



L'amélioration des Plantes : un levier majeur de l'adaptation

Mathilde Causse – UR GAFL, INRA PACA



INTRODUCTION

Le changement climatique a des conséquences multiples :

1. Sur les températures
 - Hausse de la température moyenne
 - Amplitude de variation accrue

2. Sur la disponibilité en eau
 - Périodes de sécheresse estivales
 - Asphyxie racinaire au printemps

3. Sur les bio-agresseurs
 - Pression des épidémies
 - Nouveaux bio-agresseurs

Mais aussi un souhait de réduire les coûts environnementaux de l'agriculture
→ Réduction des intrants

SOMMAIRE

- ❖ Les impacts du changement climatique sur les plantes
- ❖ La sélection, un processus long et continu
- ❖ La quête du mouton à 6 pattes
- ❖ Méthodes et leviers pour l'amélioration
- ❖ Evolution parallèle des variétés et des systèmes de culture
- ❖ Éléments de complexité
- ❖ Les acteurs de l'innovation

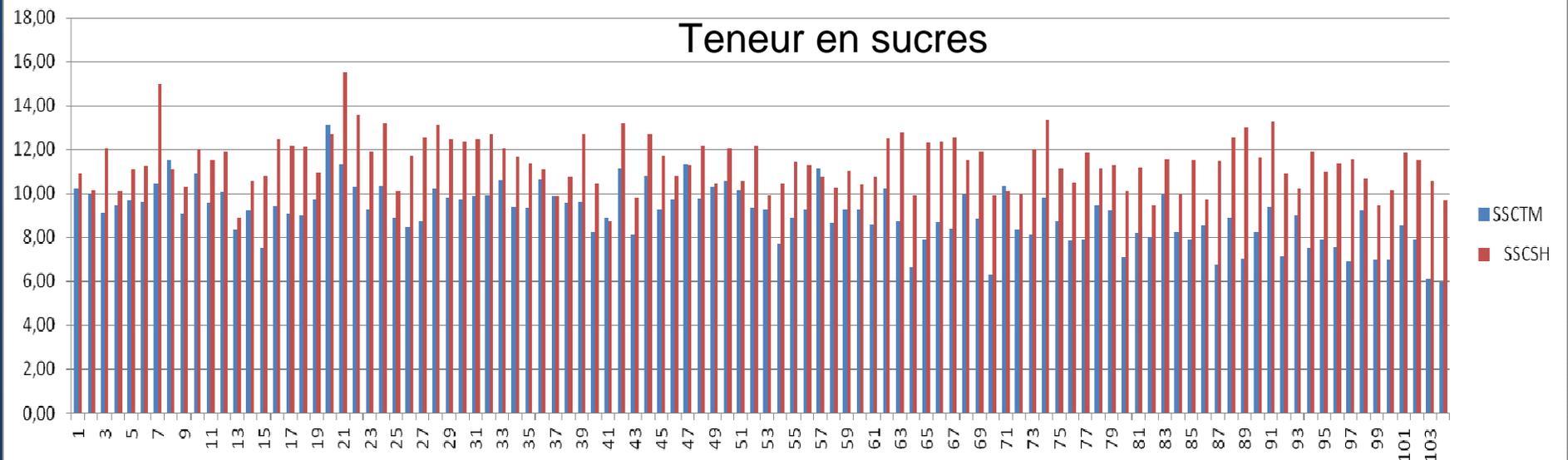
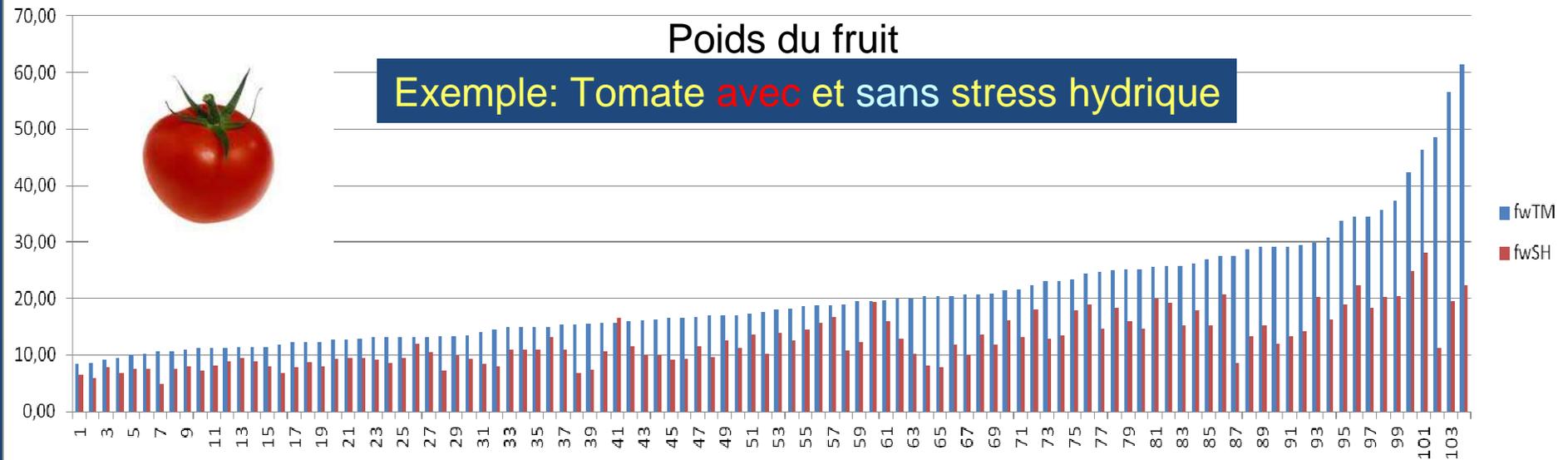
Les impacts du changement climatique sur les plantes

Des impacts multiples au niveau des plantes:

1. Sur les températures
 - Hausse de la température moyenne → phénologie, rendement, qualité
 - Amplitude de variation accrue → plasticité
 2. Sur la disponibilité en eau
 - Périodes de sécheresse estivales → tolérance, WUE, phénologie
 - Asphyxie racinaire au printemps → tolérance
 3. Sur les bio-agresseurs
 - Pression des épidémies → résistances durables
 - Nouveaux bio-agresseurs → nouvelles sources de résistance
- progrès sous réserve de variabilité génétique disponible

Variabilité génétique

Presque tous les caractères présentent de la variabilité ? G ou E



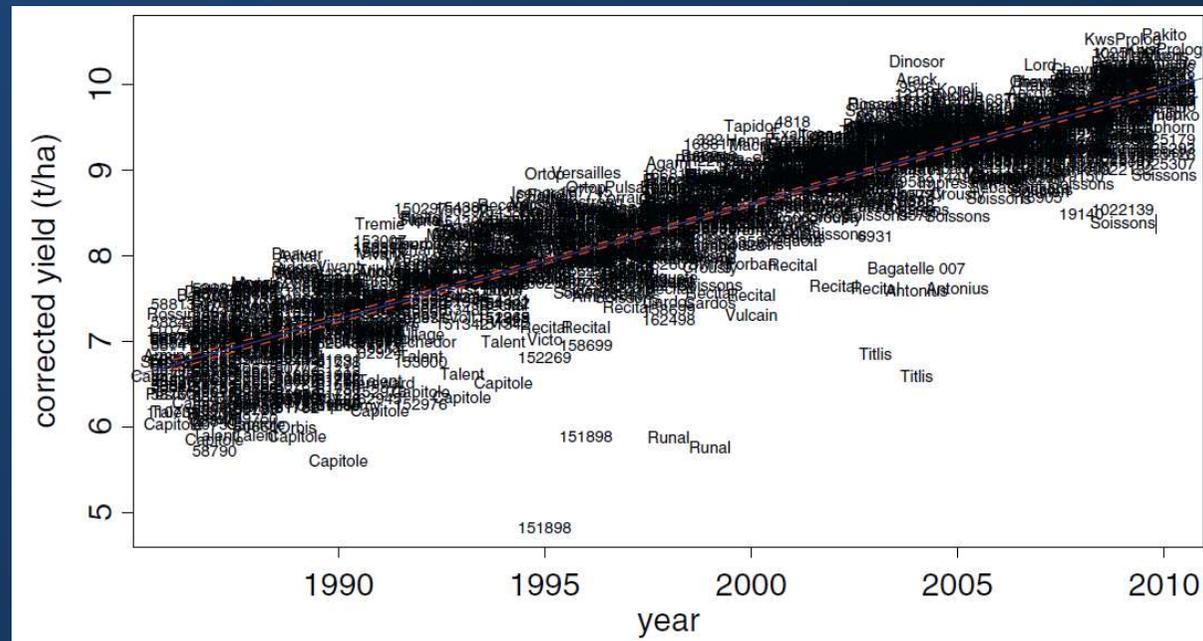
La sélection, un processus long et continu

- 10 à 15 ans de la définition de l'objectif à la diffusion de la variété

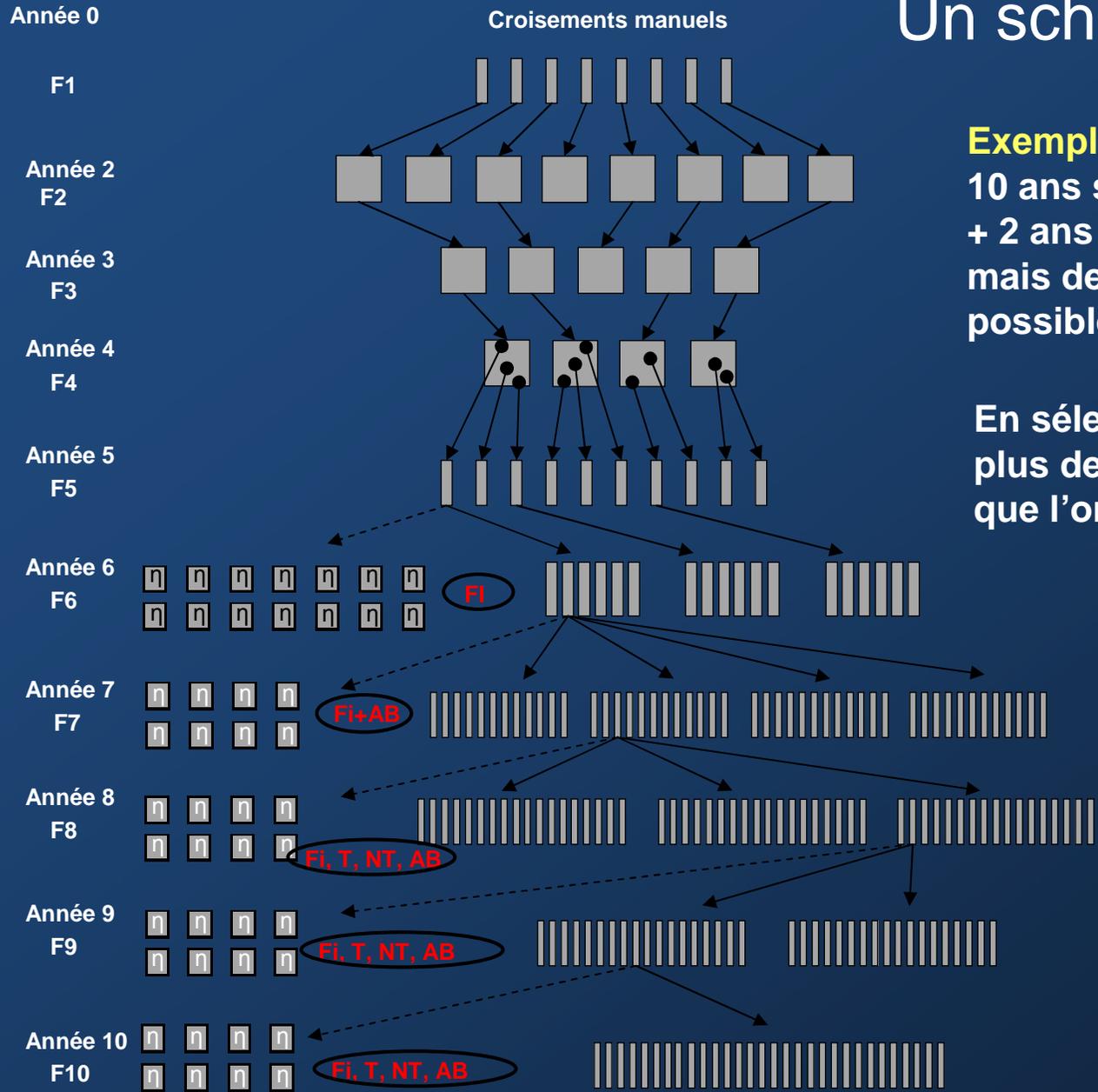
Des différences suivant :

- le type annuel ou pérenne
- le régime de reproduction auto/allogame ou clonal
- la biologie florale → lignée, hybride, synthétique, clone

- Un processus continu



Un schéma de sélection



Exemple du blé :
 10 ans sélection
 + 2 ans d'inscription
 mais des ajustements
 possibles sur la durée...

En sélection, on élimine beaucoup
 plus de lignées (entre 95 et 100 %)
 que l'on en garde !

Multilocal



La quête du mouton à 6 pattes

Des objectifs de sélection multiples pour satisfaire l'ensemble de la filière

Exemple de la tomate

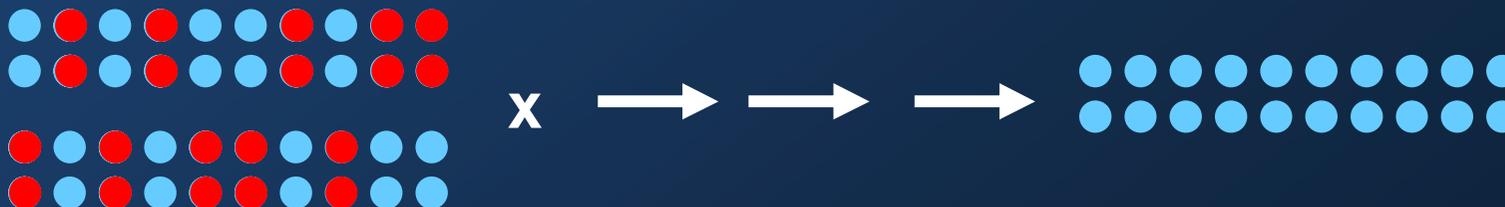
- Rendement, précocité
- Adaptation aux conditions env.
- Résistances (6-8 gènes)
- Qualité commerciale et gustative



Un problème de combinatoire :

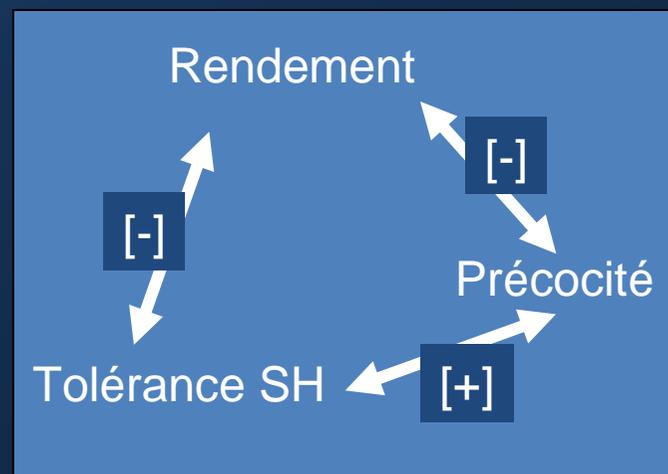
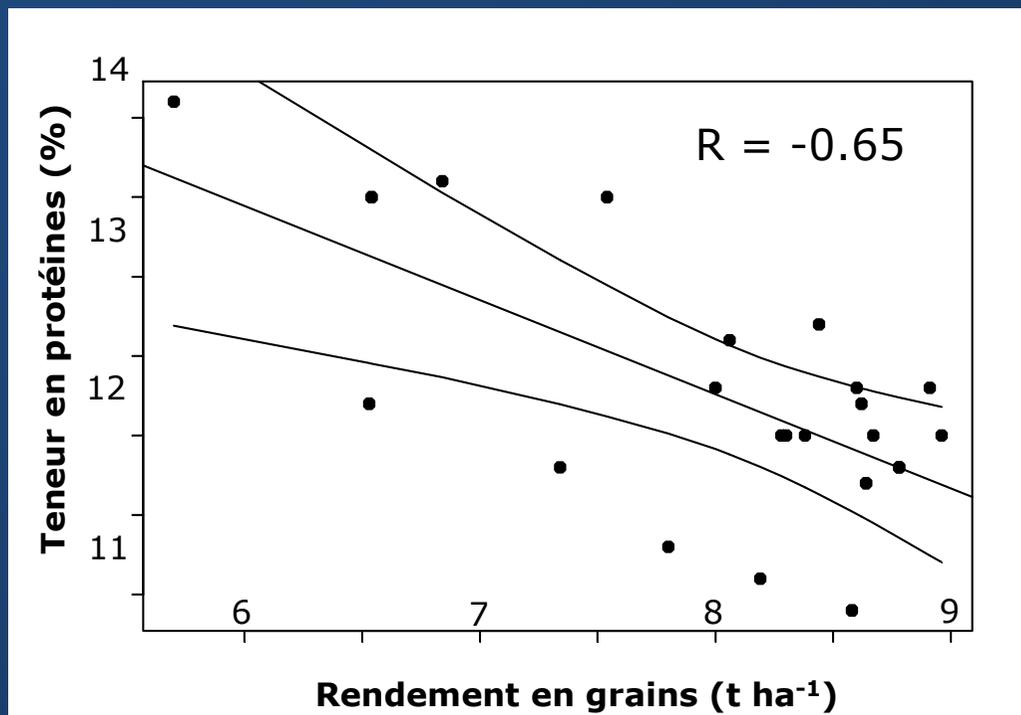
si les allèles favorables sont dispersés dans de nombreuses "sources", il faut
(1) permettre à ces sources d'échanger (croisements) et
(2) laisser aux recombinaisons l'occasion de créer les combinaisons souhaitées

Ex: 10 gènes en ségrégation (2 allèles par gène) = 2 milliards de combinaisons homozygotes dont 1 seule cumulant les 10 allèles .



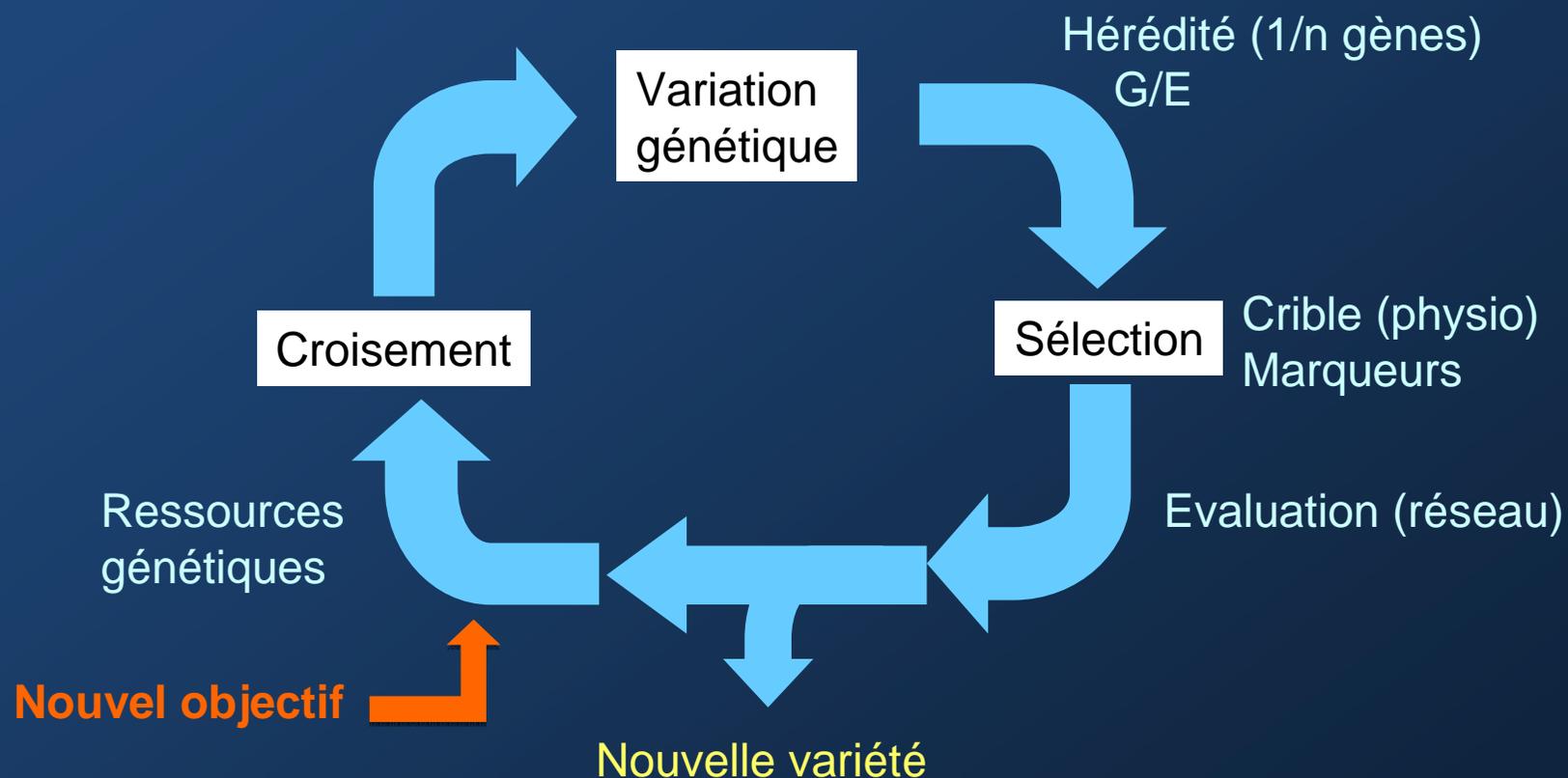
La quête du mouton à 6 pattes

Des objectifs de sélection multiples et souvent contradictoires



Méthodes et leviers pour l'amélioration

Le dogme central de l'amélioration des plantes



Méthodes et leviers pour l'amélioration

Le recours aux espèces apparentées

Froid : *S. habrochaites*



Salinité :
S. cheesmaniae

Limites :

- Succès des croisements
- Caractères défavorables

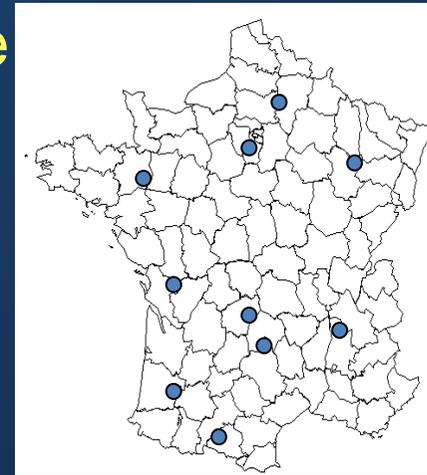


Sécheresse :
S. pennellii

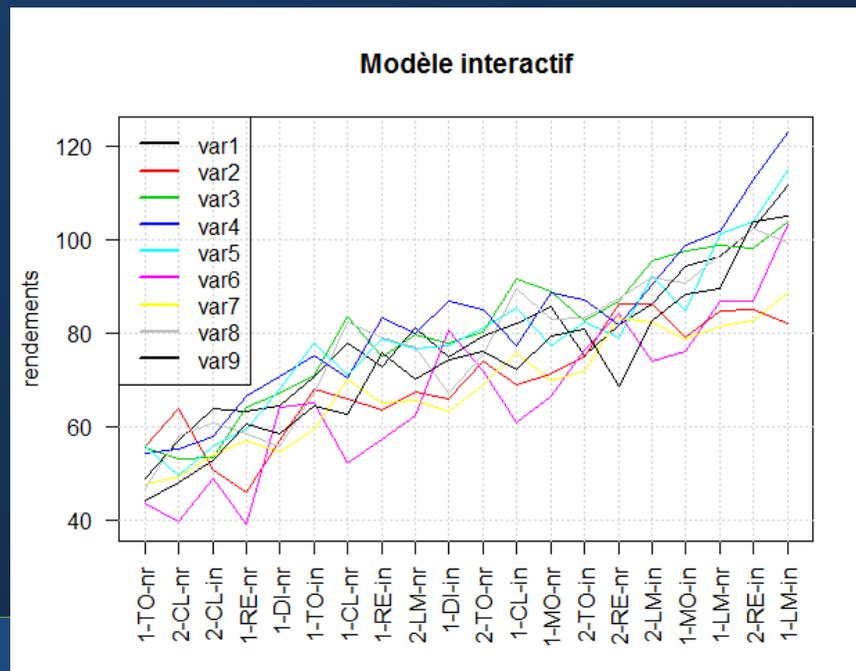
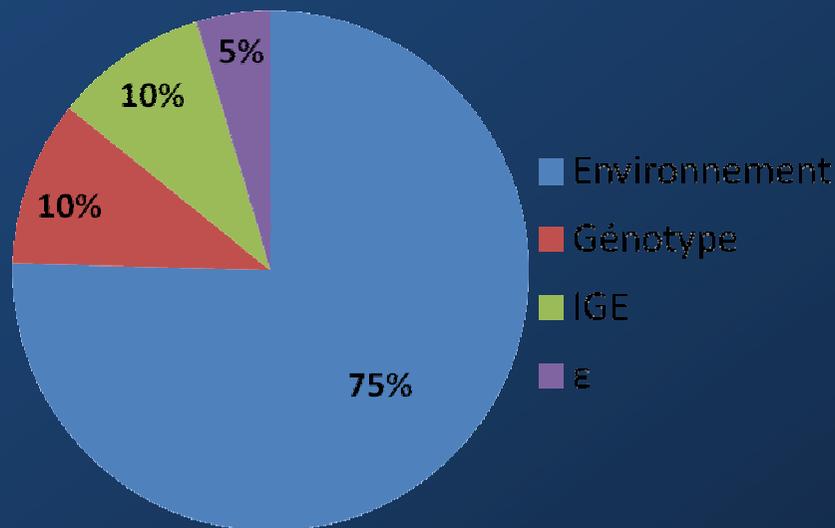
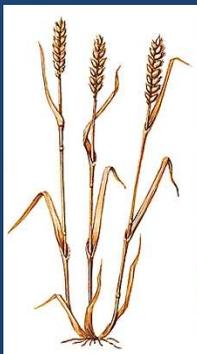
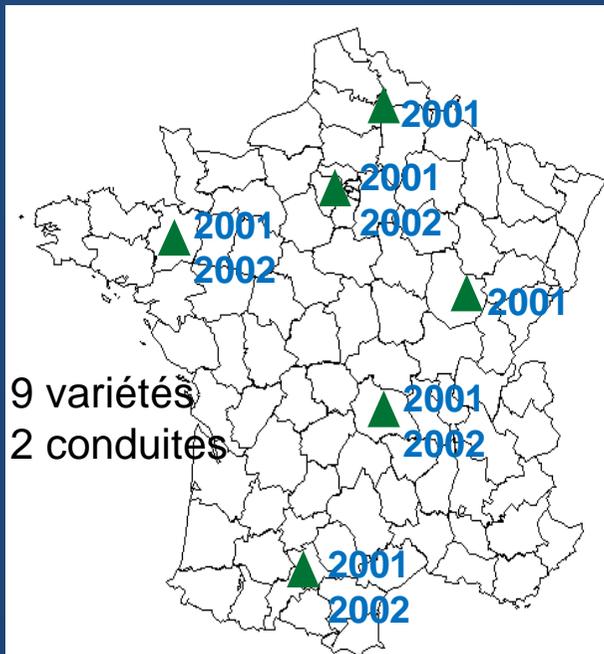


Méthodes et leviers pour l'amélioration

Des réseaux et plateformes de phénotypage



L'importance des Interaction Génétique x environnement



Méthodes et leviers pour l'amélioration

Des marqueurs moléculaires qui remplacent un tri complexe

ex : introduction d'un gène de résistance par une série de croisements

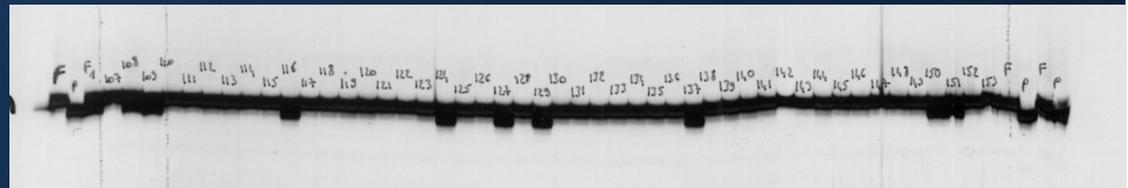


Sélection traditionnelle

Au moins 10 générations
de rétrocroisements et autofécondations
Sélection sur plantes en conditions de tests

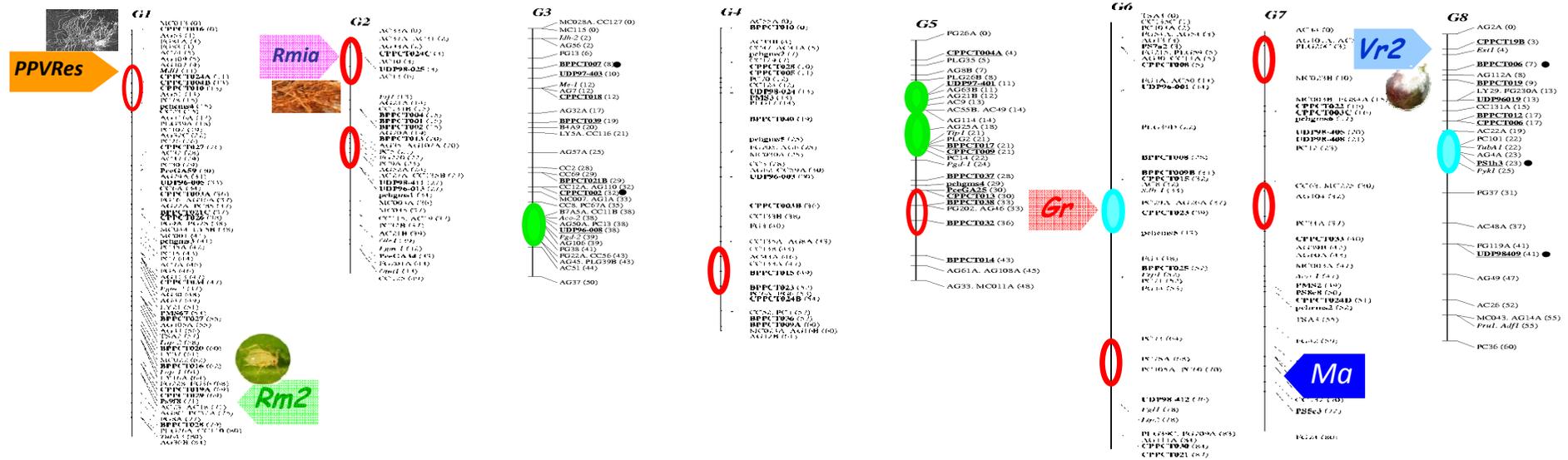
Sélection sur marqueurs

Environ 5 générations de rétrocroisements
Sélection sur plantules par marqueurs



Méthodes et leviers pour l'amélioration

Des marqueurs moléculaires qui remplacent un tri complexe



Résistances aux bio-agresseurs

- PPVRes sharka
- Vr2 oïdium pêcher
- Rm2 pucceron vert pêcher
- Rmia nématode
- Ma oïdium pêcher
- QTL Myzus *P. davidiana*
- QTL oïdium *P. davidiana*
- QTL sharka *P. davidiana*



Equipe G2IP, GAFL



Rencontres RED Changement climatique

Méthodes et leviers pour l'amélioration

Des marqueurs moléculaires qui remplacent un tri complexe

- Rapide évolution des techniques de marquage
- Diminution des coûts
- Simplification

Un accroissement constant du débit et de l'utilité (ex Tomate)

1992 : 1000 marqueurs RFLP (très peu variables)

2000 : marqueurs microsatellites (3-4 fois plus variables)

2010 : marqueurs SNP (plusieurs millions d'identifiés)

On peut enfin travailler en intra-spécifique

Une révolution technologique en cours

→ le séquençage direct des génomes

Progrès continu : débit x 500 depuis 5 ans

→ De nouvelles méthodes de sélection

Méthodes et leviers pour l'amélioration

Une nécessaire connaissance des composantes de l'adaptation

De plus en plus de connaissances sur les mécanismes physiologiques de perception et de réponse aux stress:

Les mécanismes physiologiques de l'adaptation :

- ex Stress hydrique : évitement/précocité, limitation de la demande (WUE) limitation des pertes (transpiration)

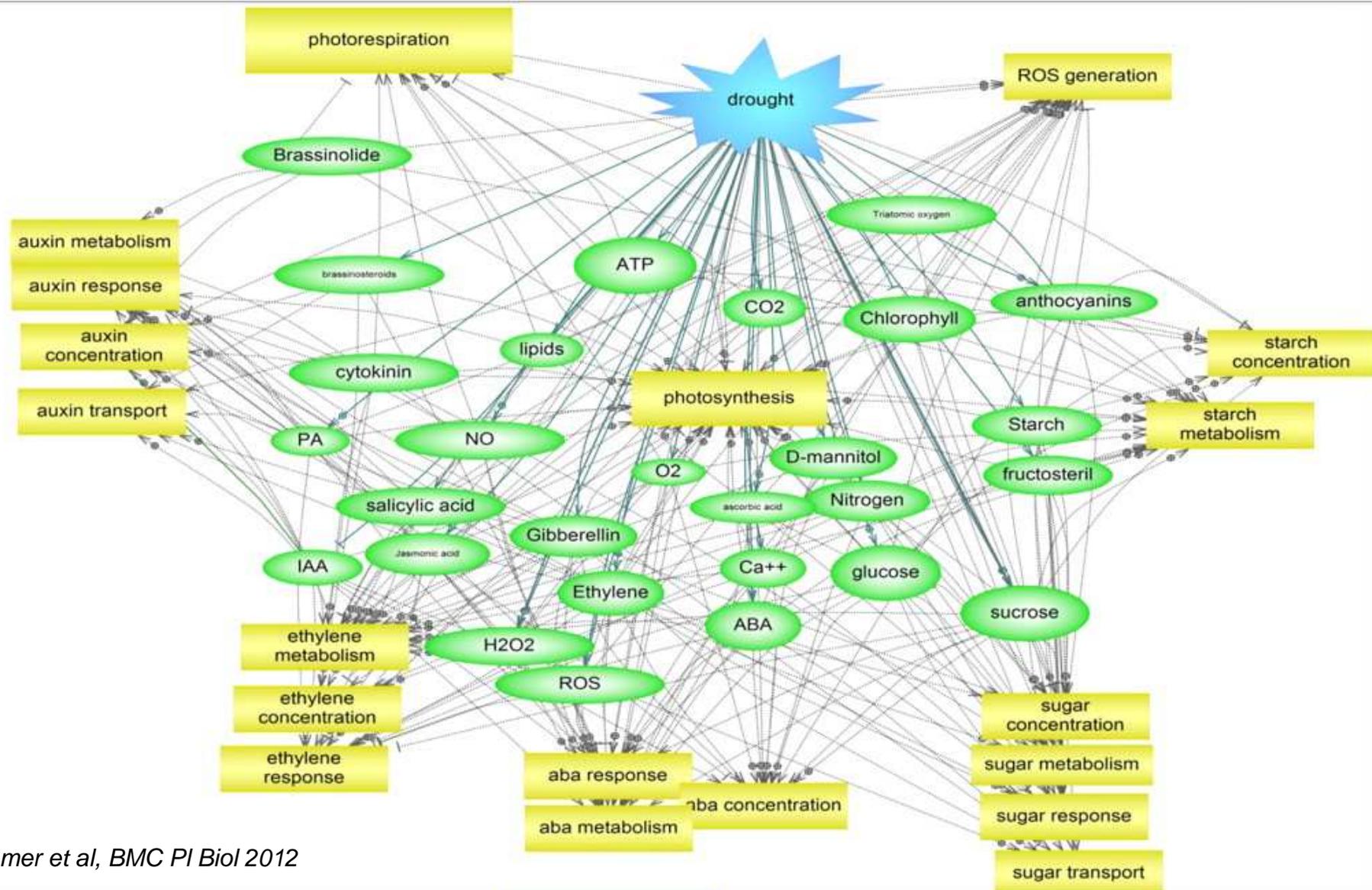
Les gènes répondant à des stress uniques chez les espèces modèles

- Gènes de résistance
- Stress Hydrique
- Stress Thermique
- Intrants (azote)



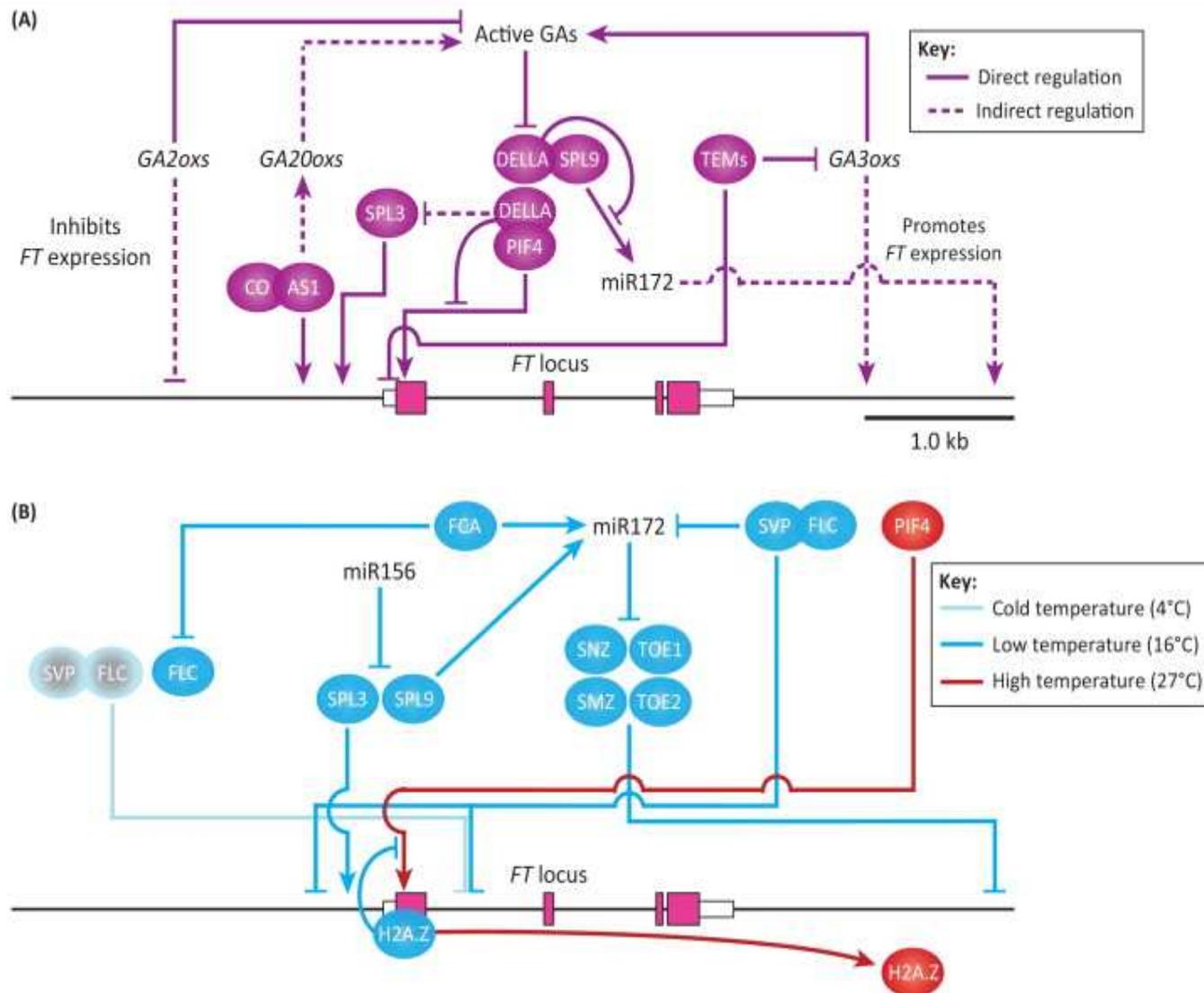
Transfert des espèces modèles aux cultivées : ? OGM de + en + fins

Multiplicité des réponses au niveau métabolique



Cramer et al, BMC PI Biol 2012

Réseau de gènes impliqués dans la floraison



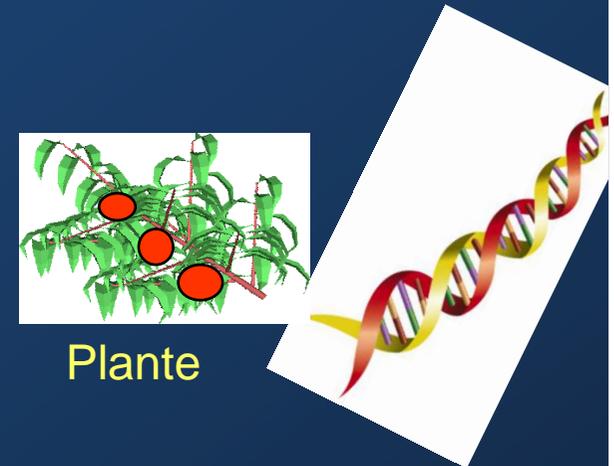
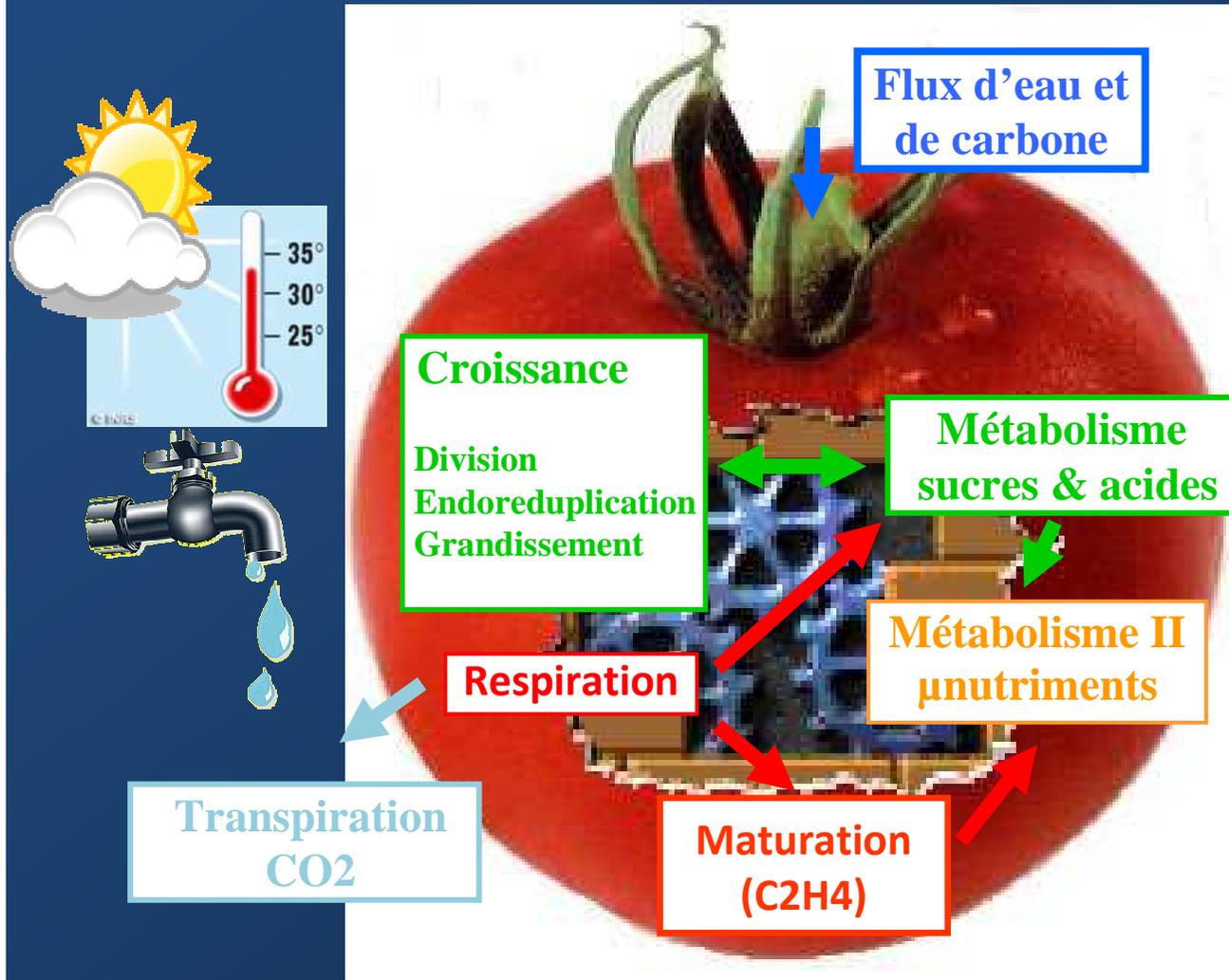
Hun et al, Trends in Plant Science 2013

TRENDS in Plant Science

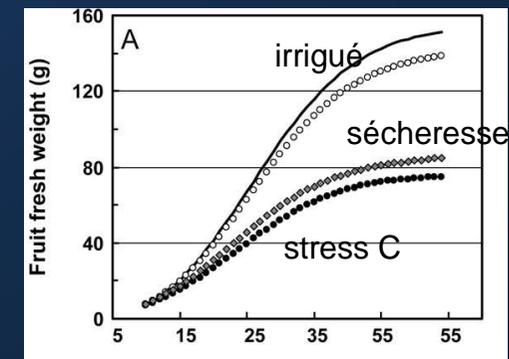
Des questions à la recherche

- **Réalité multi-stress** (? Synergie ou antagonismes)
 - Interactions biotique x abiotique
 - ou abiotique x 2
- **Intégration des connaissances multi-niveaux**
 - Biologie intégrative
 - Modélisation
- ➔ **Stress volontaires** → recherche de rusticité
- **Impact des stress sur la reproduction**
Production & qualité graines; Pollinisation

Modéliser pour mieux prédire



→ Simulations

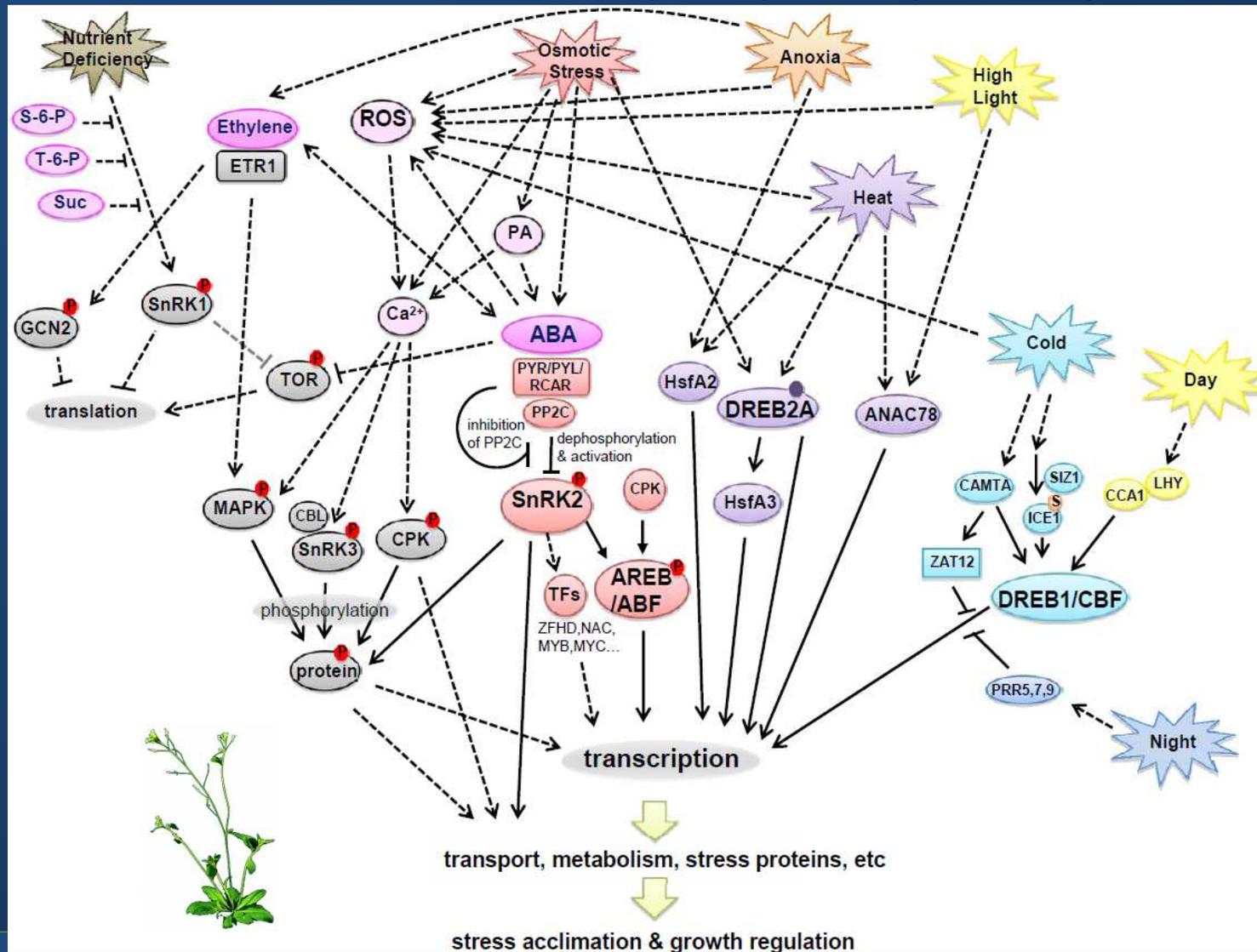


→ Exp° virtuelle

Modèle Fruit virtuel, PSH, INRA PACA

Des éléments de complexité

Interactions entre mécanismes de perception/réponse à plusieurs stress



Des verrous scientifiques : Ex - Lutte contre les bioagresseurs

Bioagresseurs non résolus :

Botrytis cinerea

Phytophthora infestans

Virus: TYLC, Pepino

L'insertion dans les
variétés de résistances
quantitatives est difficile

Des maladies ou ravageurs émergents
(*Bemisia tabaci*, *Tuta absoluta*)

Le complexe de bioagresseurs est
variable suivant le type de production



Tuta absoluta

Evolution parallèle des variétés et des systèmes de culture

Des alternatives au progrès génétique

- Porte-greffe
- Gestion intégrée des pathogènes

Changement des cultures ou des rotations

Des mélanges variétaux

- Réflexion locale de toute la filière
- Des variétés adaptées aux nouveaux systèmes

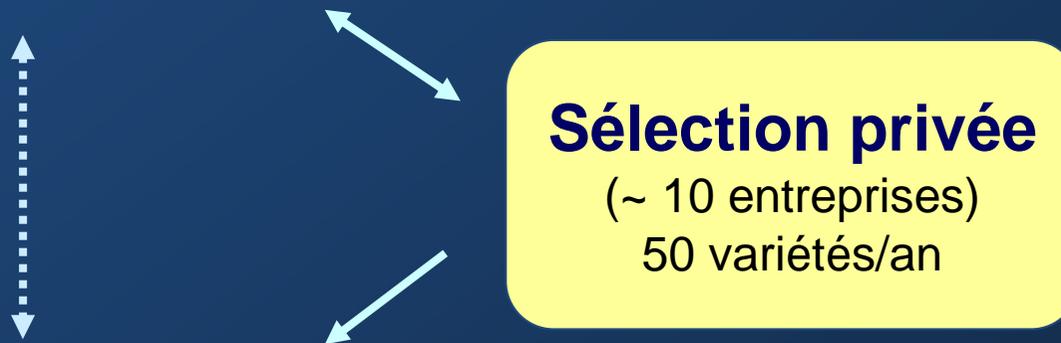
Les acteurs de l'innovation

INRA

- Connaissances en amont (critères, durabilité, génomique)
- Ressources Génétiques (en réseau x sélection)
- Sélection sur créneaux nouveaux ou pas travaillés



Garance HF1 INRA



Sélection privée

(~ 10 entreprises)
50 variétés/an

CTPS

CTIFL, Stations régionales

- Crible final
- Conseil

Producteurs

Les GIS (PICLeg, Fruits, HP2E), RED

Conclusion

Des méthodes d'amélioration de plus en plus efficaces

Marqueurs et génomes
Biotechnologies
Phénotypage

Besoin d'intégration à tous niveaux

pour gérer les incertitudes
pour définir les idéotypes

Des partenariats incontournables

Co-construire avec les agronomes et les écophysiologistes
pour la définition d'idéotypes
pour adapter les ITK aux variétés (et réciproquement)
pour de nouveaux systèmes de production

Avec les pathologistes pour les bio-agresseurs

De nouveaux programmes de recherche

- Méta-programmes INRA
- CASDAR

A l'international

- réseau multilocal; Où est-on pertinent ?
- Anticipation (patho émergents, réseaux sentinelles)

