

# FRANCIA, SELECCIÓN GENÉTICA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA



CIFRA CLAVE:

Ya más de

**750 000**

genotipados realizados  
con fines de selección  
genómica

## La selección genómica, una revolución en marcha

La integración exitosa de los avances de la genómica en los programas de selección franceses representa un salto tecnológico determinante. El tamaño de las poblaciones de referencia y diez años de optimización de los métodos científicos garantizan evaluaciones genómicas de una gran fiabilidad en todos los caracteres evaluados clásicamente gracias a pruebas de progenie.

La valorización de las informaciones provenientes de los genotipos permite progresos genéticos más importantes, una gama de reproductores enriquecida y una mayor precisión del valor genético para los caracteres menos heredables. La evaluación genómica abre así nuevas perspectivas, en particular para la selección de las aptitudes funcionales.

Estos logros ofrecidos a los ganaderos son el fruto del trabajo de todos los actores del sistema nacional de mejoramiento genético, gestionado y coordinado por France Génétique Elevage.



# 1

## Una revolución tecnológica



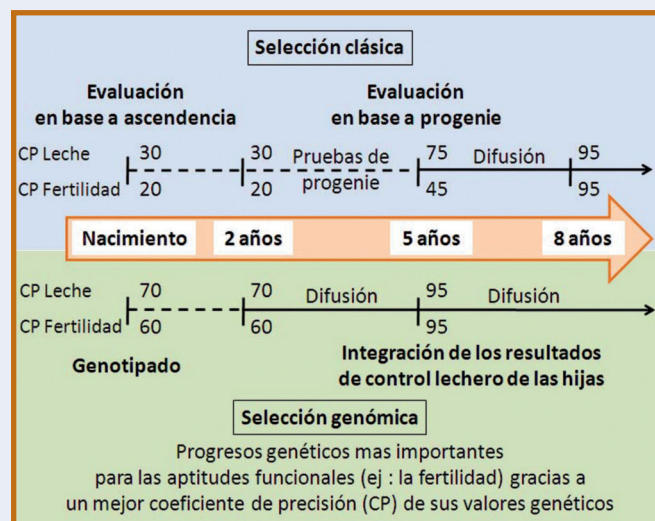
Como complemento de los datos utilizados en las evaluaciones clásicas (genealogías y producciones), **la selección genómica valoriza las informaciones provenientes del análisis del ADN** obtenidas gracias a las nuevas tecnologías de genotipado (cartografía del ADN).

Los avances de la genómica no implica manipulación genética: no se modifican los animales evaluados ni su potencial genético. **La genómica ofrece “solamente” una nueva herramienta particularmente eficaz para evaluar el nivel genético de los animales.**

Gracias a estos progresos, resulta posible evaluar un reproductor desde su juventud más temprana, sin esperar a que su progenie haya comenzado a producir. La selección

genómica permite de este modo aumentar fuertemente el progreso genético anual. Pero sobre todo, abre **nuevas perspectivas con una indexación más precisa sobre los caracteres funcionales** (fertilidad, resistencia a las mastitis, facilidad de nacimiento, etc.).

En el ámbito de la mejora genética, la selección genómica representa el salto tecnológico más importante desde hace más de 40 años.



# 2

## El tamaño determinante de las poblaciones de referencia



La primera etapa indispensable para la evaluación genómica de los reproductores de una raza es constituir una población de referencia: un conjunto de animales de esta raza, a la vez genotipados y evaluados en base a prueba de progenie.

**Esta población permite analizar las relaciones genotipo/resultados de control de producción.** Gracias a modelos matemáticos, se establecen relaciones estadísticas entre los resultados de genotipado y los índices calculados según los resultados de las pruebas de progenie.

**La eficacia de estas fórmulas de predicción de los valores genéticos a partir de un genotipado depende en primer lugar del número de animales que constituyen la población de referencia.** Cuanto más grande es, más precisas son las relaciones estadísticas.

Una vez establecidas y verificadas estas fórmulas de predicción, resulta posible utilizarlas para estimar los distintos índices genéticos de un animal joven a partir de su genotipado.

Por lo tanto, esta evaluación genómica sólo puede referirse a los caracteres evaluados mediante prueba de progenie. La renovación de la población de referencia, con la evaluación de nuevos animales cada año en base a pruebas de progenie, sigue siendo necesaria para optimizar las fórmulas de predicción.

**La evaluación genómica es de este modo eficaz si es alimentada regularmente por una información abundante (tamaño de la población de referencia) y renovada (actualización de esta población).**



# 3

## Francia siempre entre los líderes mundiales



**Francia ha sido uno de los primeros países cuyos métodos de evaluación genómica han sido oficialmente validados a nivel internacional por Interbull.**

Este lugar en la punta de la selección genómica es el fruto de una colaboración estrecha y antigua entre miembros de France Génétique Elevage.

Asocia actualmente a la UNCEIA (federación nacional de empresas de selección), las empresas de selección, el Institut de l'Elevage y el INRA para la investigación fundamental.

A partir de 2001, los programas de las razas Holstein, Montbéliarde y Normande se han optimizado (selección de los candidatos a prueba de progenia, etc.) con la integración de los primeros avances de la genómica.

Gracias a la integración continua de innovaciones tecnológicas, las informaciones genómicas se han utilizado desde 2008 en todas las etapas de los programas de selección: elección de los padres y madres de toros, selección de los machos antes de la entrada en estación de cría, selección de los toros a difundir por inseminación, etc.

En junio de 2009, el acceso a esta nueva generación de informaciones genéticas se ha abierto a todos los ganaderos, con la publicación oficial de los primeros índices genómicos de toros de raza Holstein, Montbéliarde y Normande.

**Todos los caracteres evaluados habitualmente por prueba de progenie gozan ahora de una evaluación genómica:** producción lechera (cantidad y calidad de la leche), morfología de los animales y funcionalidades (aptitudes que permiten reducir los costos de producción: fertilidad, resistencia a las mastitis, etc.).

# 4

## Logros y nuevas perspectivas



Gracias a la experiencia adquirida y a programas de investigación científica de gran amplitud, las otras razas lecheras así como las razas carniceras, las especies ovina y caprina pronto se beneficiarán también de los logros de la revolución genómica.

**Las evaluaciones genómicas se extenderán a criterios** que no se pueden tener en cuenta en los programas de selección clásicos: **componentes finos de la leche** con efectos benéficos o negativos sobre la salud humana (ácidos grasos, etc.), **resistencia a enfermedades, calidad de la carne** (suavidad, marmoleo, sabores), etc.

La condición previa indispensable para la elaboración de fórmulas precisas de predicción es disponer de una población de referencia de animales genotipados sobre los que también se habrán medido estos caracteres específicos.

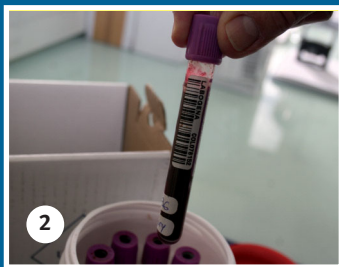
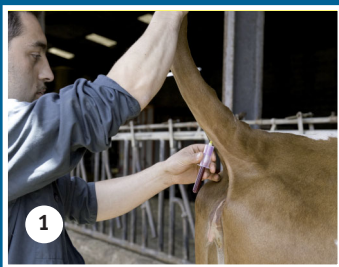
Es el objetivo de programas llevados a cabo por el INRA, la UNCEIA, empresas de selección y el Institut de l'Elevage tales como:

- > Phénofinlait (análisis de la composición fina de la leche de 20.000 vacas, cabras y ovejas genotipadas)
- > Qualvigène (análisis de la calidad de la carne de más de 3.000 novillos).

Al igual que para las razas Holstein, Montbéliarde y Normande, **los reproductores de nueva generación de las razas concernidas sólo se comercializarán una vez la fiabilidad de su evaluación genómica probada y reconocida a nivel internacional.**

Nuestra exigencia de calidad es a este precio.

## DEL ANIMAL A SU INDICES GENÓMICOS: LAS ETAPAS EN 10 FOTOGRAFÍAS



### RECOLECCIÓN:

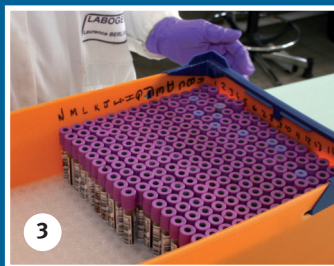
La sangre representa un 99% de las muestras de tejidos recolectadas (1). Cada una de ellas es identificada por un código de barras con el fin de garantizar la trazabilidad total a lo largo del proceso (2).

Cada tubo contiene 6 ml de sangre, en lugar de 4 ml para los análisis clásicos, con el fin de poder garantizar la conservación a largo plazo de material genético testigo.

### EXTRACCIÓN DEL ADN:

Se requiere de cinco días para el conjunto del proceso de análisis de las muestras (3) por LABOGENA, laboratorio nacional de análisis genético para las especies animales.

El conjunto de la cadena de análisis es robotizado y pilotado por sistema informático. La primera fase consiste en la extracción del ADN (4). La cantidad requerida es quince veces más importante que para los análisis clásicos.



### PREPARACIÓN DEL ADN:

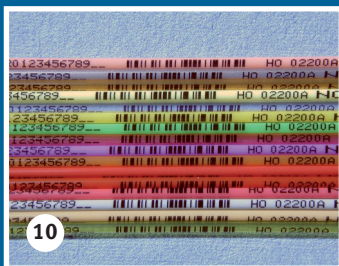
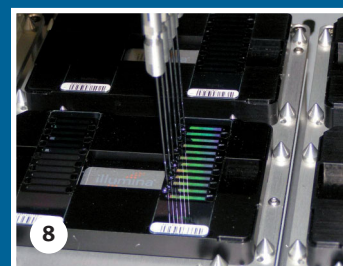
El ADN extraído es recuperado y distribuido por el robot TECAN en placas que incluyen 96 pozos, es decir 96 ADN de animales diferentes (5).

Añade en cada uno de ellos los reactivos necesarios para la desnaturalización del ADN (separación de la doble hélice del ADN) (6). Luego cada placa se coloca sobre un agitador para mezclar reactivos y ADN.

### LECTURA DE LOS MARCADORES GENÉTICOS :

Tras la centrifugación (7), incubación final (24 horas a 37°C) y fragmentación del ADN, las muestras se distribuyen sobre un chip Illumina (8).

La adición de reactivos fluorescentes permite entonces la lectura por escáner de los marcadores genéticos de cada ADN.



### ANÁLISIS Y CÁLCULO DE LOS VALORES GENÉTICOS:

Mediante el Sistema nacional de información genética (9), los resultados se transmiten al INRA. El cálculo de los índices genómicos se realiza bajo la responsabilidad del INRA, con el apoyo de los genetistas de la UNCEIA y del Institut de l'Élevage.

Sobre la base de los resultados de estos cálculos, las empresas de selección que han proporcionado las muestras eligen los toros elegidos para ser difundidos (10).





## UN MÉTODO OPTIMIZADO

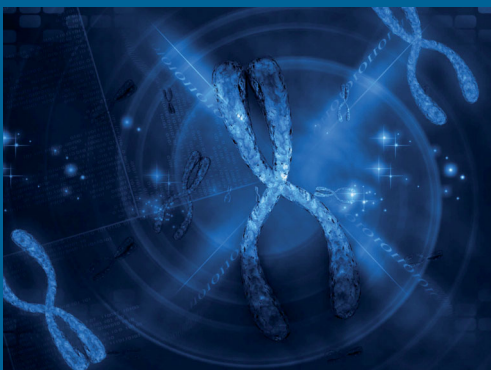
El método de evaluación genómico francés está ampliamente optimizado, gracias a la precisión de las evaluaciones clásicas en base a prueba de progenie y a inversiones metodológicas importantes.

La fiabilidad de los índices genómicos se garantiza por el gran tamaño de las poblaciones francesas de referencia: 1.250 toros para la raza Normande, 1.500 para la raza Montbéliarde y 18.300 para la raza Holstein en el marco del proyecto Eurogenomics.

Desde 2009 y por iniciativa de la UNCEIA, las principales empresas europeas de selección de la raza Holstein se han asociado para poner en común los datos de sus poblaciones de referencia (proyecto Eurogenomics).

Más de 18.000 toros a la vez genotipados y evaluados en progenie (¡19 millones de hembras!) constituyen esta amplia población de referencia. Única por su tamaño, se basa en la mejor genética disponible en Europa y Norteamérica.

Aunque los métodos de evaluación son siempre propios a cada país, los socios de EuroGenomics utilizan en adelante una población de referencia común. Permite ganar un 10% de precisión con relación a una evaluación genómica basada en una población de referencia nacional.



## 5

### Una oferta enriquecida para una mayor durabilidad



Gracias a las tecnologías genómicas, los programas de selección franceses proponen una gama ampliada de toros de alto rendimiento y que gozan de índices más precisos para las aptitudes funcionales. Ofrecen a los ganaderos nuevas perspectivas en términos de progreso genético sobre estos caracteres, determinantes para la durabilidad de los sistemas de cría.

A la oferta clásica de toros evaluados en base a prueba de progenie se añade la que resulta de la selección genómica de las tres principales razas lecheras francesas.

En raza Holstein, el abanico de toros propuesto representa una importante diversidad genética después de un largo período dominado por los hijos de un muy pequeño número de padres. Los perfiles propuestos se adaptan a objetivos variados: mejoramiento de la producción lechera, de la morfología, o de los caracteres funcionales

Esta gama constituida de reproductores con un elevado Índice global de síntesis (ISU) incluye también toros con otros criterios buscados (color rojo, sin cuernos, etc.).

Las razas Montbéliarde y Normande se benefician también de una gama enriquecida de nuevos toros, con recientes pedigrís y perfiles que valorizan las características mixtas de estas dos razas (buen equilibrio entre materias útiles, longevidad, resistencia a las mastitis).

# 6

## Selección a gran escala de un gen mayor en especie ovina

El Plan Nacional de Mejora Genética para la Resistencia a la Tembladera de todas las razas ovinas francesas, constituye un único ejemplo de selección a escala muy grande de un gen mayor: **el gen PrP que confiere una resistencia más o menos importante a la enfermedad de la Tembladera.**

Gracias a más de 670.000 genotipados de ovejas en 6 años, la acción se refiere a la exclusión de los reproductores portadores de los alelos de sensibilidad (VRQ y AHQ) de este gen y la difusión de los que llevan el alelo de resistencia (ARR).

**Los resultados son concluyentes.** Desde 2008, ningún carnero de las ganaderías de la base de selección de las razas ovinas carniceras posee el alelo VRQ de hipersensibilidad a la tembladera. Más del 95% es resistente a ésta (genotipo ARR/ARR).

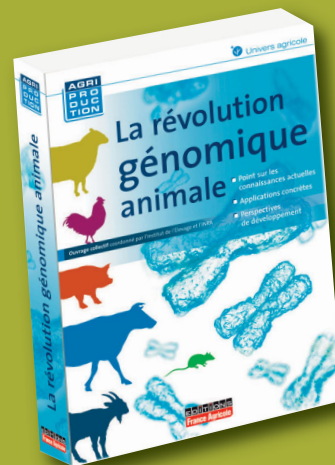
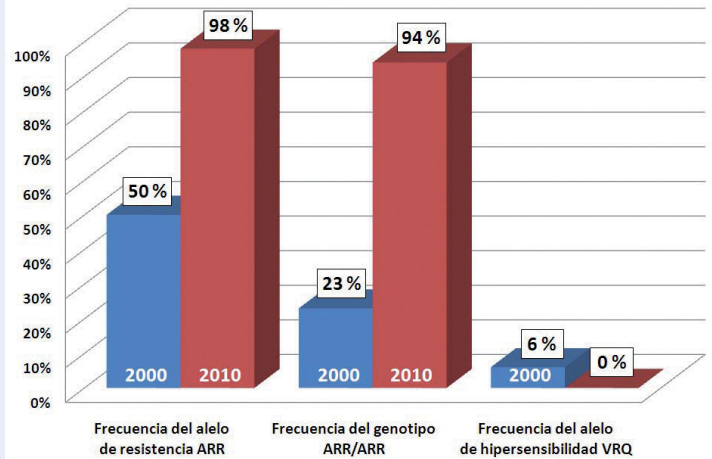
Desde hace 40 años, la amplitud y los resultados de los programas franceses de selección los colocan entre los líderes mundiales. Con la integración exitosa de las tecnologías genómicas, su oferta gana más en calidad y en diversidad.

Tanto en términos de productividad como de aptitudes funcionales, esta oferta está más que nunca en capacidad de responder con eficacia a las necesidades de los ganaderos franceses y extranjeros.

Para más información, no dude en ponerse en contacto con France Génétique Elevage.



### DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A LA TEMBLADERA GRACIAS A UNA SELECCIÓN GENÓMICA A GRAN ESCALA



### LA REVOLUCIÓN GENÓMICA ANIMAL

La síntesis de los conocimientos científicos en genómica y de sus aplicaciones en ganadería, obra colectiva de referencia coordinada por el Institut de l'Élevage y el INRA - 161 páginas.



Concepción/realización: Institut de l'Élevage - Bêta pictoris  
Créditos fotográficos : P.Pulvery, Ain Génétique Service, CNIEL, Coop. Mouton Vendéen, Fotolia, Labogena, INRA, France Limousin Sélection, CIA L'Aigle, A. Meekma, OS Montbéliarde, OS Normande, OS Prim'Holstein France, H. Réocreux, UNCEIA.  
ISBN : 978-2-36343-143-1 - Réf : 001112033 - Septiembre 2011  
Editor: FGE - 149, rue de Bercy - 75012 Paris - Francia  
Tél. : + 33 (0)1 40 04 52 02 - Fax : + 33 (0) 1 40 04 52 99  
france-genetique-elevage@france-genetique-elevage.fr  
www.france-genetique-elevage.fr

Con el apoyo financiero de FranceAgriMer

