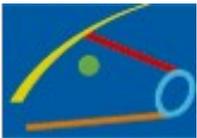


La SAM chez les bovins laitiers : conséquences sur le dispositif génétique français

S. Fritz (UNCEIA), F. Guillaume (I.E.), A. Baur (UNCEIA), S. Mattalia (I.E.)
P. Croiseau (INRA), JJ. Colleau (INRA), D. Boichard (INRA), V. Ducrocq (INRA)

- **20 oct. 2008 : 1^{ère} évaluation SAM2 française** (3 principales races laitières)
 - **Les animaux sont typés en routine sur la puce 54k d'illumina**
 - 4000 animaux génotypés en sept. 2008 dont 3200 dans populations de référence (1800 PH, 700 MO, 700 NO)
 - 25000 animaux génotypés en sept. 2009 dont 5000 dans populations de référence (3000 PH, 1000 MO, 1000 NO)
 - **15 caractères évalués en oct. 2008, 25 en oct. 2009, tous d'ici quelques mois**



■ oct. 2009 : 25 caractères évalués

– Race PH :

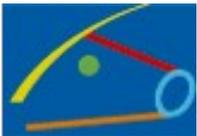
- production (5), cellules (1), fertilité (2), vitesse de traite (1), morphologie mamelle (8), capacité corporelle (5), locomotion (2), tempérament (1)

– Race MO :

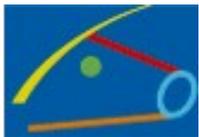
- production (5), cellules (1), fertilité (2), vitesse de traite (1), morphologie mamelle (7), corps et bassin (6), locomotion (2), aptitudes bouchères (1)

– Race NO :

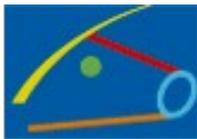
- production (5), cellules (1), fertilité (2), vitesse de traite (1), morphologie mamelle (6), format et bassin (6), locomotion (2), aptitudes bouchères (2)



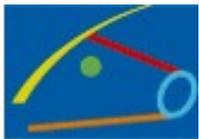
- **Objectifs 2010 :**
 - Ajouts des derniers caractères évalués côté polygénique (LGF, FNAI, FVEL, VIN, VIV, etc.)
 - Améliorer les modèles français d'évaluations SAM grâce au projet AMASGEN et au projet Eurogenomics
 - Liaisons avec évaluations polygéniques : contrôles élémentaires, nouveaux caractères, etc.
- **Quels sont (vont être) les conséquences et les enjeux de la SAM chez les bovins laitiers ?**



1 – Des index fiables pour les jeunes animaux

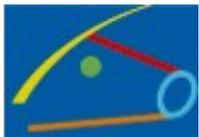


- **Objectifs des évaluations génétiques :**
 - Estimer le **niveau génétique vrai (NGV)** des animaux
 - l'estimation = **index**
 - la précision de l'estimation = **CD** (pour coefficient de détermination)
- **Objectifs de la sélection :**
 - Le NGV moyen des animaux de la génération n+1 doit être supérieur au NGV moyen de la génération n !

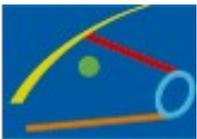
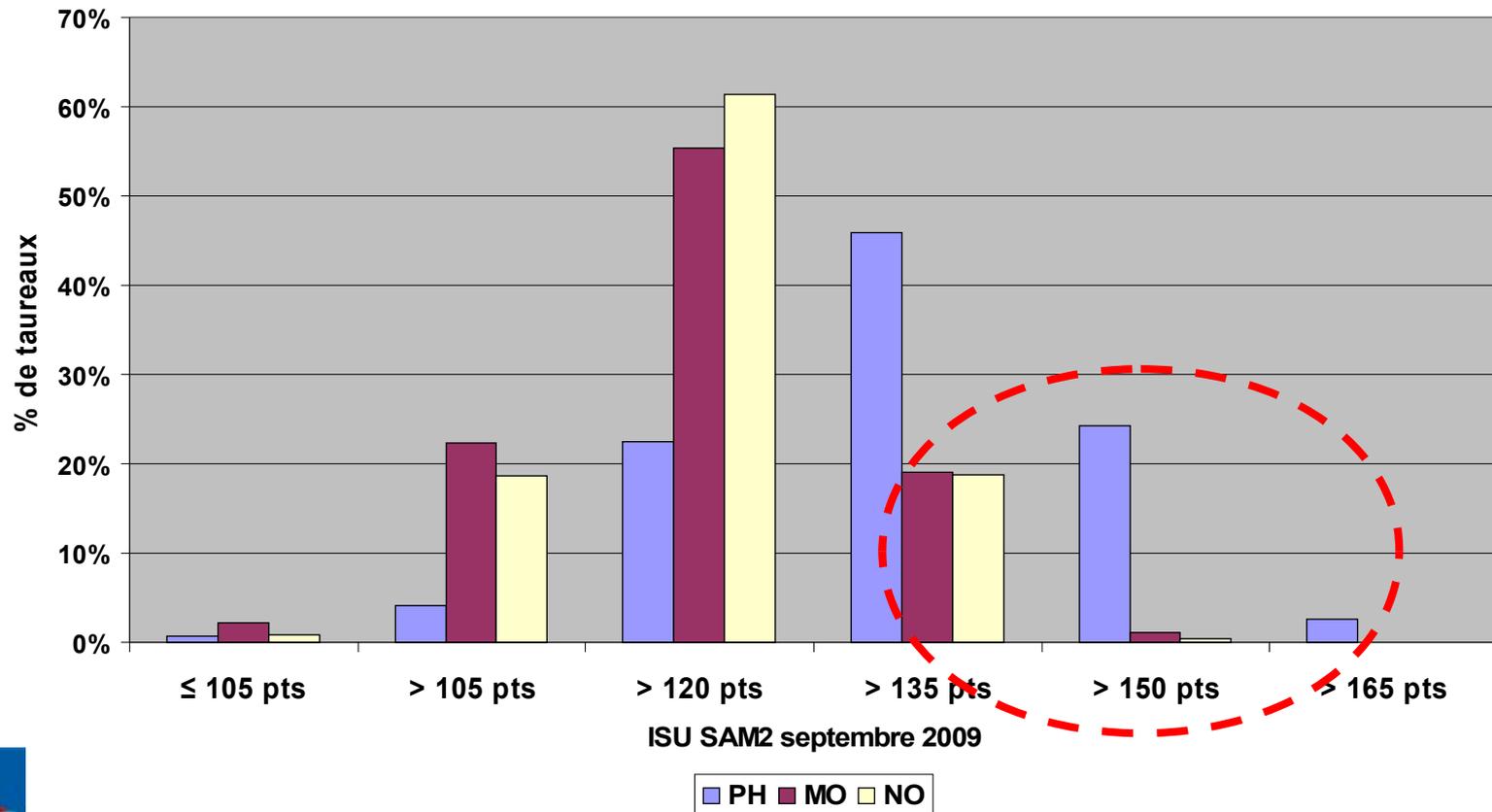


- **CD moyens des index SAM2 des jeunes animaux (mâles et femelles de moins de 24 mois) :**

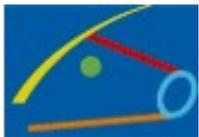
Caractère	PH	MO	NO
Lait	0.62	0.62	0.62
Taux	0.61	0.62	0.59
CEL	0.57	0.53	0.52
FERv	0.51	0.47	0.47
DE ou DPLJ	0.55	0.53	0.49
TA ou HSAC	0.60	0.58	0.64
AP ou LOCO	0.49	0.45	0.46
VTRA	0.58	0.47	0.45
<i>Nb animaux</i>	8782	2088	1642



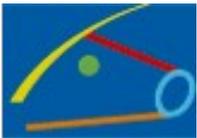
- Distributions des ISU SAM2 des 7057 mâles génotypés nés après le 1er janvier 2007 :



- **Parmi les jeunes taureaux nés après 1er janvier 2007 avec ISU>135 pts :**
 - 3302 taureaux holstein (INEL=29 ; CEL=+1.0 ; FERv=+0.5 ; MO=+2.0 ; MA=+1.5) issus de 140 pères différents
 - 282 taureaux montbéliards (INEL=32 ; CEL=+0.9 ; FERv=+0.3 ; MO=107 ; MA=107) issus de 30 pères différents
 - 215 taureaux normands (INEL=36 ; CEL=+0.5 ; FERv=+0.1 ; MO=+0.4 ; MA=+0.5) issus de 33 pères différents



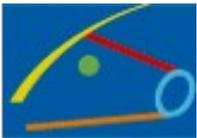
- **Grâce aux évaluations SAM :**
 - On obtient des **index avec des $CD \geq 0.50$** pour tous les jeunes animaux (mâles & femelles)
 - La **précision des index est plus homogène entre caractères**, ceci est très favorable pour un index de synthèse tel que l'ISU qui combine de nombreux caractères à héritabilités différentes.
 - On peut ainsi mettre en évidence des jeunes mâles qui permettent de réaliser des progrès génétiques importants mais avec des précisions $CD \geq 0.50$ inférieures à celles obtenues après testage.



- **Intervalle de confiance (à 90%) des index en fonction du CD :**

CD	ISU, INEL	Lait	MO, FER, CEL
0.50	± 23	± 620	± 1.1
0.70	± 18	± 480	± 0.9
0.85	± 13	± 340	± 0.6
0.95	± 7	± 200	± 0.4

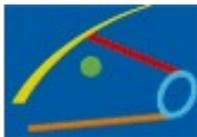
- **Un taureau à 160 pts d'ISU et CD~0.50 a 90% de chances d'avoir son NGV entre 137 et 183 pts.**



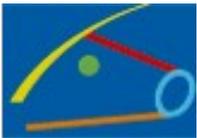
- **Intervalle de confiance (à 90%) des index en fonction du CD :**

CD	ISU, INEL	Lait	MO, FER, CEL
0.50	± 23	± 620	± 1.1
0.70	± 18	± 480	± 0.9
0.85	± 13	± 340	± 0.6
0.95	± 7	± 200	± 0.4

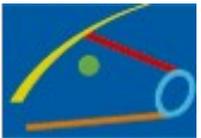
- **Un taureau à +0,2 en FER et CD~0.50 a 90% de chances d'avoir son NGV entre -0,9 et +1,3 pts d'index.**



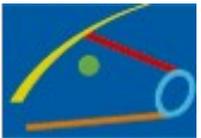
- **Tenir compte des CD pour diffuser les taureaux !**
- **Si on diffuse largement un taureau à ISU=165 pts avec CD proche de 0.50 :**
 - L'index du taureau va évoluer avec l'arrivée de filles en production et il va **s'approcher du NGV** du taureau pour chaque caractère et pour l'ISU
- ***Cette remarque est valable également pour un taureau testé sorti en juin (CD~0.70) :***
 - ***Un taureau à 150 pts d'ISU et CD~0.70 a 90% de chances d'avoir son NGV entre 132 et 168 pts.***



- **Malgré l'imprécision « actuelle » des index ($CD \geq 0.50$) d'un jeune taureau évalué par la SAM, il est possible et même recommandé de **diffuser dès à présent ces jeunes taureaux !****



- **Le niveau génétique moyen d'un lot est d'autant plus fiable (CD ↑) que le nombre de jeunes taureaux du lot est élevé.**
 - Le niveau génétique moyen d'un **lot de 5 taureaux** (CD~0.50 chacun) a un **CD proche de 0.90**
 - Si on prend 5 taureaux à 160 pts d'ISU de moyenne, le NGV moyen de ces 5 taureaux a environ 90% de chances d'être entre **150 et 170 pts.**



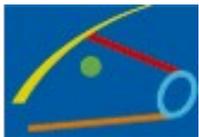
- Le niveau génétique moyen d'un lot est d'autant plus fiable (CD ↑) que le nombre de jeunes taureaux du lot est élevé.

Taureaux	CD	ISU
A	0.50	170
B	0.50	165
C	0.50	162
D	0.50	160
E	0.50	158
F	0.50	155
		161.7

**6 jeunes taureaux évalués
par la SAM en oct. 2009 !**

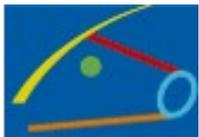


**8 tirages aléatoires du NGV
de ces 6 taureaux !**



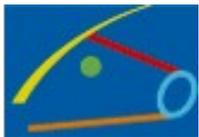
- Variations individuelles d'index prévisibles d'après les CD

Taureaux	CD	ISU	NGV1	NGV2	NGV3	NGV4	NGV5	NGV6	NGV7	NGV8
A	0.50	170	154	179	157	173	144	165	160	183
B	0.50	165	168	149	172	157	168	150	183	158
C	0.50	162	162	169	141	179	160	158	163	157
D	0.50	160	175	162	141	149	183	157	148	150
E	0.50	158	165	154	176	160	153	166	171	146
F	0.50	155	134	147	166	167	152	176	166	165
		161.7	159.7	160.0	158.8	164.2	160.0	162.0	165.2	159.8



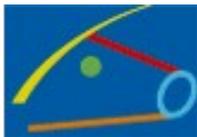
- Il est difficile voire impossible de dire quel est aujourd'hui le meilleur taureau du lot :

Taureaux	CD	ISU	NGV1	NGV2	NGV3	NGV4	NGV5	NGV6	NGV7	NGV8
A	0.50	170	154	179	157	173	144	165	160	183
B	0.50	165	168	149	172	157	168	150	183	158
C	0.50	162	162	169	141	179	160	158	163	157
D	0.50	160	175	162	141	149	183	157	148	150
E	0.50	158	165	154	176	160	153	166	171	146
F	0.50	155	134	147	166	167	152	176	166	165
		161.7	159.7	160.0	158.8	164.2	160.0	162.0	165.2	159.8



- Il est impossible de prévoir les évolutions individuelles (à la hausse ou à la baisse) :

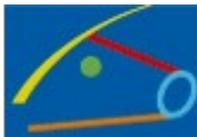
Taureaux	CD	ISU	NGV1	NGV2	NGV3	NGV4	NGV5	NGV6	NGV7	NGV8
A	0.50	170	154	179	157	173	144	165	160	183
B	0.50	165	168	149	172	157	168	150	183	158
C	0.50	162	162	169	141	179	160	158	163	157
D	0.50	160	175	162	141	149	183	157	148	150
E	0.50	158	165	154	176	160	153	166	171	146
F	0.50	155	134	147	166	167	152	176	166	165
		161.7	159.7	160.0	158.8	164.2	160.0	162.0	165.2	159.8



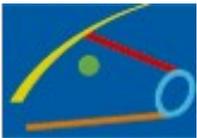
Situation actuelle

- L'ISU moyen du lot disponible aujourd'hui est élevé et plus fiable que chaque ISU individuel (CD de l'ISU moyen est proche de 0.90) :

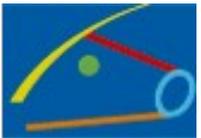
Taureaux	CD	ISU	NGV1	NGV2	NGV3	NGV4	NGV5	NGV6	NGV7	NGV8
A	0.50	170	154	179	157	173	144	165	160	183
B	0.50	165	168	149	172	157	168	150	183	158
C	0.50	162	162	169	141	179	160	158	163	157
D	0.50	160	175	162	141	149	183	157	148	150
E	0.50	158	165	154	176	160	153	166	171	146
F	0.50	155	134	147	166	167	152	176	166	165
		161.7	159.7	160.0	158.8	164.2	160.0	162.0	165.2	159.8



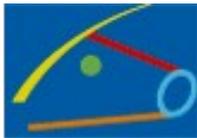
- **Le niveau génétique moyen d'un lot est d'autant plus fiable (CD ↑) que le nombre de jeunes taureaux du lot est élevé.**
 - Il est impossible de dire quel est finalement le meilleur taureau des 5 taureaux du lot...
 - On ne peut pas prédire les évolutions d'index à venir...
 - Mais **en utilisant ces 5 taureaux de façon homogène, on peut générer un progrès génétique conséquent !**



- **Fin du « Star System » :**
 - La « star », c'est le lot de taureaux diffusés !
 - Aucun des jeunes taureaux ne doit être élevé au rang de star !!!
- Pendant la phase de « transition » (jusqu'à 2011), même les taureaux issus de testage classique pourraient être diffusés aux éleveurs par lot pour réellement basculer dans le monde « génomique » !
 - **Il est préférable d'utiliser 5 taureaux différents au sein d'un élevage, plutôt que 5 fois le même.**



2 - Optimisation des schémas travaux de J.J. Colleau (INRA-GABI)



- **Travaux sur simulations basés sur des informations réelles pour mettre en évidence les points clefs des schémas utilisant la génomique**
 - Pour chaque scénario testé, on réalise 10 réplifications.
 - On calcule le **progrès génétique annuel** et **l'accroissement de consanguinité** de chaque scénarios
 - Évaluations SAM2 utilisées sur ISU pendant 20 ans !

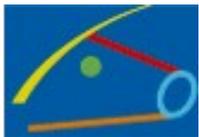


Schéma REF

En ferme



En station



Première diffusion



Diffusion après confirmation



Nb :

800



400



130

(80 filles)



15

Testage sur descendance
classique

11 Pères à taureaux

485 Mères à taureaux

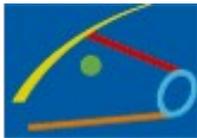


Schéma AXMAX

En ferme



En station



Première diffusion



Diffusion après confirmation



Nb :

2400



400



80

0

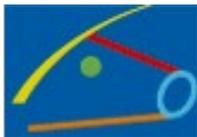
Max 5 par père
Max 2 par mère

Max 2 par père
(1250 filles)

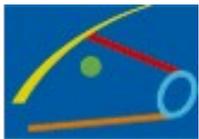
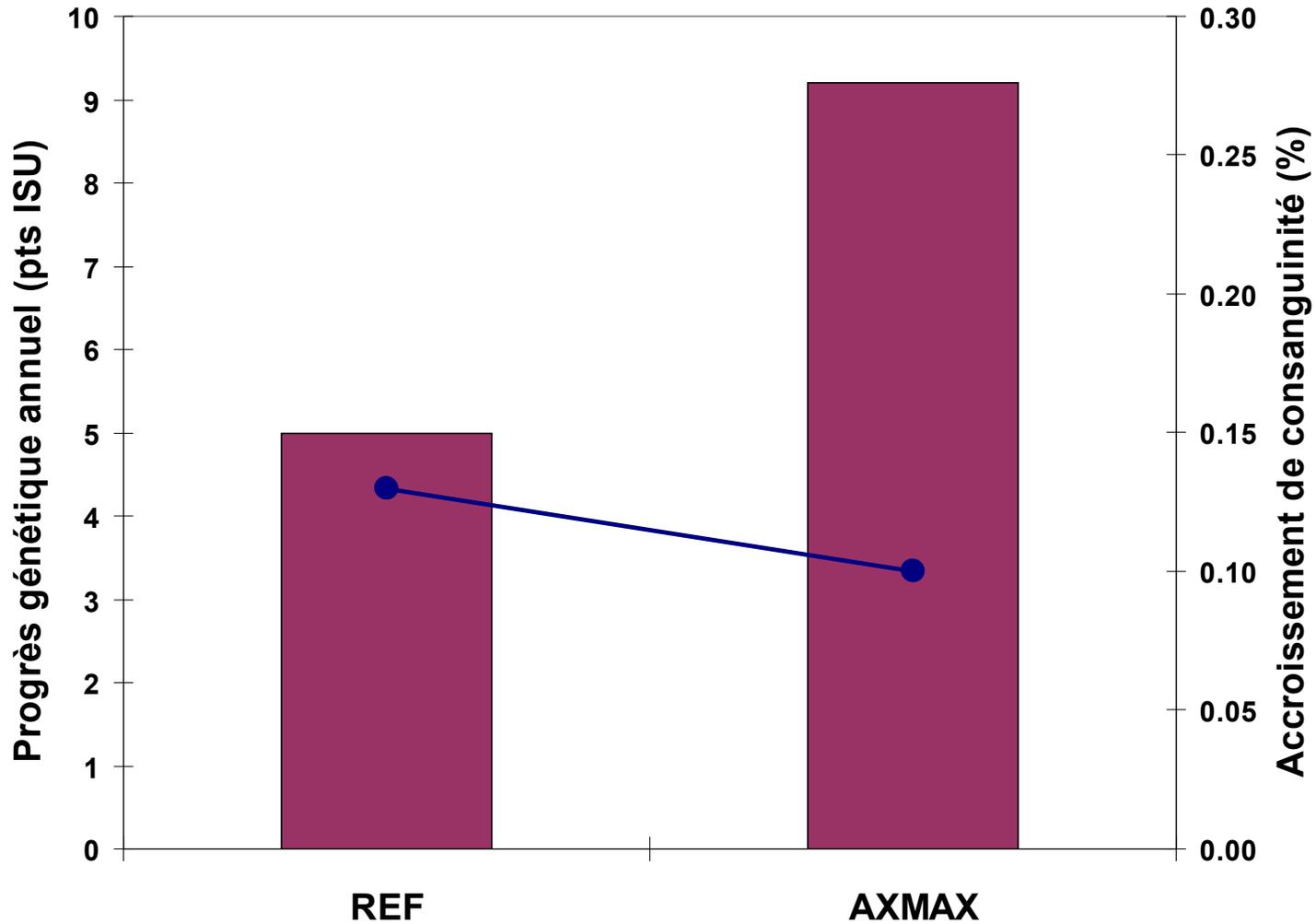


80 Pères à taureaux

1290 Mères à taureaux



Comparaison REF vs AXMAX



▪ REF vs AXMAX

– Points clefs :

- Abandon du testage classique sur descendance au profit d'une primo-diffusion large et homogène de 80 taureaux.
- Les 80 taureaux sont utilisés en pères à taureaux.
- L'intervalle de génération est réduit au maximum sur la voie mâle !

- ### – AXMAX génère **2 fois plus de progrès génétique** annuel que REF **sans conséquences néfastes sur la consanguinité !**

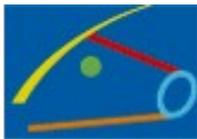


Schéma AXMIX

En ferme



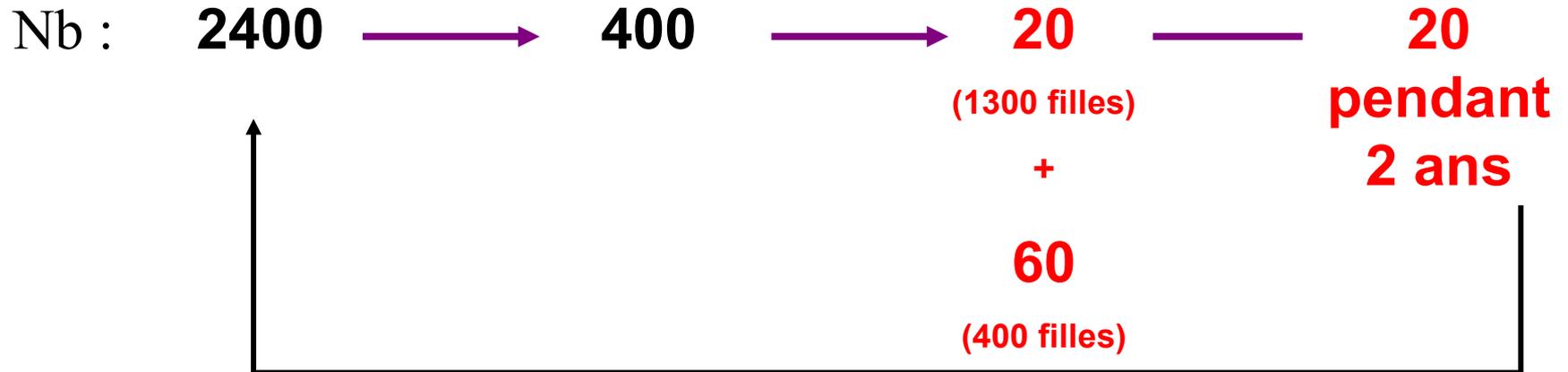
En station



Première diffusion



Diffusion après confirmation



60 Pères à taureaux

1290 Mères à taureaux

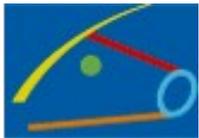


Schéma AXMIX+

En ferme



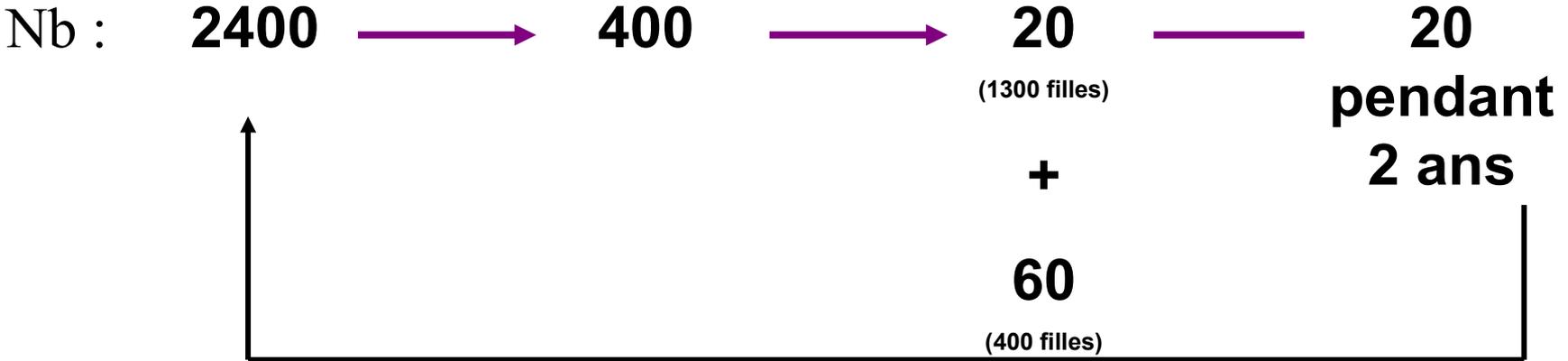
En station



Première diffusion



Diffusion après confirmation



120 Pères à taureaux
1290 Mères à taureaux

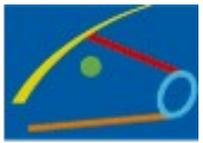


Schéma AXMIX++

En ferme



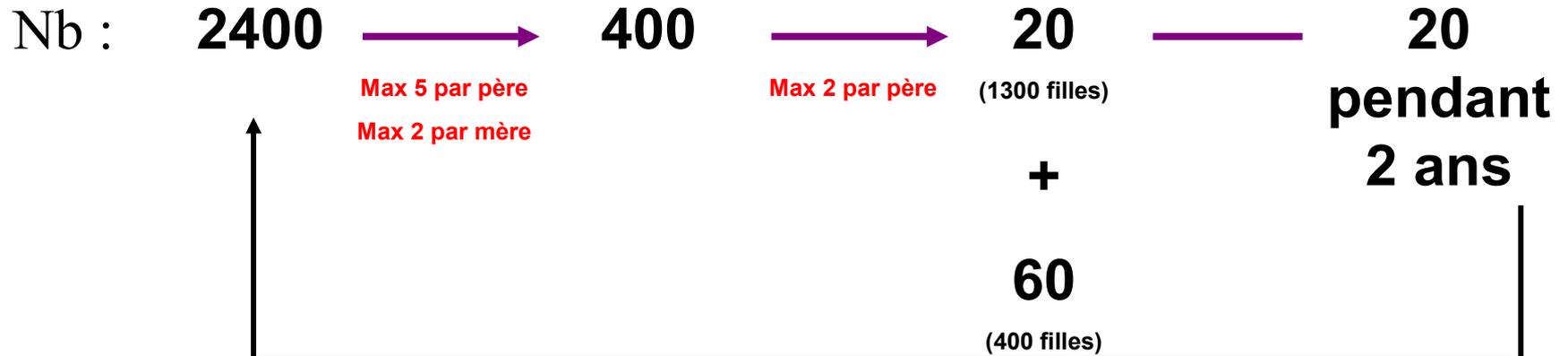
En station



Première diffusion

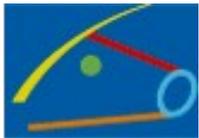


Diffusion après confirmation

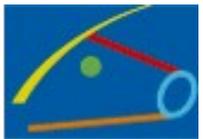
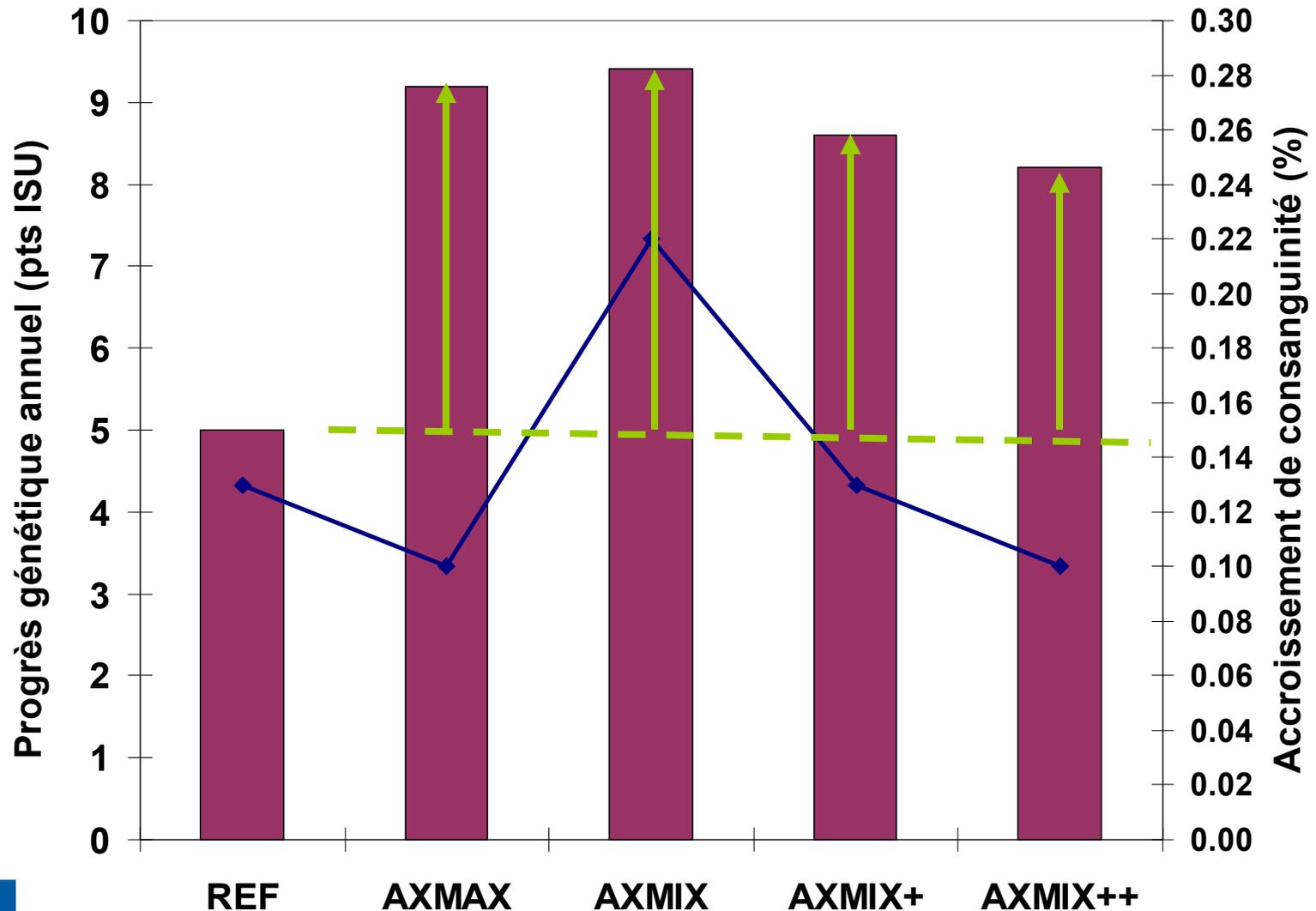


120 Pères à taureaux

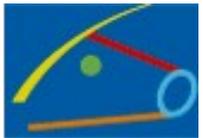
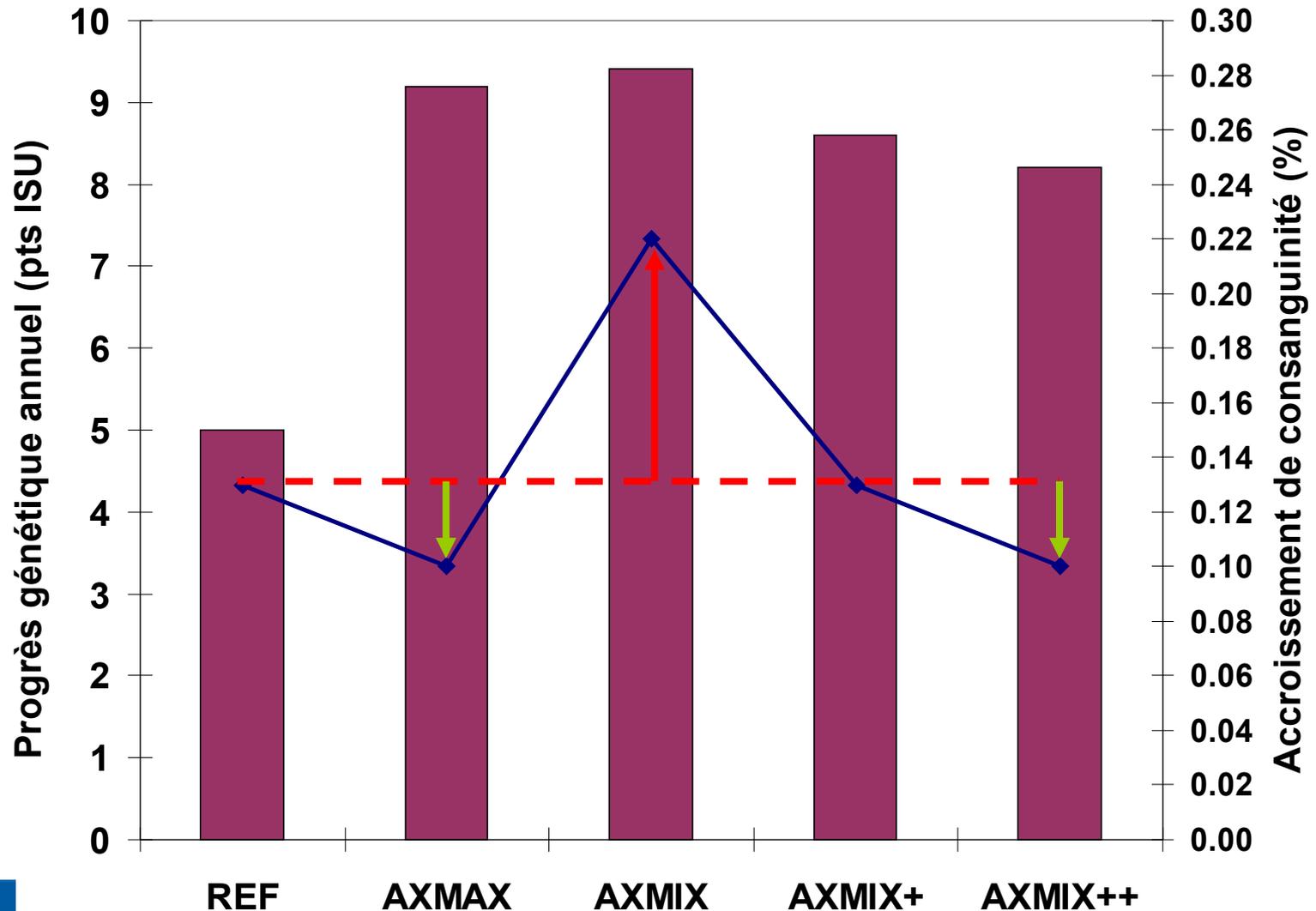
1290 Mères à taureaux



Résultats des scénarios AXMIX

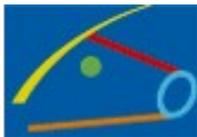


Résultats des scénarios AXMIX



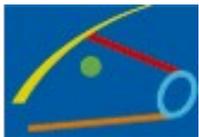
▪ AXMIX, AXMIX+ & AXMIX++

- Tous les schémas AXMIX génèrent plus de progrès génétique que le schéma REF
- AXMIX double l'accroissement de consanguinité annuel !
- AXMIX+ est le scénario le plus favorable : le **nb de pères à taureaux utilisés est un facteur clef** de réussite d'un programme à long terme !
- La diffusion après confirmation nécessite de conserver le **Lay Off pour tous les jeunes taureaux** → coût important dans un schéma !

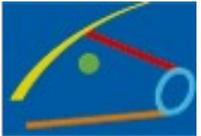


■ Bilan

- Dès à présent, la **diffusion large d'un grand nombre de jeunes taureaux** avec suppression du testage classique permet de doubler le progrès génétique annuel !
- Ce constat FRA est comparable aux résultats obtenus dans d'autres pays.
- **Bien utilisée, la SAM n'a pas de conséquences néfastes sur la consanguinité !**
- Si l'on souhaite continuer à diffuser des taureaux confirmés, il faut veiller avec attention aux problèmes de consanguinité ! Il est alors important que **tous les taureaux génomiques diffusés soient considérés Pères à taureaux pour le schéma.**

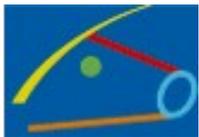


3 - Conséquences



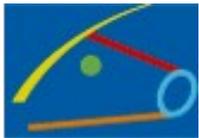
2 Stratégies de diffusion

- **Depuis juin 2009, les jeunes taureaux d'IA peuvent être diffusés en France sur la base de leurs index SAM :**
 - **Confirmation sur descendance** : diffusion limitée (3000 doses), pas de communication individuelle des index SAM.
 - **Mise en marché directe** : les index SAM sont officiels, pas de restrictions sur le nb de doses.



2 Stratégies de diffusion

- Depuis juin 2009, les jeunes taureaux d'IA peuvent être diffusés en France sur la base de leurs index SAM :
 - Les 2 stratégies sont compatibles avec une diffusion par **pack** et une utilisation de **tous** les jeunes taureaux comme **pères à taureaux**.
 - Les quelques taureaux diffusés de façon individuelle = **prise de risques !**



Sur la voie femelle

Age : **0**



2 ans



3 ans



CD Lait : **0,30**

0,35

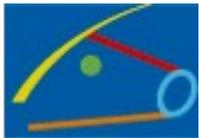
0,45

CD Fer : -

-

-

Classique



Sur la voie femelle

SAM

Age : **0**



CD Lait : **0,65**

CD Fer : **0,50**

2 ans



0,65

0,50

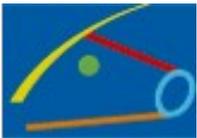
3 ans



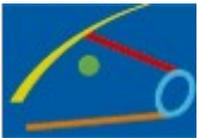
0,70

0,51

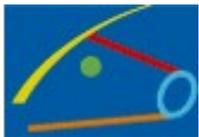
Des précisions très supérieures (caractères fonctionnels), même niveau de précisions que les jeunes mâles, peu de différences de précisions entre génisses & vaches.



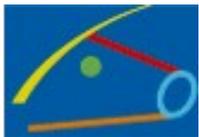
- **Meilleure évaluation de toutes les femelles !**
 - Intéressant pour les schémas de sélection (le traitement préférentiel n'aura bientôt plus aucune conséquence sur les index calculés).
 - Les évaluations génomiques permettent de mieux choisir les génisses de renouvellement.
 - Elles doivent permettre à terme de faire baisser les coûts d'élevage : des femelles plus fertiles, plus résistantes et adaptées à la production souhaitée.
- **Le prix des génotypages va (devrait) baisser, les évaluations génomiques vont s'officialiser progressivement :**
 - Certains scientifiques estiment que d'ici 3 à 5 ans au niveau international **toutes les femelles au contrôle laitier seront génotypés !**



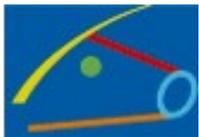
4 - Enjeux pour le contrôle de performances



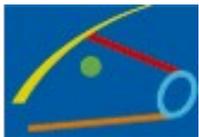
- **La génomique présente un intérêt si**
 - les conséquences de son utilisation compensent les coûts de génotypages !
 - Suppléments de progrès génétique
 - Performances difficiles ou coûteuses à collecter



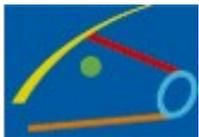
- **La génomique chez les bovins peut permettre**
 - de raccourcir l'intervalle de génération
 - âge de diffusion des reproducteurs
 - de faire plus de progrès génétique en particulier sur les caractères faiblement héritable
 - de sélectionner de nouveaux caractères
 - résistance aux maladies, qualité des produits, etc.



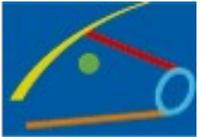
- **Tout cela est efficace sur le long terme si et seulement si...**
 - La taille de la population de référence de départ est suffisante !
 - Le renouvellement de la population de référence est suffisant !
- **... le contrôle de performances se poursuit sur les animaux qui intègrent la population de référence !**



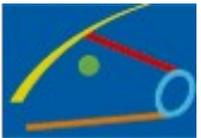
- **Enjeux pour le contrôle de performances :**
 - **Maintenir** un contrôle de performances suffisant sur les caractères déjà mesurés.
 - **Développer** le contrôle de performances sur de nouveaux caractères d'intérêt pour les éleveurs (performances mesurées, collectées et stockées).



Conclusion



- **Les travaux de génomique ont besoin**
 - de **performances mesurées et collectées** sur une population de référence
 - pour fonctionner en recherche (**départ**) et en routine (**renouvellement**)
- **Ces travaux permettent d'estimer efficacement le niveau génétique des jeunes animaux** génotypés.
- **En bovins laitiers, la génomique est à l'origine de profondes évolutions dans l'organisation et le déroulement des programmes de sélection : fin programmée du testage classique sur descendance !**



- **De nombreux pays travaillent activement sur la mise en place d'évaluations génomiques officielles : États-unis, Canada, Pays-Bas, Danemark, Suède, Finlande, Nouvelle-Zélande, Allemagne, etc.**
 - **fin programmée du testage classique → progrès génétique doublé grâce à primo-diffusion !**
 - **Utilisation différente des taureaux : préférer l'utilisation par pack de jeunes taureaux à l'utilisation individuelle → diffusion homogène, meilleure gestion de la variabilité génétique, adaptation aux orientations spécifiques des éleveurs tout en limitant les risques et les déceptions !**
 - **Maintenir (réorganiser) voire développer le contrôle de performances !**

