

Quelques réflexions sur les idéotypes

Jérôme Enjalbert
UMR-GV, Gif sur Yvette

**Merci à: A Gauffreteau, B. Quilot-Turion, MH Jeuffroy, G. Duc, E. Hanocq,
V. Allard, P. Debaeke, A. Barranger,...**

Inspirations:



École-chercheurs



FormaSciences

Conception d'idéotypes de plantes pour une agriculture durable

22 au 25 octobre 2012 – Domaine de Seillac (Vallée de la Loire)



Séminaire « Idéotypes variétaux »



Plan de l'exposé:

- Définitions**
- Quelques idéotypes historiques**
- Idéotypage: LE schéma conceptuel**
- Un exemple de démarche INRA**
- Impact sur le travail du généticien/sélectionneur**

Définitions:

Donald (1968): « ideotype breeding »
définition d'un modèle théorique de plante adapté
à un milieu donné puis sélection pour ce modèle

IDEOTYPE : Plante hypothétique faite de la
combinaison optimale de traits morphologiques et
physiologiques ou de leurs déterminants
génétiques conférant à un matériel végétal une
adéquation satisfaisante à un environnement, à un
mode de production et d'utilisation donnés

-> Elargissement au système de culture

L'Idéotype: une innovation de rupture?

2 types d'innovations:

- Évolution incrémentale (innovations ne remettant pas en cause le verrouillage)
- Évolution de rupture (déverrouillage des systèmes agricoles)

Exemples d'idéotypes:

- Rht chez le blé:



- Riz à l'IRRI:



Pearse 2011



Review

Progress in ideotype breeding to increase rice yield potential

Shaobing Peng^{a,*}, Gurdev S. Khush^a, Parminder Virk^a, Qiyuan Tang^b, Yingbin Zou^b

^a International Rice Research Institute (IRRI), DAPO Box 7777, Metro Manila, Philippines

^b Crop Physiology, Ecology, and Production Center (CPEP), Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China



Simulation models predicted that a 25% increase in yield potential was possible by modification of the following traits of the current plant type (Dingkuhn et al., 1991):

- (1) enhanced leaf growth combined with reduced tillering during early vegetative growth,
- (2) reduced leaf growth and greater foliar N concentration during late vegetative and reproductive growth,
- (3) a steeper slope of the vertical N concentration gradient in the leaf canopy with a greater proportion of total leaf N in the upper leaves,
- (4) increased carbohydrate storage capacity in stems, and
- (5) a greater reproductive sink capacity and an extended grain-filling period.

La domestication: un idéotypage inconscient?



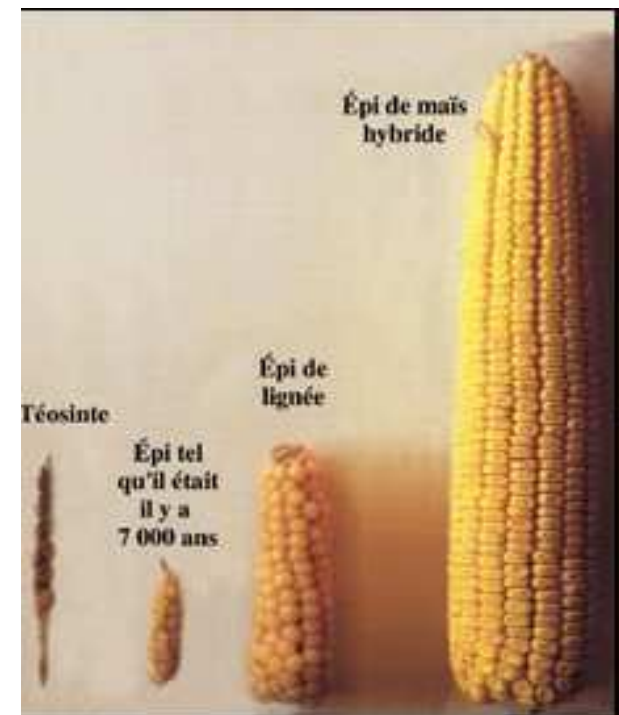
Maïs

Téosite



Téosite

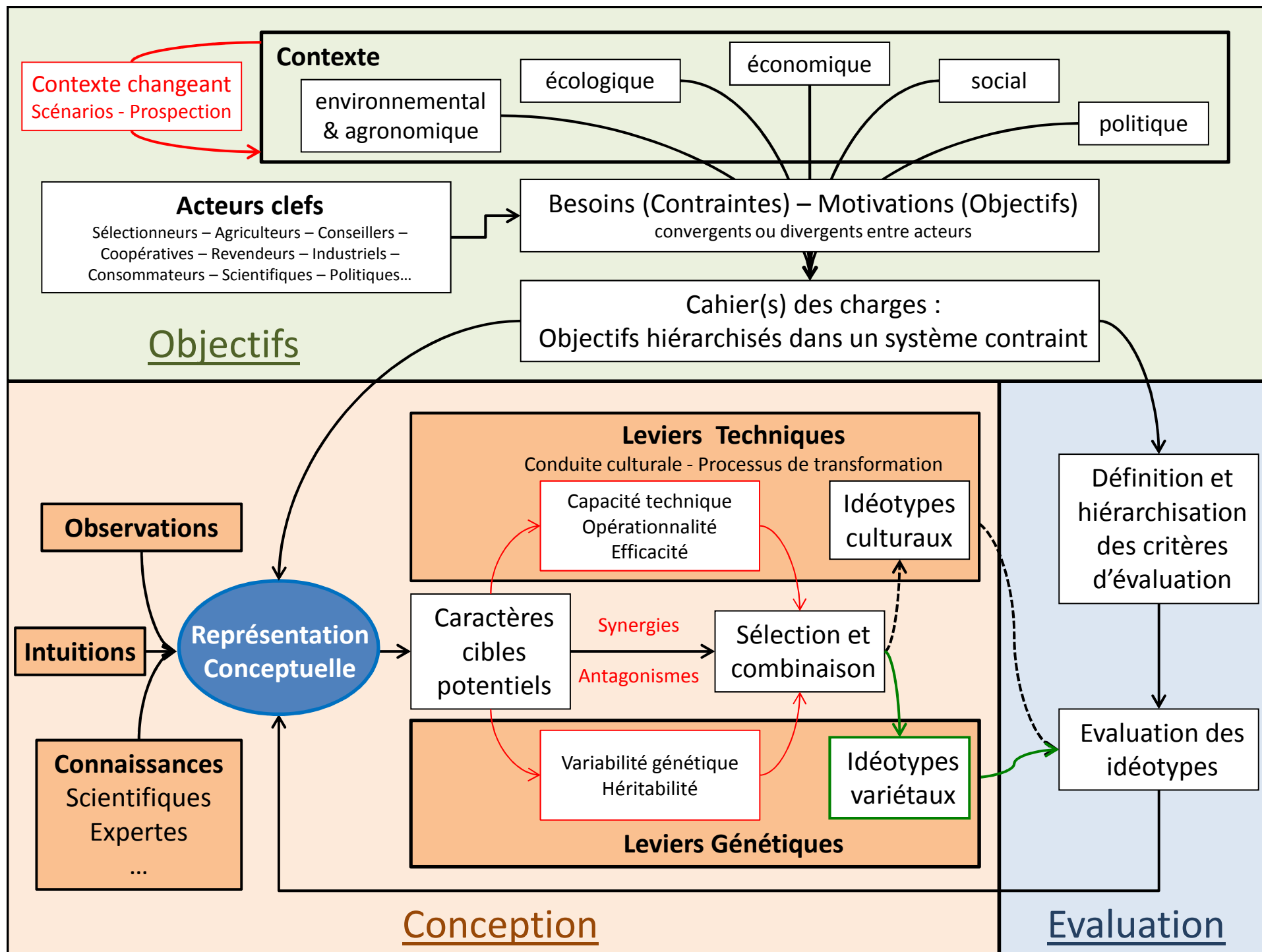
Maïs



⇒ **Idéotypage: LE schéma conceptuel !**

- difficultés pour se mettre d'accord sur une démarche commune de conception/évaluation d'idéotypes
- construite au cours de l'école-chercheurs
- complétée lors de la préparation du séminaire « Idéotypes variétaux » du GIS GCHP2E (février 2013)

Idéotypage -> une démarche partagée



Un exemple d'idéotypage:

Développement du pois d'hiver

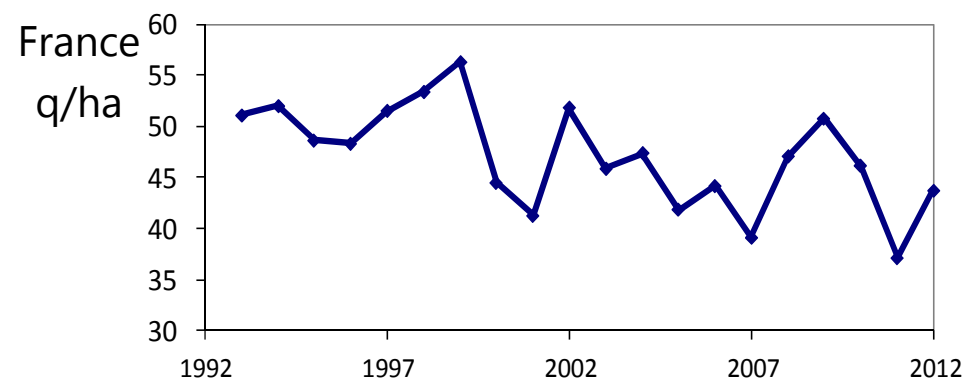
A Barranger, B Carrouée, G Duc, MH Jeuffroy, E Hanocq, C Lecomte, I Lejeune

Contexte

La culture de pois: de multiples intérêts (environnement, précédent à blé et colza, diversification, protéines, ...)

MAIS

- Depuis 1993, ↘ des surfaces
- Instabilité des rendements



La vision

Le pois d'hiver a des atouts pour la production

1. Allongement de la durée du cycle
2. Décalage du cycle reproducteur

Augmentation de la biomasse aérienne et racinaire

Réduction des stress abiotiques à la floraison

dans le cadre du changement climatique

Idéotype « pois d'hiver à semis précoce »



Pois d'hiver classique

Idéotype Pois d'hiver à semis précoce

Stratégie d'échappement :

⇒ Risque de stress de fin cycle plus faible

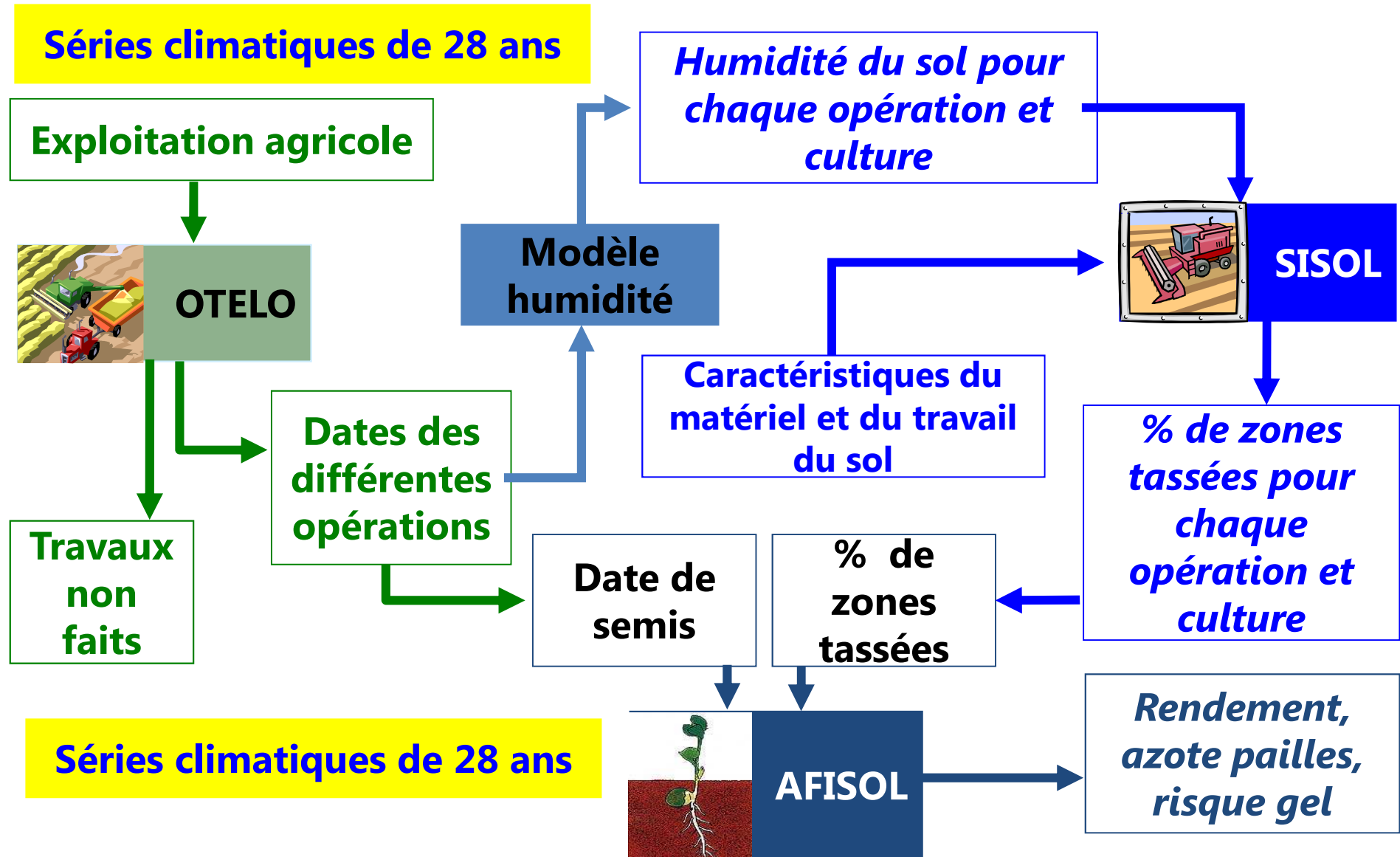
Mais:

-Risques maladies/gestion du travail?

Offre du généticien: gène de réactivité à la photopériode (Hr)

-> initiation florale si longueur du jour >13h

Couplage d'un modèle de fonctionnement de culture avec un modèle d'organisation du travail dans une EA



Influence de la prise en compte des contraintes de la réalité agricole sur la stabilité du rendement

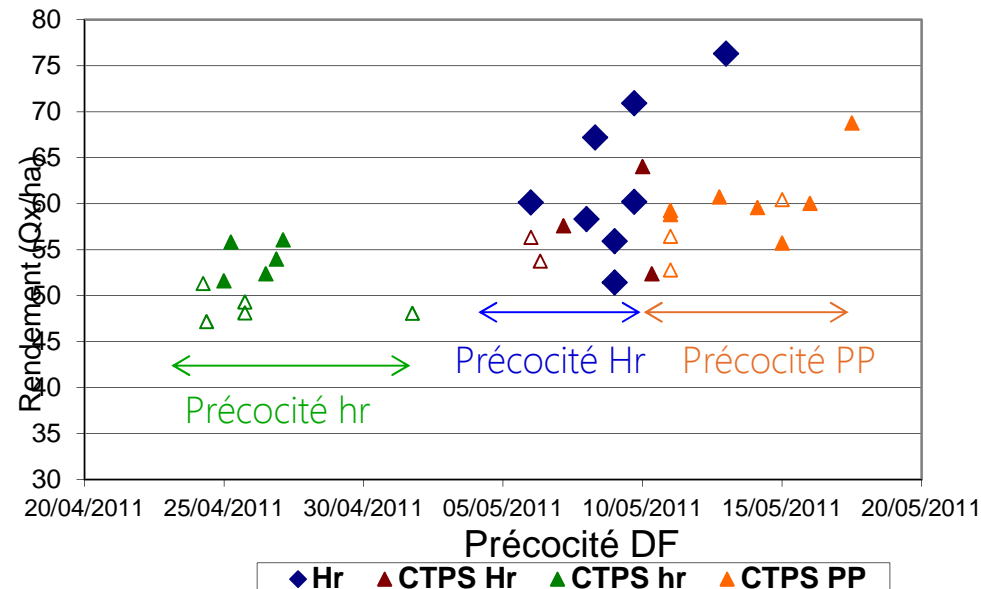
Coefficient de variation interannuel	Sélectionneur	Agriculteur
Pois de printemps	10%	19%
Pois d'hiver hr	8%	12%
Pois d'hiver Hr	7%	8%

→ Moins de variabilité pour les pois d'hiver Hr en conditions agricoles

- Effet principal sur stabilité du rendement
- Avantage des variétés Hr
 - à début floraison précoce
 - indéterminées à petites graines

Quel résultat de la sélection?

Les premiers « run » d'évaluation agronomique :

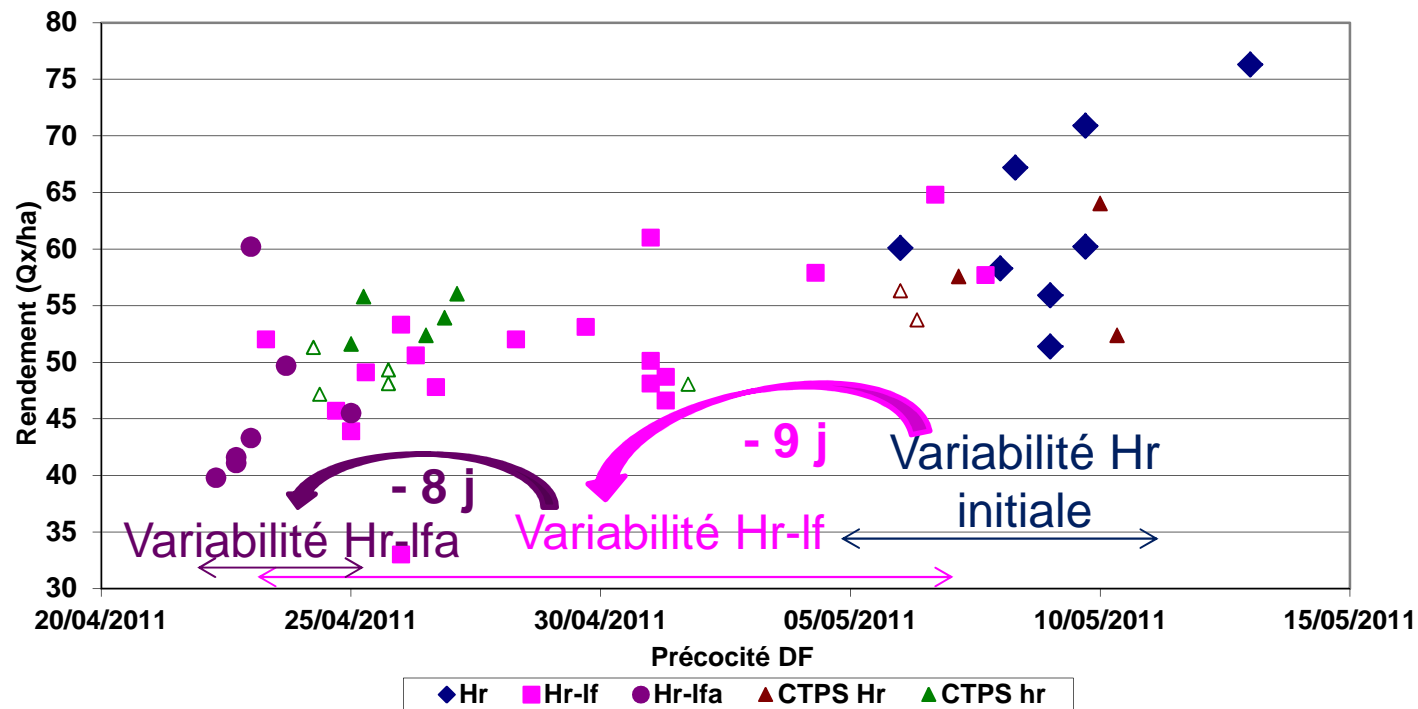


MAIS:

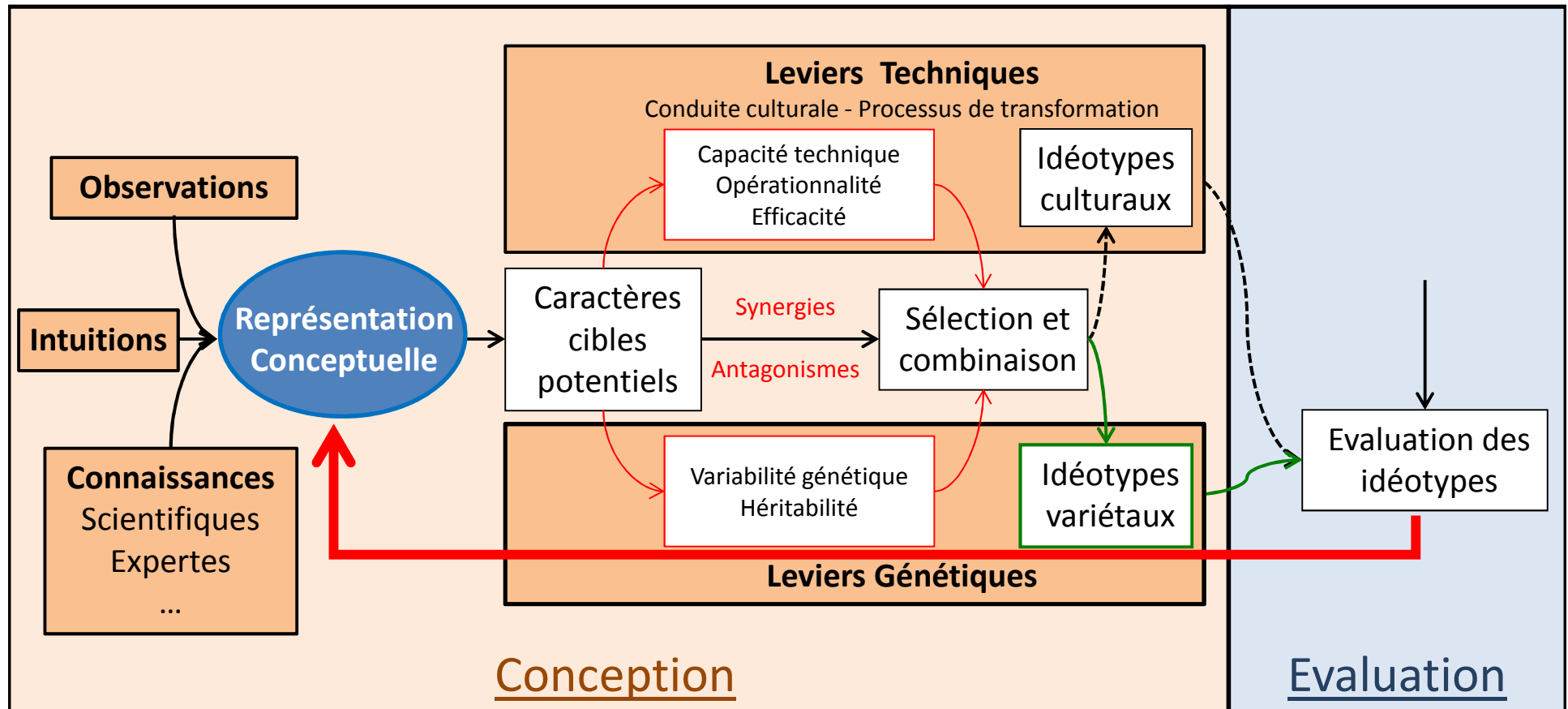
- Variations de la résistance au gel (pb de vitesse d'endurcissement)
- Contrôle photopériodique parfois incomplet (tardif)
- > Stress fin de cycle toujours présent

→ Améliorer le calage de la période de floraison : le gène TFL1c

Le levier génétique : les allèles *If* et *Ifa* du gène TFL1c



**Exemple qui illustre la démarche intégrative,
et la récurrence Evaluation/Conception:**



Impact de l'idéotypage sur le travail du sélectionneur

-Exercice interdisciplinaire

Solutions originales (modélisation, brainstorming), identification de nouveaux traits /combinaisons?

- Sélection sur traits

Phénotypage plus ciblé (+ cher?)

- Complexité/impossibilité des assemblages

- Méthodologie inchangée? SG?

Quand la sélection sur traits est-elle gagnante?

(Sélection incrémentale vs rupture)

- Traits corrélés négativement (DL)
- GxE ou faible h^2
- Rareté des allèles dans le pool travaillé
-> Phénotypage des collections à refaire?

(- Sélection fréquence dépendante)

VOLUME 78, No. 2

JUNE 2003

THE QUARTERLY REVIEW *of* BIOLOGY



DARWINIAN AGRICULTURE: WHEN CAN HUMANS FIND
SOLUTIONS BEYOND THE REACH OF NATURAL SELECTION?

R. FORD DENISON

Agronomy and Range Science, University of California

Davis, California 95616 USA

E-MAIL: RFDENISON@UCDAVIS.EDU

R. Ford Denison *Evol App* 2011 *Past evolutionary tradeoffs represent opportunities for crop genetic improvement and increased human lifespan*

Hypothèse de Denison:

La sélection naturelle a eu tout le temps, depuis les ancêtres sauvages des plantes cultivées, de tester des solutions alternatives aux problèmes limitant la fitness individuelle (activités enzymatiques, compétitivité, résistance aux stress).

-> un progrès génétique sera difficile sur les caractères où sélection naturelle et sélection anthropique ont la même direction

-> un progrès génétique sera facile si sélection naturelle et sélection humaine sont opposées:

« There are often tradeoffs between the competitive ability of cultivars against other genotypes on the one hand, and their capacity for yield in pure culture on the other » (Donald 1968).



CSIRO PLANT INDUSTRY

Drysdale – a world's first

Drysdale is a high quality spring wheat bred for dry conditions.

Drysdale is the first wheat variety to be bred using scientific gene selection criteria based on measuring a plant's carbon isotope signature.

The DELTA carbon technology gives plant breeders the ability to breed varieties of wheat that more efficiently exchange atmospheric carbon dioxide for water during photosynthesis. This increases their water-use efficiency.

DELTA has given Drysdale an advantage over comparable wheats in dry years, producing a minimum of five per cent more grain despite receiving the same rainfall.

Drysdale's yield advantage is not limited to dry years; the variety has been one of the highest yielding varieties in irrigated trials.

In addition, Drysdale has outstanding resistance to the major wheat diseases.

Drysdale was the first commercial release of a wheat variety from Graingene - a joint venture between AWB Limited, the Grains Research and Development Corporation (GRDC), Syngenta and CSIRO Plant Industry.

DRYSDALE FACTS

- Australian Hard quality
- High yield
- High water use efficiency and drought tolerance
- Short season maturity, similar to Hartog and Bowerbird
- Acid soils tolerant
- Very good resistance to Leaf and Stripe rusts
- Resistant to lodging

-> Sélection sur C12/C13 pour une meilleure WUE ([CO2] basse)

‘Drysdale’ development (Condon et al. 2004)

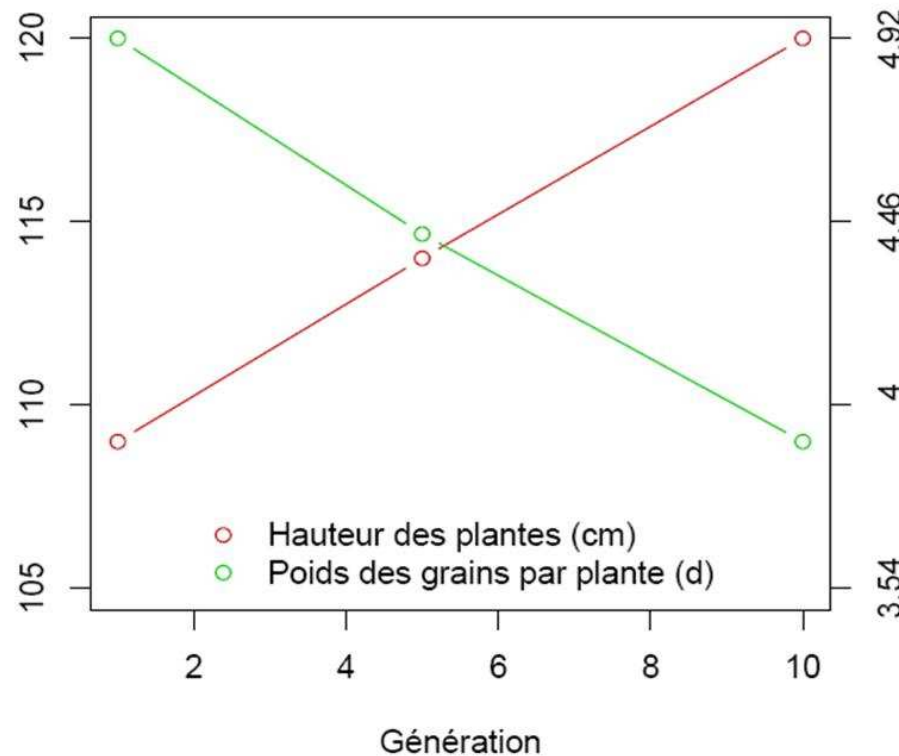
Pourquoi la WUE n'est pas optimale?

=> Tragedy of the common:

Mieux vaut gaspiller que laisser la ressource aux compétiteurs!



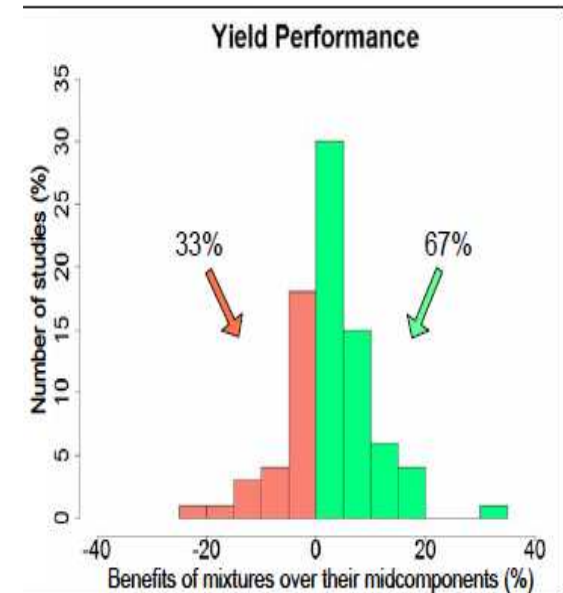
Sélection antagoniste entre individus et groupes



=> La compétition avantage les individus les + hauts qui allouent – de ressources à la fonction reproductive que végétative (trade-off)

Idéotypage et associations variétales

- 2/3 des associations > moyenne des composantes:
- Compensation/synergie entre variétés?



C. Lecarpentier

- > Revisiter les interactions inter-génotypes et inter-communautés (mélanges spécifiques -> approche en écologie)
- > lourdeur des factoriels à gérer
- => Intérêt de la modélisation 3D (ADEL) pour explorer les traits architecturaux importants

L'idéotypage est-il dangereux?

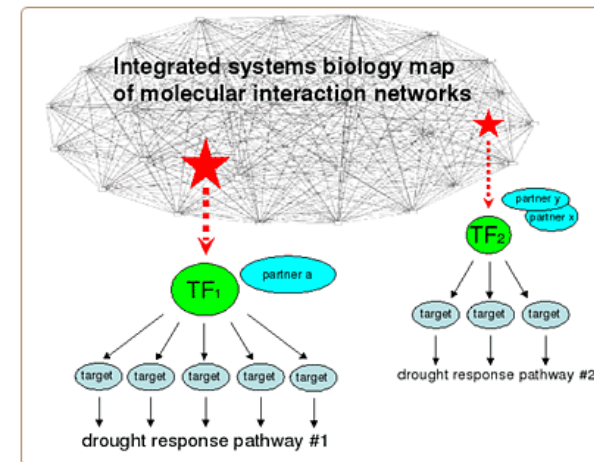
- Pari fait sur une nouvelle forme variétale**
 - > Risque?**
- Focalisation sur LE trait, et LE gène du trait**

L'Idéotypage et le secteur privé

- * Monsanto -> Delkab ® Root System
- * Pioneer -> Optimum AquaMax TM



- * Pioneer Hi-Bred + Mendel Biotechnology technologie PGRN "Plant Gene Regulatory Networks"
-> WUE



- * Arcadia BioSciences - >NUE technology produces plants which require significantly less nitrogen fertilizer

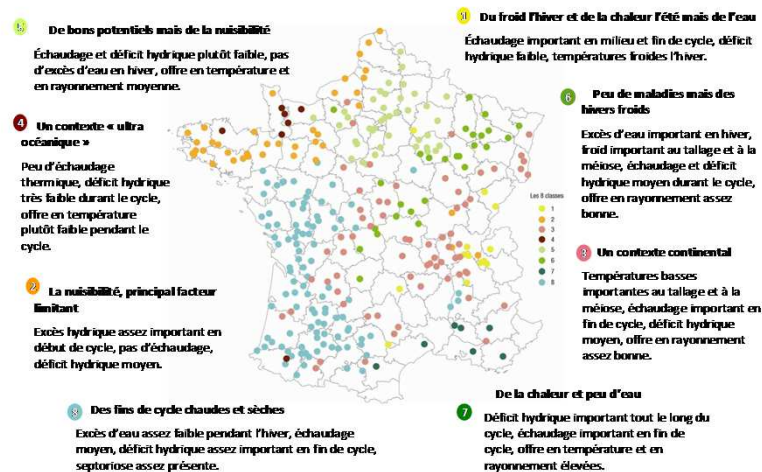


L'idéotypage est-il dangereux?

- Pari sur une nouvelle forme variétale
- Focalisation sur LE trait, et LE gène du trait
- Multiplication des cibles:

Réflexions sur les idéotypes
Une segmentation du territoire est nécessaire pour regrouper les essais d'évaluation et le conseil.

Cette carte illustre la segmentation des zones de culture du blé d'hiver qui sont redevables de conseils homogènes (précocité, résistance aux maladies)



+ ITK / types d'exploitations (AB...)
+ Services écosystémiques,
+...

Comment répondre à cette multiplication de ces cibles?

-> **Modélisation Génome x Environnement x Conduite ...**



En attendant?

Idéotypage intériorisé du sélectionneur?

-> Chaque choix de croisement explore des idéotypes non-explicités?

JM Meynard:

« La recherche ne peut porter toute l'innovation, et nous devons réfléchir aux méthodes qui permettent de renforcer les capacités d'innovation des acteurs »

=> L'exercice d'idéotypage pourrait permettre une nouvelle forme de dialogue entre généticiens/agronomes et agriculteurs sur des projets de sélection participative/innovation agronomique ?

Conclusion:

L'idéotypage représente:

- Un dialogue riche entre disciplines:
 - Construction d'une réflexion commune
- Un processus itératif, évolutif
 - Evolution des connaissances
 - Réalité de la performance des géotypes produits
- Une conception intégrée indispensable
 - Impliquer l'ensemble des acteurs
 - Adaptation du système de production à l'idéotype et vice versa
 - Ouverture à une innovation non pilotée par la recherche

"Le secret de l'idéotype,
ce n'est pas l'idéotype lui-même,
c'est le chemin qui nous y
conduit. "

Pham Xuân Tong (traduction libre)

**Merci pour votre
attention**



Hypothèse de Denison:

La sélection naturelle a eu tout le temps, depuis les ancêtres sauvages des plantes cultivées, de tester des solutions alternatives aux problèmes limitant la fitness individuelle (activités enzymatiques, compétitivité, résistance aux stress).

-> un progrès génétique sera difficile sur les caractères où sélection naturelle et sélection anthropique ont la même direction

-> un progrès génétique sera facile si sélection naturelle et sélection humaine sont opposées:

« We suggest that virtually all of this progress in yield potential has, often unknowingly, exploited tradeoffs between individual plant competitiveness versus plant community (i.e., crop) performance, or between fitness in past (including preagricultural) versus present environments. »

La Sélection Naturelle et les Tradeoffs

- « Natural selection works for the benefit of individual alleles (e.g., alleles for less restraint in resource use) and individuals, which can sometimes conflict with the common good of plant or animal communities » (Dawkins 1976)
- « There are often tradeoffs between the competitive ability of cultivars against other genotypes on the one hand, and their capacity for yield in pure culture on the other » (Donald 1968).