

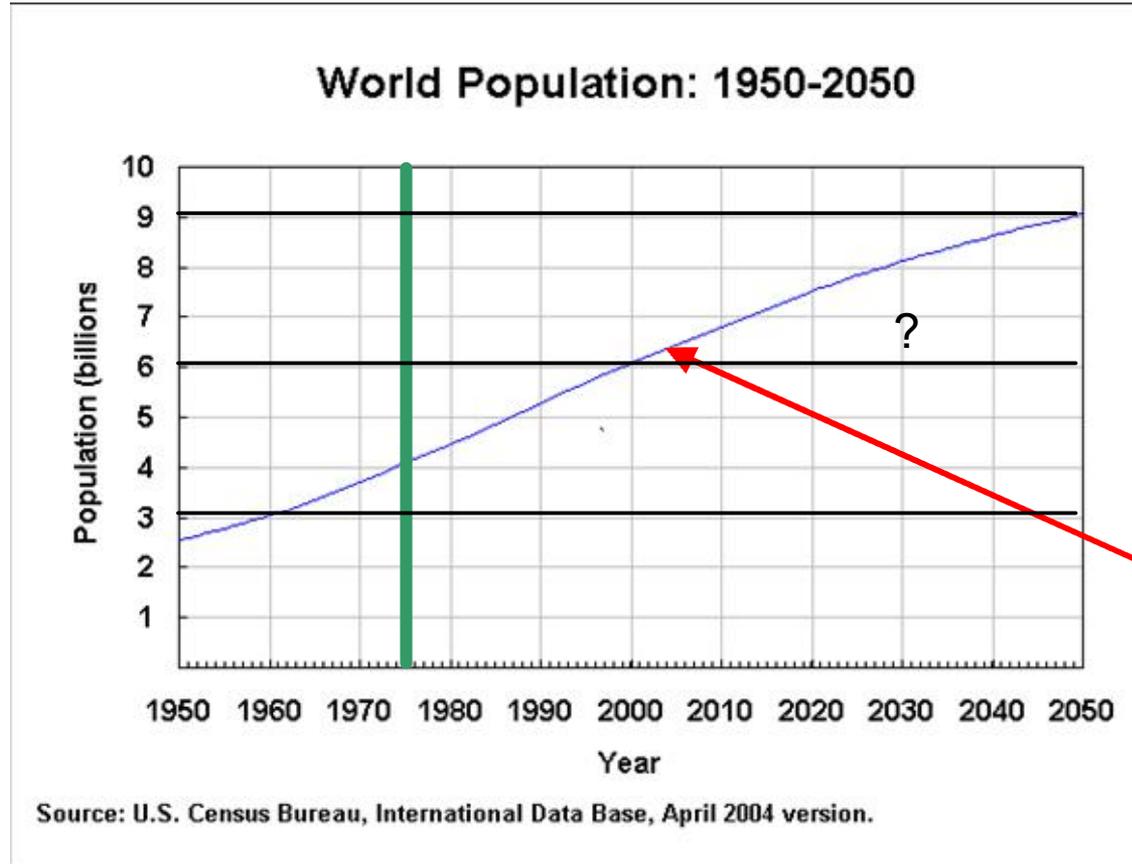
Aujourd'hui et demain

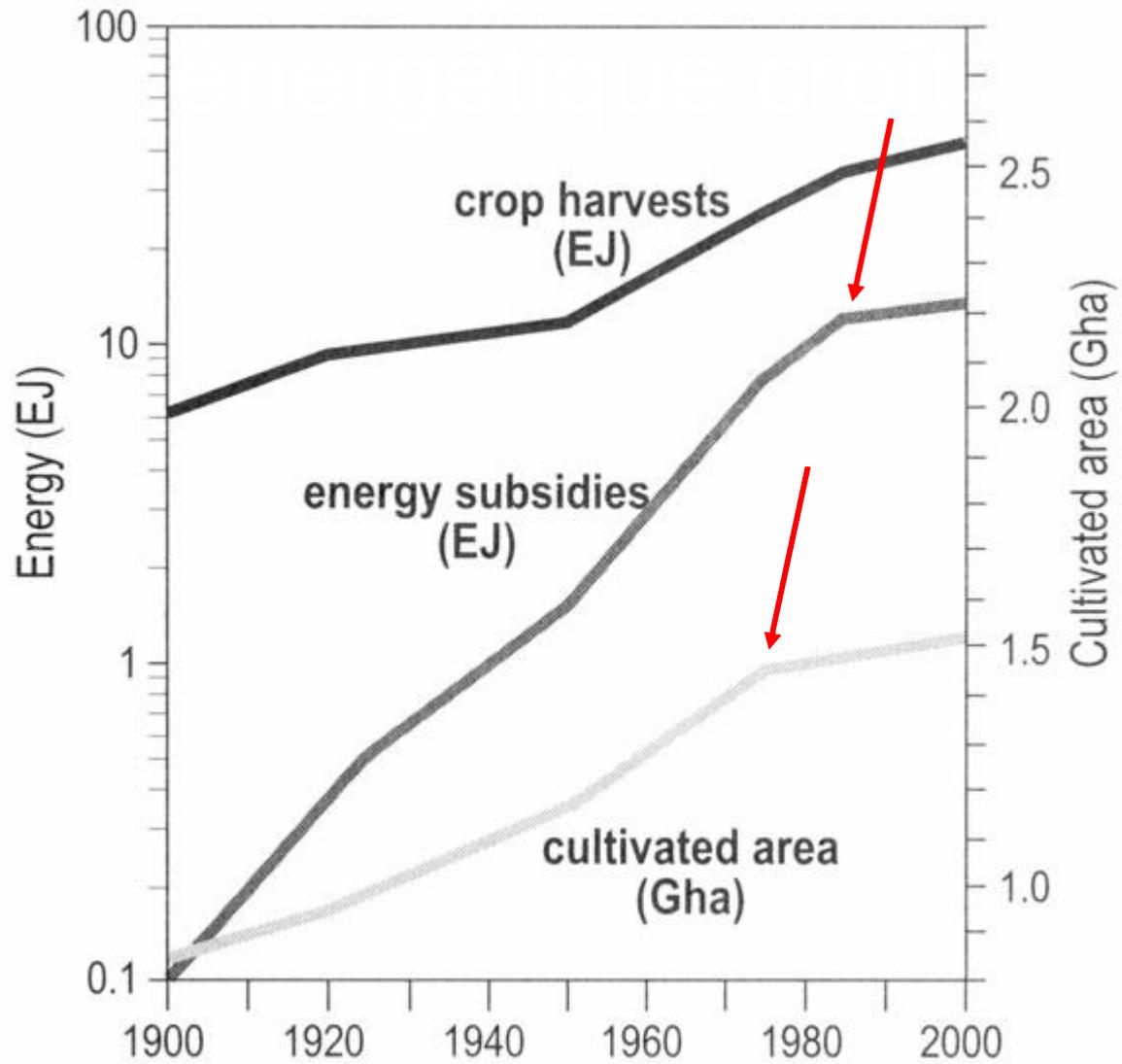
Nach Regeln
zur Pflanzen
– Paul Klee



Les dernières 30 années et la suite

Débuts de la
génétique
moléculaire





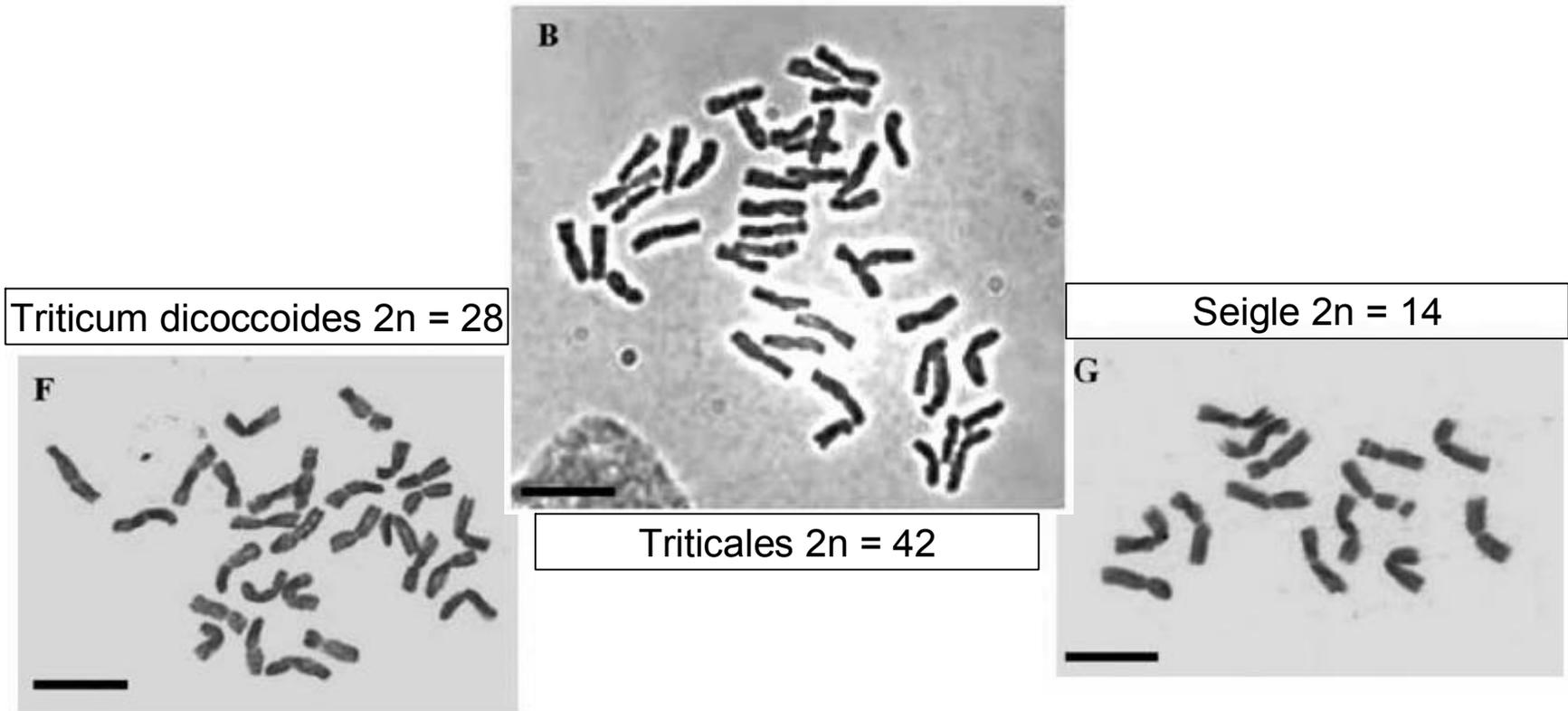
1. Création de nouvelles espèces - allopoloïdie.
2. Utilisation de la vigueur hybride - création de nouveaux hybrides.
3. Sélection des traits spécifiques - l'exemple de la révolution verte.
4. Pour une maîtrise des traits quantitatifs (QTL).



Nouvelles espèces - allopléidie



Alloploïdisation



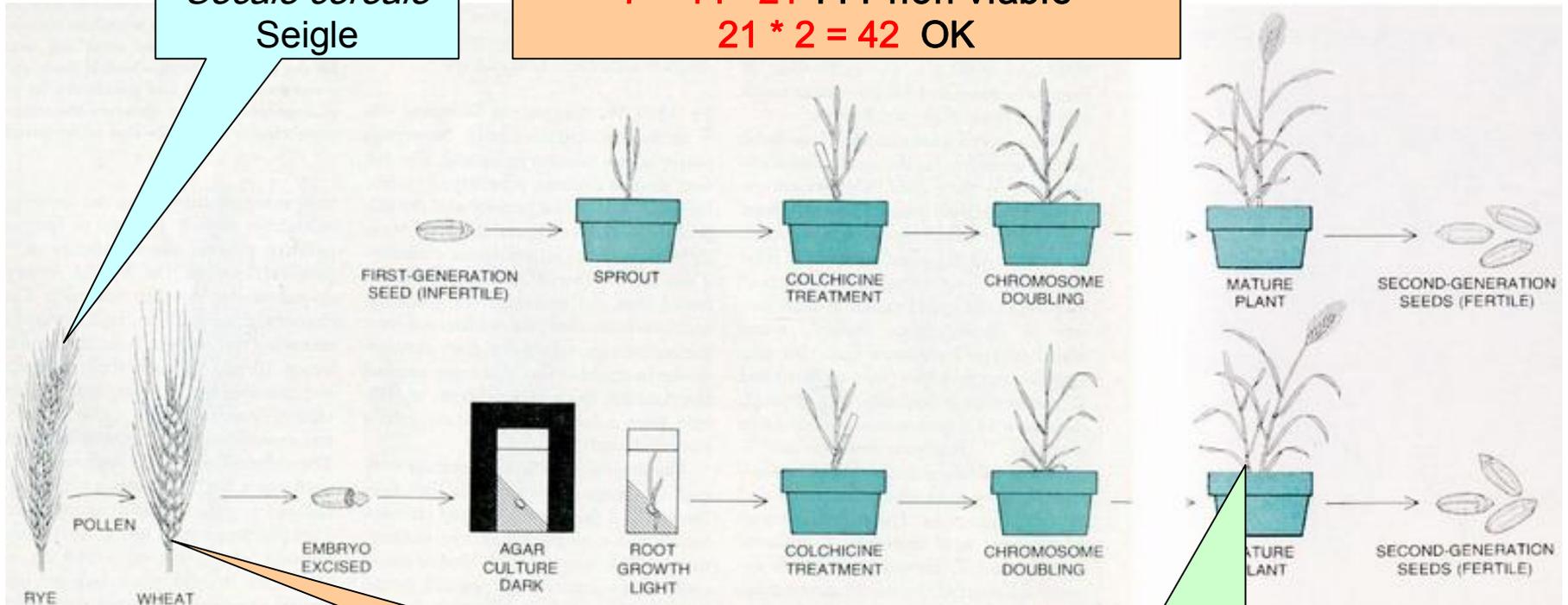
- L'apparition des blés hexaploïdes peut être reproduite en laboratoire
- Le succès agronomique des alloploïdes du seigle et du blé, les triticales en constitue une démonstration



Faire des triticales

RR
 $2n=2x=14$
Secale cereale
 Seigle

Principe du doublement
 du nombre de chromosomes:
 $7 + 14 = 21$??? non viable
 $21 * 2 = 42$ OK



AABB
 $2n=4x=28$
Triticum durum
 Blé dur

AABBRR
 $2n=6x=42$
Triticales
 Triticales

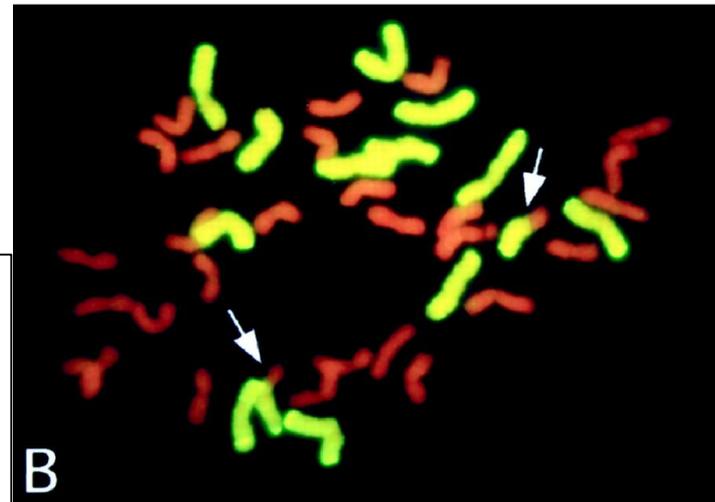
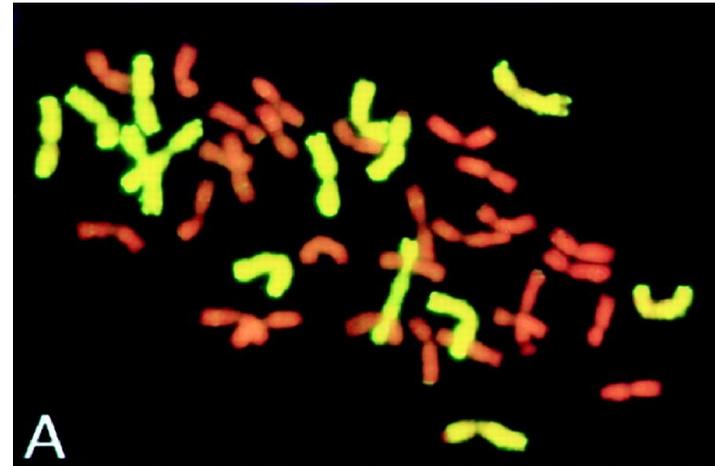


La valeur des hybrides inter - spécifiques

- Il ne fait pas de doute que le mécanisme de création des divers blés (4x et 6x) à partir de genre et d'espèces diverses, est semblable à celui qui a conduit à la création des triticales. Les évidences sont claires ...

(Barbara McClintock – discours prix Nobel 1983)

Triticales : en jaune les 14 chromosomes du seigle, en rouge les 28 chromosomes du blé



Nouveaux hybrides intra-spécifiques – le problème de la vigueur hybride



Hybrides du maïs

- Darwin (1876) : « nature abhors self-fertilization » concluant et confirmant ainsi une tradition ancienne et la sagesse populaire.
- ... il avait tort et le succès des maïs hybrides allait le démontrer
- Shull (1908) : il faut choisir les meilleurs parents et appliquer les lois de Mendel – il faut retrouver les combinaisons rares.
- East (1937) : notion de locus « heterotic »; il s'agit d'un locus disposant d'une variabilité particulière.



L'hétérosis chez Mendel

- *Mendel note dans les "Versuche" à propos de la longueur de l'entre-nœud (caractère nain – caractère 7):*
- « ... la longueur de l'axe le plus grand. »
- Pour ce qui est de ce dernier caractère, il faut remarquer que la taille du plus grand des deux axes des plantes mâles est ordinairement dépassée par les hybrides. On doit peut-être attribuer ce fait simplement à la grande exubérance de végétation qui se manifeste dans toutes les parties de la plante lorsque l'on unit des axes de longueurs très différentes. »
- « ... das Längenmass der grösseren Axe. »
- «Was das letzte Merkmal anbelangt, muss bemerkt werden, dass die längere der beiden Stamm-Axen von der Hybride gewöhnlich noch übertroffen wird, was vielleicht nur der grossen Ueppigkeit zuzuschreiben ist, welche in alleu Pflanzeitheilen auftritt, wenn Axen von sehr verschiedener Länge verbunden sind. »



Rendements des hybrides et des lignées parentales

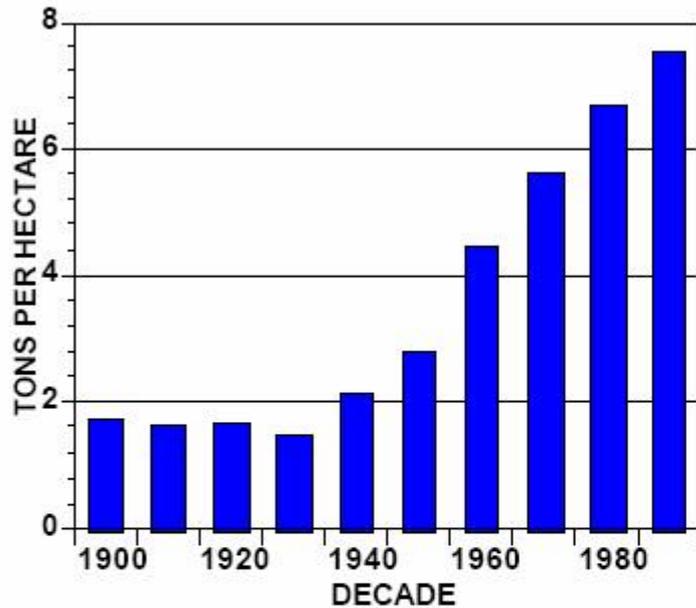


Figure 1. USA maize yields 1900 - 1996, decade means. Hybrid maize was introduced in about 1930 and was used on 100% of USA maize plantings by about 1965. (USDA NASS, "Agricultural Statistics")

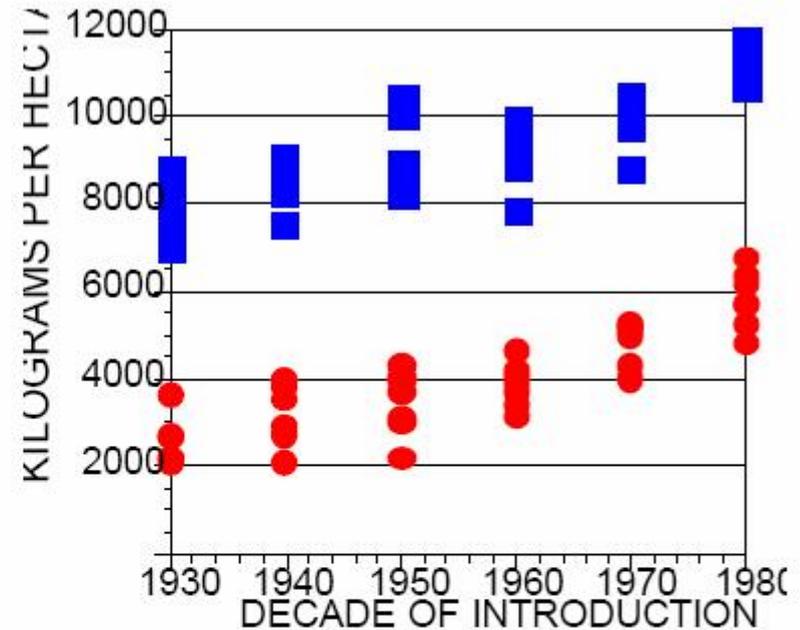
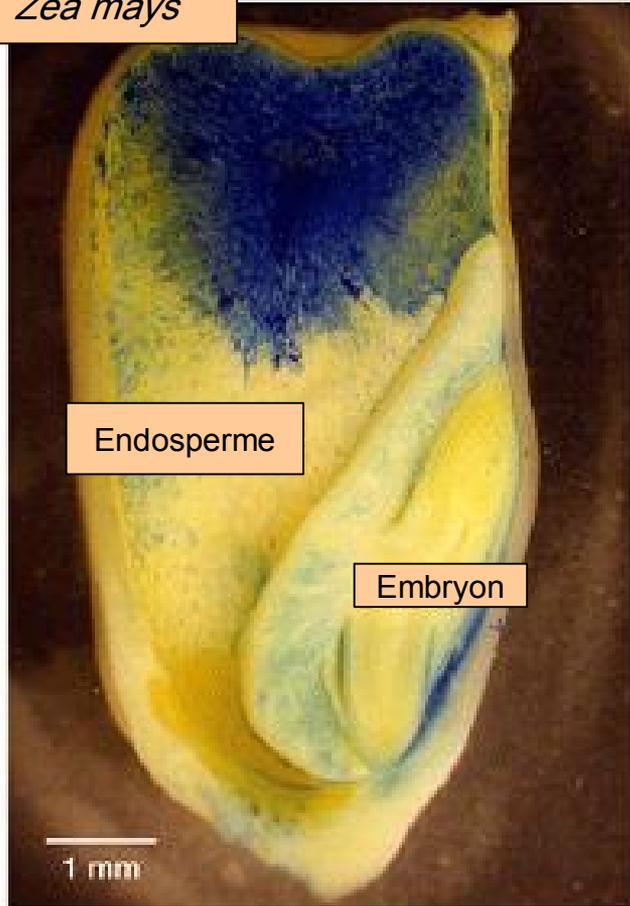


Figure 2. Yields of maize single crosses (SX) and means of their parent inbreds (MP). Widely used pedigrees in Iowa (USA), 7 SX per decade, 1930s through 1980s. Means of 3 densities, 2 years. (Duvick, unpublished data)

Caryopse du maïs

Caryopse de
Zea mays

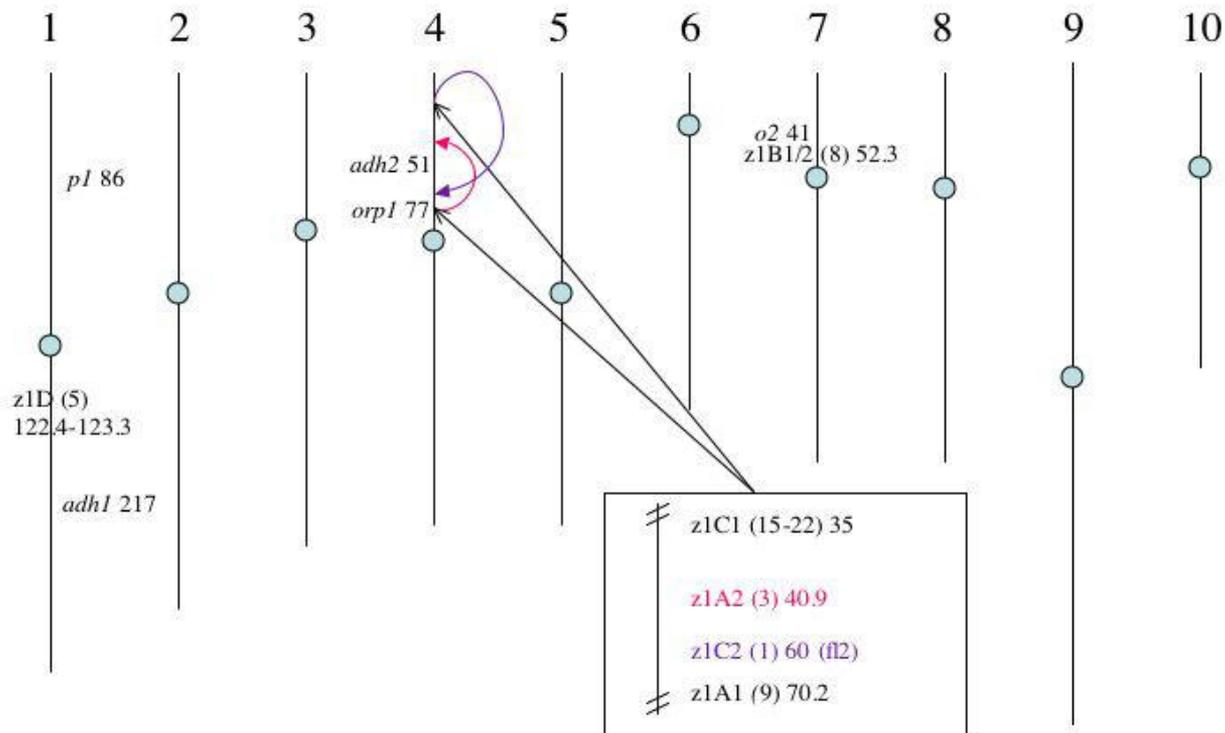


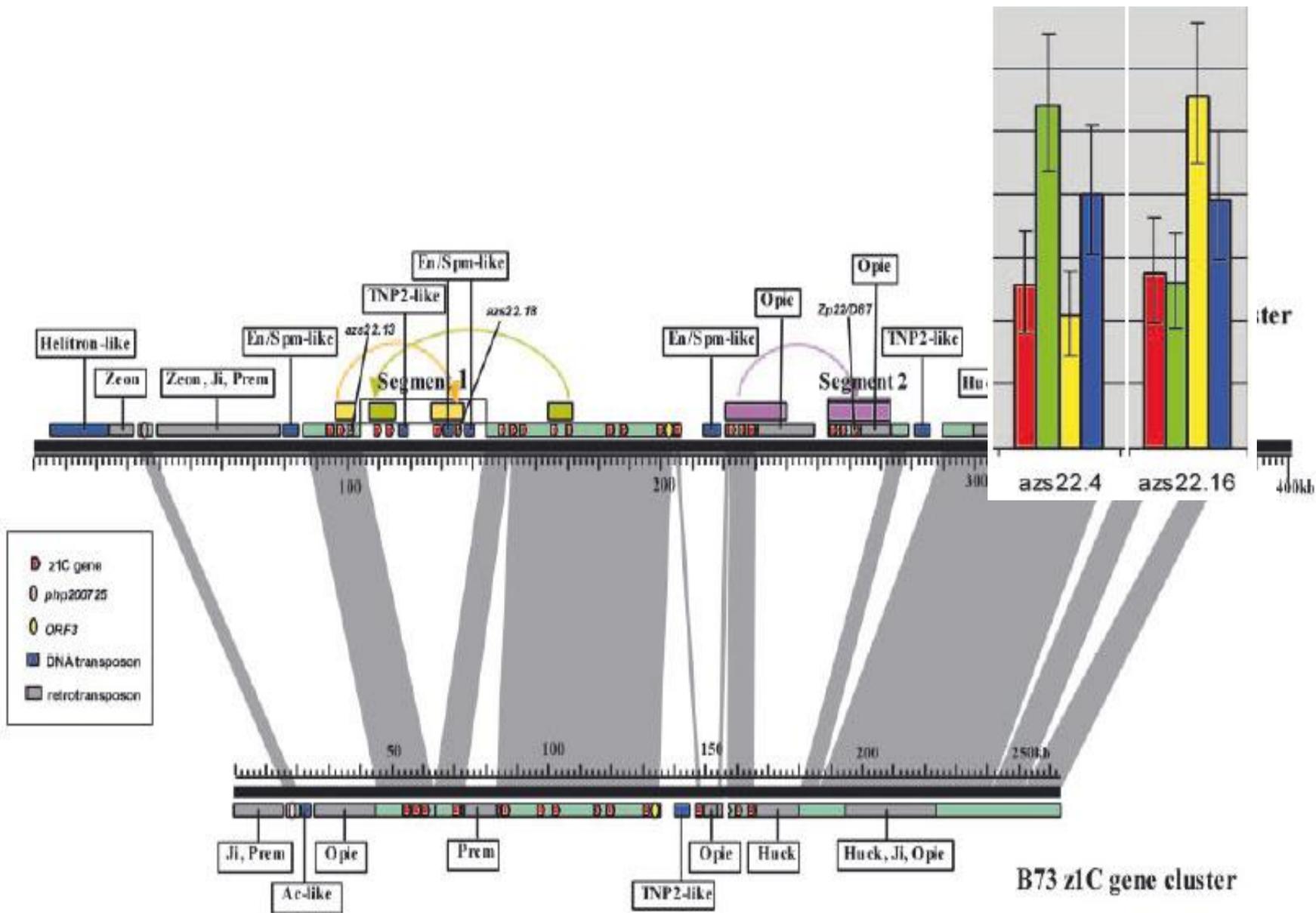
- L'endosperme contient les réserves qui vont être utilisées par l'embryon
- La croissance est assurée jusqu'à la 6^{ème} feuille
- Les protéines stockées sont des zéïnes



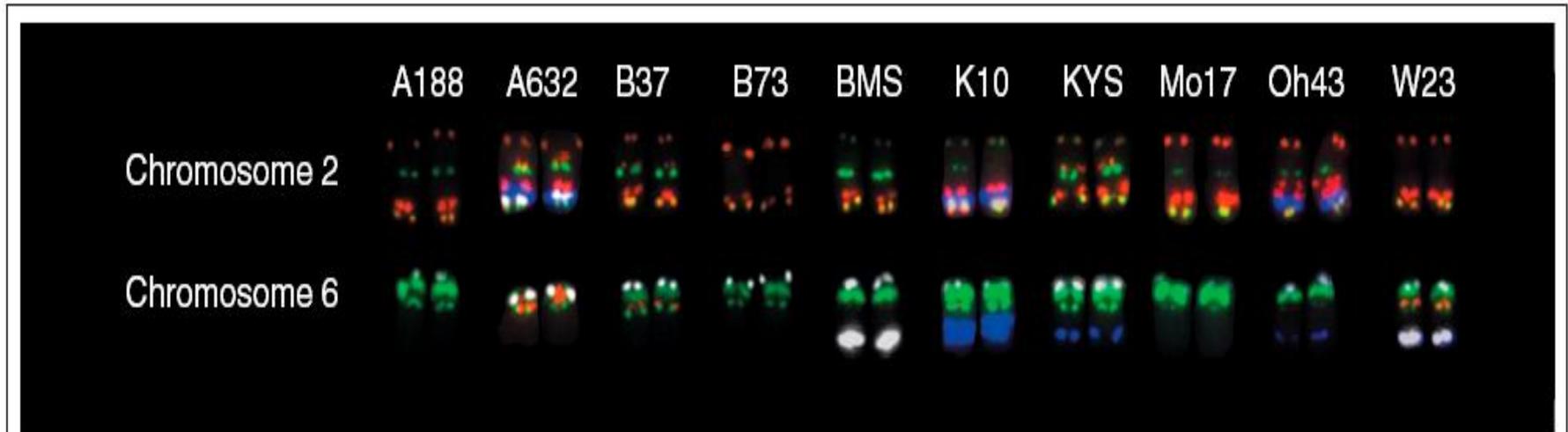
Les loci codants pour les protéines « zéïnes »

Maize Chromosomes (B73 alpha zeïns=41)





Variabilité des lignées parentales pures



Variabilité extrême des chromosomes du maïs; ici des microphotographies par fluorescence des chromosomes 2 et 6 dans des lignées parentales pures (après marquages par des sondes ADN spécifiques)



Sélection des traits spécifiques – la révolution verte



Le riz nain et la révolution verte

- La révolution verte a constitué l'un des aboutissement les plus remarquable de la génétique classique.
- Elle a constitué en la création de variétés de céréales (blé – riz) naines, résistantes à la verse et donc tolérante à la fertilisation azotée. Ces variétés allouent une plus grande partie de leur ressources au grain au détriment du feuillage.



a



IX^{ème} siècle

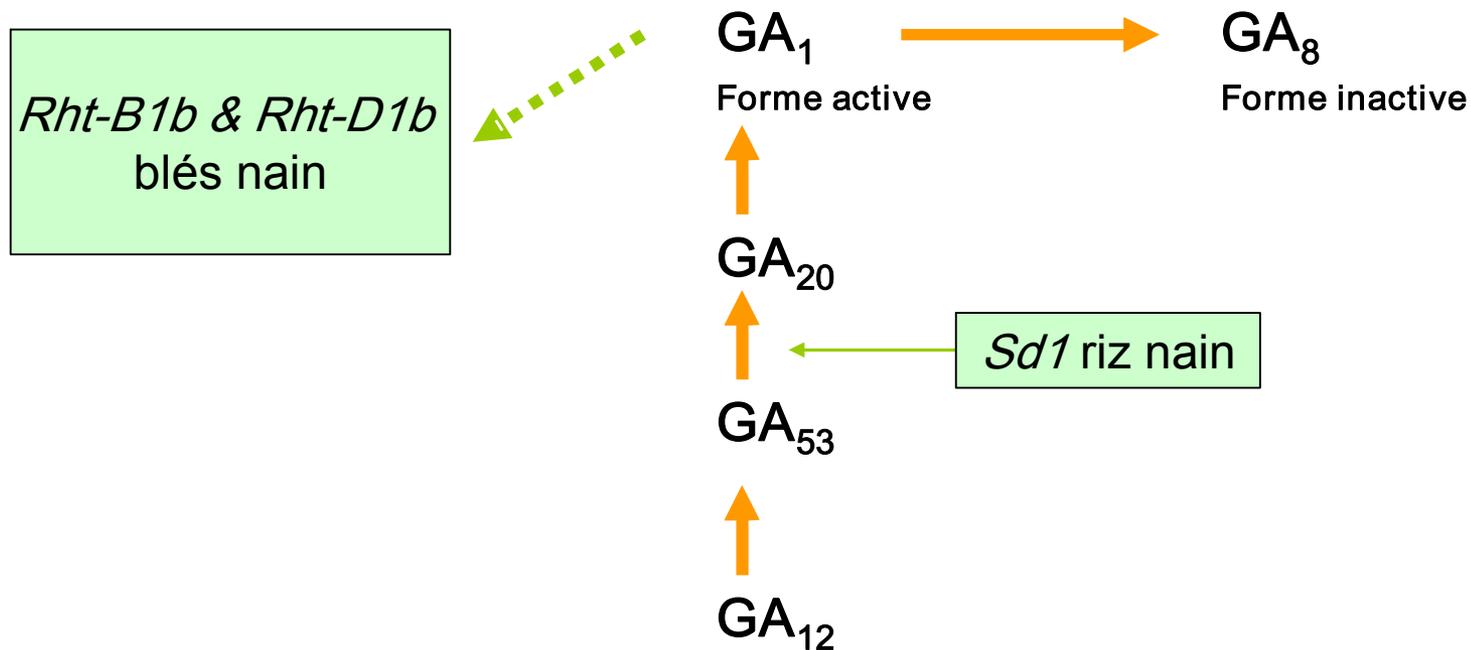
1917

1935

1945

1960

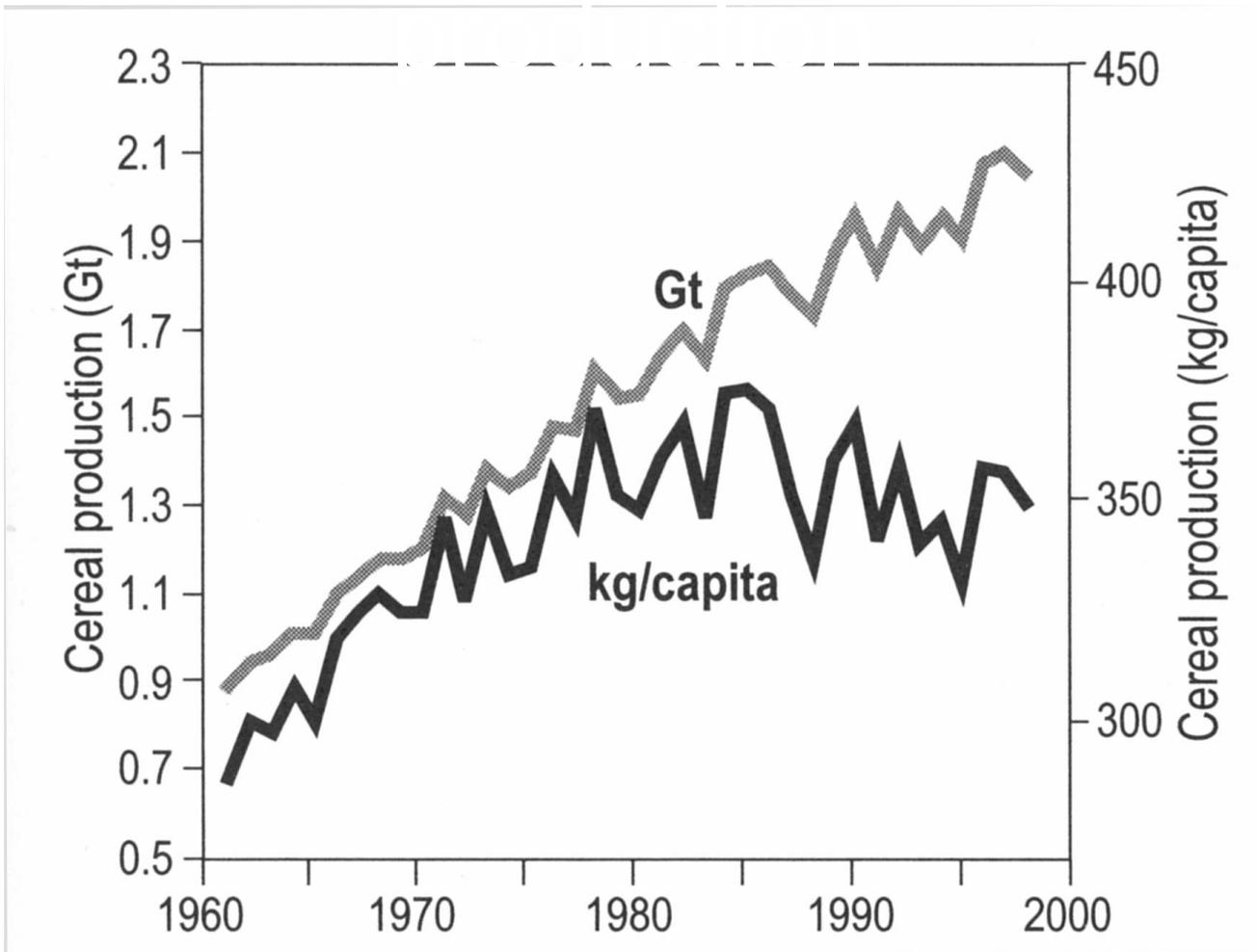




Quelques mutations (nanisme) impliquées dans la révolution verte

1. *Sd1* blocage de la synthèse d'une hormone
2. *Rht* blocage de l'action de l'hormone

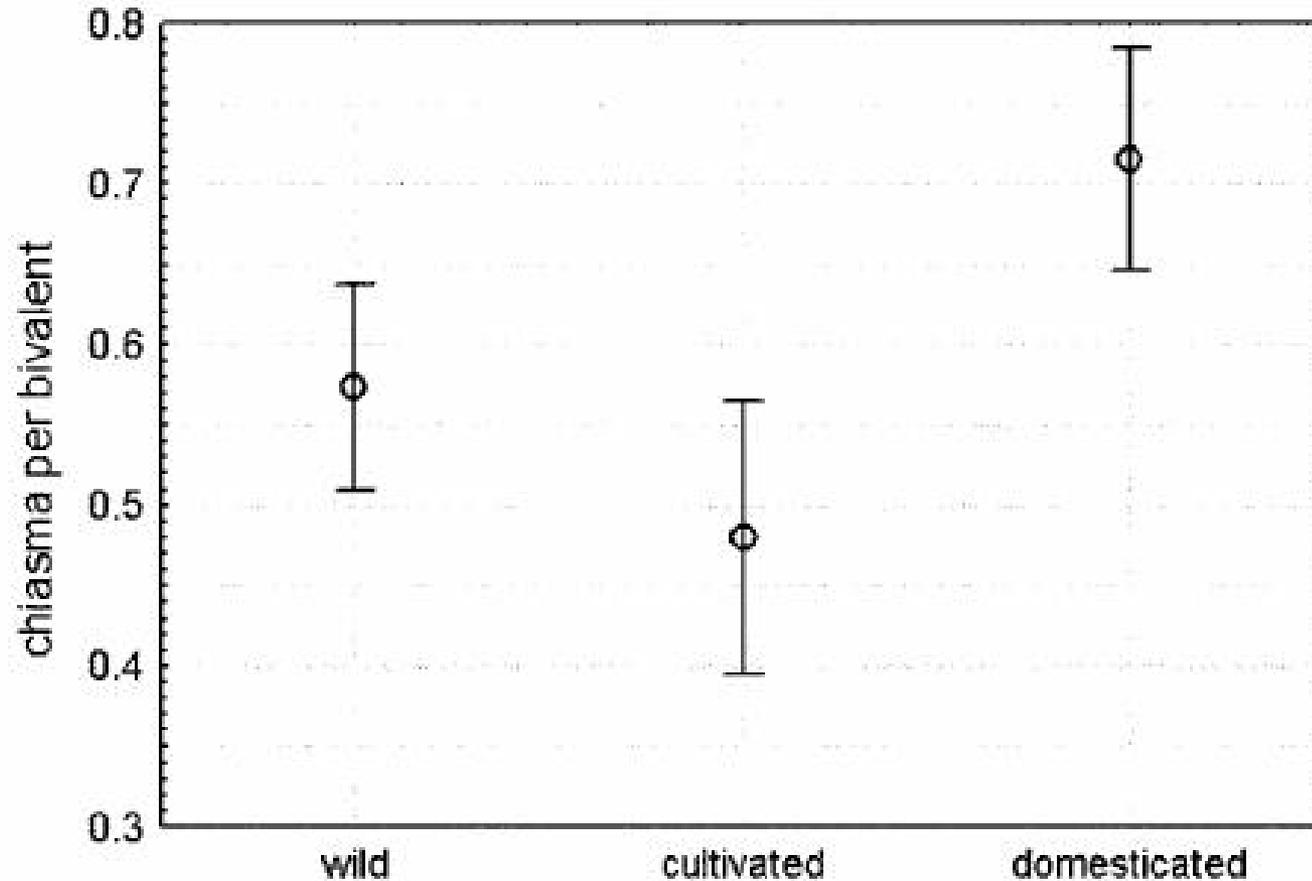




Recombinaison – comment augmenter la variabilité



Le taux de recombinaison et domestication



Jeffrey Ross-Ibarra - vol. 163, (1) The American Naturalist - January 2004



Stratégies recombinantes

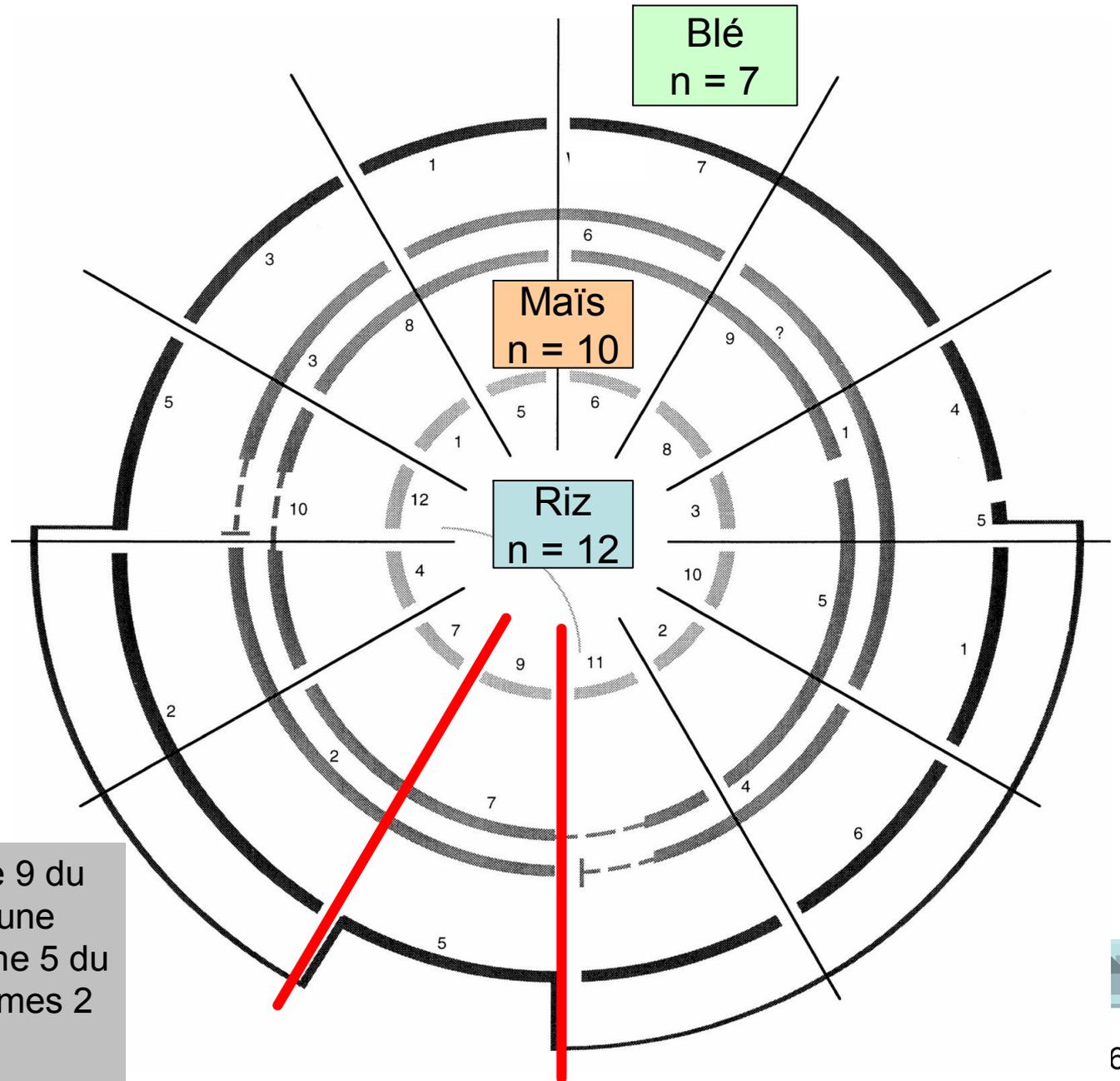
- Un taux de recombinaison élevé (des loci) est une caractéristique des plantes domestiquées; il serait dû à l'action de l'homme et ne serait pas une préadaptation.
- Il est possible d'agir massivement et au hasard sur la recombinaison par les techniques suivantes: hybridation (intra- et inter- spécifique), mutagenèse, activation d'éléments transposable, etc. ...
- Une piste nouvelle pour une recombinaison dirigée est possible, celle de la génétique de précision. (remplacement d'allèle par transgenèse)



Pour une maîtrise des traits quantitatifs (QTL)

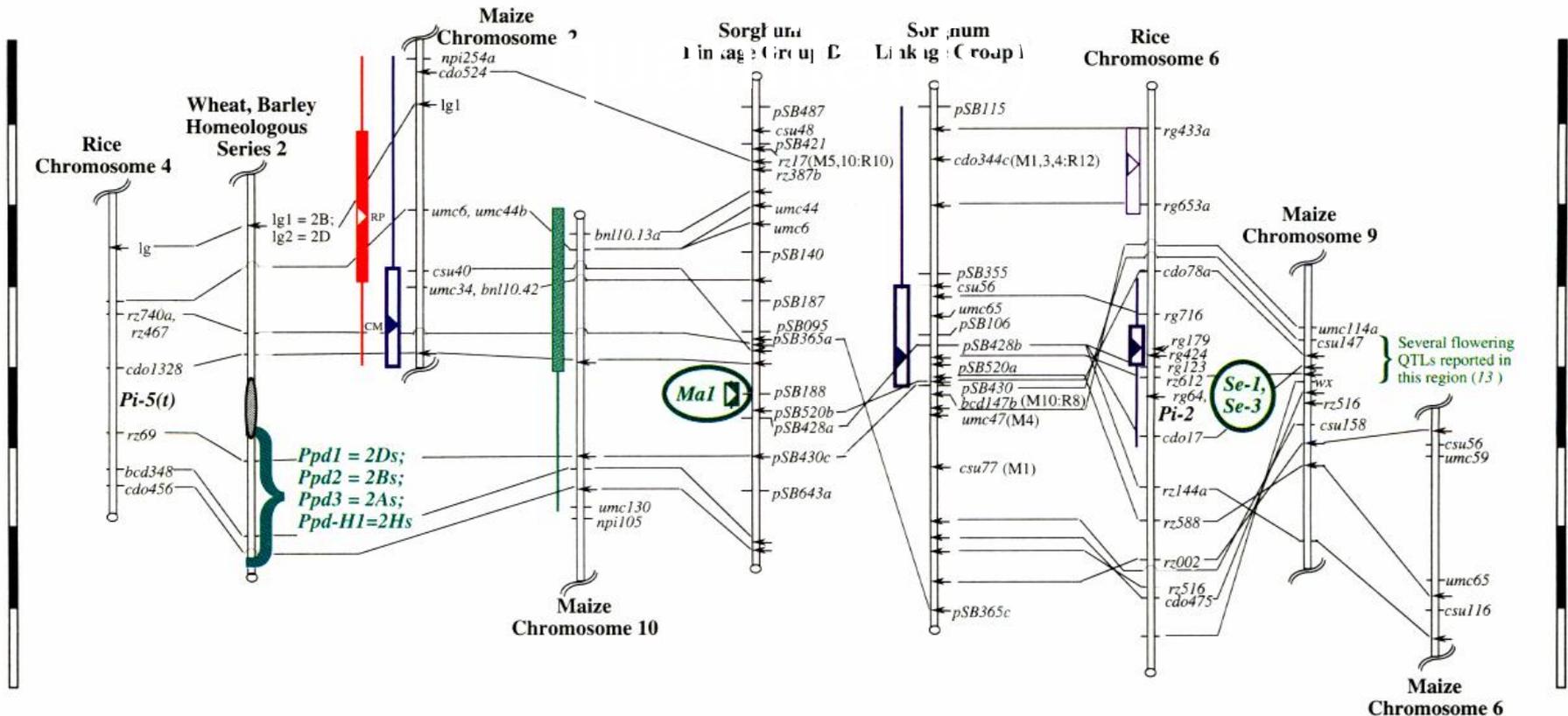


synténie



Ainsi le chromosome 9 du riz est homologue à une partie du chromosome 5 du blé et des chromosomes 2 et 7 du maïs)





QTL affectant la masse des graines (bleu), la fragilité du rachis (rouge) et la floraison en jours courts (vert)



Les prochaines étapes

- Démêler la complexité (polymorphisme) et les secrets (structure) des traits complexes est un défi majeur de la biologie du XXI^{ème} siècle et constitue une condition indispensable à notre besoin de diversification et d'amélioration des plantes .
- En effet ...
 - Le séquençage total ou partiel des génomes des plantes cultivées est à portée de main.
 - L'analyse de la fonction et de l'expression de nombreux gènes (méthodes de la génomique, de la protéomique, et de la métabolomique) est en progrès.
- Mais ...
 - Une plante contient 30 / 40'000 loci, qui ont de bonnes raisons d'interagir entre eux
 - Nous savons rarement quel locus fait qu'une plante est bien adaptée à telle condition de culture, à tel climat ou montre une résistance élevée aux attaques de pathogènes. Très souvent ces adaptations sont dues à des traits complexes.
 - Il faut donc identifier ces QTL et leurs variants sauvages et cultivés pour comprendre les interactions des éléments génétiques qui les constituent.
 - Il faut aussi, corollairement, non seulement préserver la diversité génétique existante mais aussi l'accroître par les moyens que nous offre la génétique moderne.



- Celui qui a du pain a de nombreux problèmes
- Celui qui n'a pas de pain n'a qu'un seul problème

