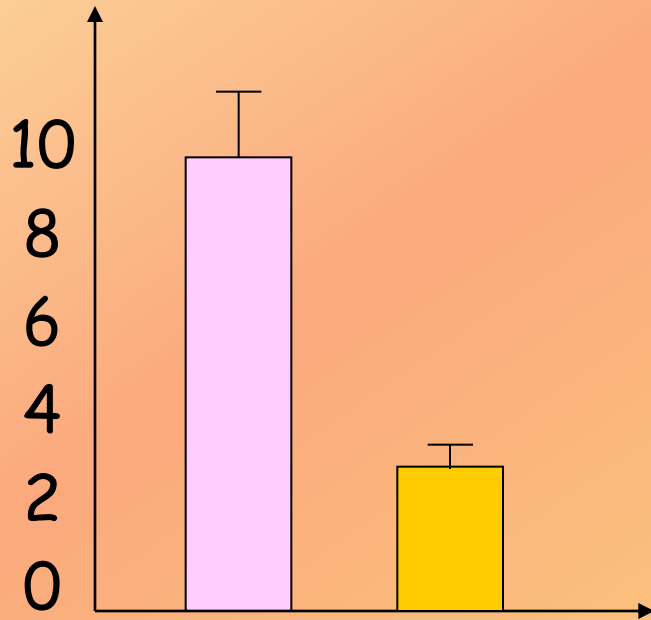


Réactions à des stimuli inoffensifs



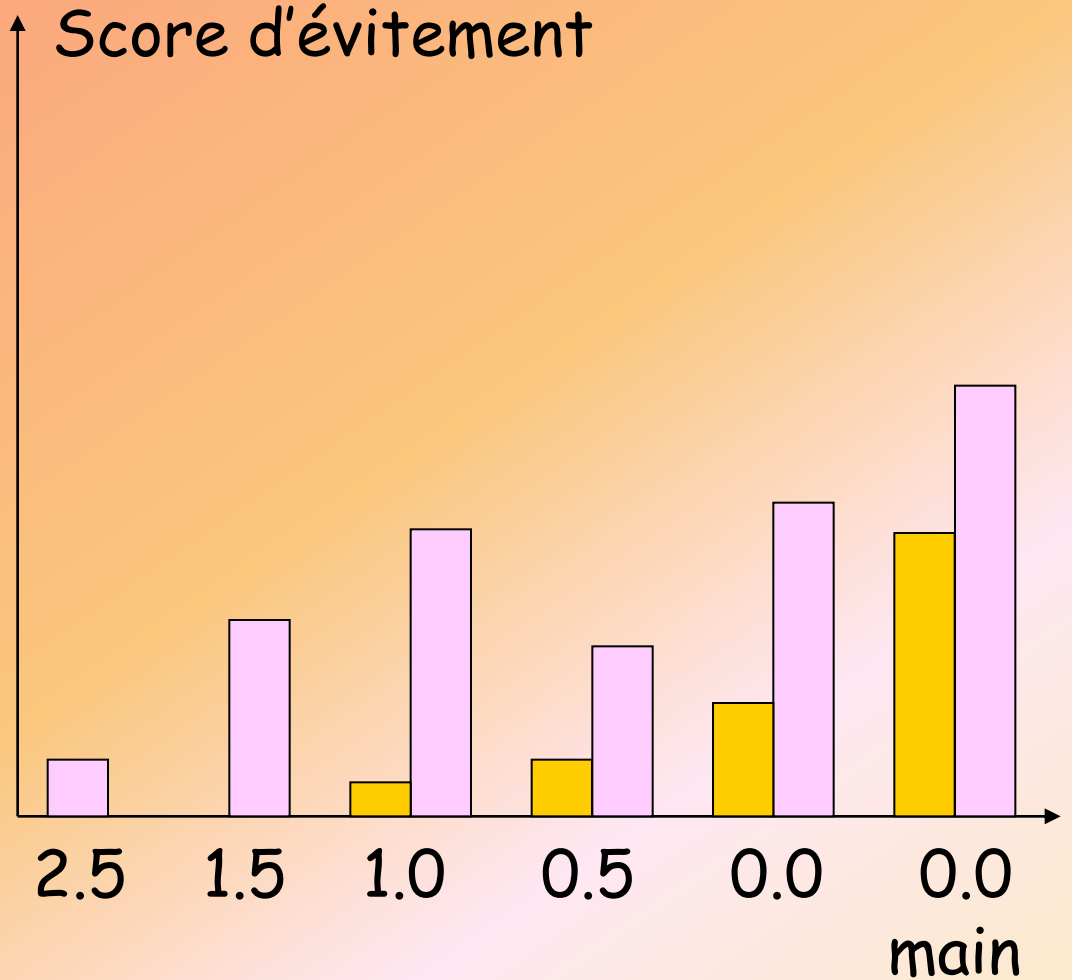


Nb Sauts

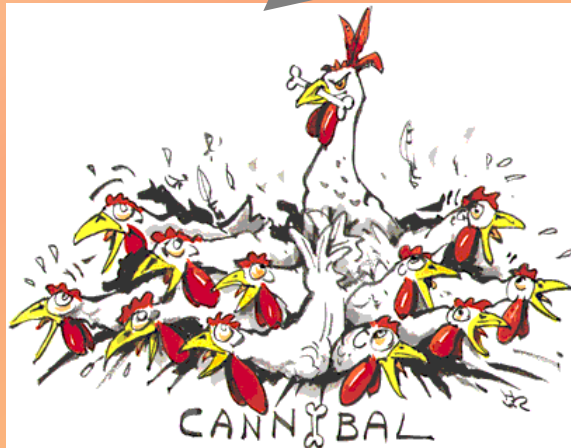
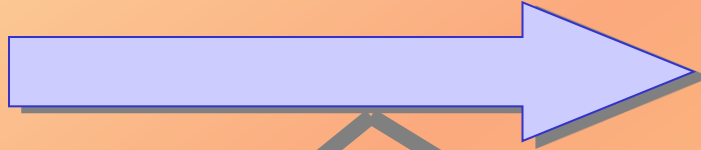


Pondeuse
 Chair

Score d'évitement



Evolution du comportement avec la sélection : nervosité



Picage, Cannibalisme



Nervosité, hystérie

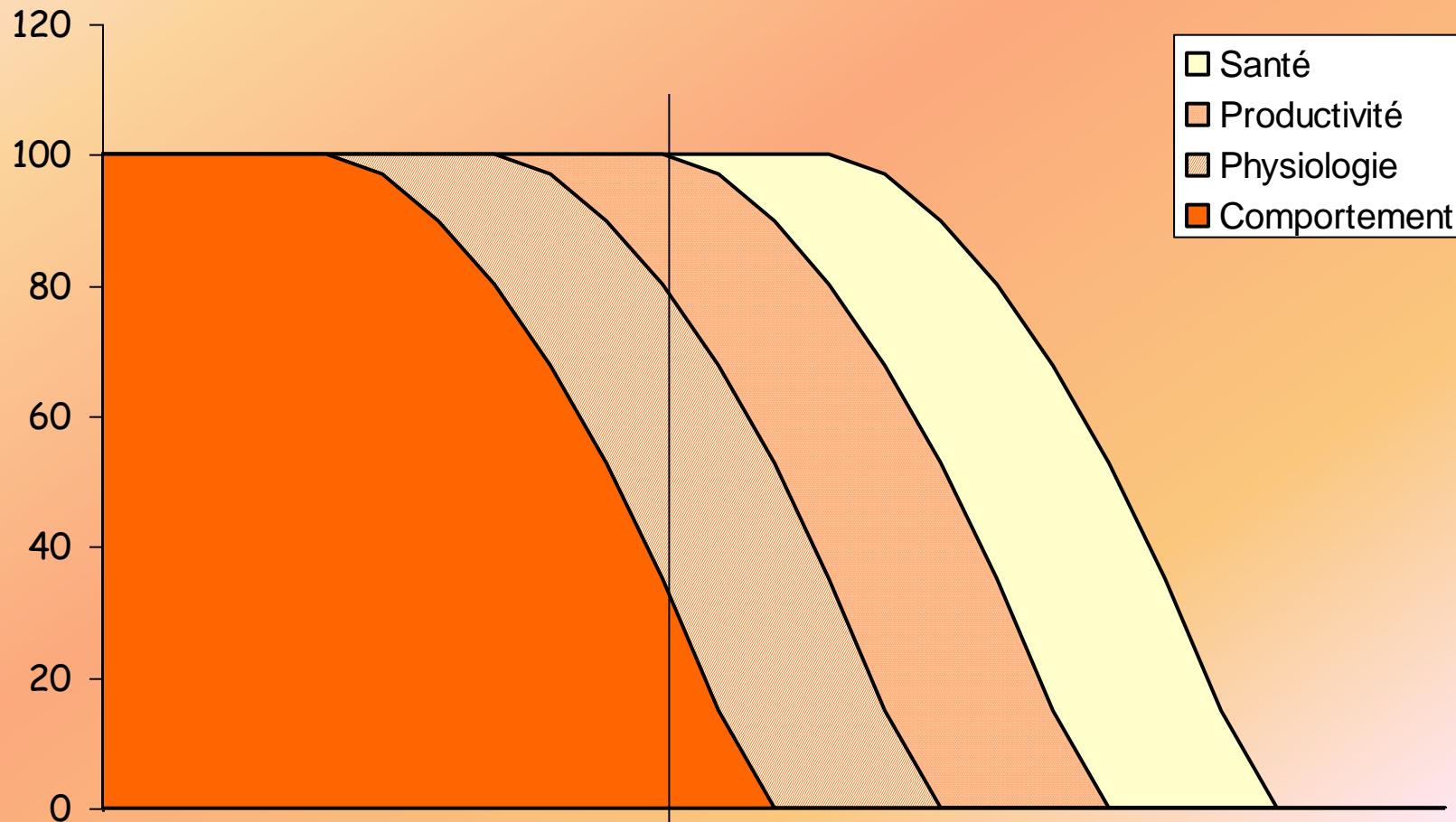
Aujourd'hui



**Prise en compte
du bien-être de
l'animal**

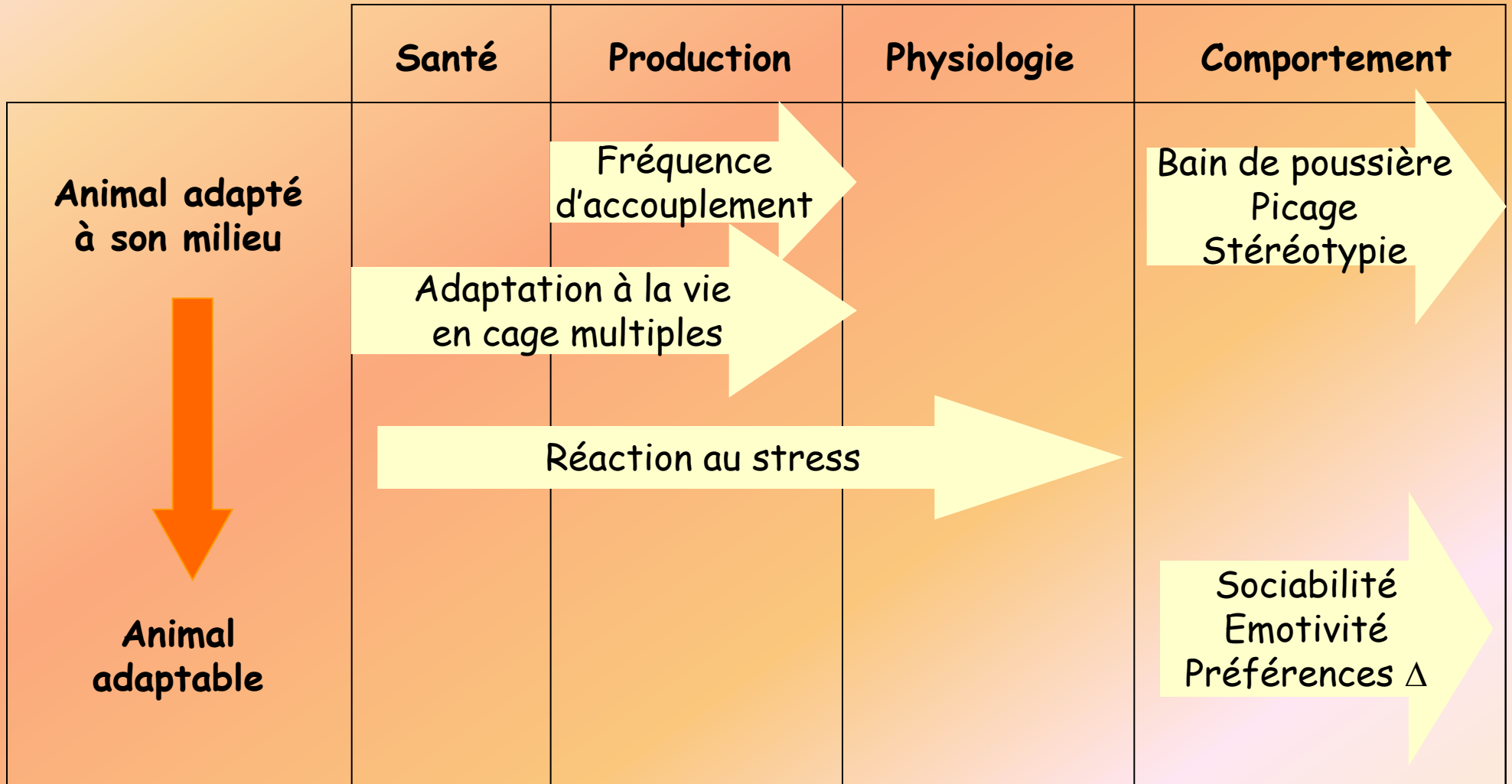
**Conditions d'élevage
imposées**

Relation entre densité et indice de bien-être



Optimum économique

Les solutions proposées par la génétique pour le comportement



Sélection pour un critère de production : la fréquence d'accouplement

Caractère : Nombre d'accouplements



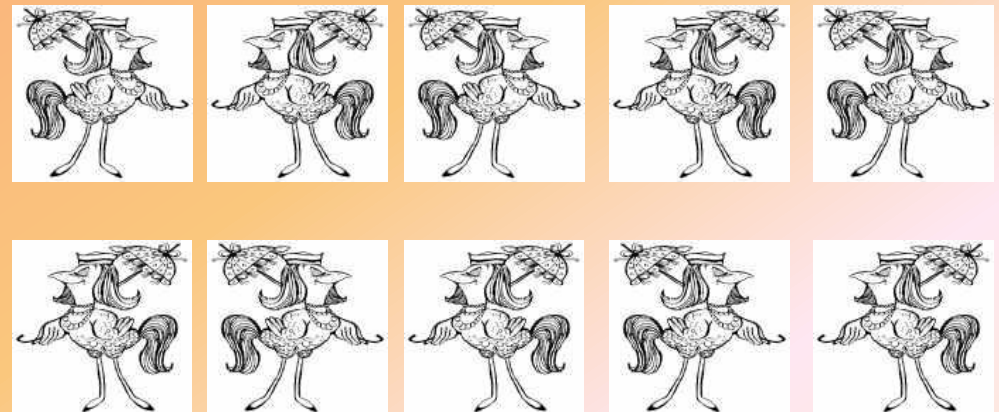
×



8 séances de 8 min.

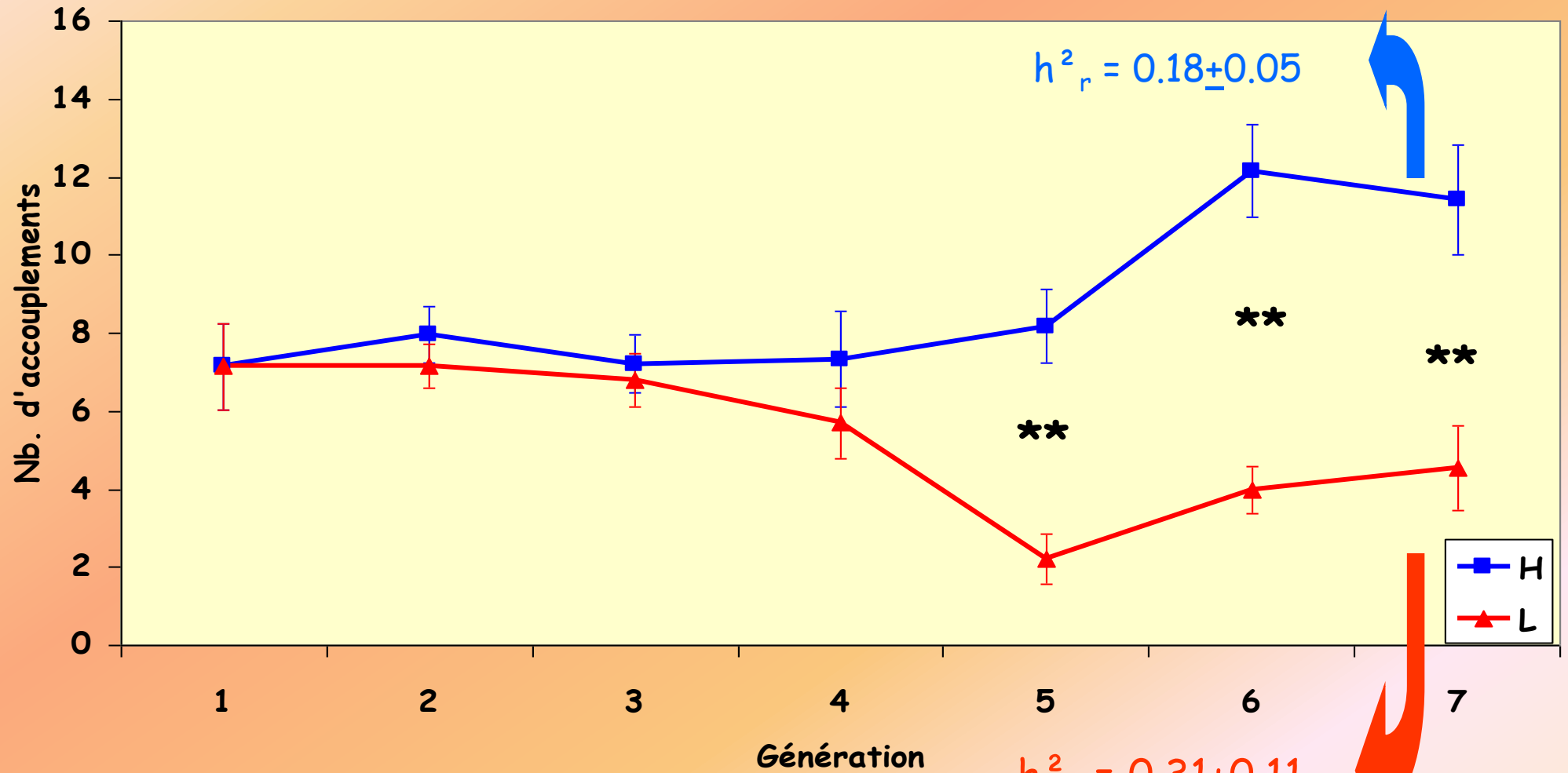


×



8 séances de 10 min.

Sélection pour la fréquence d'accouplement
Réponse du caractère sélectionné



Les critères de santé



Mortalité



Maladie

SNIF

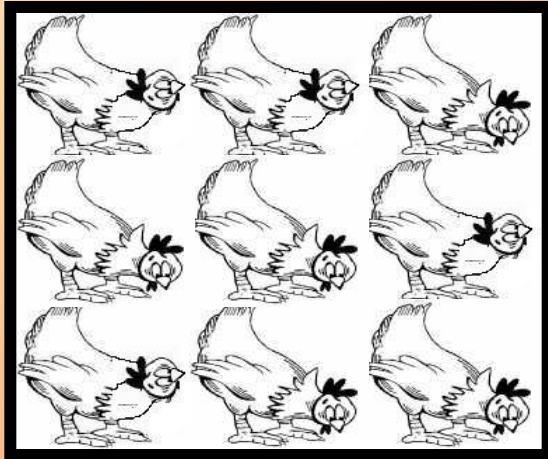
...



Souffrance
psychologique

Sélection sur un critère de santé : mortalité

Adaptation à la vie en cage multiple chez la poule pondeuse



$\frac{1}{2}$ Soeurs



Témoin

G1



20-72 semaines
Par cage

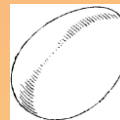
G2



G3-4



G5

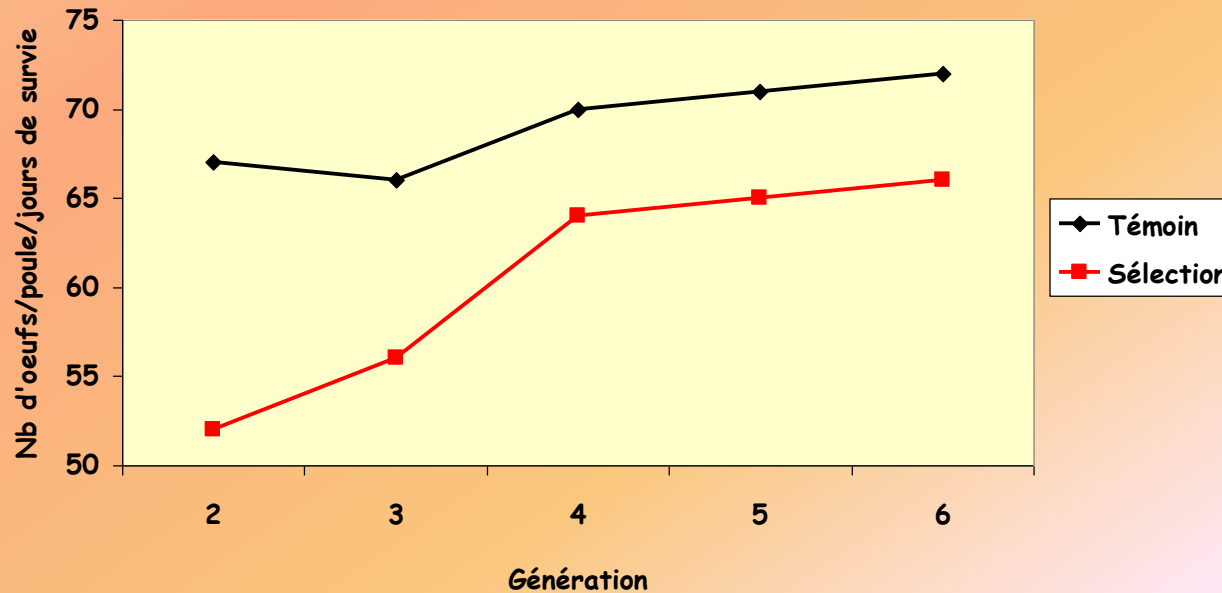
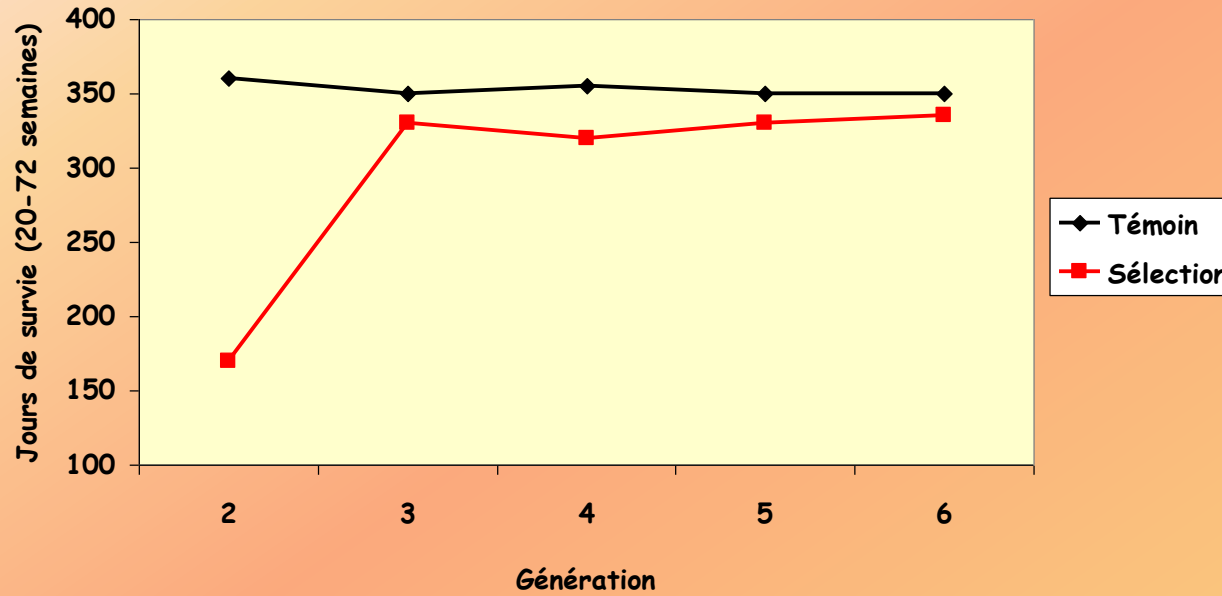


G6



Sélection pour l'adaptation à la vie en groupe

Evolution du caractère sélectionné



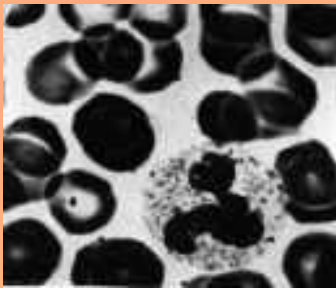
Les critères physiologiques



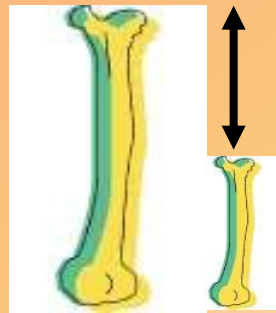
Stress ponctuel



[corticostérone], cholestérol dans la surrénale



Système
immunitaire



Asymétrie

**Stress
chronique**

Sélection pour un critère physiologique : le taux de corticostérone plasmatique

But : Obtenir des animaux peu sensibles au stress



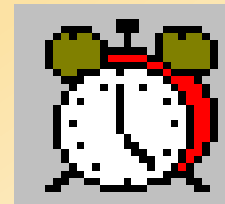
Stress social



6 changements
en 2 semaines
à 8 semaines

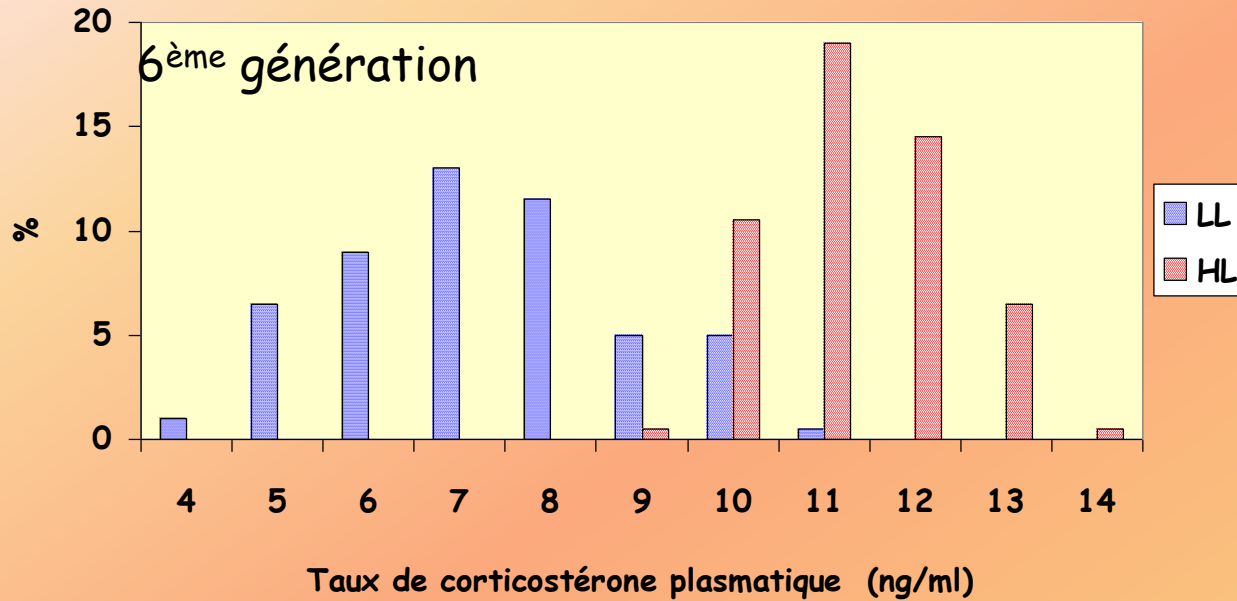


Stress thermique



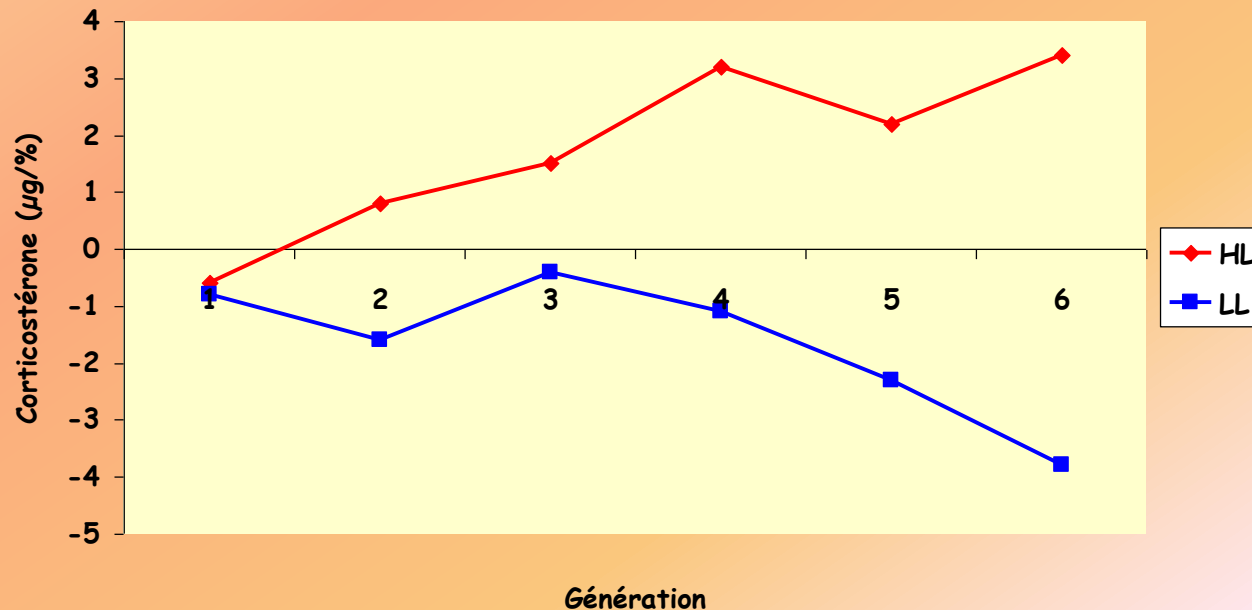
4h
A 4semaines

Exemple 2 : Sélection pour le taux de corticostérone plasmatique



$$h^2 = 0.15 - 0.21 \text{ (LL)}$$

$$h^2 = 0.23 - 0.33 \text{ (HL)}$$



$$h^2 = 0.13 \text{ (LL)}$$

$$h^2 = 0.25 \text{ (HL)}$$

Les critères comportementaux

☀ Comportements « normaux »



Bain de poussière



Activité locomotrice



Couvaison



Peur

☀ Comportements « déviants »



Picage, Cannibalisme



Stéréotypie (Frustration)

Les critères comportementaux



Observation directe



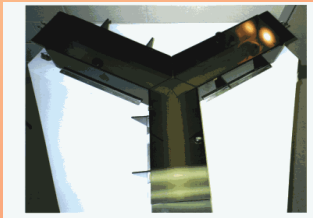
Scan sampling



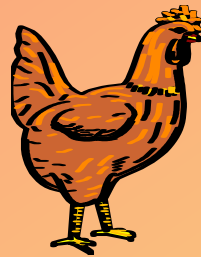
Focal sampling



Observation indirecte



Poser une question à la poule



Changer l'environnement



Tester une aptitude générale par un test particulier

Sélection pour un caractère « normal » : l'activité « bain de poussière »

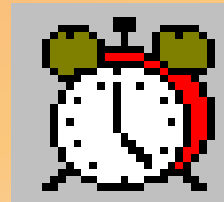


Critère de sélection :

- * Nombre de coups de bec dans la poussière pendant le bain

Autres caractères mesurés :

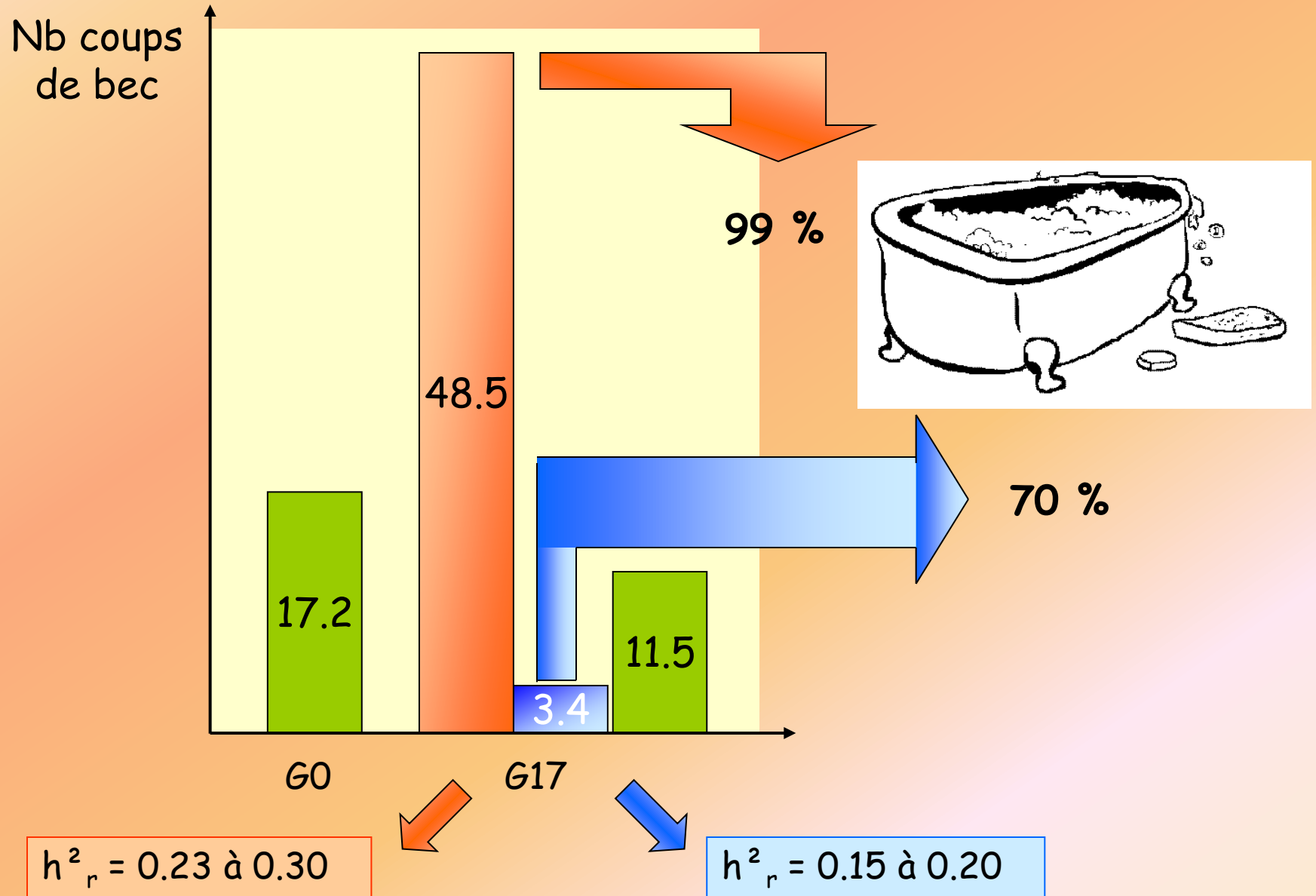
- * Latence avant le début du bain
- * Durée du bain
- * Intensité



20 minutes

Objectif : diminuer la frustration des animaux élevés en cage

Sélection pour l'activité « bain de poussière » Réponse du caractère sélectionné

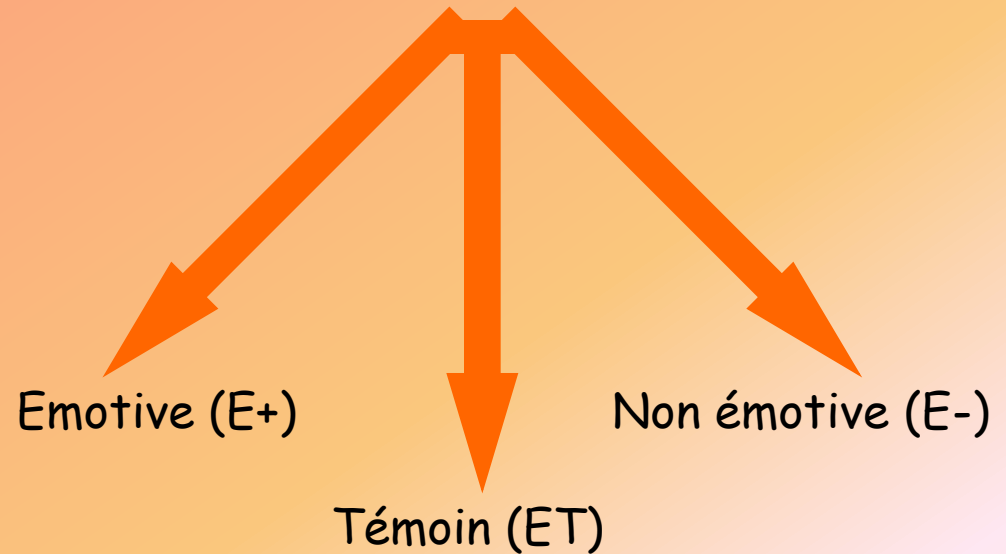


Sélection pour un caractère « normal » : l'émotivité



Immobilité tonique :

- * 5 essais d'induction
- * 300 secondes

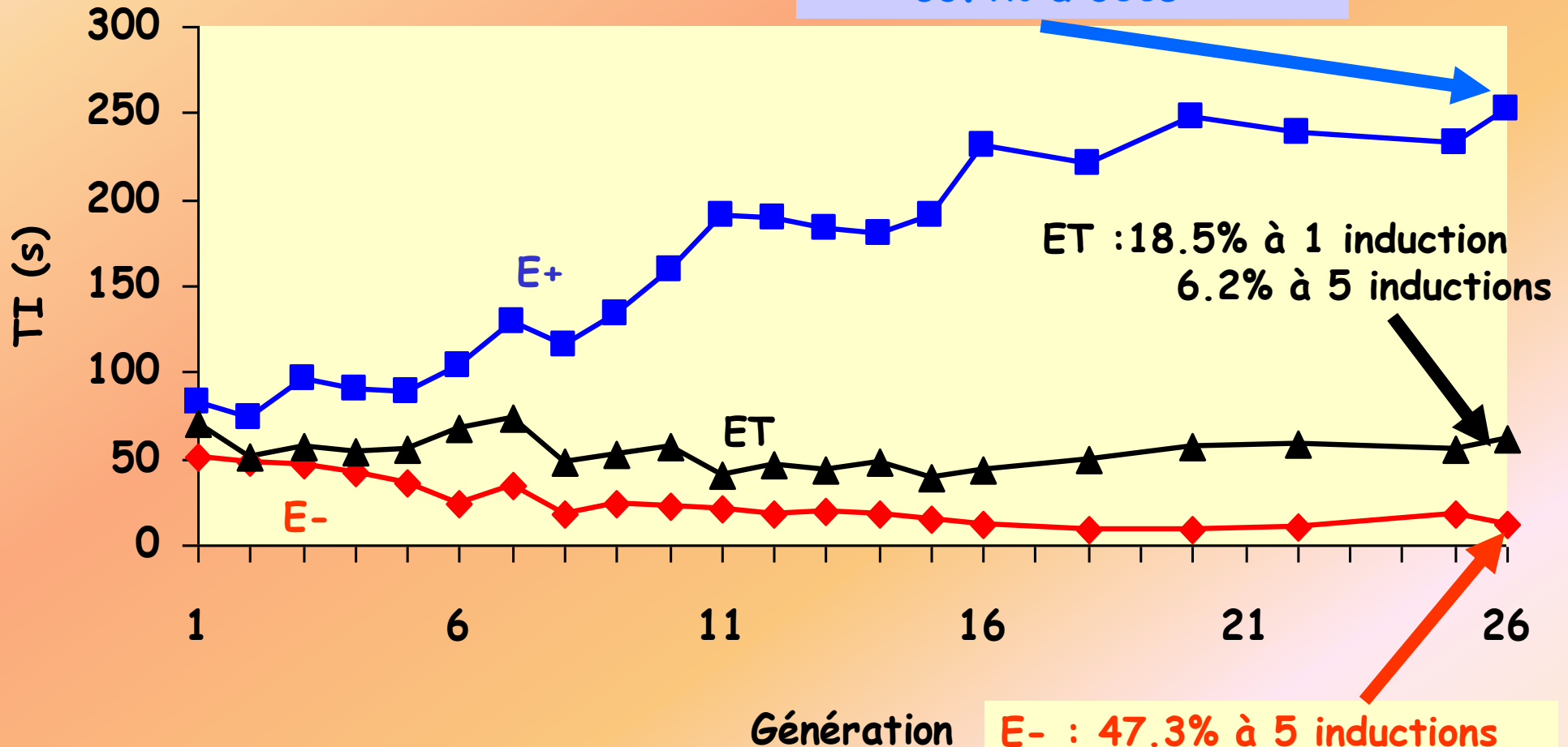


Objectif : obtenir des animaux moins émotifs, donc moins sensibles au stress

Sélection des cailles pour l'émotivité

Réponse de la durée d'immobilité tonique

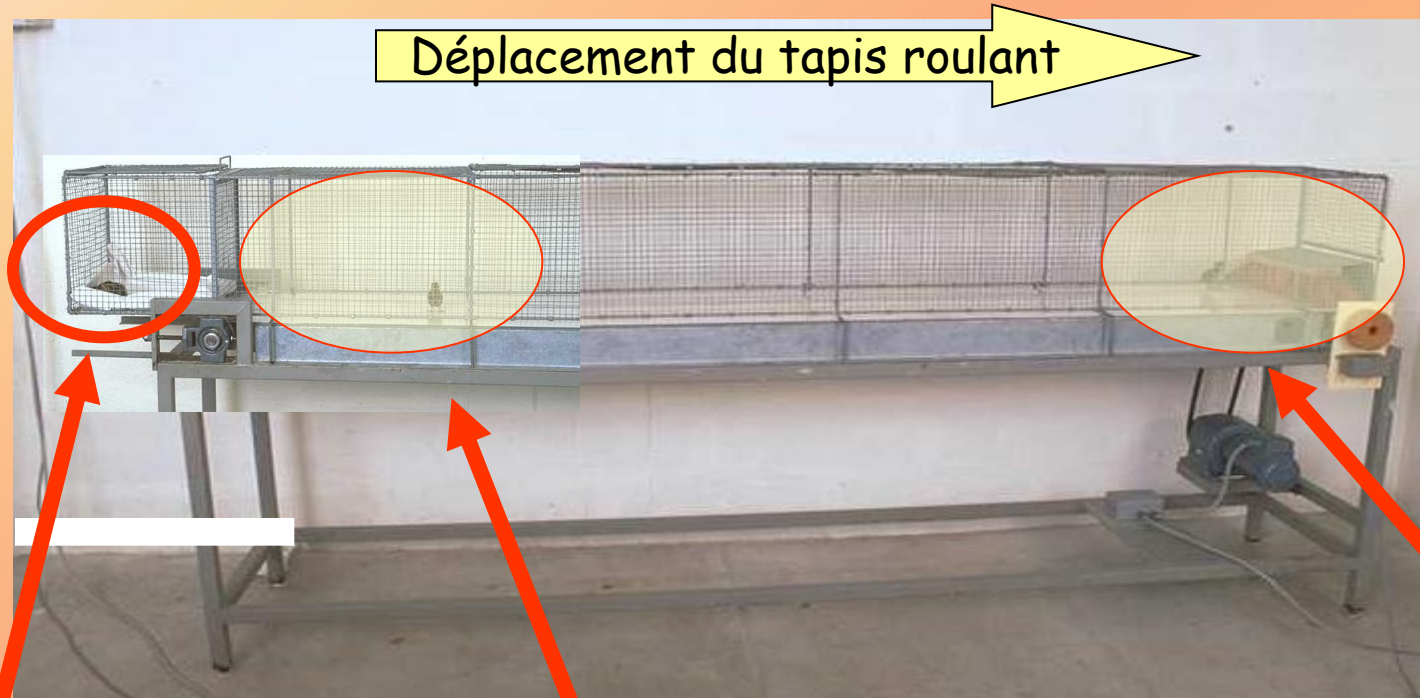
E+ : 95.9% à 1 induction
63.4% à 300s



ET : 18.5% à 1 induction
6.2% à 5 inductions

E- : 47.3% à 5 inductions
41.3% non induits

Sélection pour un caractère « normal » : la motivation sociale



Groupe stimulus
(5 cailloteaux
de la lignée témoin)

Distance parcourue
vers les congénères

Temps passé
loin
des
congénères

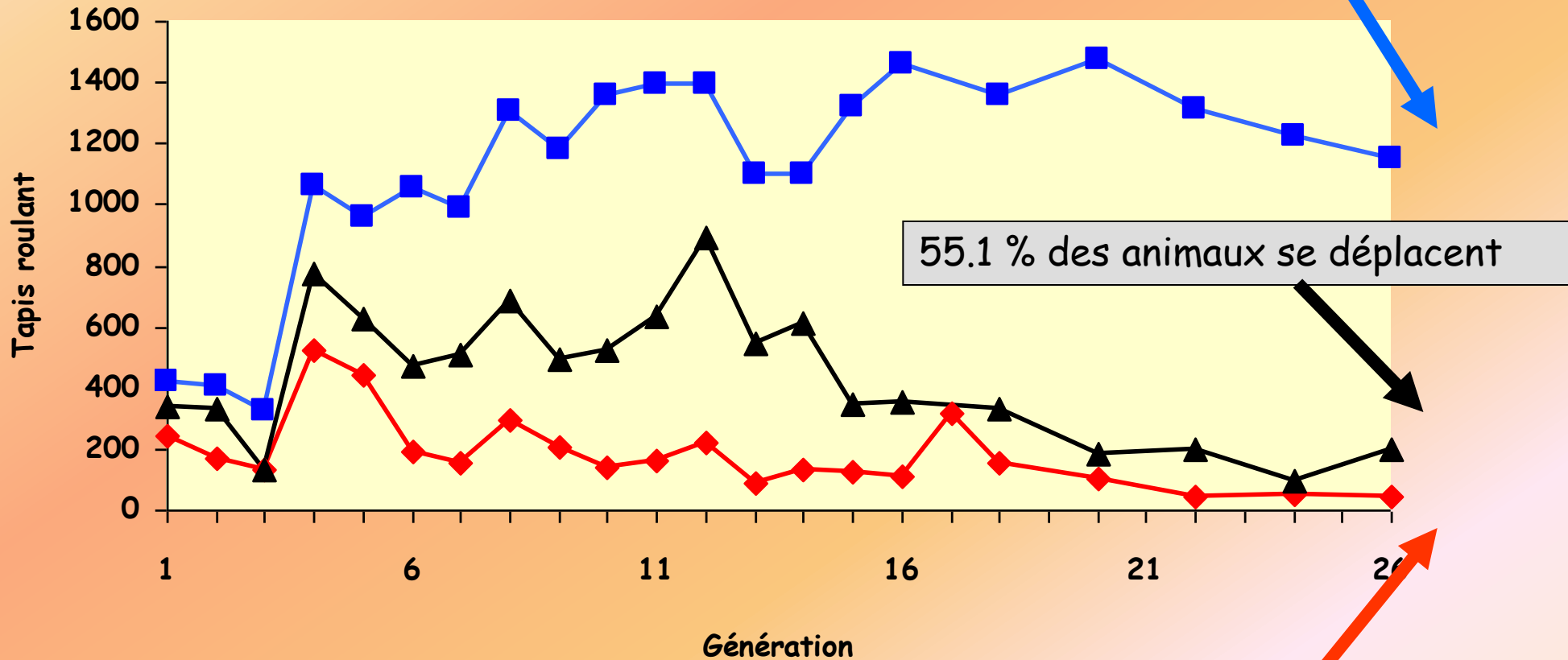
Critère de sélection =
Tapis Roulant - Temps Loin

Objectif : obtenir des animaux plus sociaux, donc mieux adaptés à la vie en groupe

Sélection pour la motivation sociale

Evolution du caractère sélectionné

98.4 % des animaux se déplacent

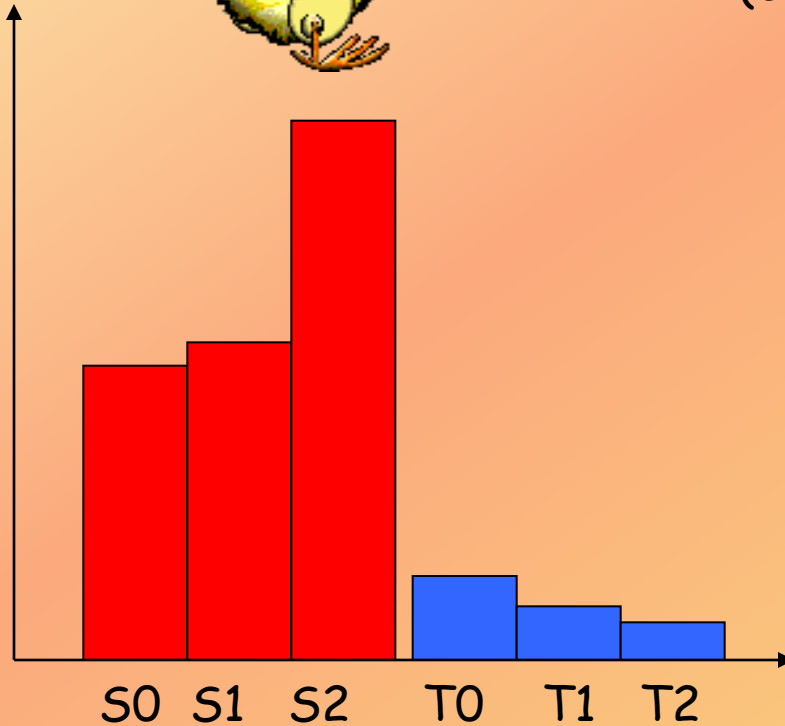


55.1 % des animaux se déplacent

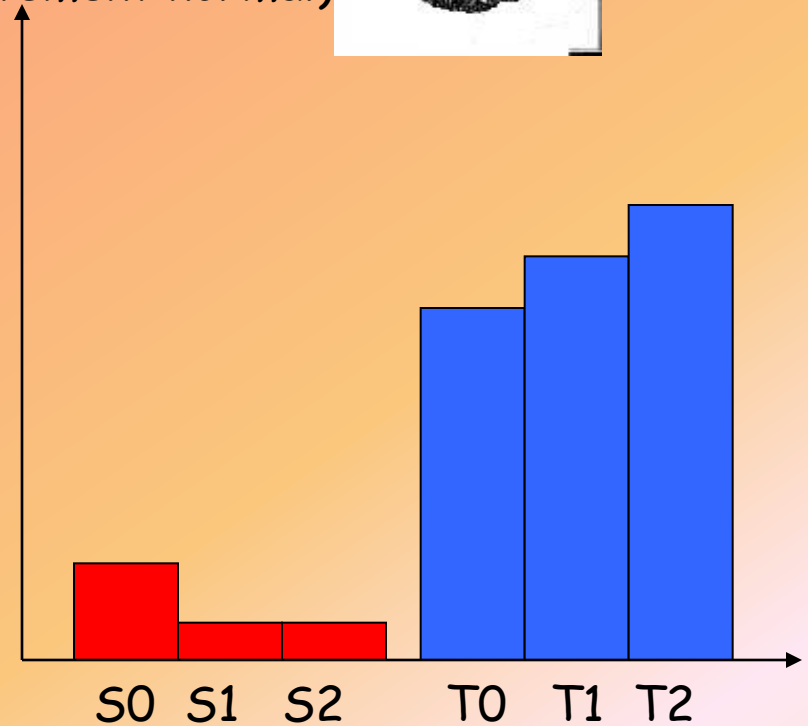
74.0 % des animaux se déplacent

Sélection pour un caractère « déviant » : stéréotypie

Marche
(*Stéréotypie*)



Assis
(*Comportement normal*)

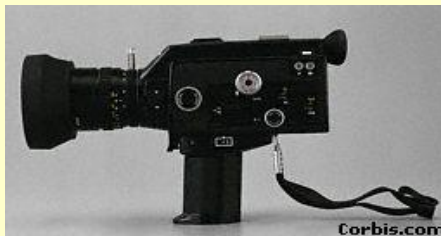


Objectif : adapter la poule pondeuse au passage en cage

Sélection pour un caractère « déviant » : picage



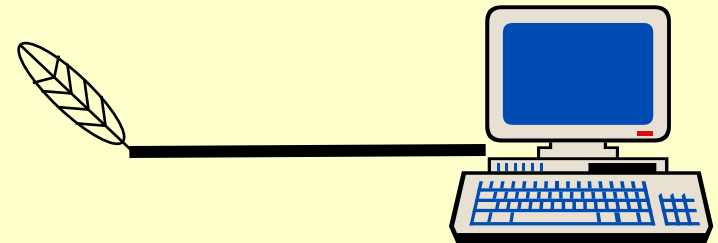
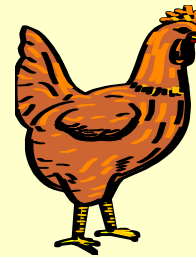
White Leghorn



Observation directe (2h30)



Poulet label

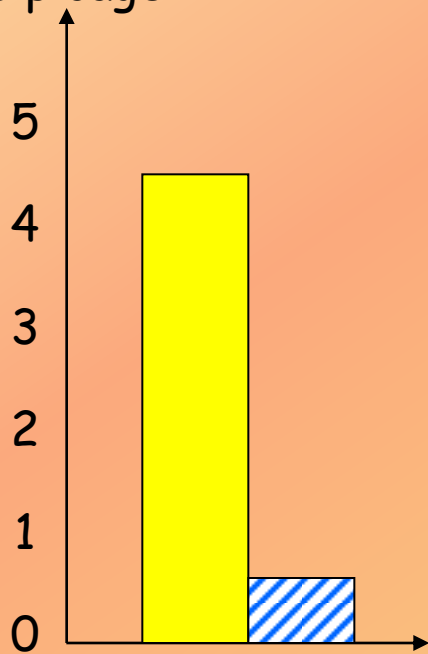


Observation indirecte (picomètre,
5 passages de 20 minutes)

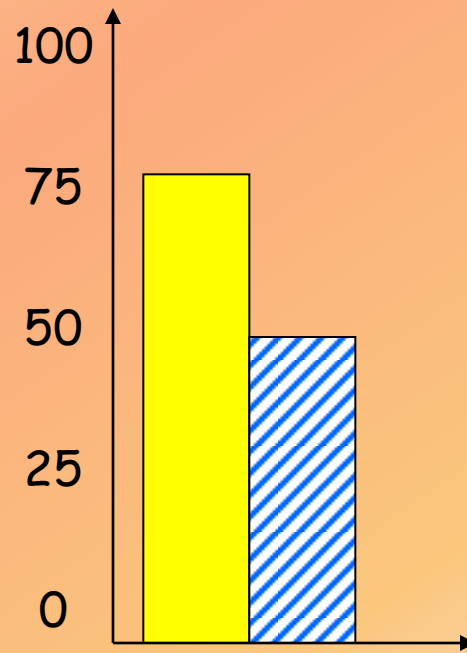
Sélection du picage : résultats après 3 générations de sélection



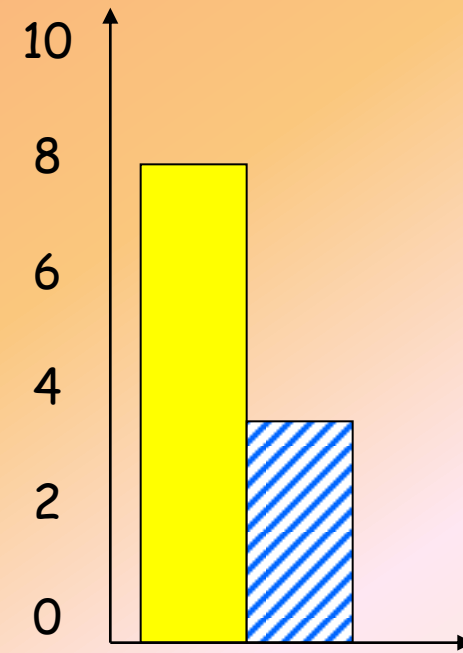
Nb séquences de picage



% de poules qui piquent



Nb de coups de bec

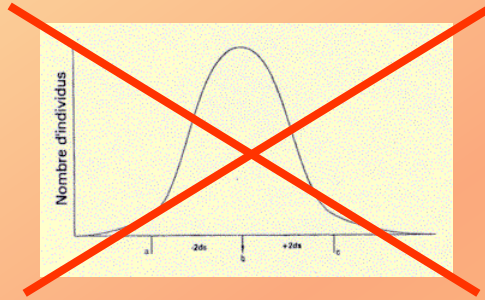


 Lignée piqueuse

 Lignée non piqueuse

Les difficultés posées par la génétique du comportement

Statistiques



Difficulté d'interprétation

- Importance des interactions entre génotype et environnement
- Non spécificité des mesures
- Généralisation parfois non valide



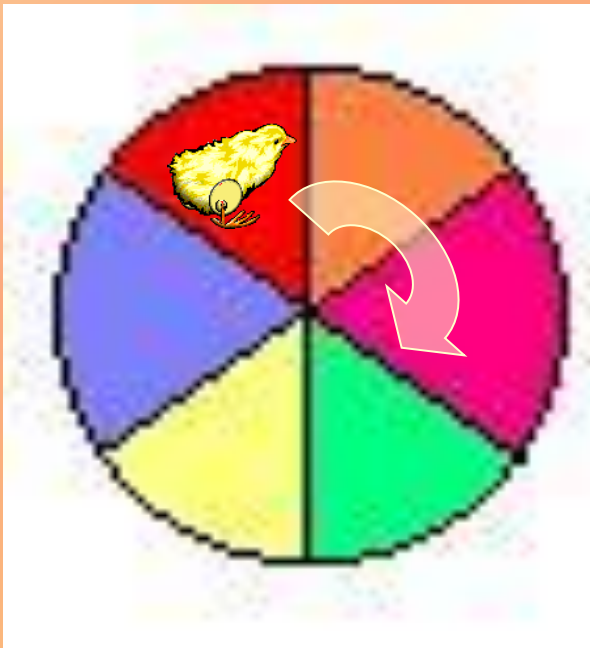
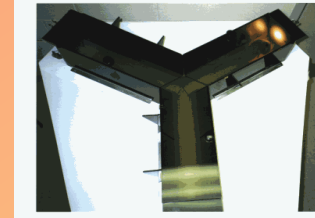
Difficulté d'application (optimum intermédiaire)

Les difficultés statistiques

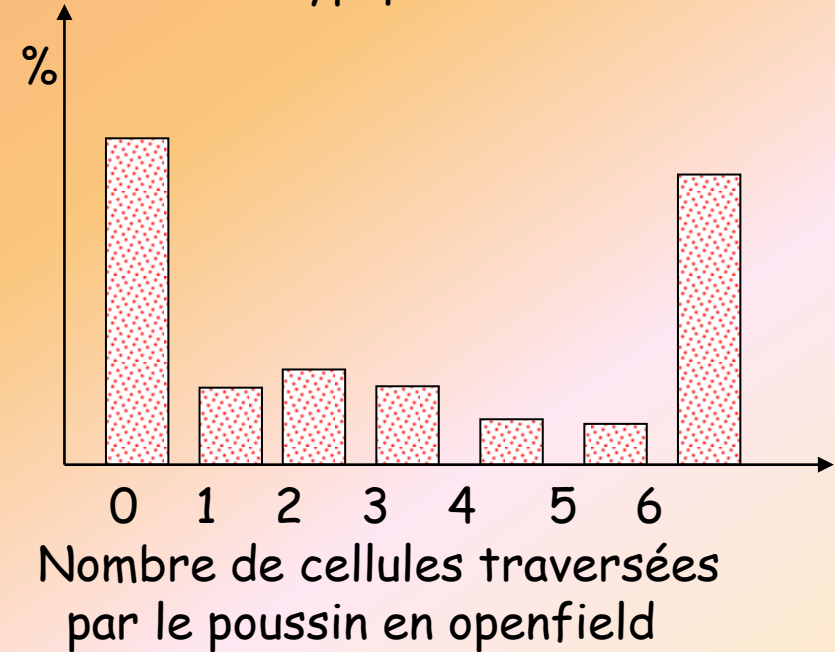
☀ Caractère tronqué



☀ Caractère discret

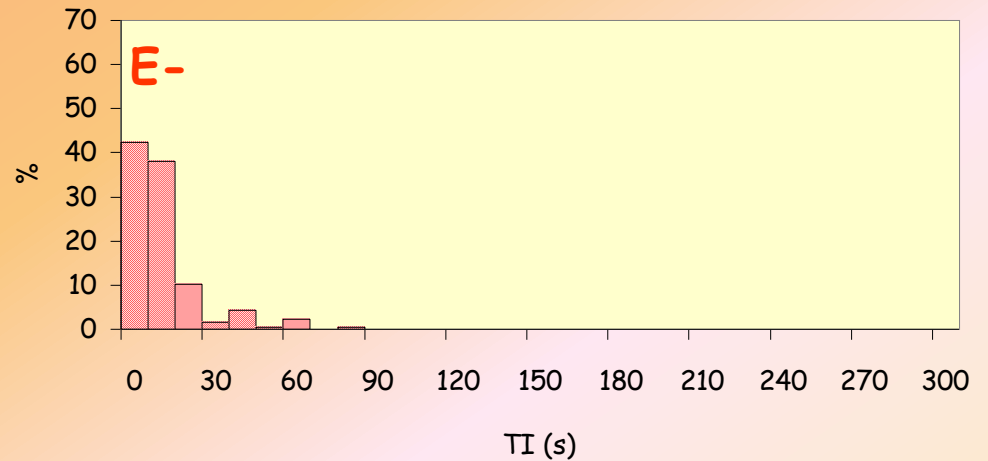
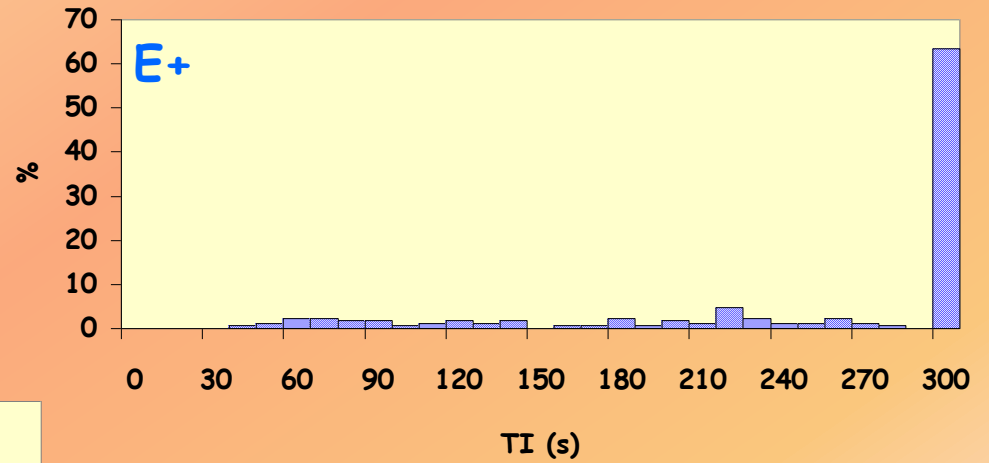
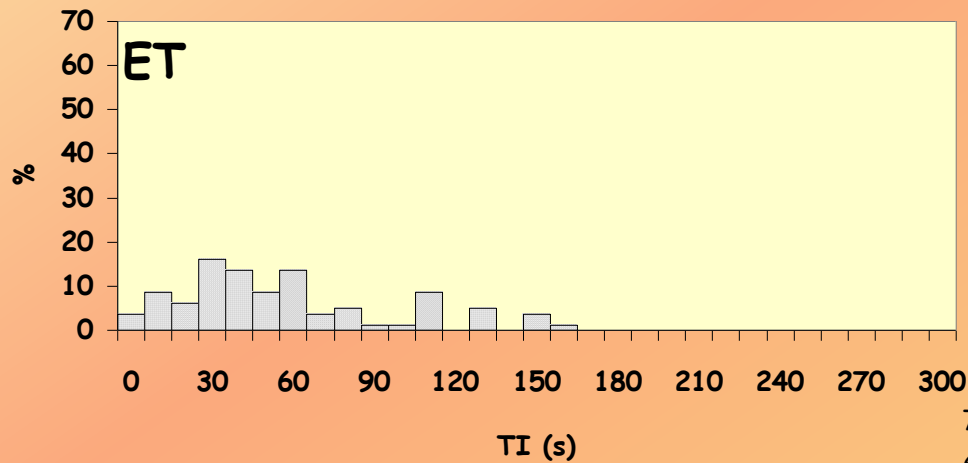


☀ Distributions atypiques

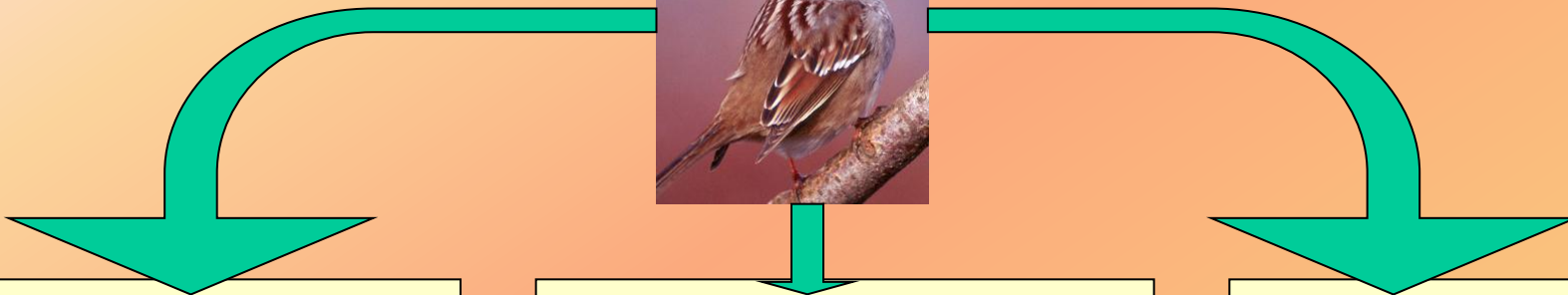


Sélection des cailles pour l'émotivité

Distribution de la durée d'immobilité tonique à la génération 26



Interactions avec l'environnement : bruant à couronne blanche



Panel 1: Two pairs of blue speakers with yellow sound waves are positioned at the top. Below them, on the left, is a Red-winged Blackbird with its wings spread, and on the right is a White-crowned Sparrow perched on a branch. A red bracket is located below these two images. At the bottom of the panel is a single White-crowned Sparrow perched on a branch.

Panel 2: Two pairs of blue speakers with yellow sound waves are positioned at the top. Below them, on the left, is a White-crowned Sparrow perched on a branch, and on the right is a Red-winged Blackbird with its wings spread. A red bracket is located below these two images. At the bottom of the panel is a single Red-winged Blackbird with its wings spread.

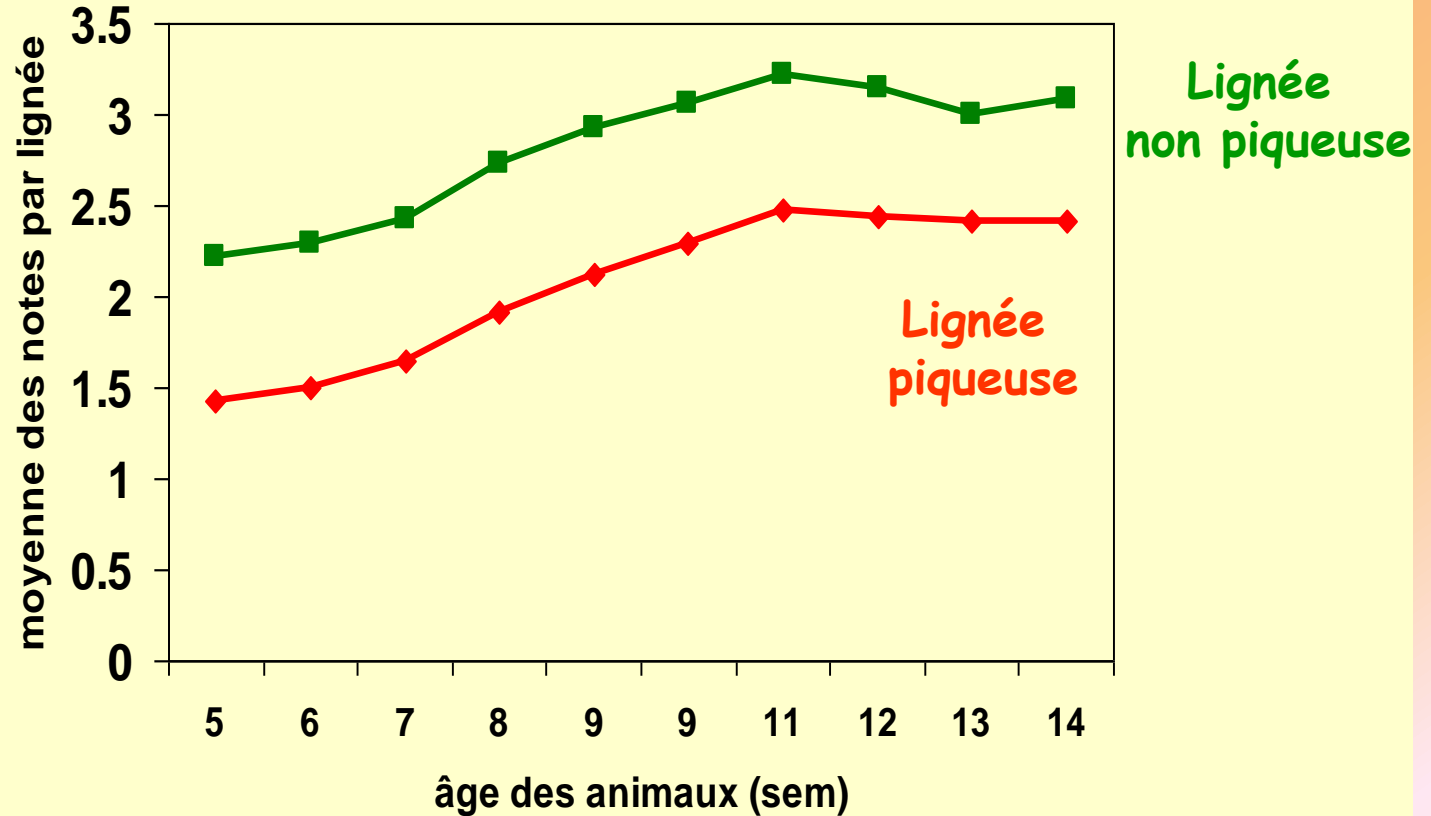
Panel 3: A Red-winged Blackbird with its wings spread is on the left, and a White-crowned Sparrow perched on a branch is on the right. A red bracket is located below these two images. At the bottom of the panel is a single White-crowned Sparrow perched on a branch.

Interactions avec l'environnement : picage au sol ou en cage

☹️ MAUVAIS ☹️

↑
Etat d'emplumement

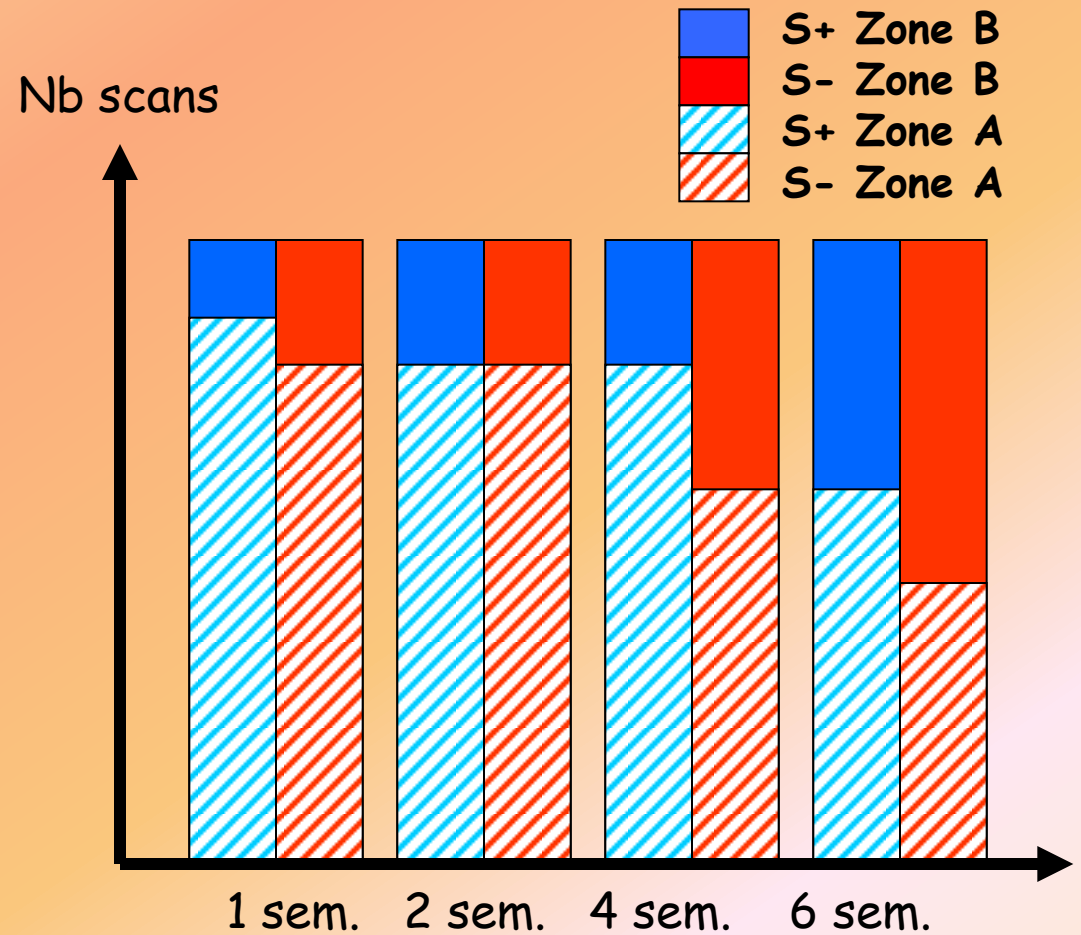
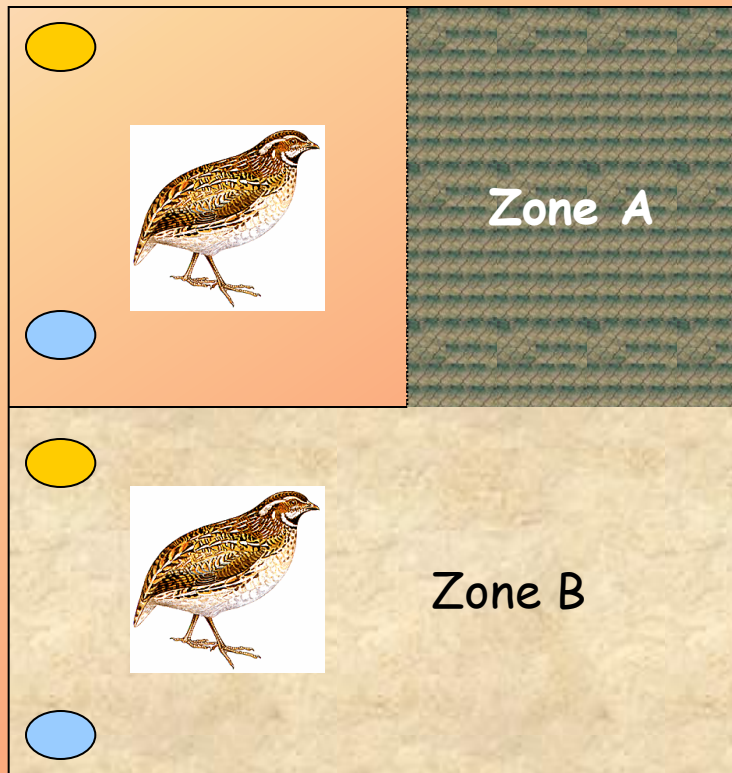
😊 BON 😊



➡ Les animaux qui piquent le leurre ne piquent pas les congénères

Interaction avec l'âge de l'animal : exemple de la motivation sociale

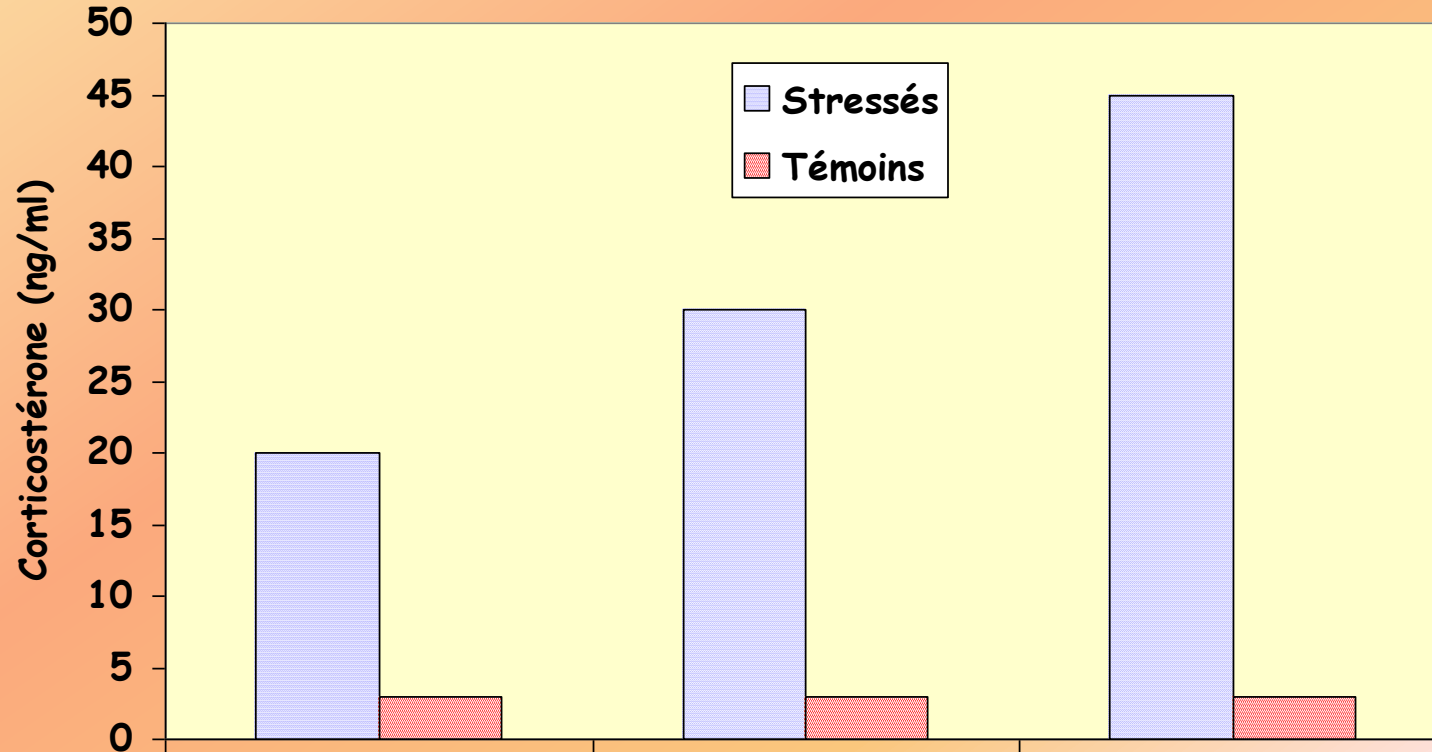
A t'on sélectionné des animaux sociables, ou des animaux qui savent courir ?



Avec l'âge, les interactions entre S+ deviennent agressives

Difficulté de généralisation : mesures non spécifiques

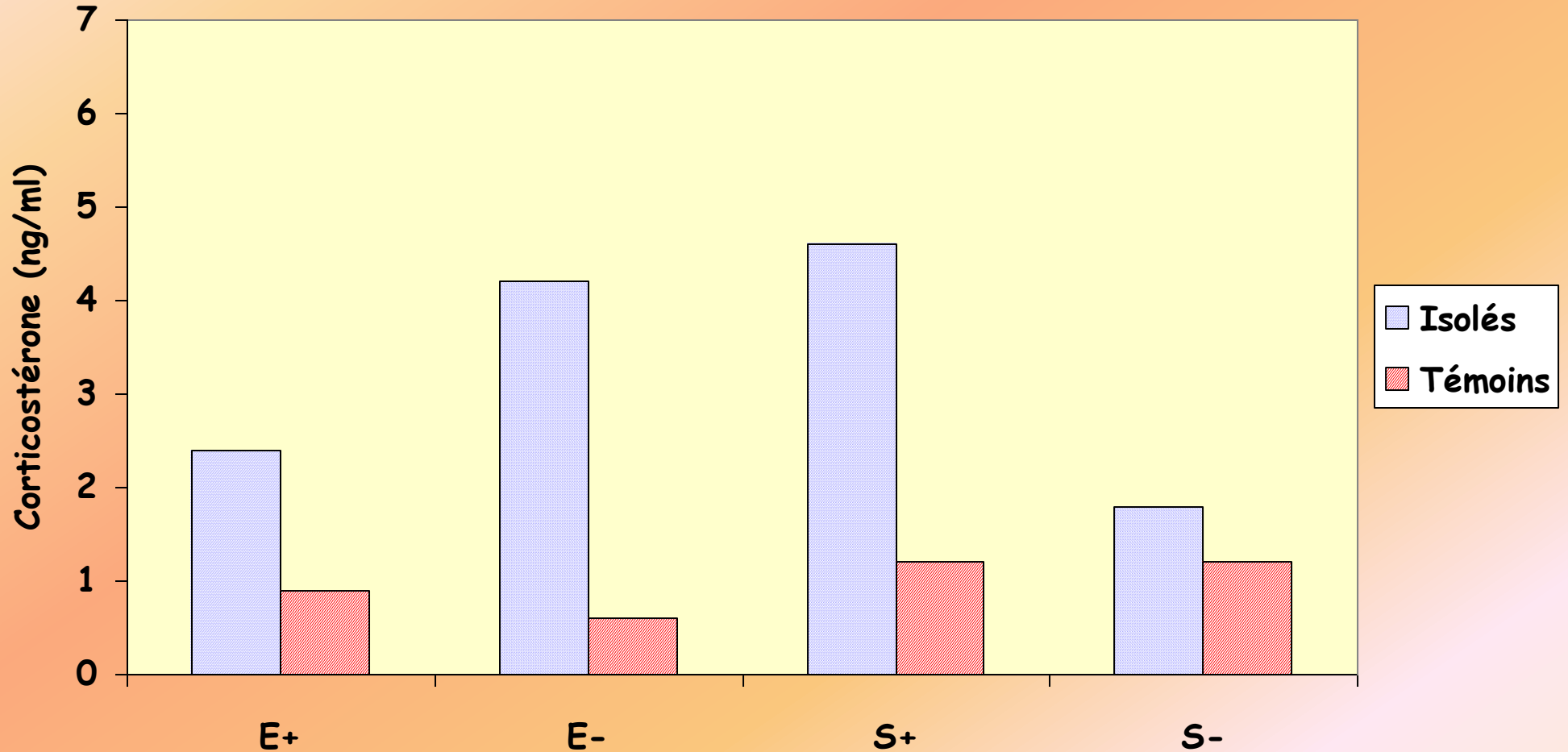
Cailles placées dans une boîte de contention pendant 10 minutes



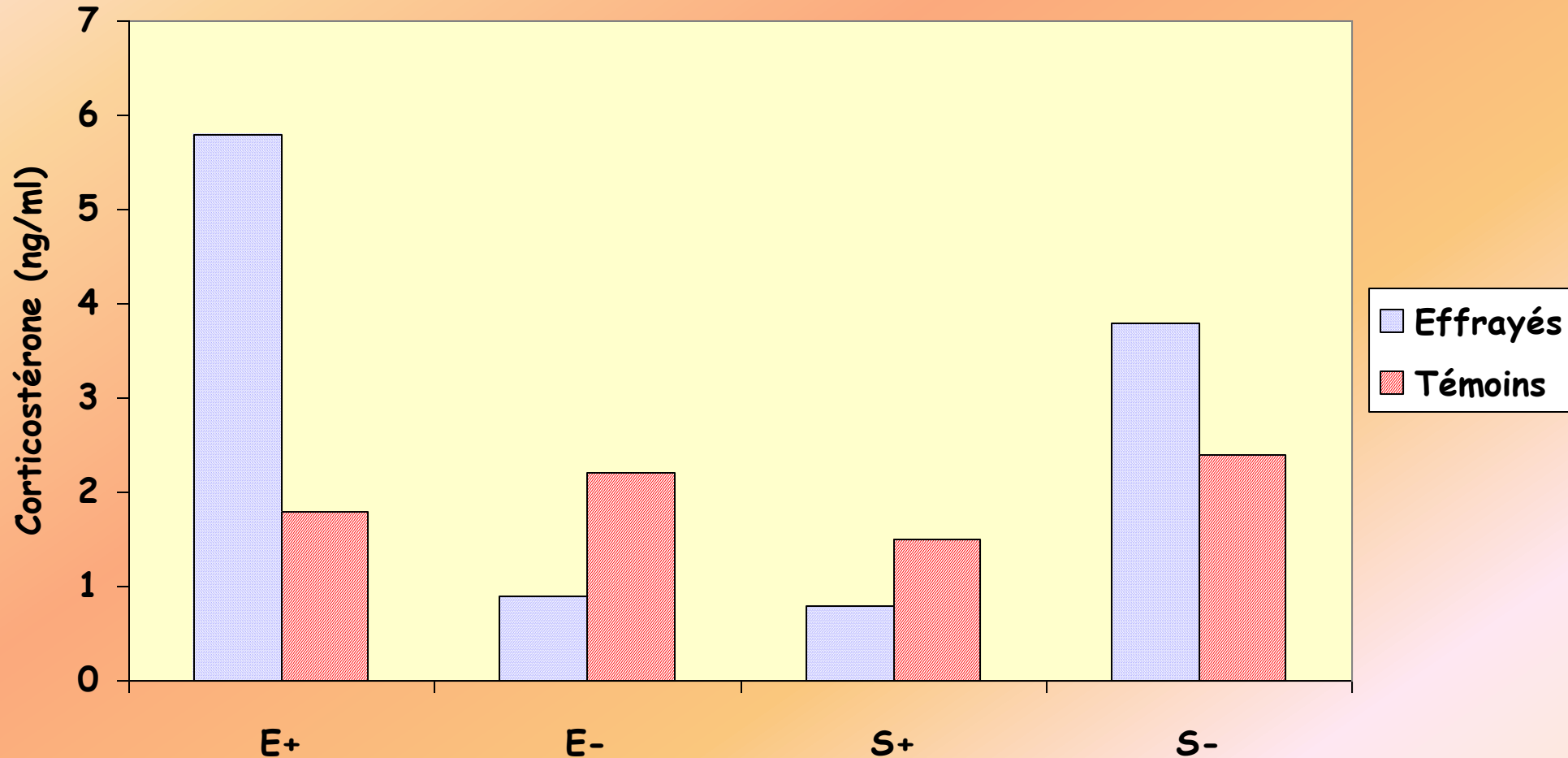
Se mettent
en immobilité tonique

Se débattent

Difficulté de généralisation d'un caractère particulier à un caractère général



Difficulté de généralisation d'un caractère particulier à un caractère général

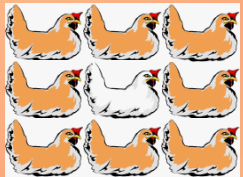


Optimum intermédiaire



Trop de dominance : agressivité

**Pas assez de dominance :
mauvais établissement du groupe social**

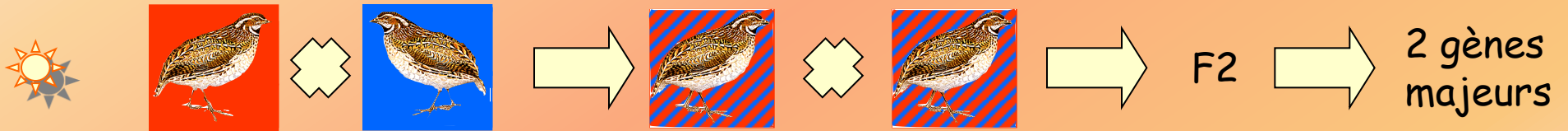


**Lignée à fort taux de corticostérone :
moins sensible aux champignons et bactéries**

**Lignée à faible taux de corticostérone :
moins sensible aux virus, moins de mortalité**

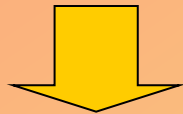
Les apports de la génétique moléculaire

Observation des distributions

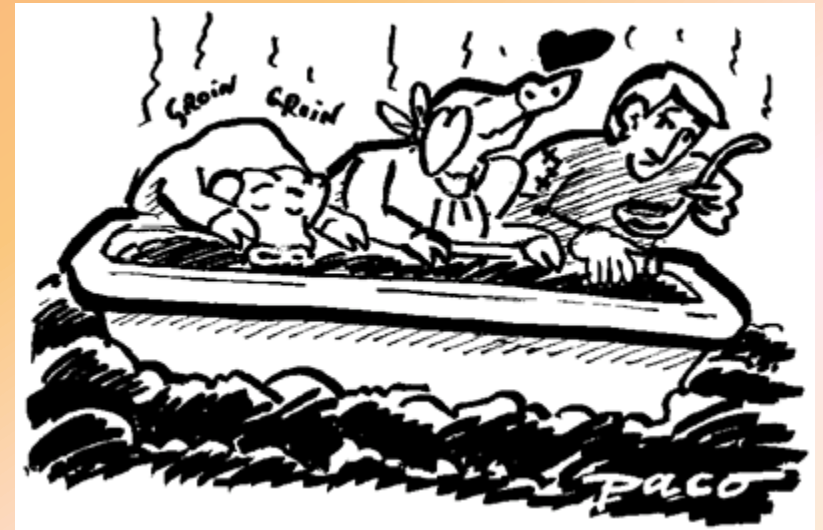


Test de gènes candidats

Mutation du gène
du récepteur à la mélanocortine-4



Régulation du comportement alimentaire
(homme, souris)
Ingestion chez le porc



Les apports de la génétique moléculaire

Détection de QTL

Espèces modèles

Espèces de rente



Environnement nouveau,
Labyrinthe en croix
Apprentissage de la peur



Picage, Peur,
Environnement nouveau



Durée
d'immobilité tonique



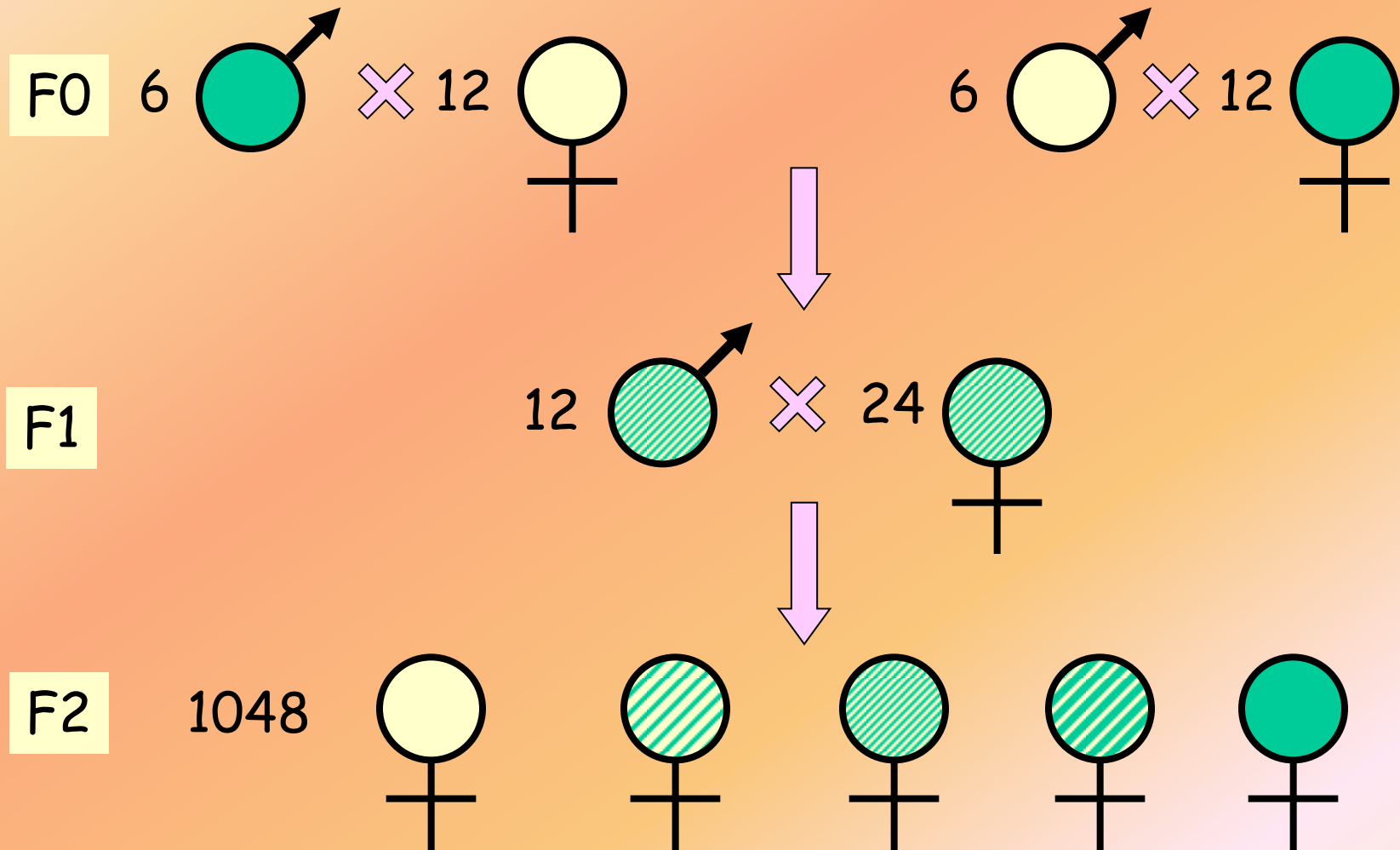
Peur
Environnement nouveau



Réaction à l'homme



Recherche de QTL de l'immobilité tonique chez la caille



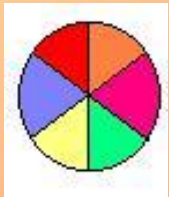
310 animaux extrêmes typés pour 248 marqueurs AFLP™

Recherche de QTL de l'immobilité tonique chez la caille

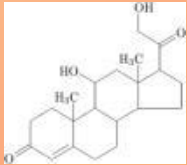
Critères mesurés



Durée d'immobilité tonique
Nombre d'inductions



Comportement en open-field :
latence avant le 1er déplacement,
nombre de déplacements, cris, sauts, déjections

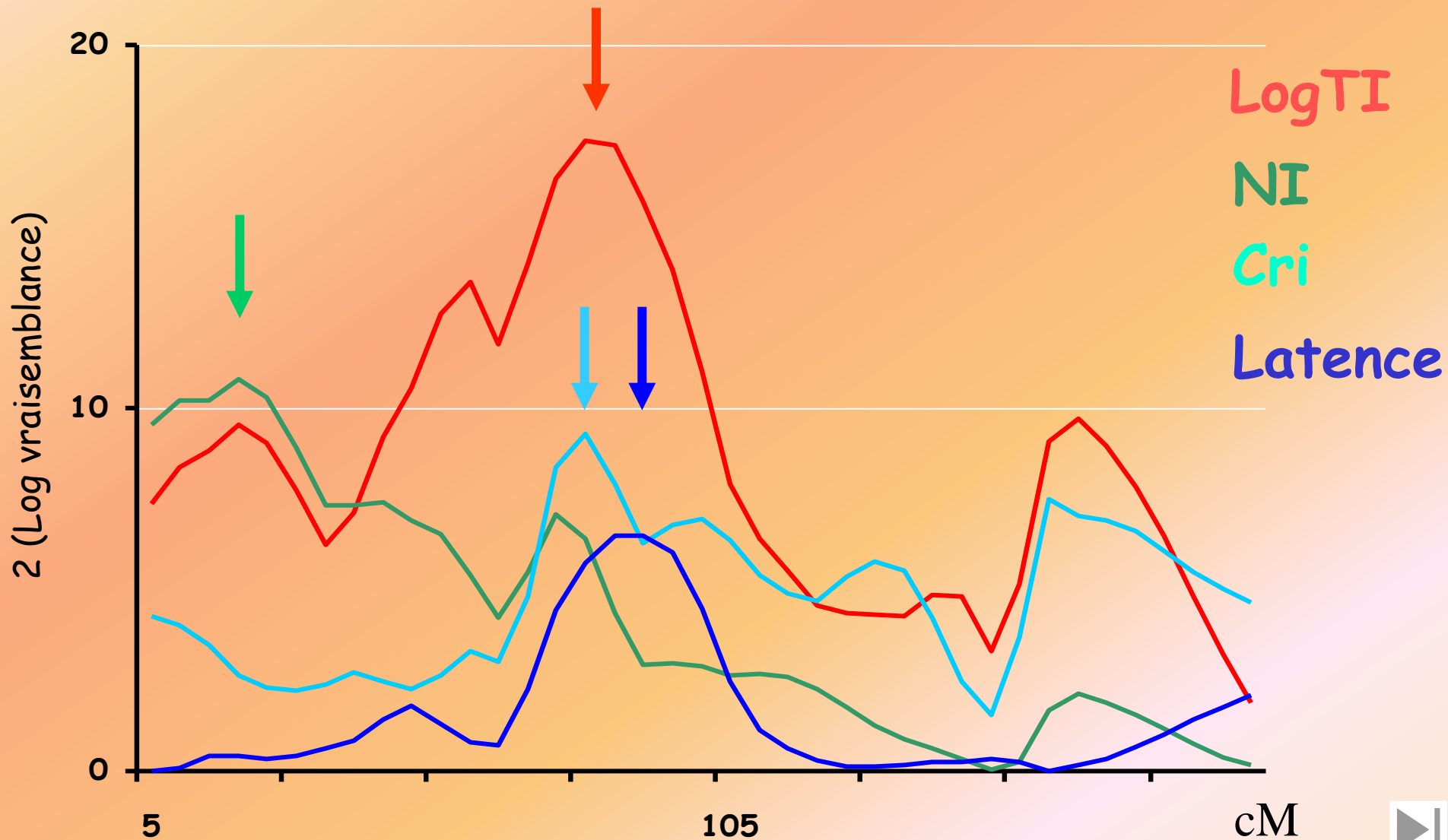


Corticostérone après stress de contrainte



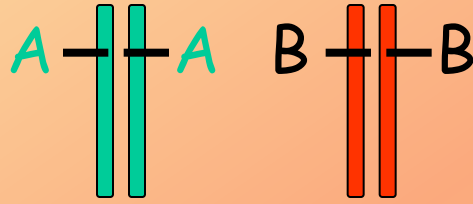
Poids à 2 semaines

Recherche de QTL de l'immobilité tonique chez la caille :
Résultats sur le groupe de liaison n°1

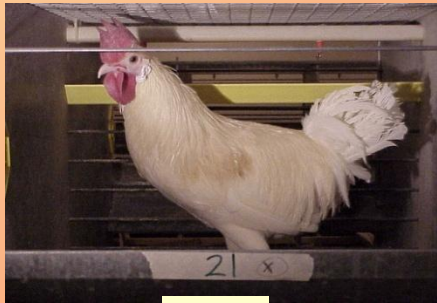




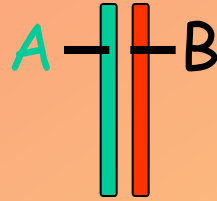
Poule de jungle



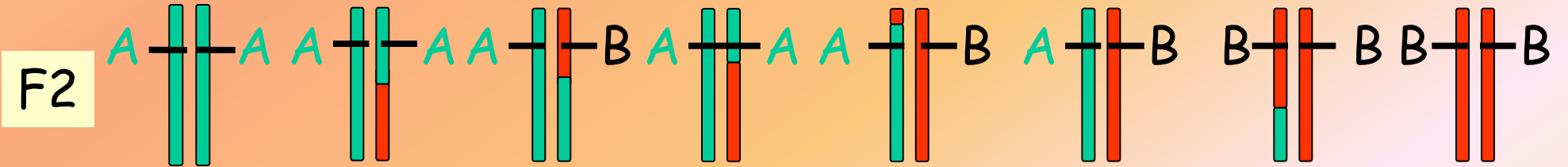
White Leghorn



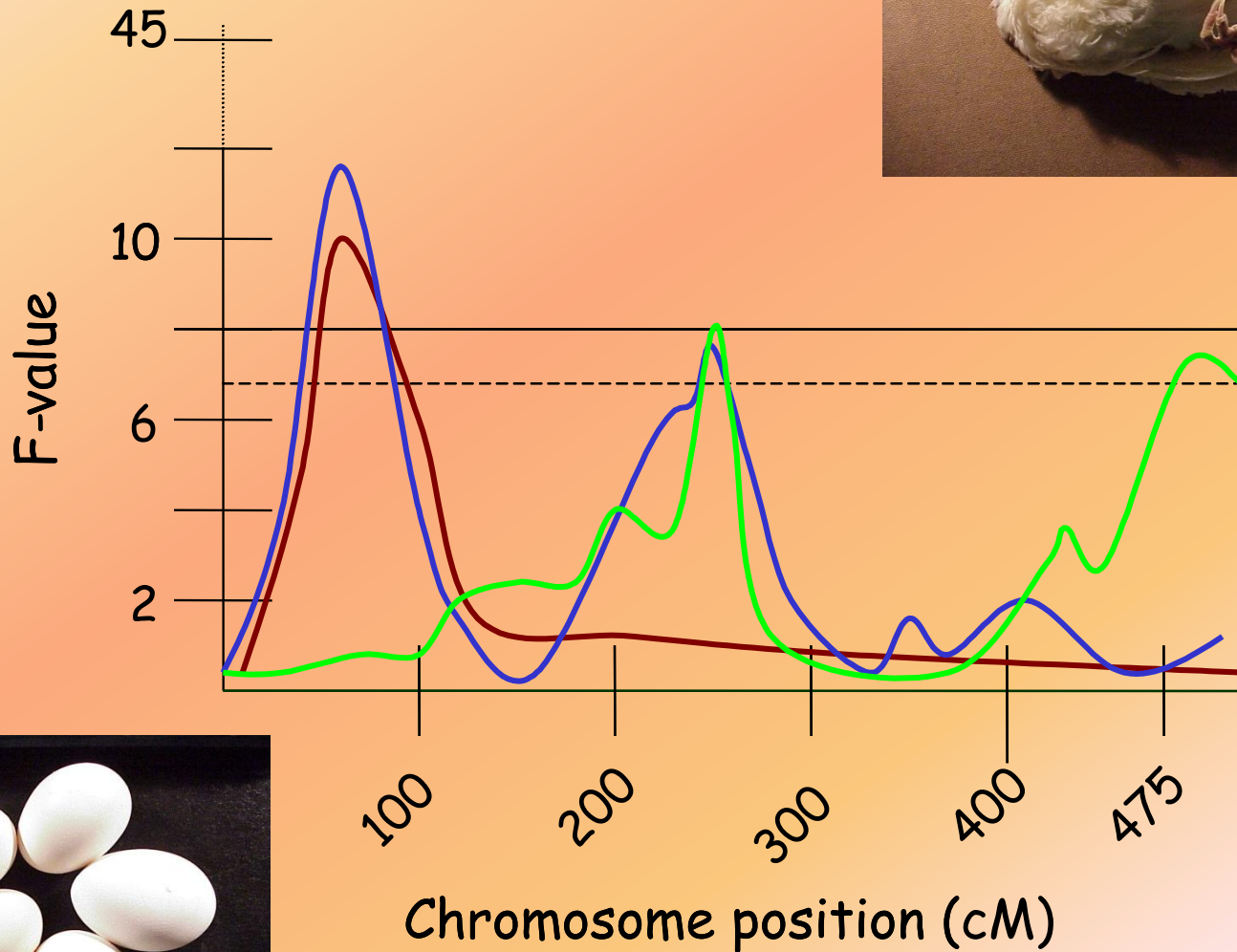
F1



F1



Chromosome 1:



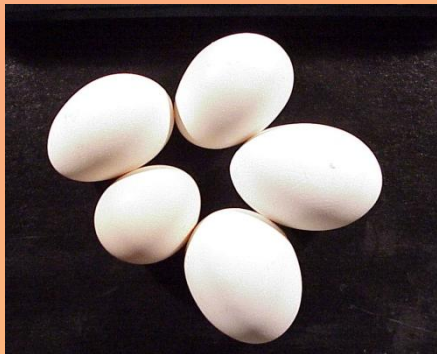
Adult growth

5%
20%

TI attempts

TI duration

Egg weight



Kerje et al 2002

Schütz et al 2002

Conclusions

Difficulté de la génétique du comportement :

- * Mesure
- * Analyse
- * Interprétation
- * Importance des interactions entre génotype et milieu

Possibilités de modifier par la sélection :

- * Un caractère dans un milieu donné
- * Le potentiel d'adaptation des animaux

Dans le futur :

- * Apport de la génétique moléculaire