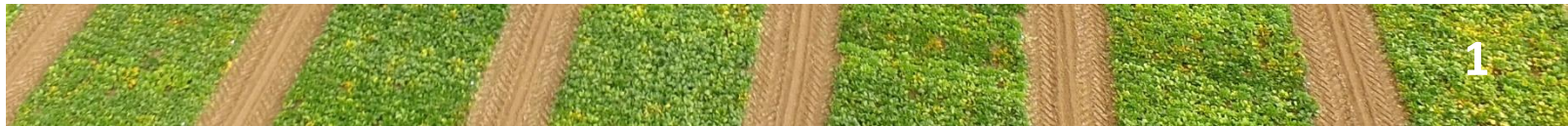
# *Vision de la création variétale*

## Colloque en hommage à Michel Desprez

***Mardi 23 novembre 2021***

***Académie d'Agriculture de France, 18 rue de Bellechasse 75007 Paris***

# Introduction



# La sélection de la betterave sucrière

## *Histoire et perspectives*

**Hendrik Tschoep**

**SESVanderHave NV/SA**

ASSOCIATION DES SÉLECTIONNEURS FRANÇAIS

ACADÉMIE d'AGRICULTURE de FRANCE

AGRICULTURE ■ ALIMENTATION ■ ENVIRONNEMENT

# Suite de la séance du 3 novembre 1993

## ÉVOLUTION DES MÉTHODES DE SÉLECTION DE LA BETTERAVE SUCRIÈRE DES ORIGINES À NOS JOURS

*EVOLUTION OF THE BREEDING METHODS OF SUGAR BEET, A REVIEW*

par Michel Florimond **Desprez** (*) et Bruno Florimond **Desprez** (**)

(*note présentée par* Michel Florimond **Desprez**)

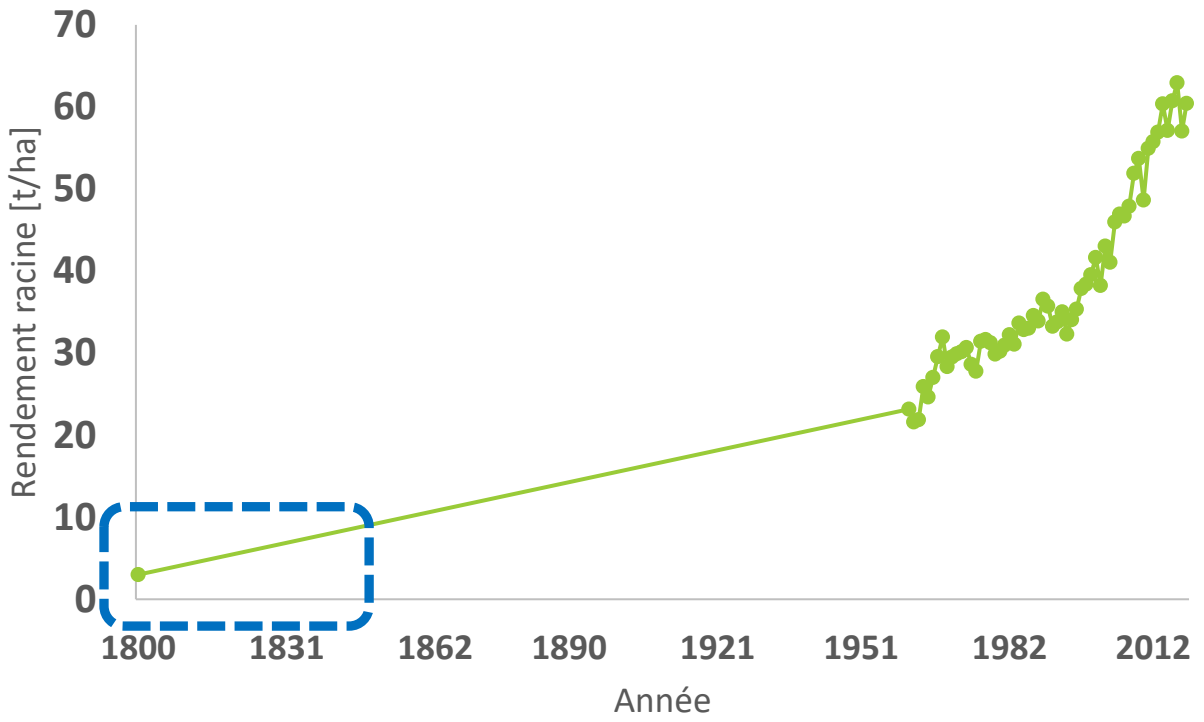
RÉSUMÉ

Après avoir rappelé les progrès considérables de la betterave sucrière depuis la première culture d'**Achard** en 1802 à Cunern en Silésie, les auteurs décrivent l'évolution des méthodes de sélection : sélection massale, sélection généalogique au dix-neuvième siècle. Le vingtième siècle commence par la crise du *curly top* aux États-Unis et ses conséquences heureuses : l'obtention d'hybrides grâce à la découverte de la stérilité mâle cytoplasmique par **Owen**, le développement des monogermes qui ont sauvé la culture betteravière. Ils terminent par la description des deux nouvelles méthodes permettant une véritable sélection récurrente : la méthode Doggett appliquée à du matériel autofertile grâce à la stérilité mâle génique et la sélection généalogique clonale pratiquée à la suite des travaux de **Margara** sur la micropropagation chez la betterave sucrière.

**Mots clés :** beta vulgaris, plante sucrière, méthodes de sélection, amélioration des plantes, méthode d'amélioration, histoire.

# Domestication récente de la betterave sucrière

Un énorme progrès durant ces dernières décennies

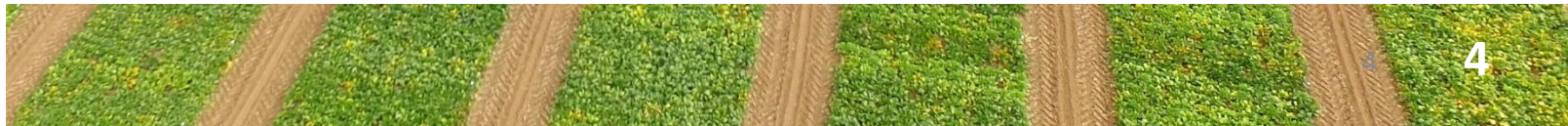



Source: FAOSTAT depuis 1963

Sélection de la “Blanche de Silésie” parmi des betteraves fourragères

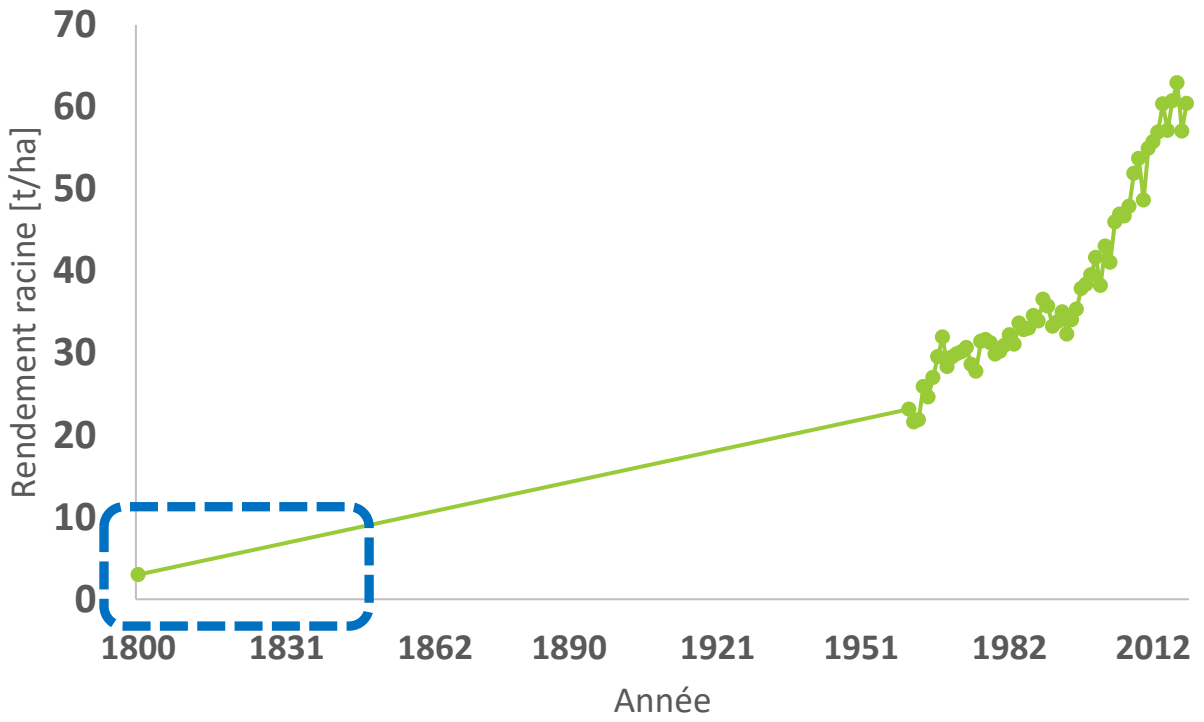
Amélioration de la teneur en sucre

Caractères morphologiques comme couleur, forme, enterrage



# Domestication récente de la betterave sucrière

Un énorme progrès durant ces dernières décennies

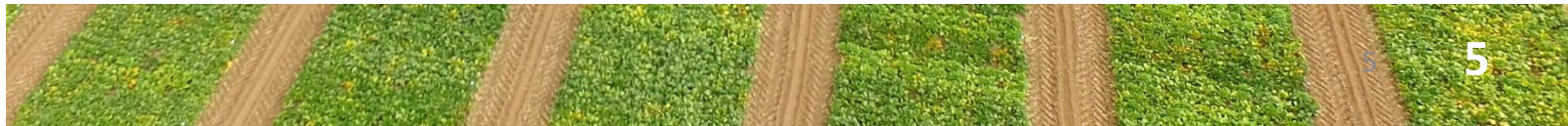



Source: FAOSTAT depuis 1963

Sélection massale
- Lente, mais efficace
- Caractères additifs comme la teneur en sucre

Sélection familiale
- Par Vilmorin (1856)

Sélection récurrente



# Domestication récente de la betterave sucrière

Plante mâle fertile

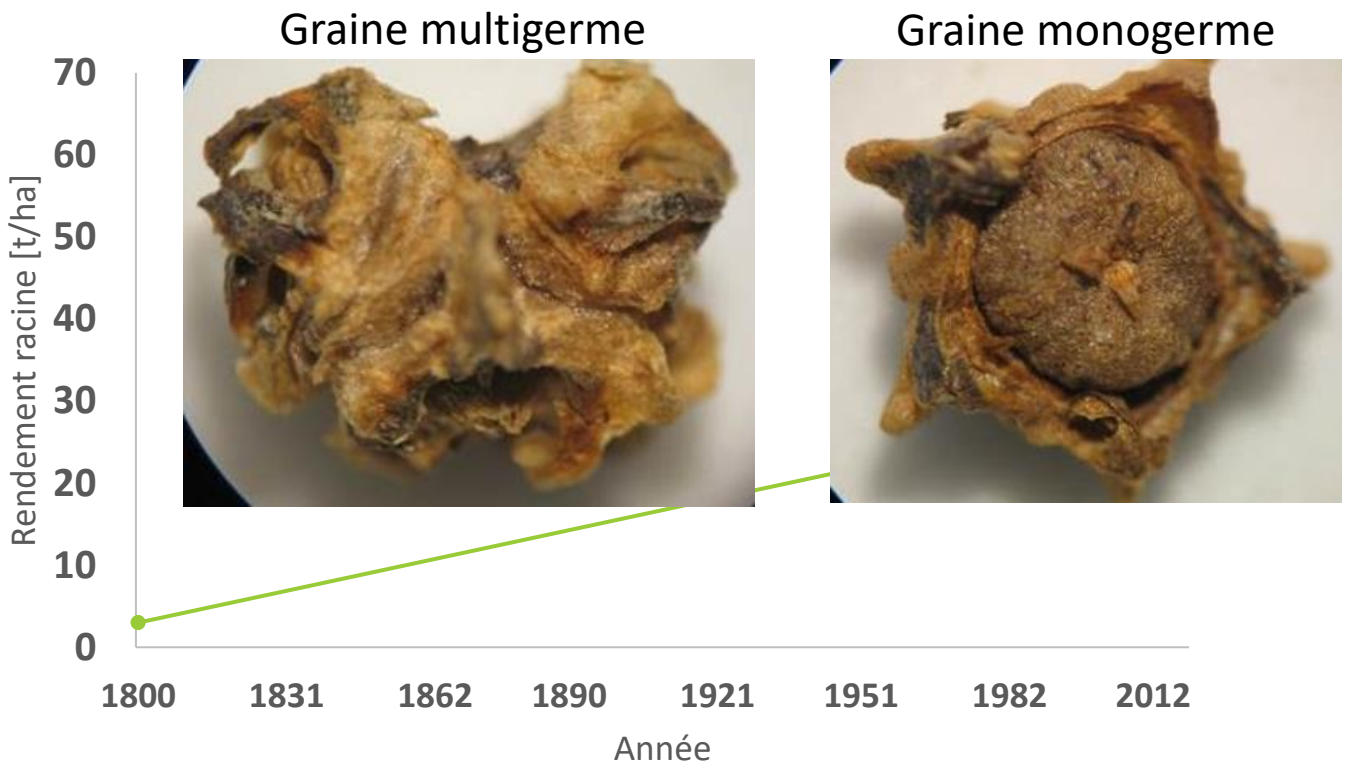
Plante mâle stérile

Autofertilité
- Locus Sf (Owen, 1942)

La Stérilité mâle
- Production d'hybrides 100% pure (Owen, 1945)

# Domestication récente de la betterave sucrière

## Un énorme progrès durant ces dernières décennies




Source: FAOSTAT depuis 1963

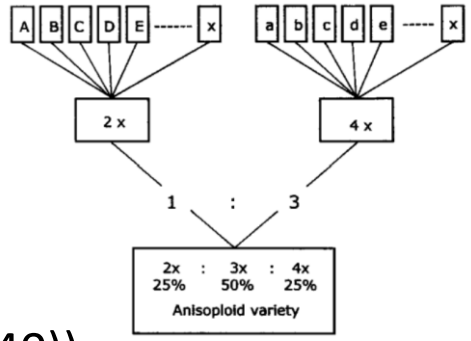
**Autofertilité**
- Locus Sf (Owen, 1942)

**La Stérilité mâle**
- Production d'hybrides 100% pure (Owen, 1945)

**La monogermie**
- Un embryon par graine (Savitsky, 1950)

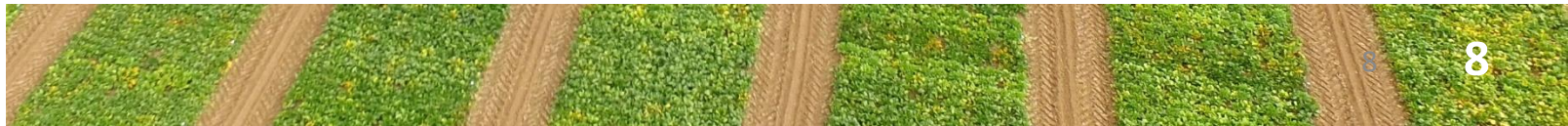
# Differents types de variétés et la ploïdie chez la betterave sucriére

- **Variétes diploïdes populations (2n)**
  - Pollinisations libre entre plusieurs populations
- **Variétés diploïdes synthetiques (2n)**
  - 2n x 2n = Variétés synthétiques 2n
- **Variétés synthétiques anisoploïdes (2n, 3n, 4n)**
  - Varietés anisoploïdes montrer de meilleures performances (Peto and Boyes (1940))
  - 2n x 4n = Mélange des “hybrides” (2n, 3n et 4n)
- **Variétés hybrides triploïdes (3n)**
  - 2n x 4n = hybrides 3n pure avec CMS
- **Variétés hybrides diploïdes (2n)**
  - 2n x 2n = hybrides 3n pure avec CMS
  - L’utilisation des marqueurs moléculaires à grande échelle
  - Introduction de la résistance *Rz1* dans une fond génétique diploïde (2n)



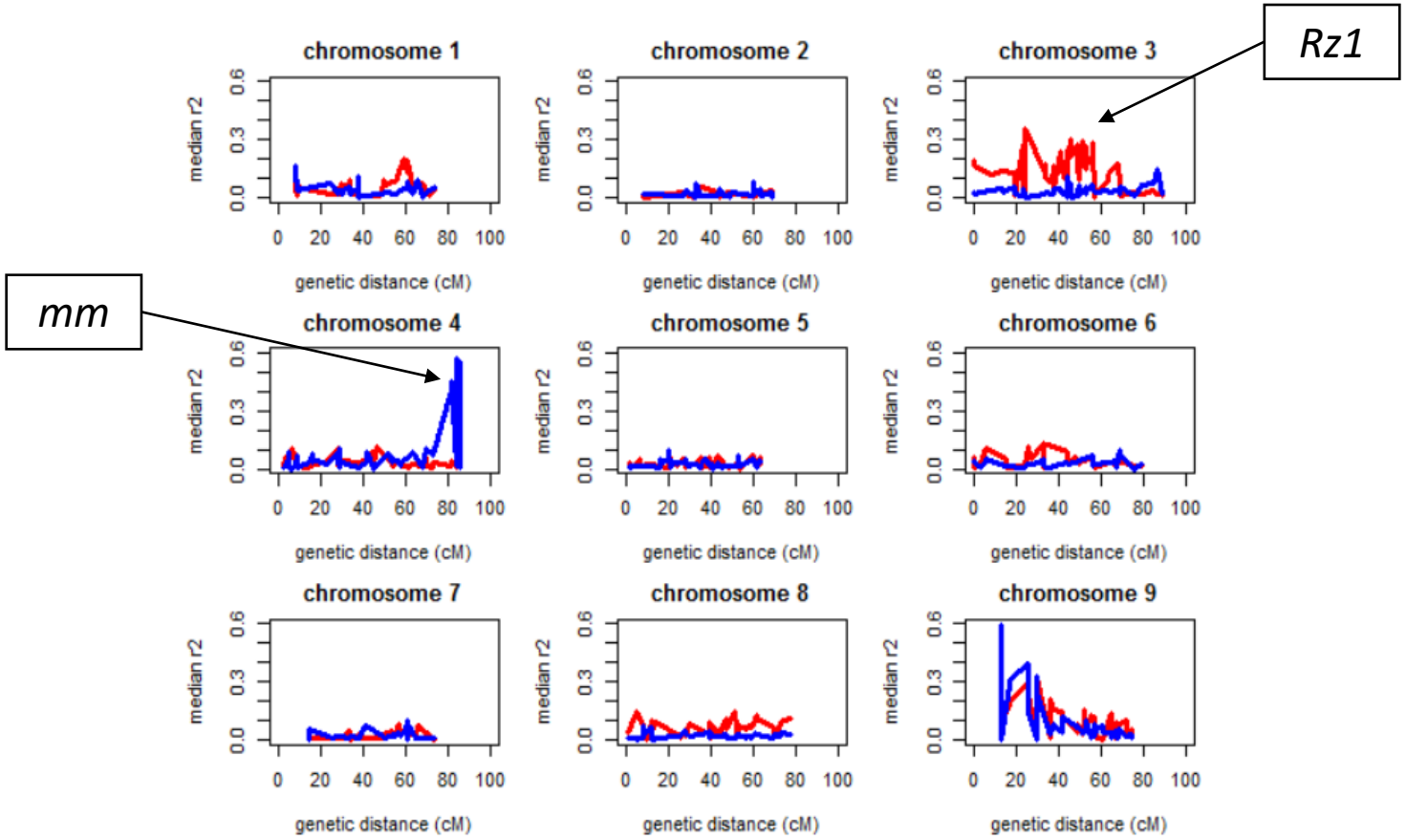

From: Draycott, The Sugar Beet Crop, Chapman & Hall 1993

CMS - Stérilité masculine cytoplasmique



# Signatures de la sélection

Structure génétique des 9 chromosomes pour les pools hétérotiques « mâle » et « femelle »




300 lignées élites issues du programme de sélection “Florimond Desprez”, Adetunji *et al.*, 2014.

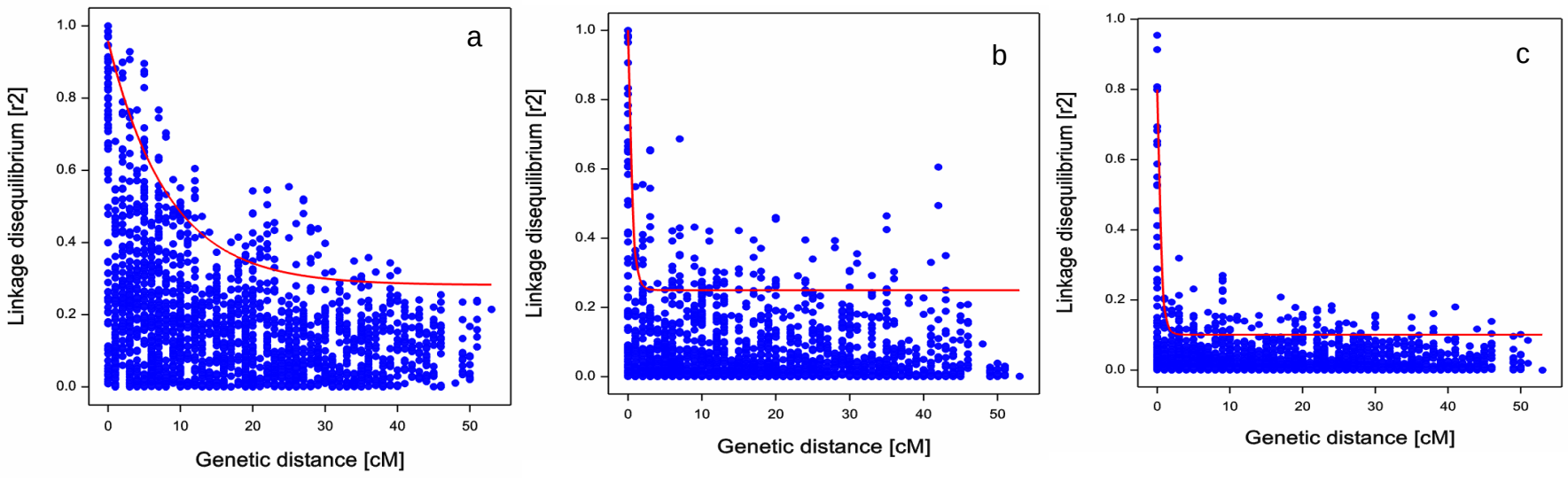
$r^2$ basse = recombinaisons “libres”= pas de structure conservée

$r^2$ élevée = moins de recombinaisons entre 2 paires de chromosomes = zones conservées

- Chromosome 3 pool mâle
  - Gene *Rz1*
- Chromosome 4 pool femelle
  - Locus *mm* - monogermie

# Signatures de la sélection

Structure génétique du chromosome 3 dans les pools hétérotiques « mâle a », « femelle b » et « les betteraves sauvages c »




**Moins** de recombinaison due à la selection artificielle

Taux de recombinaison **intermédiaire**

Recombinaison “**libre**”

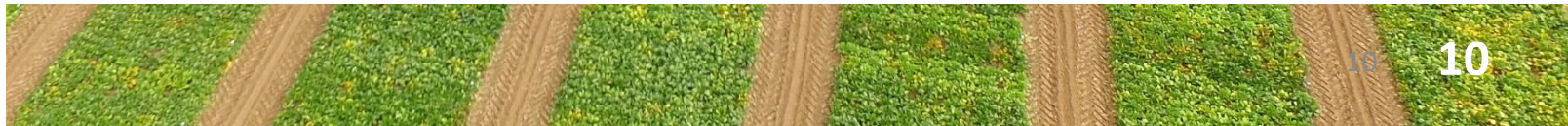
$r^2$ basse = recombinaisons “libres”= pas de structure conservée

$r^2$ élevée = moins de recombinaisons entre 2 paires de chromosomes = zones conservées

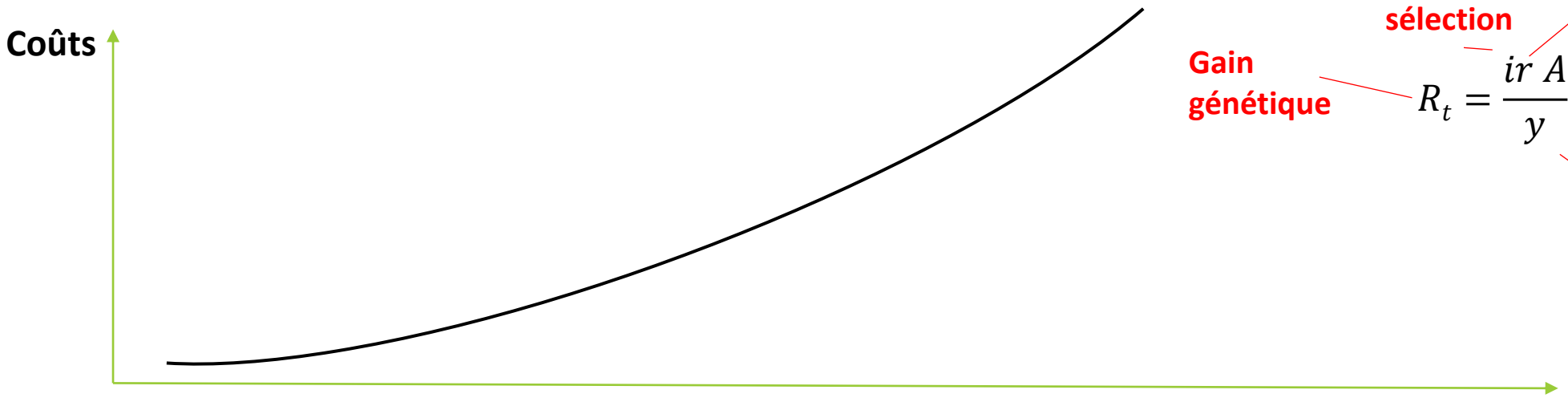
300 lignées élites issues du programme de sélection “Florimond Desprez”, Adetunji *et al.*, 2014.

ASSOCIATION DES SÉLECTIONNEURS FRANÇAIS

ACADÉMIE d'AGRICULTURE de FRANCE
AGRICULTURE ▪ ALIMENTATION ▪ ENVIRONNEMENT



# Les étapes principales de la sélection chez la betterave sucrière




Intensité de la sélection

Précision de la sélection

Gain génétique

$$R_t = \frac{ir\ A}{y}$$

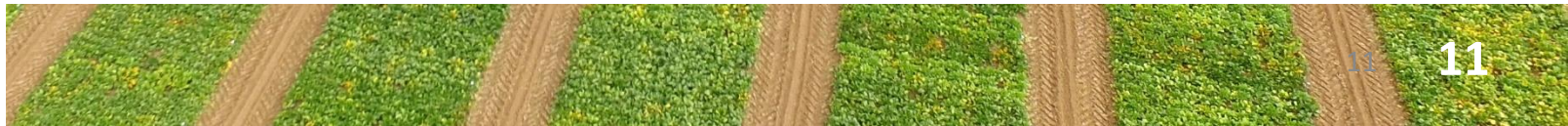
Variabilité génétique

Temps

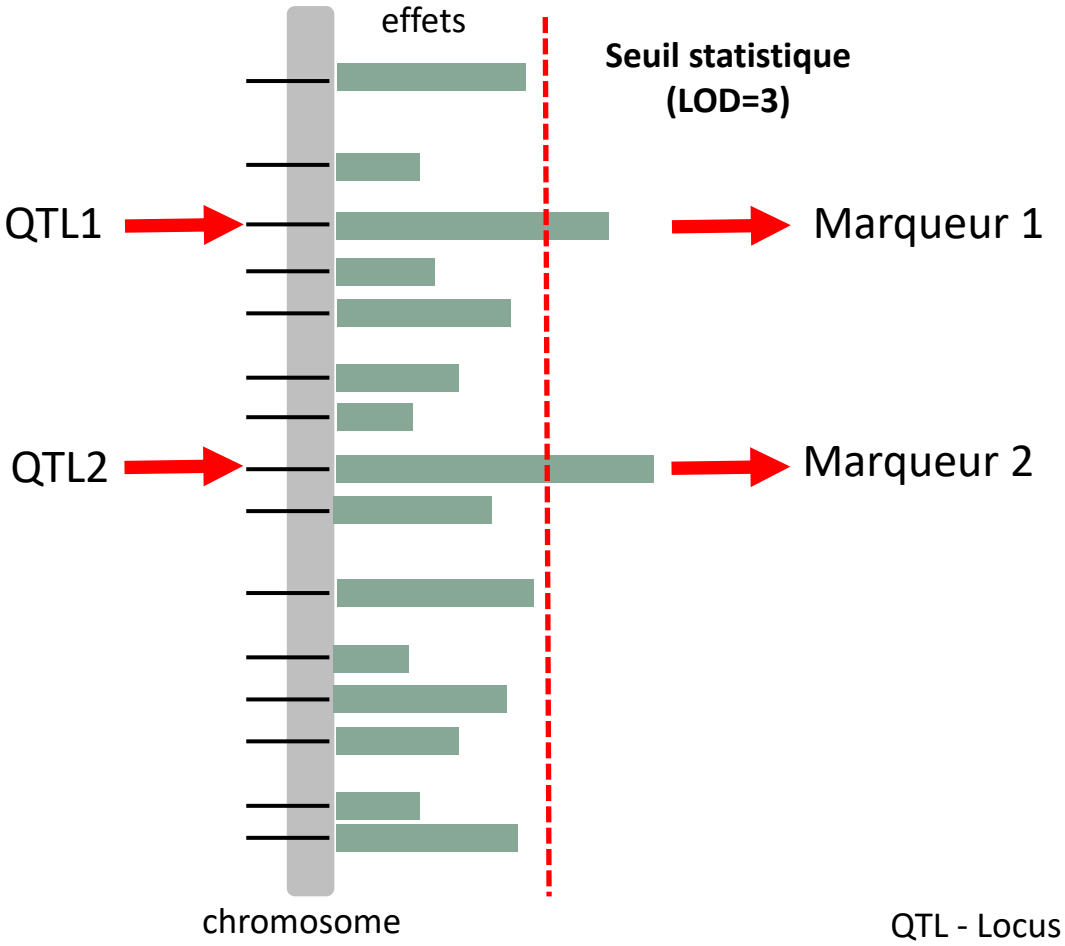
Création de la variabilité génétique → Développement de parents/lignées → Production de semences hybrides d'essai → Phénotypage – Essais de champs → Essais officiels

1 2 3 4 5

*Sélection*



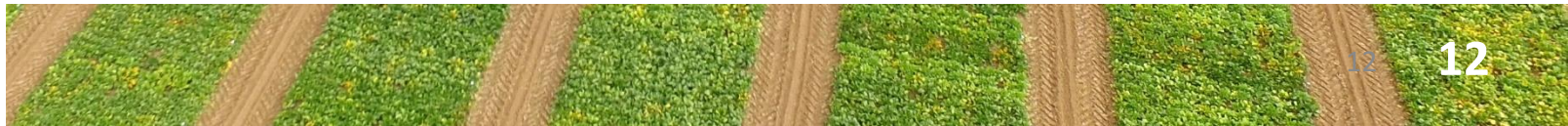
# Développement de marqueurs moléculaires associés aux traits phénotypiques




Avantages d'utlisation de marqueurs moléculaires:

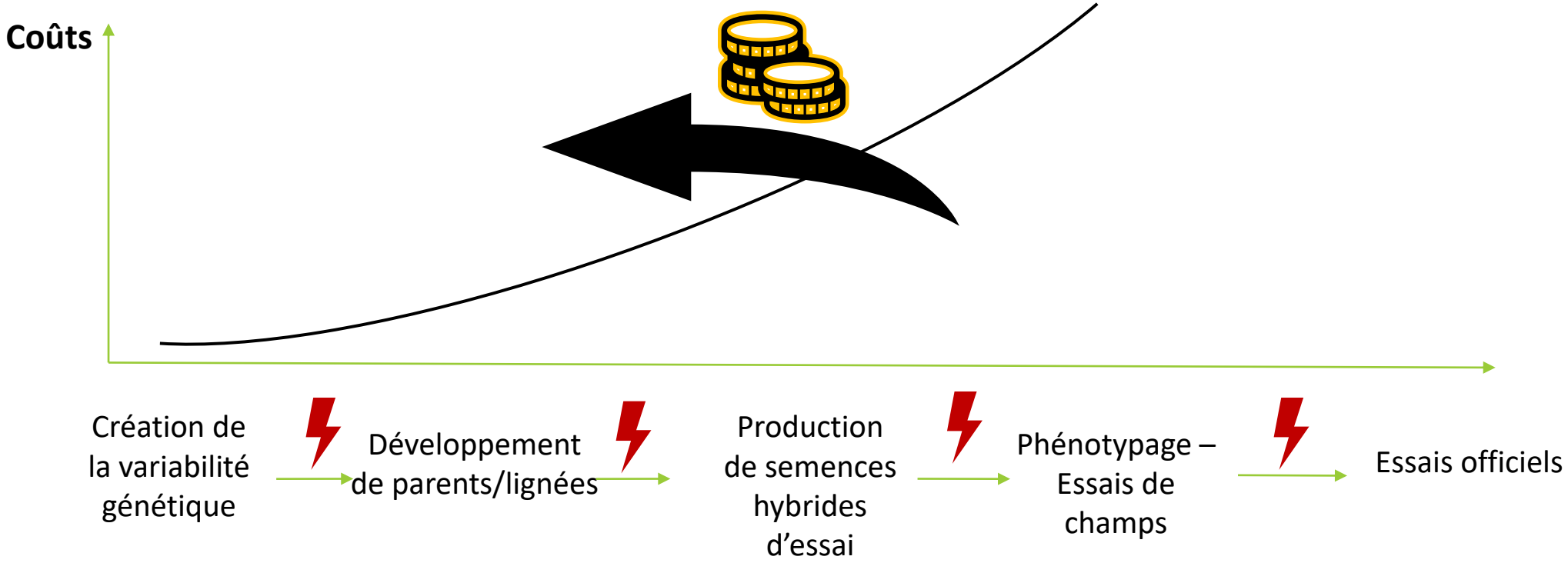
1. Héritabilité élevée
2. Réduction des coûts
3. Gain de temps dans le cycle de sélection

QTL - Locus du trait quantitatif



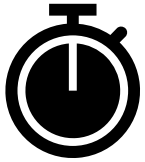
# L’utilisation des marqueurs moléculaires à grande échelle pour des traits monogéniques

## Sélection de QTL (locus de caractères quantitatifs)

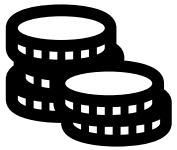


# La selection prédictive

**Objectifs:**

1. Gain de temps 

2. Gain de précision

3. Gain en coûts 

$$R_t = \frac{ir\ A}{y}$$

Gain génétique

Intensité de la sélection

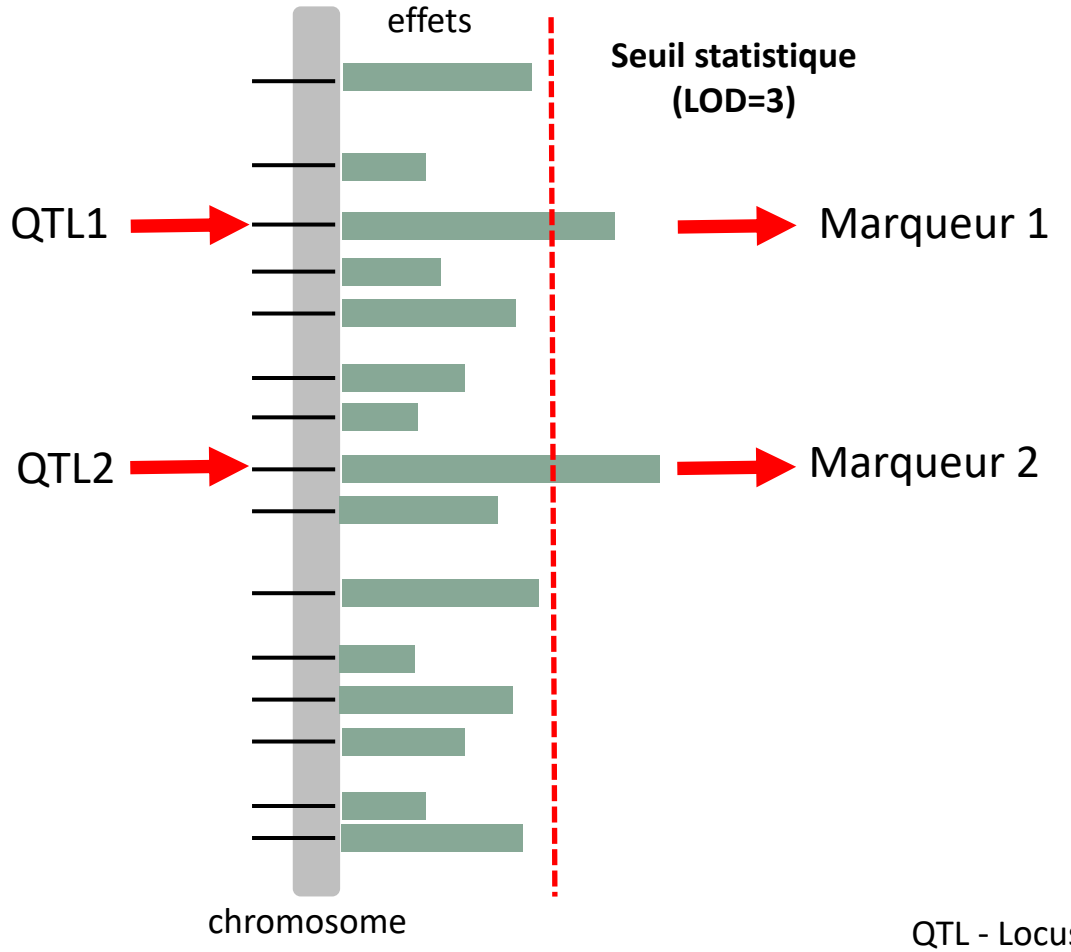
Précision de la sélection

Variabilité génétique

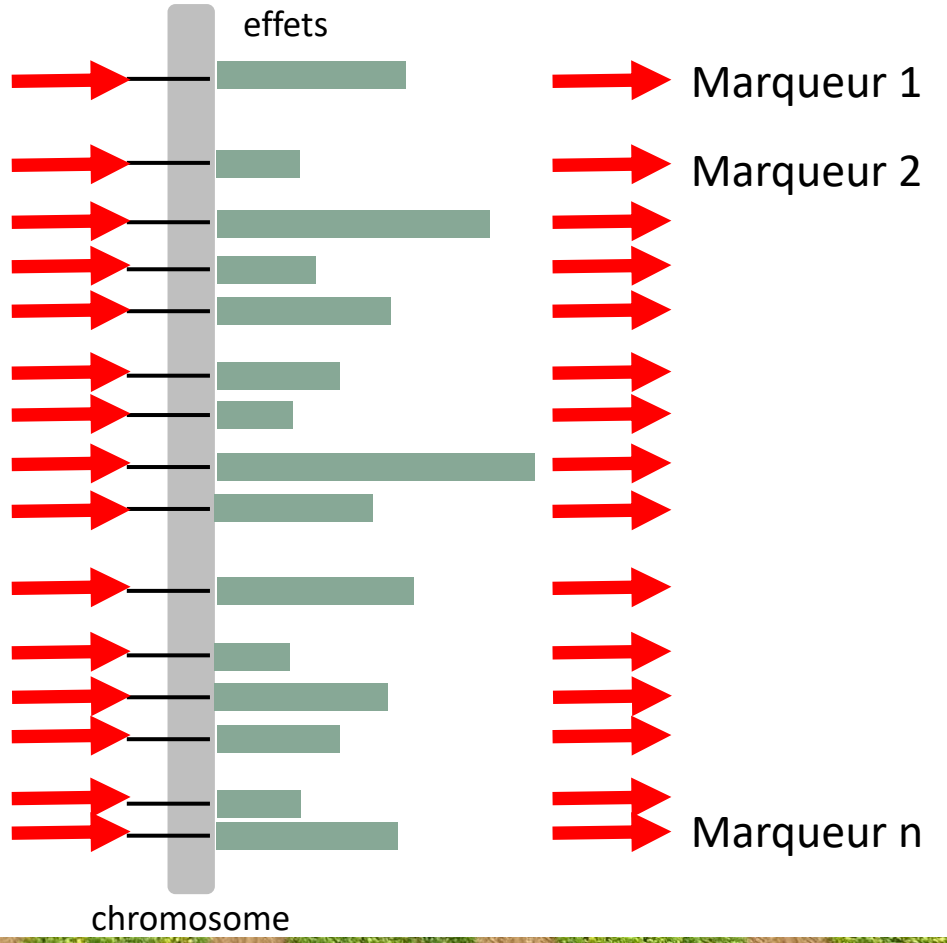
Temps

# La sélection génomique

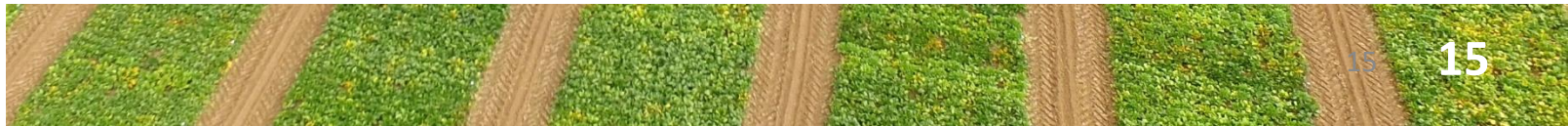
## Sélection par QTL




## Sélection génomique




QTL - Locus du trait quantitatif



# La sélection génomique

**Données historiques - “training set”**

Données phénotypiques

***Modèle de Régression***

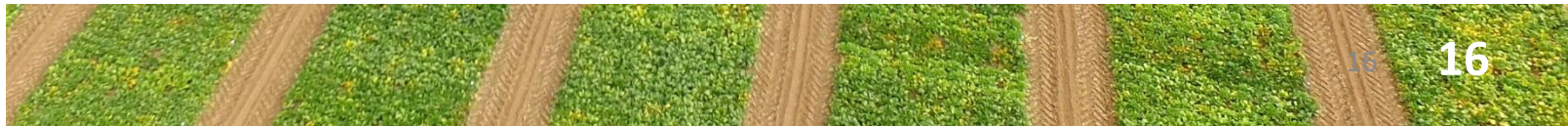
Données génétiques (marqueurs moléculaires)

**Nouvelles Données - “predictive set”**

Données phénotypiques prédites

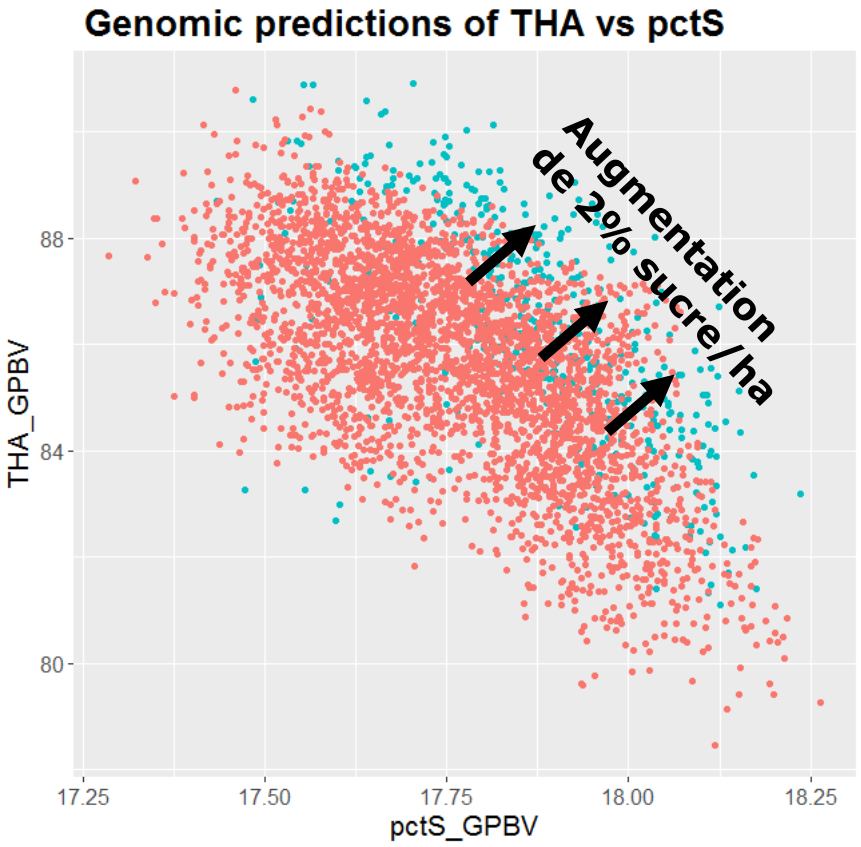
***Modèle de Régression***

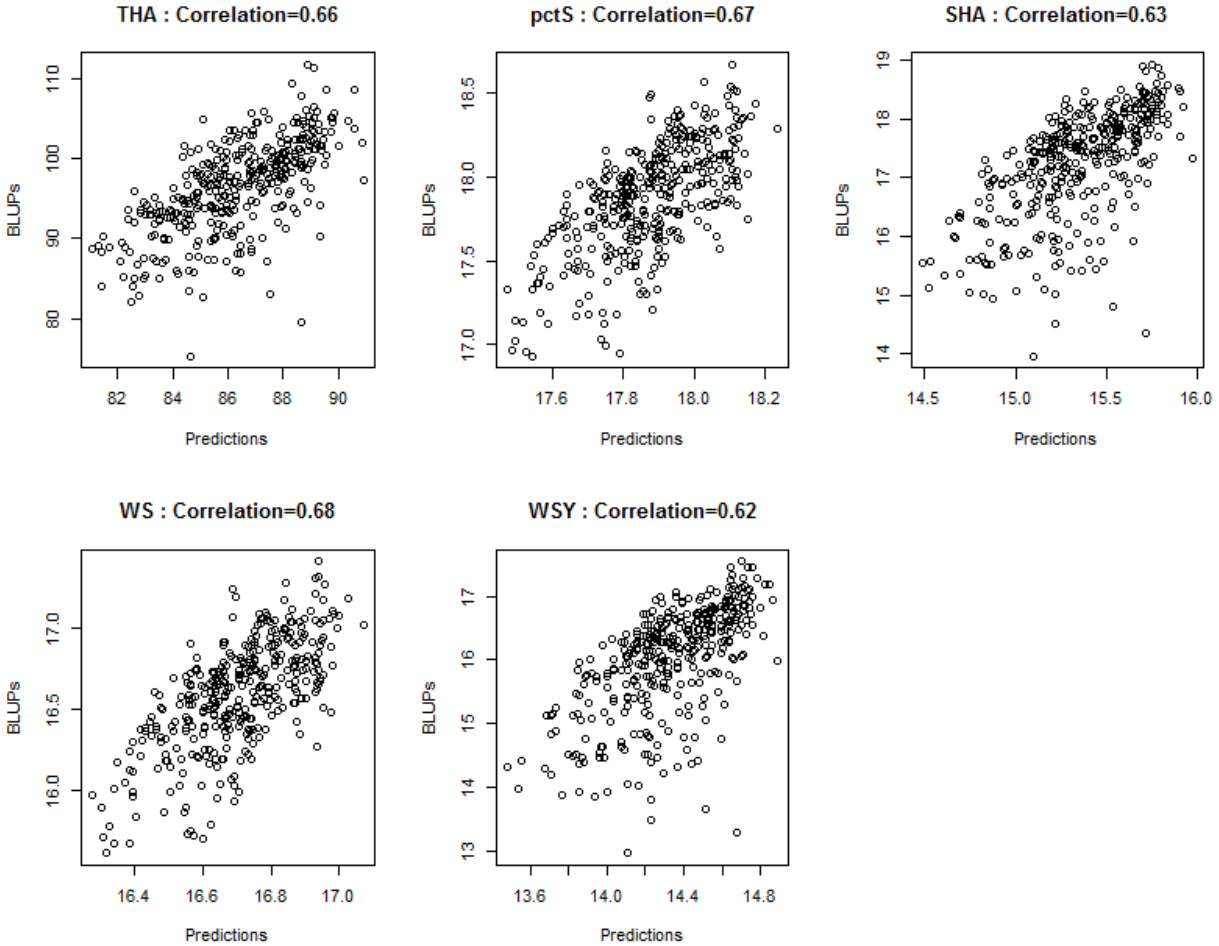
Données génétiques (marqueurs moléculaires)



# La sélection génomique

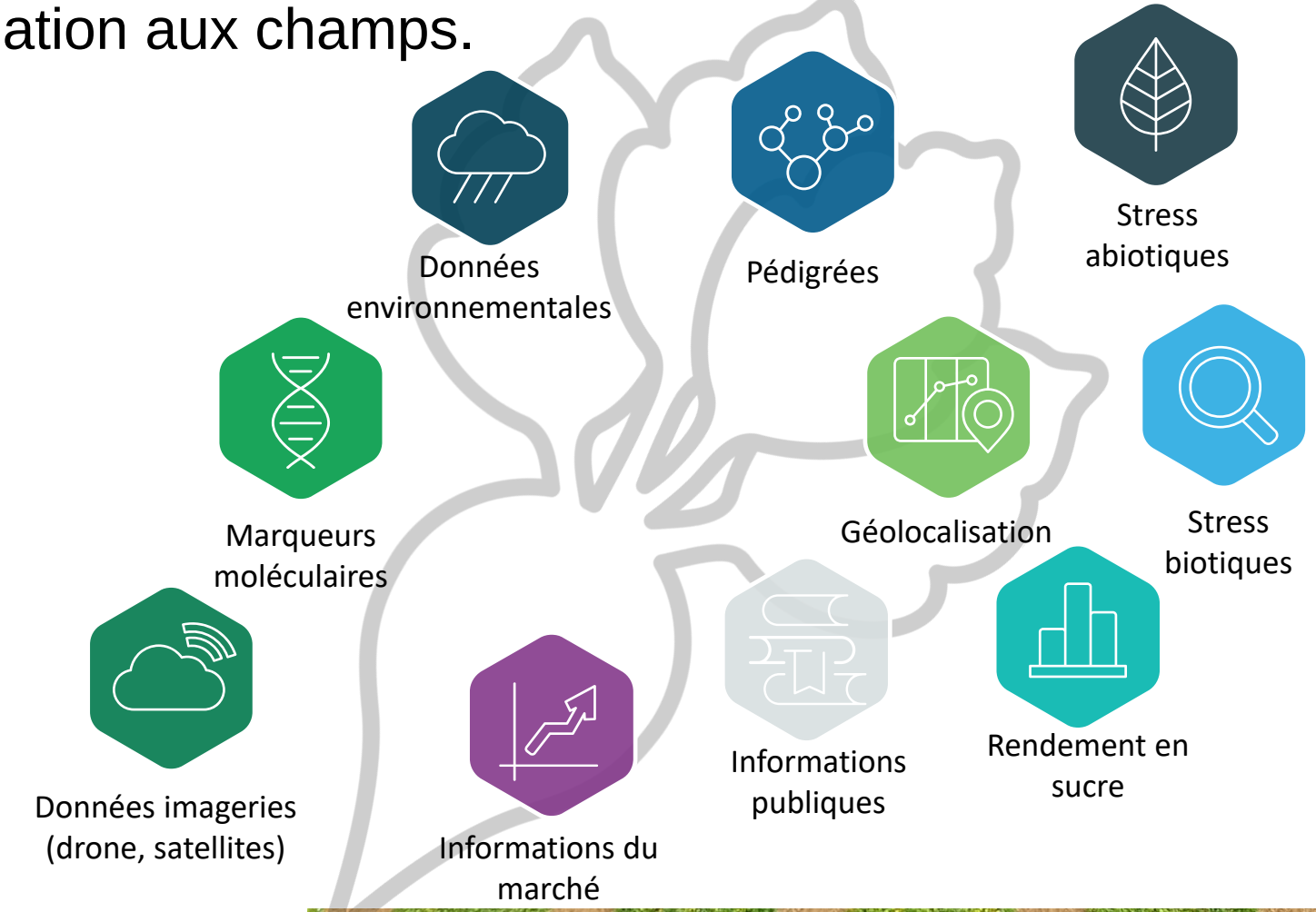
Précision $r^2$=0.6-0.7



# La sélection prédictive

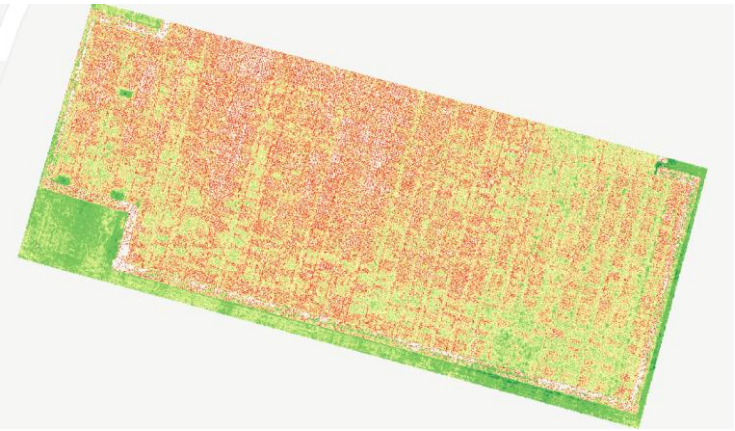
En analysant toutes les données, le sélectionneur essaie de prédire les effets avant la confirmation aux champs.



# La sélection prédictive

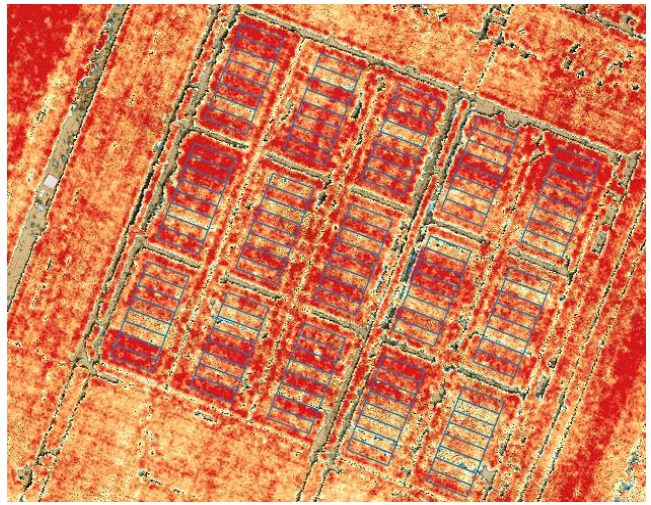
## Acquisition de données plus facile que jamais !

Notations des maladies par drone



Stations météo

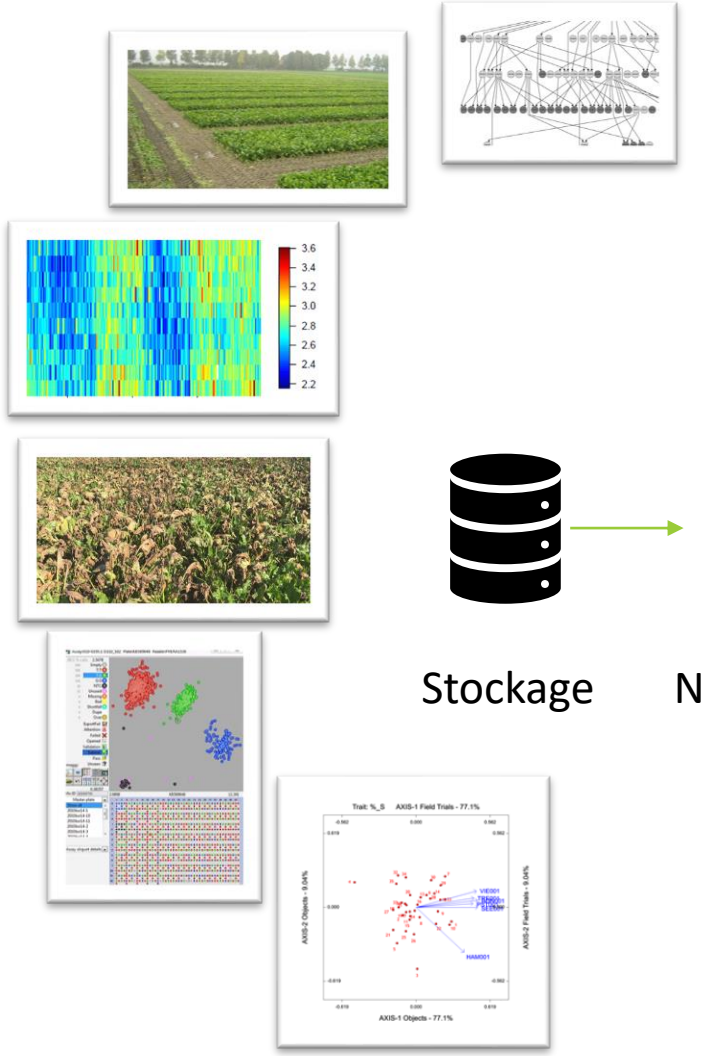
Notations des stress hydriques par drone



**Prochains challenges:**

1. Microbiome du sol
2. Génétiques du pathogène
3. Interaction avec la génome de la plante

# La sélection prédictive




Stockage → Nettoyage → Modélisation

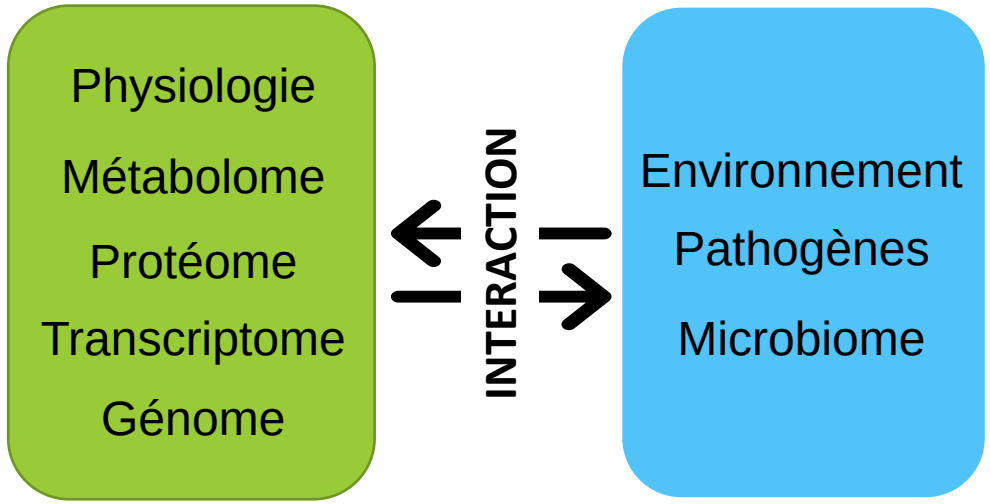
Implémentation dans le schéma de sélection → Nouvelle Variété

# Design Breeding

La sélection prédictive exploite la variabilité existante pour progresser plus vite et avec plus de précision. Le Design Breeding crée de la nouvelle variabilité.

Idéotype

La modélisation utilise l'intelligence artificielle en prenant en compte des données de plusieurs cultures.



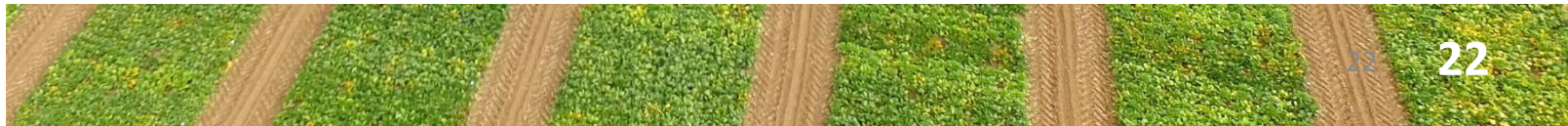

Création de la variabilité qui donne l'idéotype

# La transition agro-écologique demande plus de solutions variétales et encore plus rapides

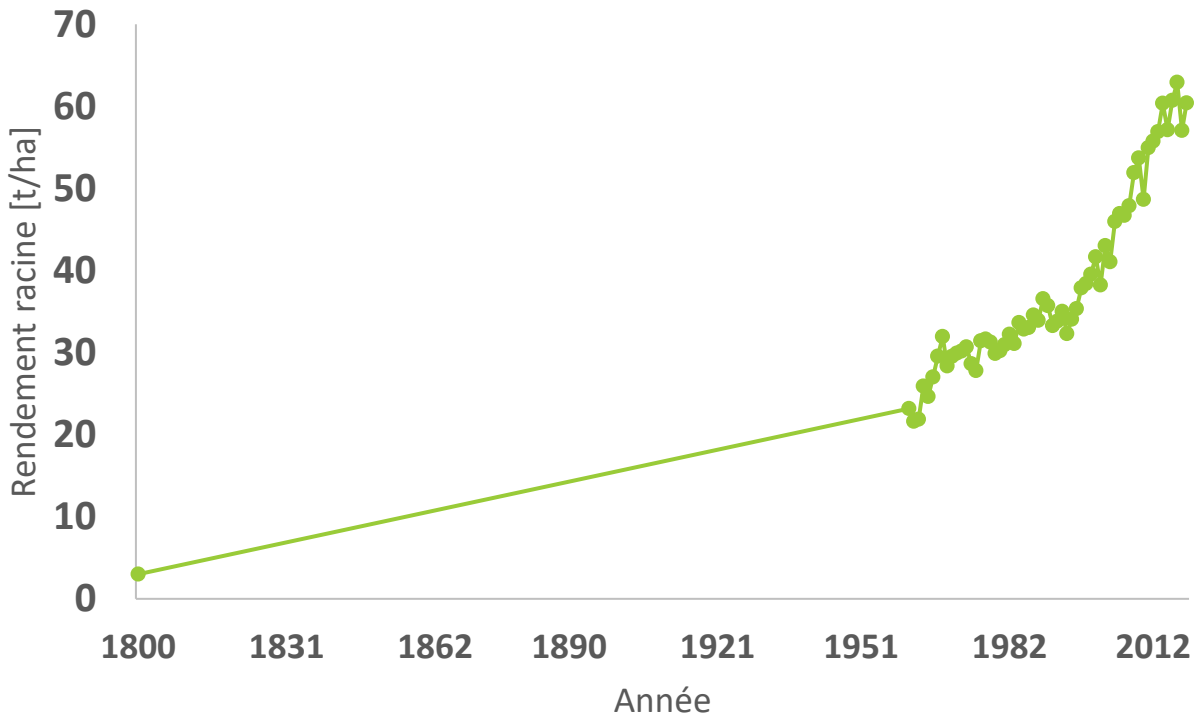
1. Attentes sociétales
2. Changement climatique
3. Augmentation de la production agricole

<u>Challenges pour la sélection:</u>

1. Plus de caractères variétaux
2. Adaptation de variétés à l'agronomie du future
3. Développement de solutions encore plus efficaces



# Conclusions

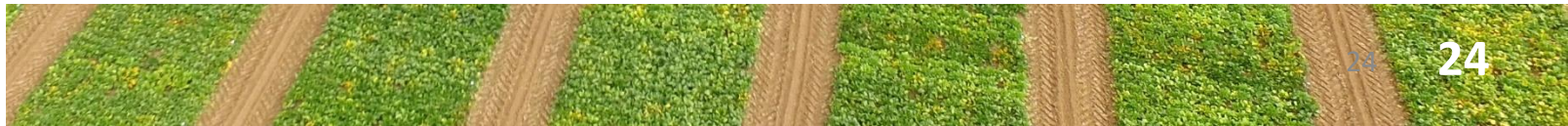



Source: FAOSTAT depuis 1963

- Domestication récente
- Il y a d'énormes challenges devant nous
  - Changement climatique
  - Reduction des intrants
  - Augmentation de maladies et ravageurs
- Dans le passé la sélection de la betterave a répondu à plusieurs challenges
- La sélection prédictive va augmenter le progrès génétique

# Merci pour votre attention



ASSOCIATION DES SÉLECTIONNEURS FRANÇAIS

ACADÉMIE d'AGRICULTURE de FRANCE
AGRICULTURE ▪ ALIMENTATION ▪ ENVIRONNEMENT