



Laboratoire de Biologie des Ligneux
et des Grandes Cultures EA 1207



Quand l'épigénétique s'invite chez les plantes: de l'adaptation à l'environnement aux prospectives en amélioration



Prof. Stéphane MAURY
Université Orléans INRA (France)



AGRICULTURE ■ ALIMENTATION ■ ENVIRONNEMENT

Séances hebdomadaires publiques

Quel rôle de l'Épigénétique chez l'animal, **le végétal** et la bactérie ?

Adaptation à l'environnement, interactions hôte-pathogène.

Paris, le 14 Novembre 2018

Quelques particularités des plantes pour l'épigénétique : **développement**, **environnement**, **amélioration**

Vie fixée

Absence de lignée
germinale préétablie

Sensibilité
environnement

Domestication

Hybrides

Sélection

Biotechnologies
végétales

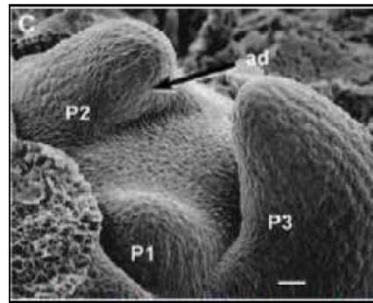
Développement
continu (méristème)

Rôles écologiques,
agronomiques

Forte plasticité
phénotypique

Annuelle, bisannuelle
et perenne

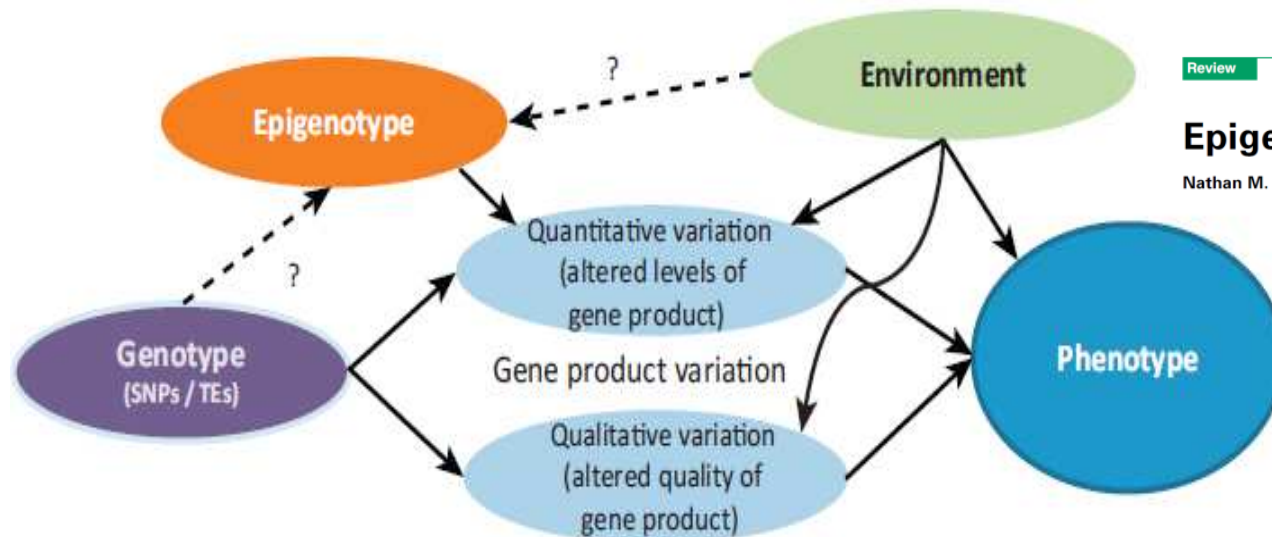
Multiplication **végétative**
(clone) ou **sexuée**



Exploitable en amélioration des plantes

Amélioration des plantes cultivées :

Epigénétique :



Review

Cell
PRESS

Epigenetics and crop improvement

Nathan M. Springer

TRENDS in Genetics

1. Optimiser un génotype pour des traits d'intérêt agronomique

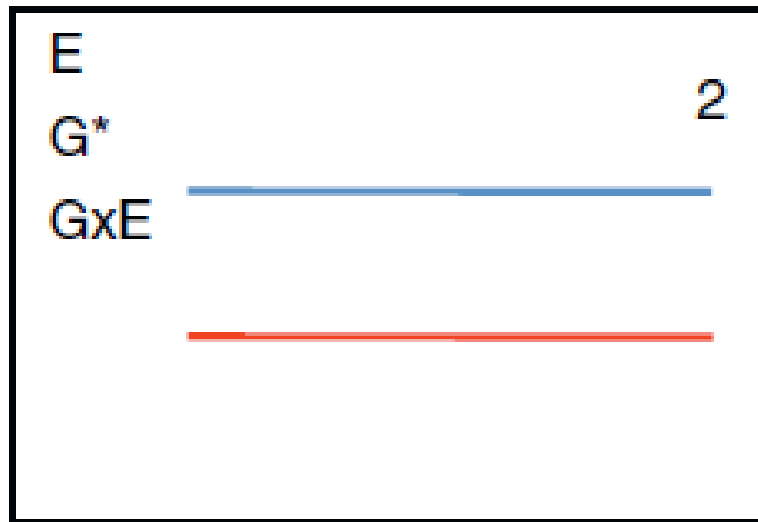
2. Exploiter le polymorphisme génétique (SNP)

1. Une information déterminante pour le phénotype et la réponse à l'environnement

2. Polymorphisme des marques de la chromatine (SMP, DMR...)

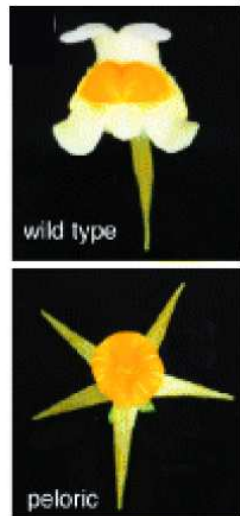
La composante épigénétique ?

Le génotype
(La séquence ADN seule ?)
détermine le phénotype



Les (épi)mutants naturels

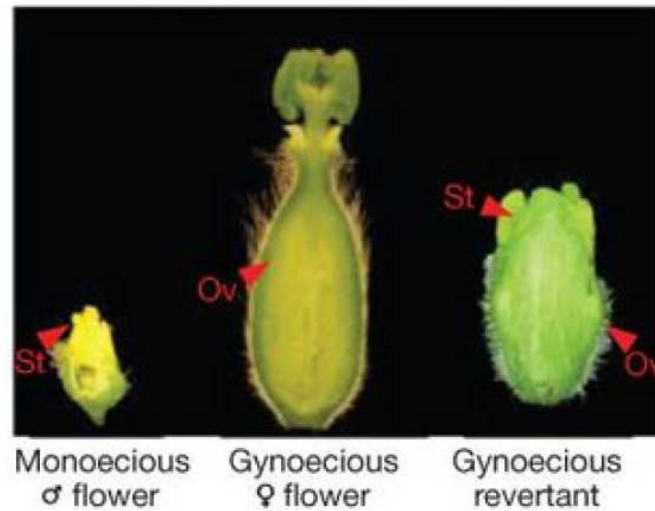
A



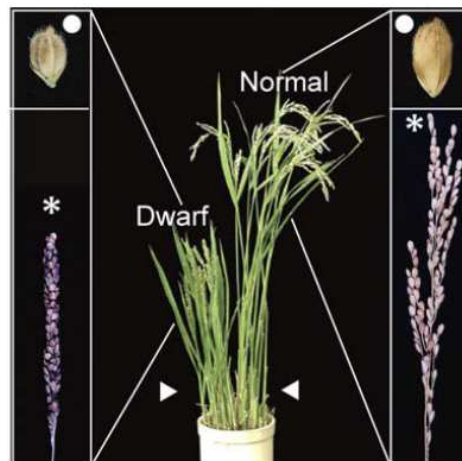
B



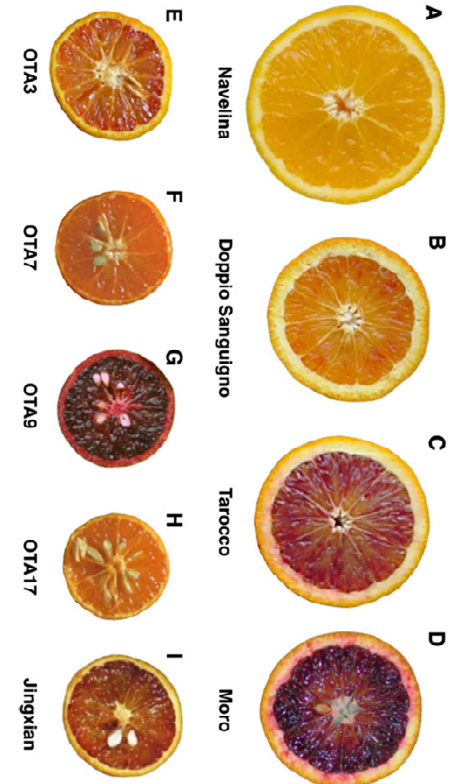
C



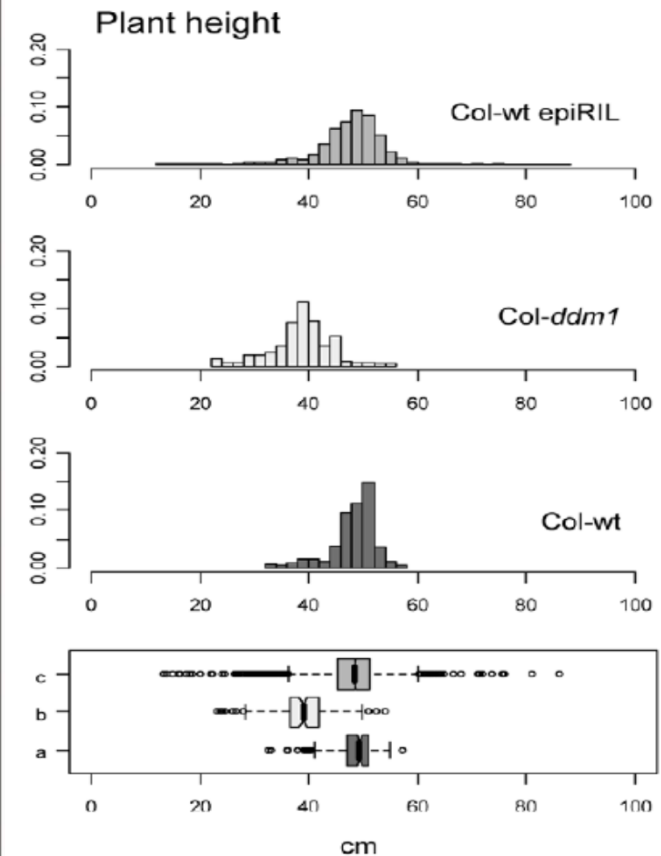
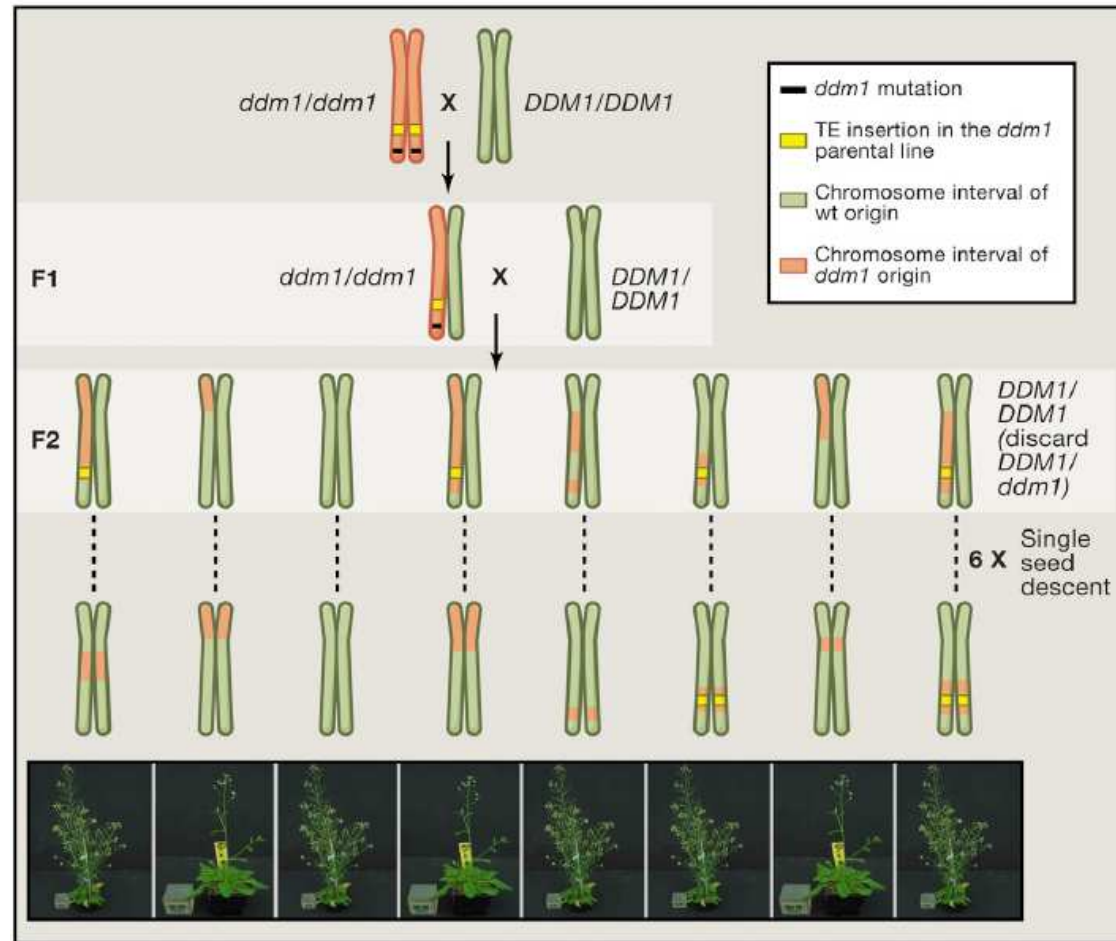
D



E



Les épimutants induits : EpiRILs



Mapping the Epigenetic Basis of Complex Traits

Sandra Cortijo *et al.*

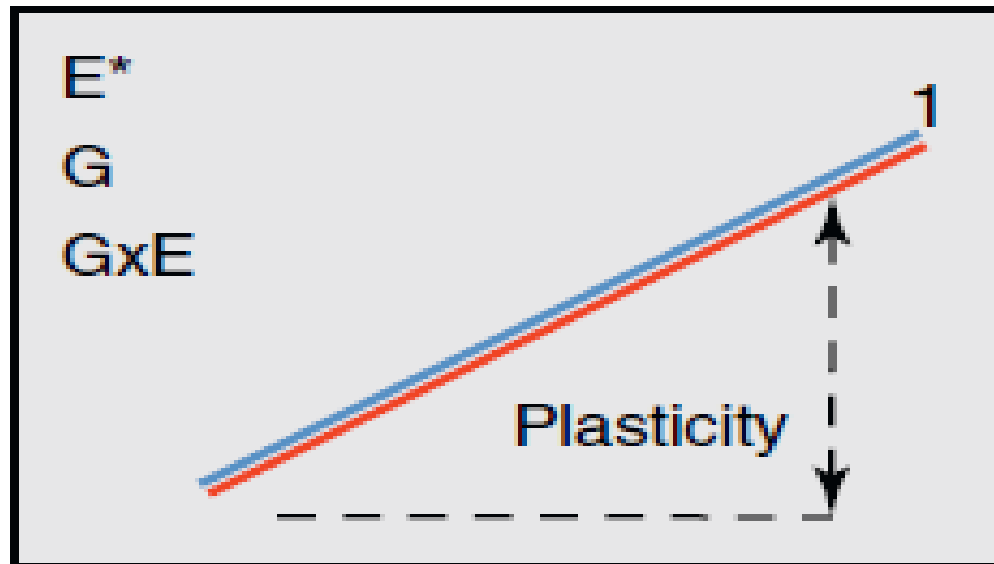
Science **343**, 1145 (2014);

DOI: 10.1126/science.1248127

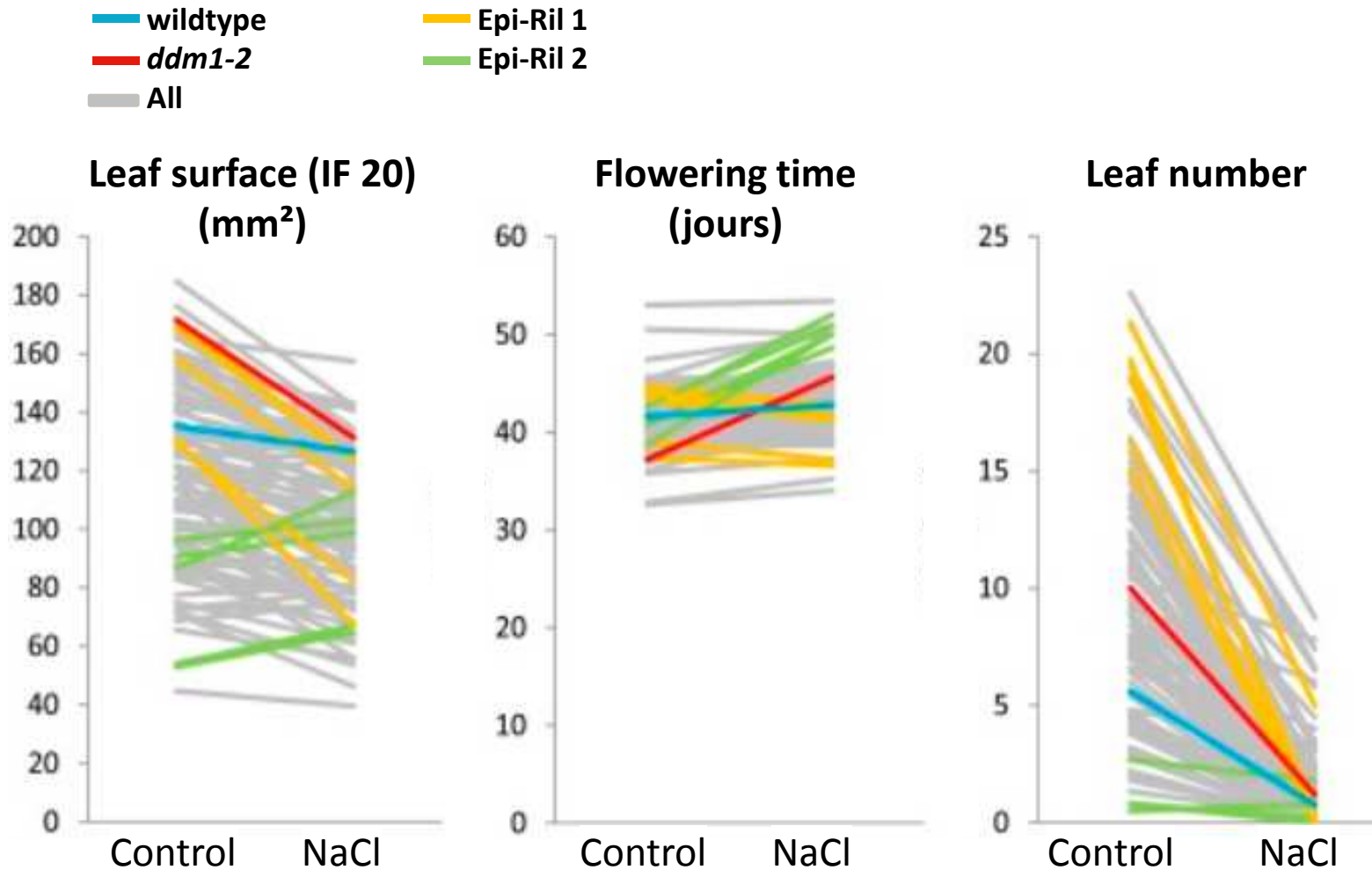
genome. We demonstrate that several of these differentially methylated regions (DMRs) act as bona fide epigenetic quantitative trait loci (QTL^{epi}), accounting for 60 to 90% of the heritability for two complex traits, flowering time and primary root length. These QTL^{epi} are reproducible

Epigénétique et environnement

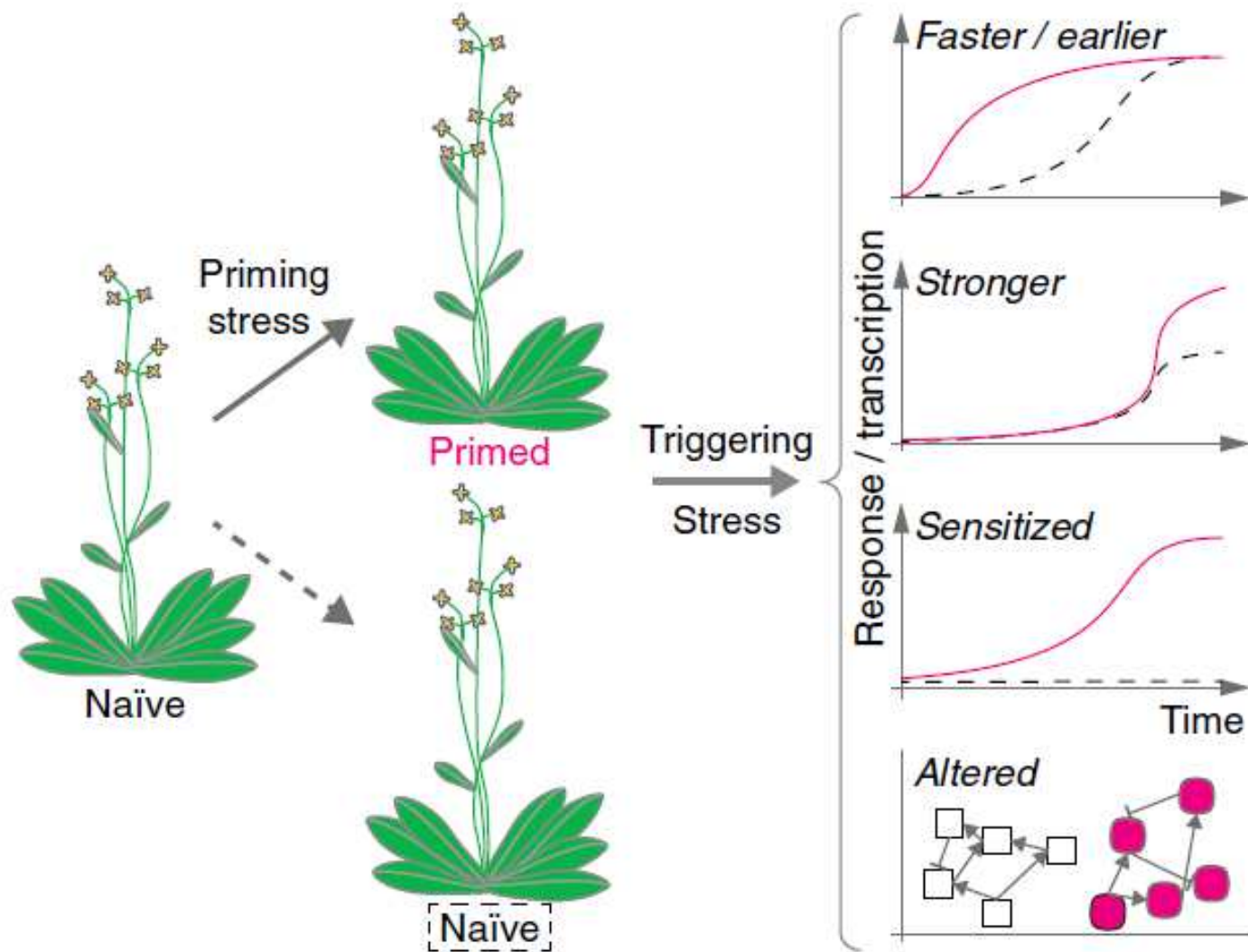
Plasticité phénotypique
(influence de l'environnement)



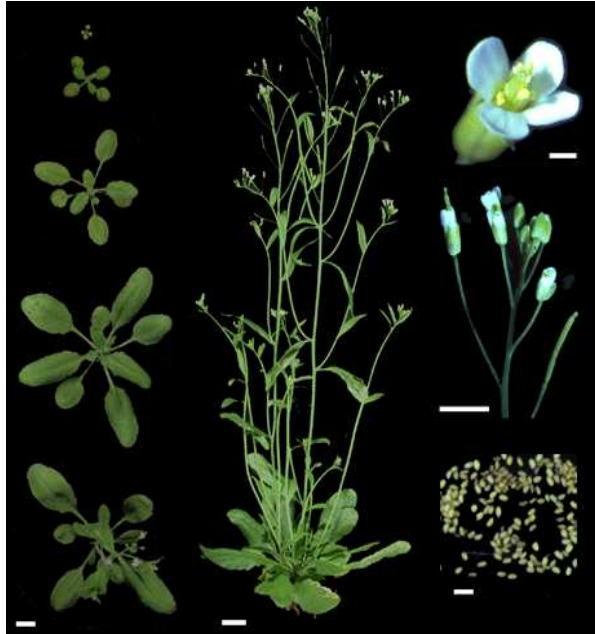
Epigénétique, environnement et Plasticité



Epigénétique, environnement et mémoire (priming)



Epigénétique, Environnement et plantes cultivées



Vernalization – a cold-induced epigenetic switch

Jie Song, Andrew Angel, Martin Howard and Caroline Dean*

John Innes Centre, Norwich Research Park, Norwich NR4 7UH, UK

Et les plantes cultivées ?

France : 1^{er} producteur mondial
45 000 emplois
3,8 milliards d'euros CA



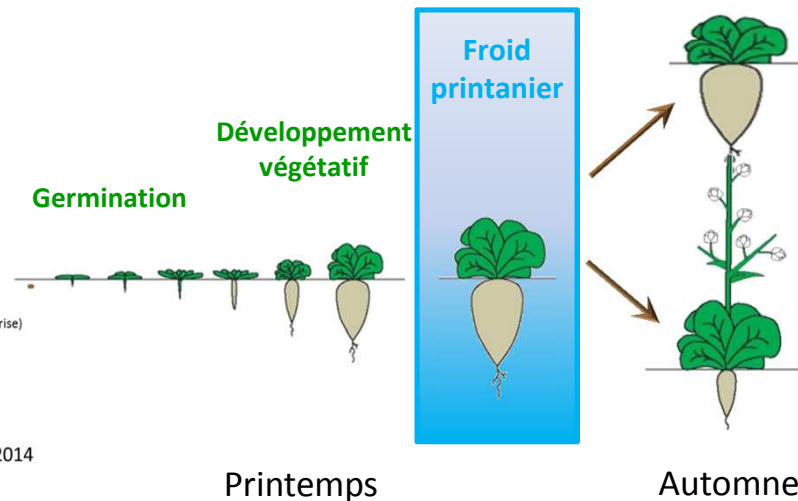
Steve Barnes
Marc Lefebvre
Glenda Willems
Guy Weyens

Stéphane Maury
Claude Joseph
Alain Delaunay
Adisa Causevic (Thèse MAE)
Marie-Véronique Trap-Gentil (Thèse Région-entreprise)
Claire Hébrad (Thèse Cifre)



Projet 1 : Marqueurs du potentiel de morphogenèse *in vitro*
Projet 2 : Marqueurs de la tolérance à la montaison
Projet 3 : Limagrain et hétérosis maïs

Maury et al., 2014



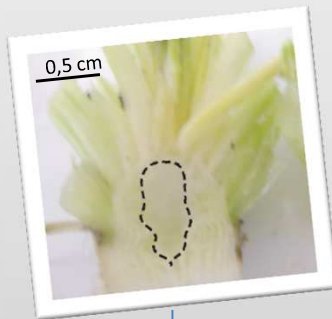
Récolte



Epigénétique et Betterave sucrière : 10 ans de collaboration (coord. S. Maury)



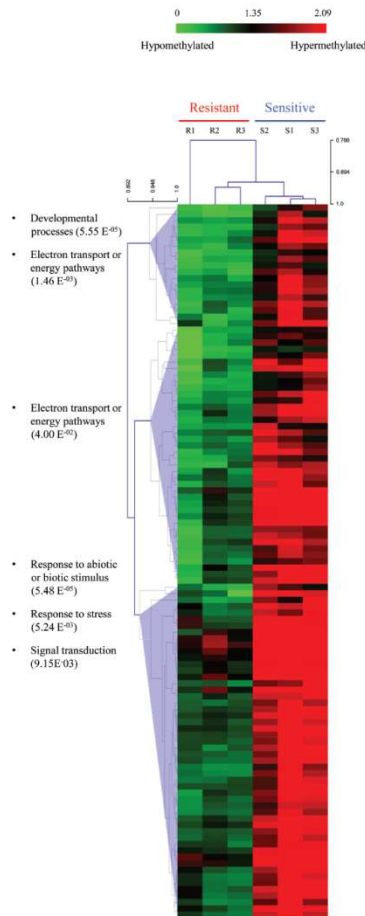
6 génotypes : 3 R et 3S



ADN génomique et MeDIP-chip

➤ 227 000 cibles analysées

➤ 111 DMRs : phytohormones, réponse environnement (froid) et montaison/floraison



Journal of Experimental Botany Advance Access published October 13, 2015

Journal of Experimental Botany
doi:10.1093/jxb/erv449

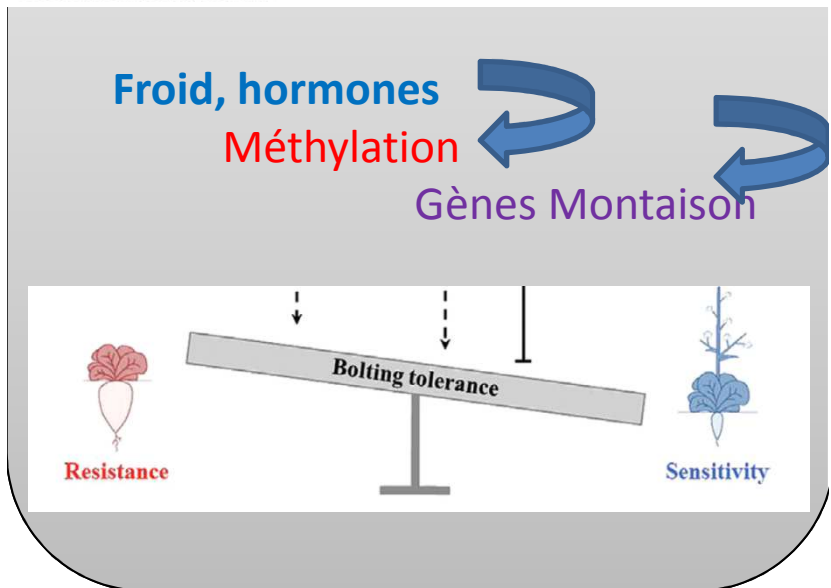
This paper is available online free of all access charges (see http://jxb.oxfordjournals.org/open_access.html for further details)



RESEARCH PAPER

Epigenomics and bolting tolerance in sugar beet genotypes

Claire Hébrard^{1,2,3,*}, Daniel G. Peterson¹, Glenda Willems³, Alain Delaunay^{1,2}, Béline Jesson⁵, Marc Lefebvre³, Steve Barnes³ and Stéphane Maury^{1,2,†}





Quand l'épigénétique s'invite chez les **ARBRES**: de l'adaptation à l'environnement aux prospectives en amélioration

Prof. Stéphane MAURY
Université Orléans INRA (France)

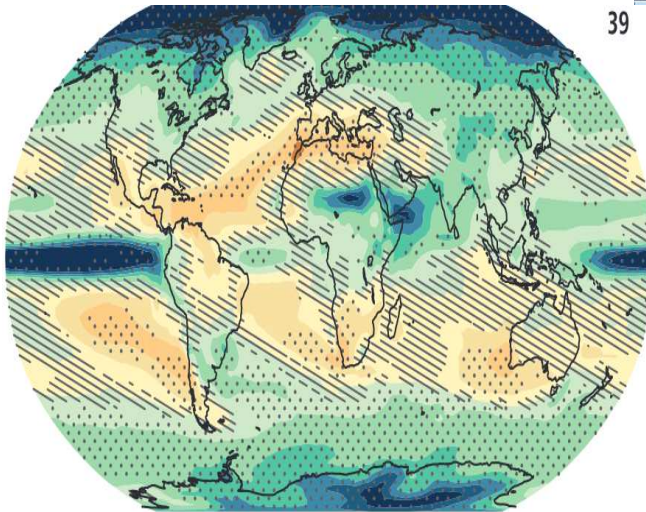


Séances hebdomadaires publiques

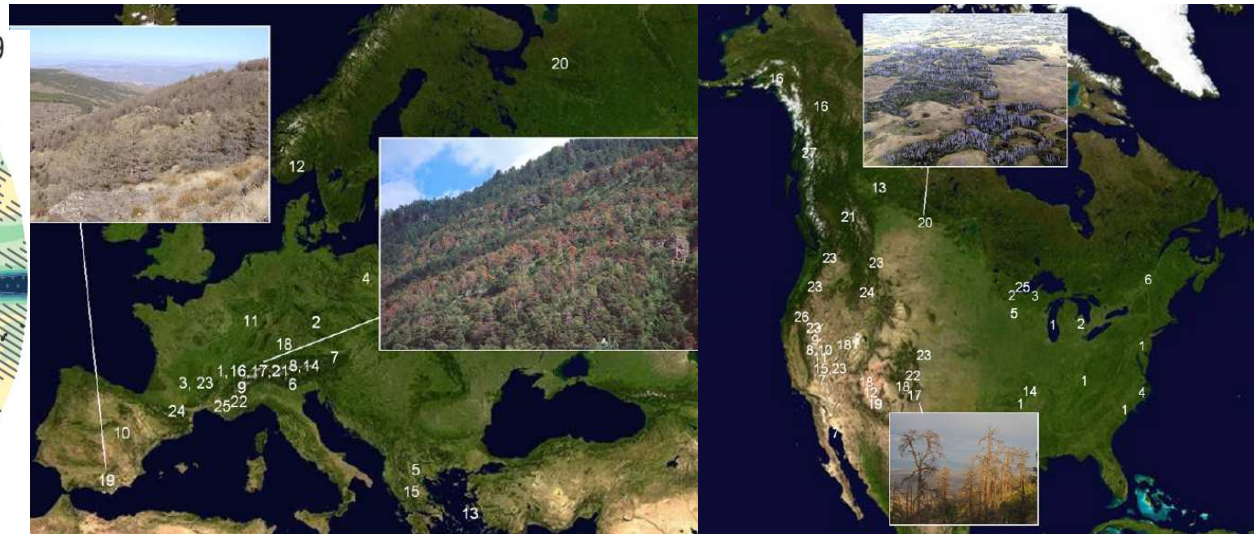
Quel rôle de l'Épigénétique chez l'animal, **le végétal** et la bactérie ?
Adaptation à l'environnement, interactions hôte-pathogène.

Paris, le 14 Novembre 2018

Les arbres : des modèles de plantes **perennes** soumis à des **contraintes récurrentes** avec le changement climatique : des modèles d'étude en épigénétique ?



Water availability 2080-2099-IPCC, 2014



Allen et al., 2010

Capacité des arbres à se maintenir
dans leur milieu d'origine

Ecology and Evolution



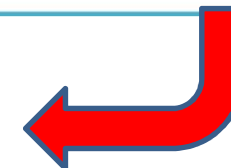
Open Access

Epigenetic regulation of adaptive responses of forest tree species to the environment

Katharina Bräutigam¹, Kelly J. Vining², Clément Lafon-Placette³, Carl G. Fossdal⁴, Marie Mirouze⁵, José Gutiérrez Marcos⁶, Silvia Fluch⁷, Mario Fernández Fraga⁸, M. Ángeles Guevara^{9,10}, Dolores Abarca¹¹, Øystein Johnsen¹², Stéphane Maury³, Steven H. Strauss², Malcolm M. Campbell^{1,13}, Antje Rohde¹⁴, Carmen Díaz-Sala¹¹ & María-Teresa Cervera^{9,10}

Inter générationnelle
Adaptation génétique

Intra générationnelle
Plasticité phénotypique



Le peuplier, un arbre modèle pour les études en épigénétique et sécheresse

Diversité des réponses à la sécheresse en fonction de l'intensité de la contrainte

Compartiment sauvage



Populations naturelles
(ex: *P. nigra*)



Adaptation

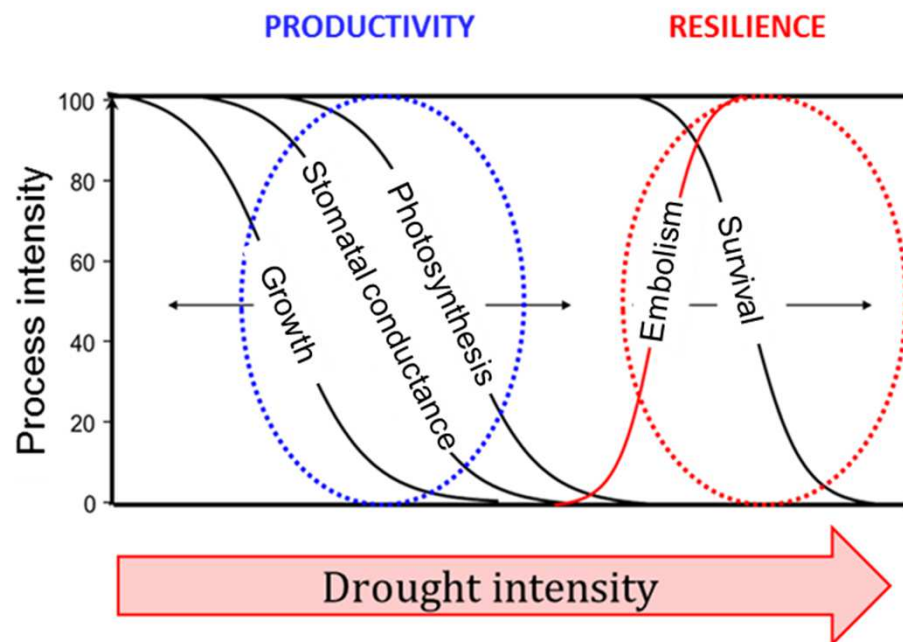
Compartiment cultivé



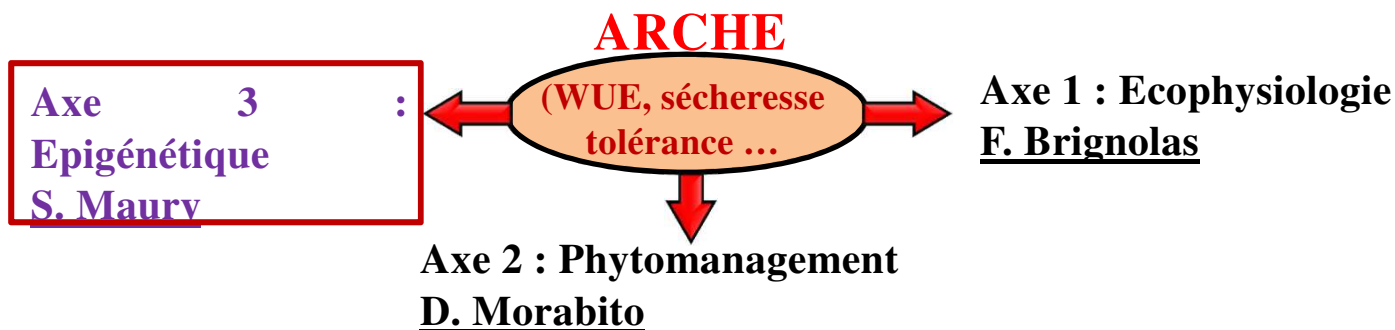
Plantations
(ex : hybrides)



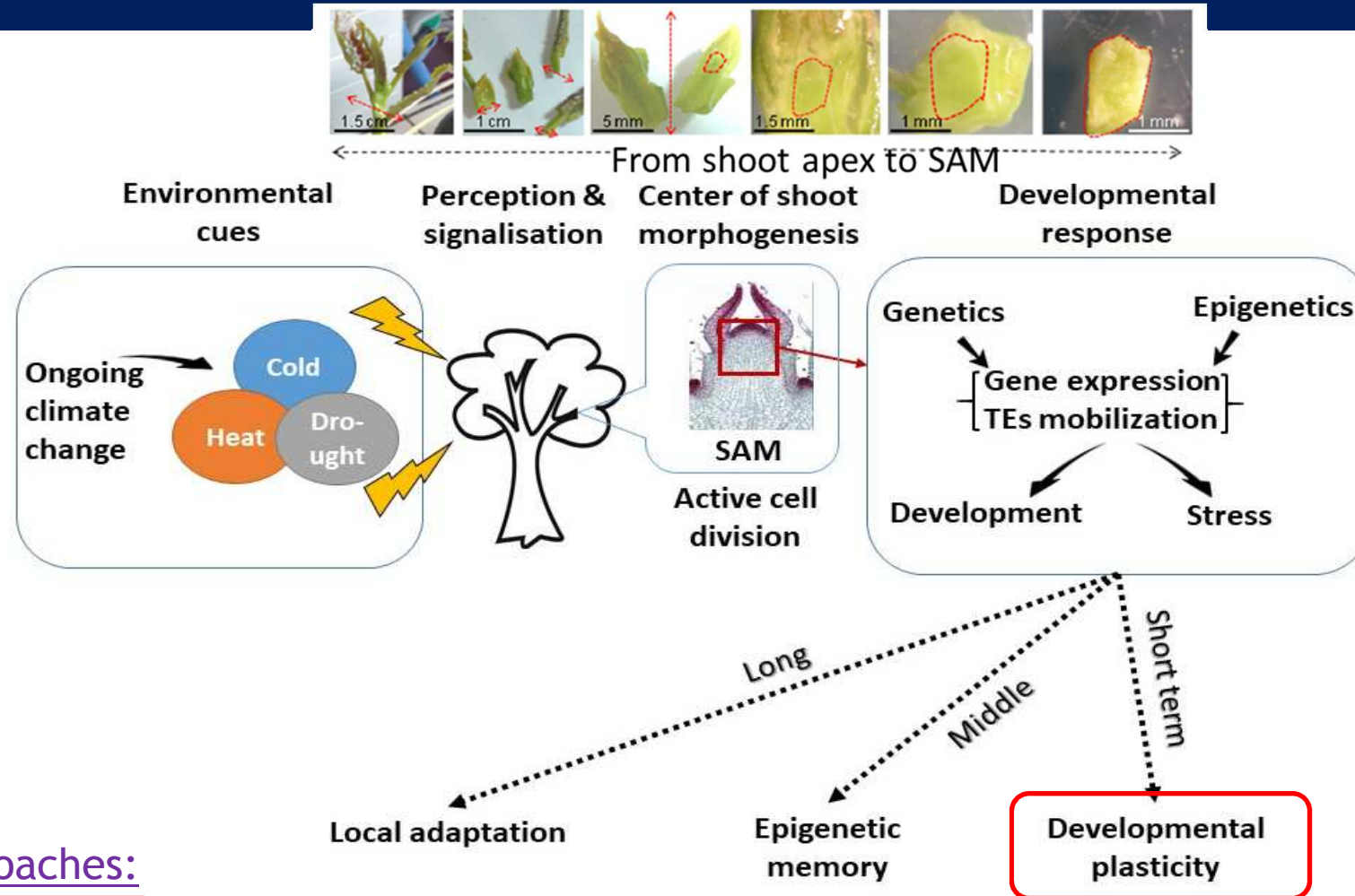
Amélioration & Gestion



Monclus *et al.* 2006; Fichot *et al.* 2010, 2015



Notre objectif : comprendre la composante épigénétique et son utilisation en amélioration



3 Approaches:

Correlative

Reverse genetics

Population

Gourcilleau et al 2010; Lafon-Placette et al 2013; Braütigam et al 2013; Zhu et al 2013; Teyssier et al 2014; Tocquard et al 2014; Bastien et al 2015; Plomion et al 2016; Conde et al 2017; Lafon-Placette et al 2018; Le Gac et al 2018; Sow et al 2018a; Sow et al bis 2018b



Une approche corrélative



Lafon-Placette et al 2018



1 genotype
clones
greenhouse



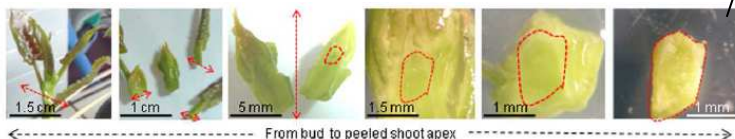
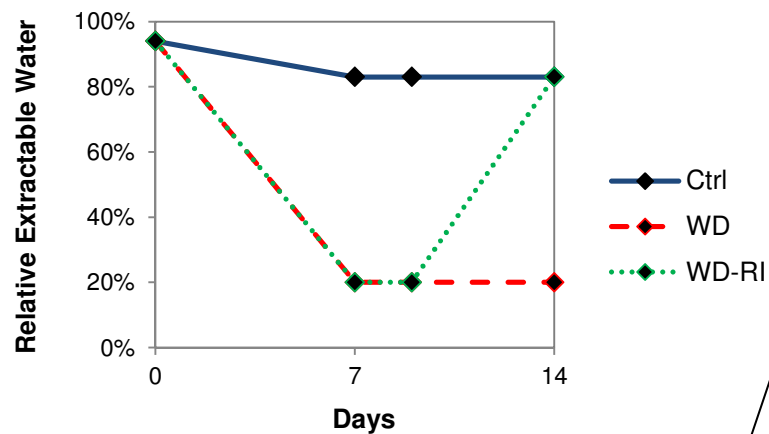
I. Hummel
MB. Bogeat-Triboulot
D. Le Thiec

Journal of
Experimental
Botany



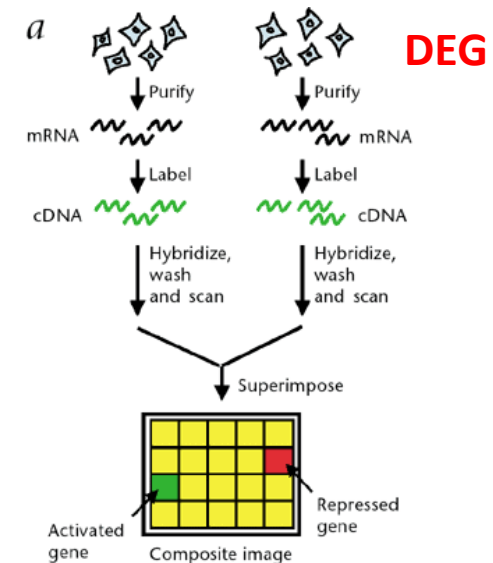
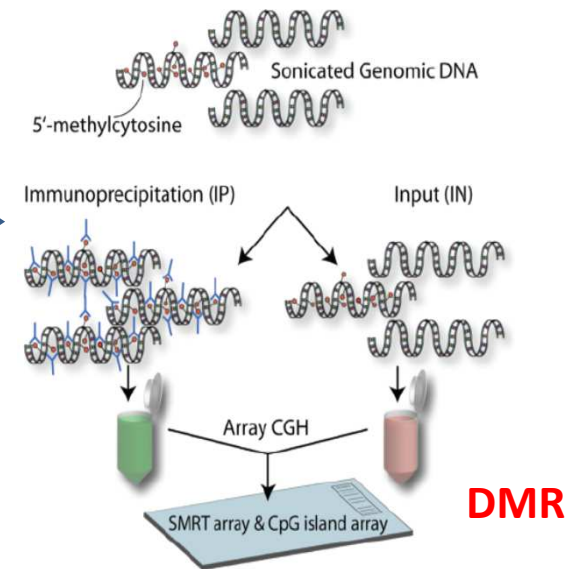
3 conditions:

- Well-Watered= 'WW'
- Water Deficit = 'WD'
- Water Deficit and Re-Watering = 'WD-RW'



MeDIP
Microarray
Custom array (1M)

Expression
Microarray
custom array (56 k)





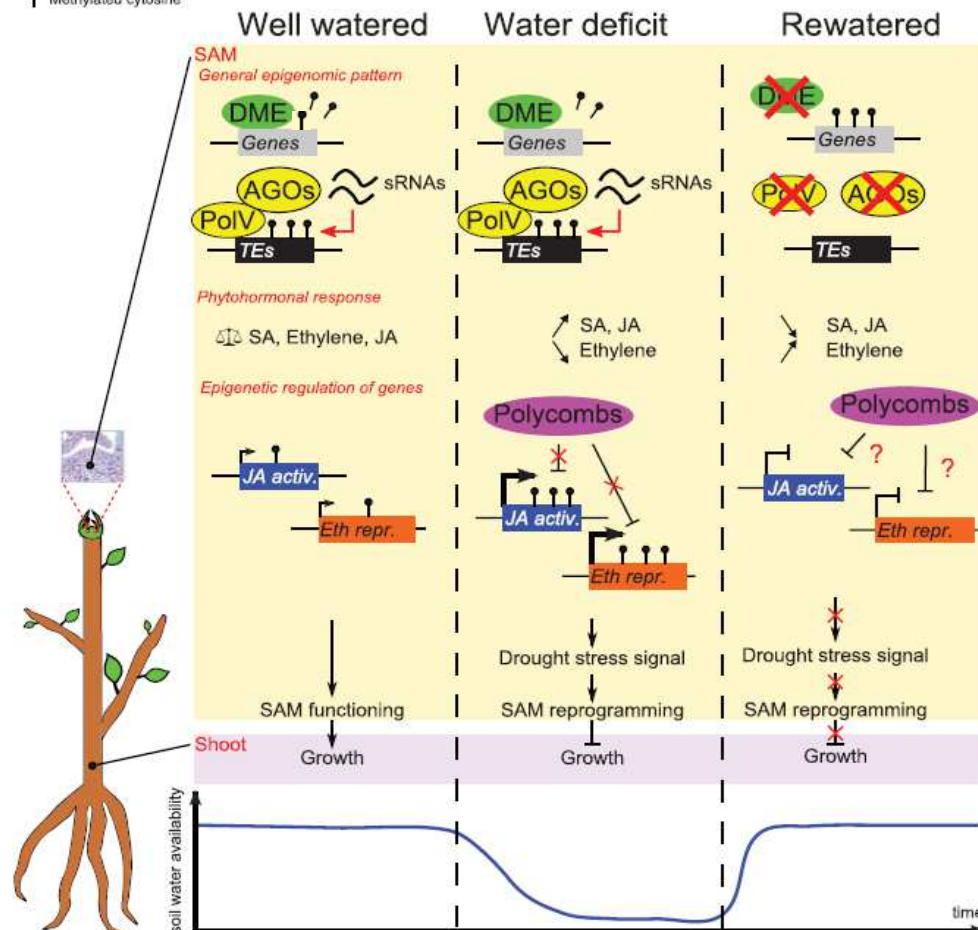
Clément Lafon-Placette

RESEARCH PAPER

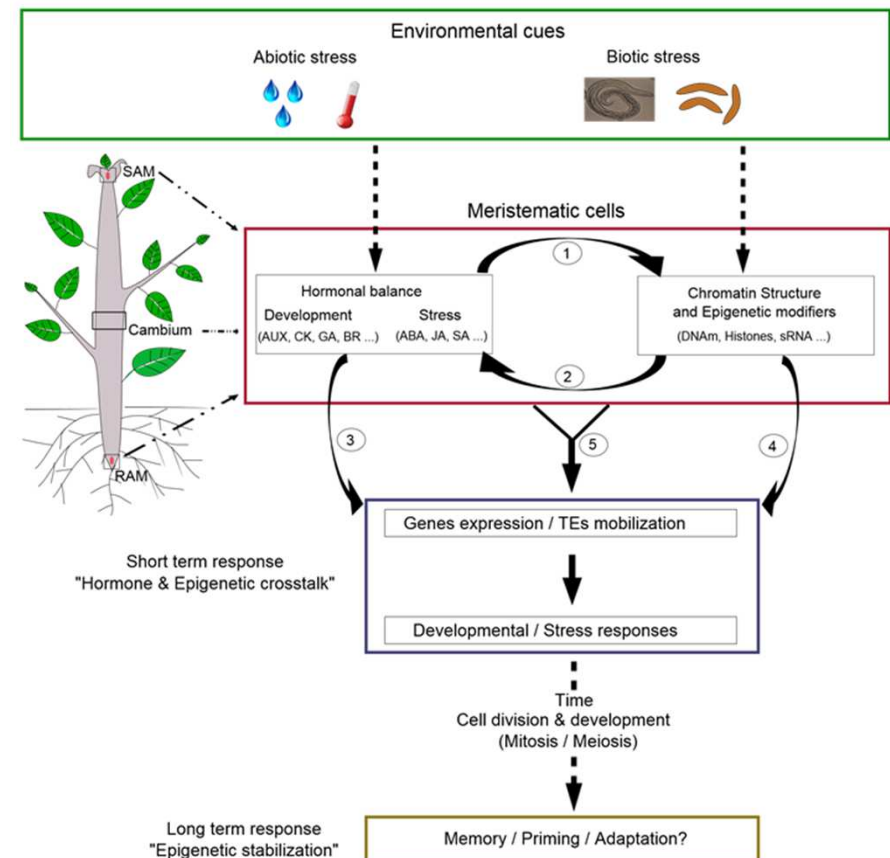
Changes in the epigenome and transcriptome of the poplar shoot apical meristem in response to water availability affect preferentially hormone pathways

Clément Lafon-Placette^{1,*}, Anne-Laure Le Gac¹, Didier Chauveau², Vincent Segura³, Alain Delaunay¹, Marie-Claude Lesage-Descauses³, Irène Hummel⁴, David Cohen⁴, Béline Jesson⁵, Didier Le Thiec⁴, Marie-Béatrice Bogeat-Triboulot⁴, Franck Brignolas¹, and Stéphane Maury^{1,†}

† Methylated cytosine



Crosstalk epigenetics /
phytohormones
An epigenetic stabilization?



Lafon-Placette et al 2018; Maury et al under review



Pr S. Strauss

Planta
DOI 10.1007/s00425-013-1858-4

ORIGINAL ARTICLE

Poplars with a *PtDDM1-RNAi* transgene have reduced DNA methylation and show aberrant post-dormancy morphology

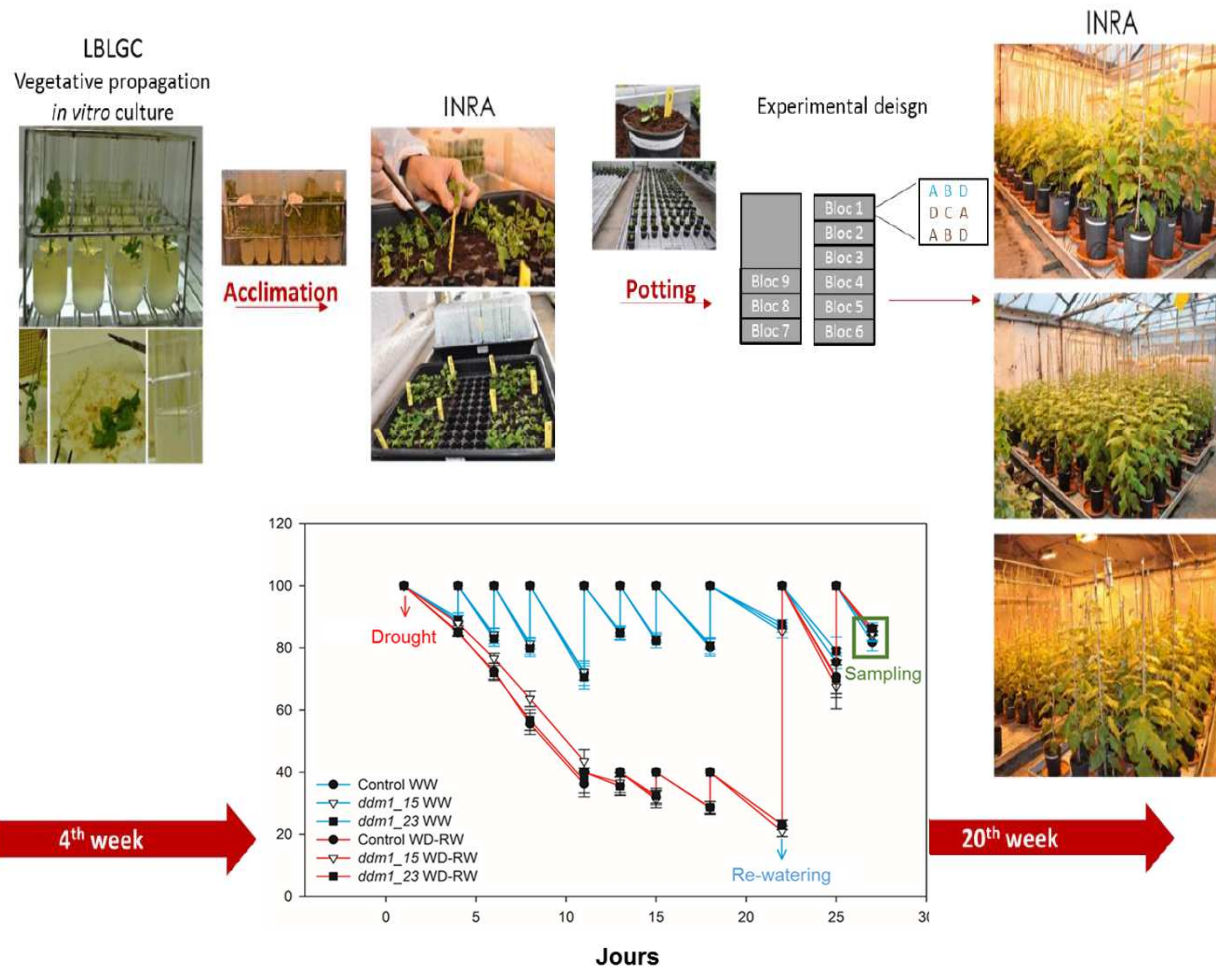
Ruoqing Zhu · Olga Shevchenko · Cathleen Ma ·
Stéphane Maury · Michael Freitag · Steven H. Strauss



Anne-Laure Le Gac

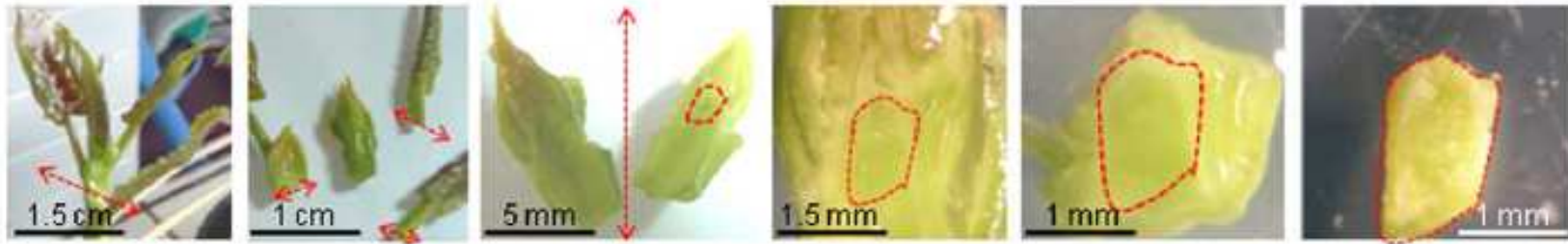
LBLGC
Laboratoire de Biologie des Ligneux
et des Grandes Cultures
UPRES EA 1207

Pr S. Maury

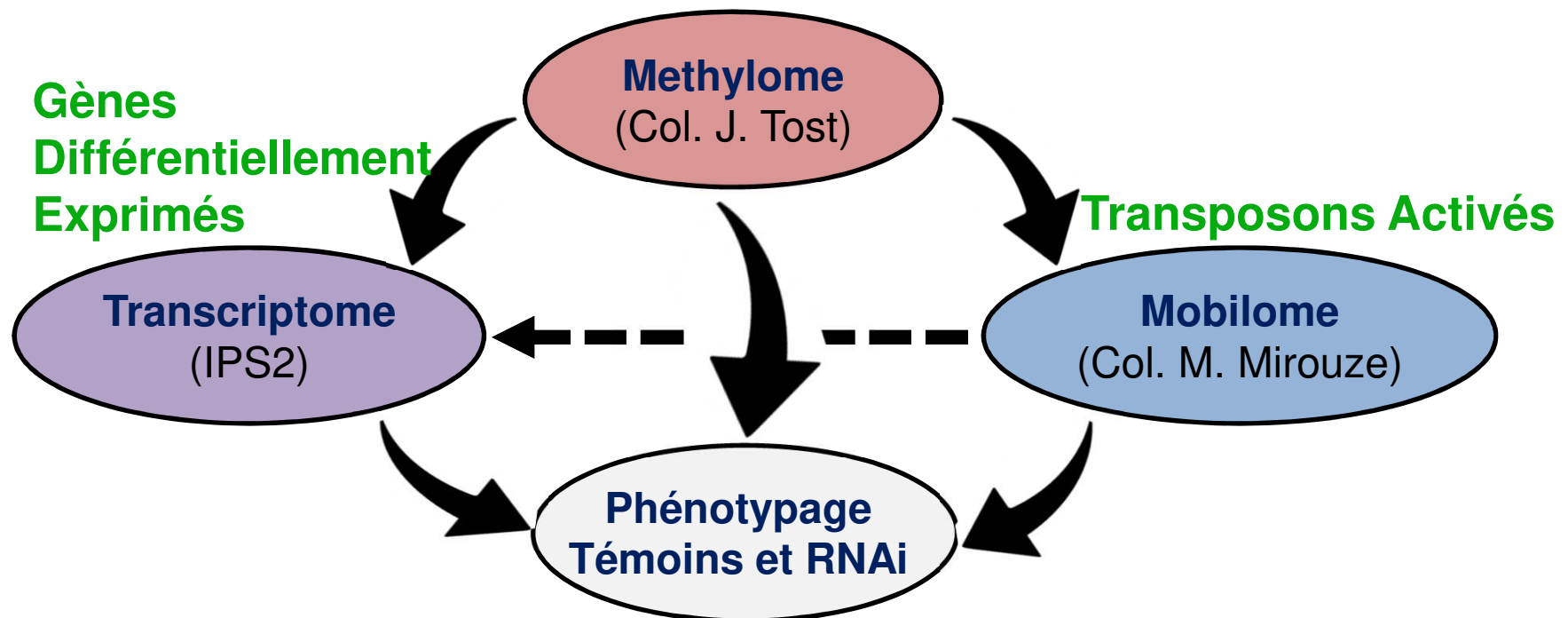


Le Gac, Sow in prep

Caractérisation (épi)génomique des peupliers hypométhylés plus tolérants à la sécheresse



Régions Différentiellement Méthylées



Déterminants de la tolérance à la sécheresse Le Gac, Sow in prep



ANR



Anne-Laure
Le Gac

RESEARCH PAPER

Winter-dormant shoot apical meristem in poplar trees shows environmental epigenetic memory

Anne-Laure Le Gac^{1,†}, Clément Lafon-Placette^{1,‡}, Didier Chauveau², Vincent Segura³, Alain Delaunay¹, Régis Fichot¹, Nicolas Marron⁴, Isabelle Le Jan¹, Alain Berthelot⁵, Guillaume Bodineau⁶, Jean-Charles Bastien³, Franck Brignolas¹, and Stéphane Maury^{1,*,§}

Journal of
Experimental
Botany



Active SAM



Dormant SAM



2 régimes en eau



3 sites

SYLVABIOM

871 DMRs

1 391 DMRs

(A) Favorable
growth conditions



6 months

DMRs

DMRs conservation

(B) Unfavorable
growth conditions



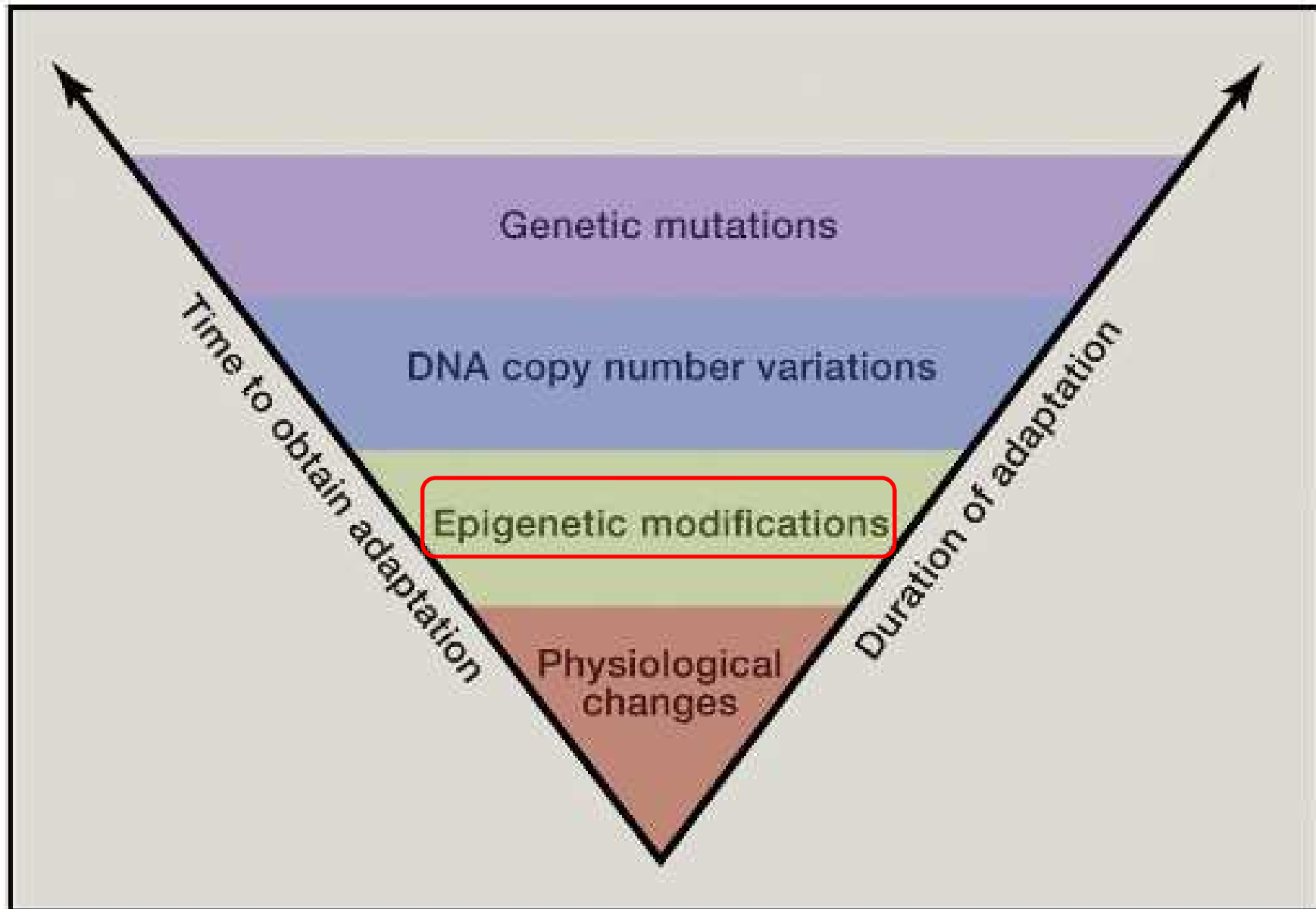
Spring / Summer 1

Winter



<http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Biologie-vegetale/Toutes-les-actualites/Travaux-pionniers-sur-la-memoire-de-la-secheresse-chez-les-arbres>

Modèle pour le rôle de l'épigénétique



EPITREE

2018-2021 (S. Maury)


 Laboratoire de
Mathématiques
et Modélisation
d'Évry


 BioForA


 biogeco


 GDEC
Génétique Forestière Ecophysiologie – Céréales


 cea


 LBLGC
Laboratoire de Biologie des Ligneux
et des Grandes Cultures
UPRES EA 1207

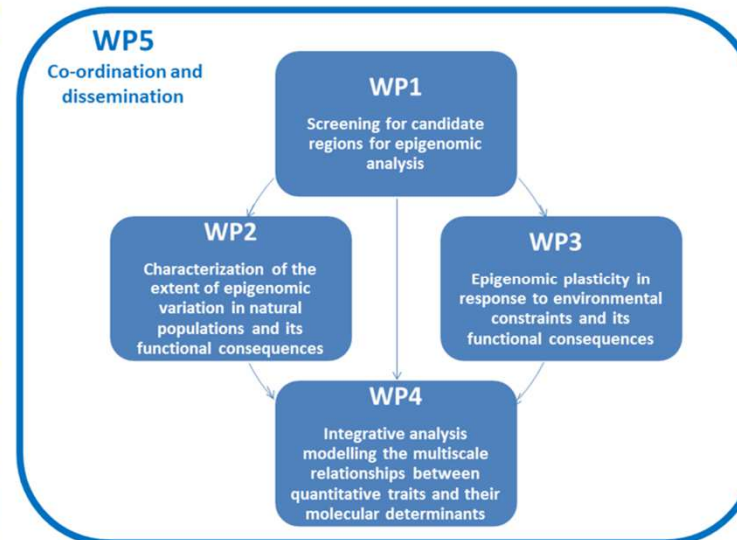
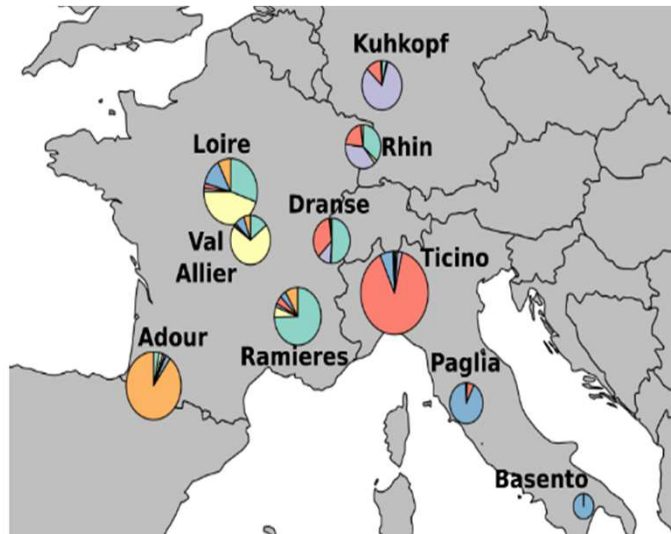

 CBGP
UPM-INIA


 OSU
Oregon State
UNIVERSITY

Coordination : S. Maury

Two emblematic trees:
Poplar and Oak

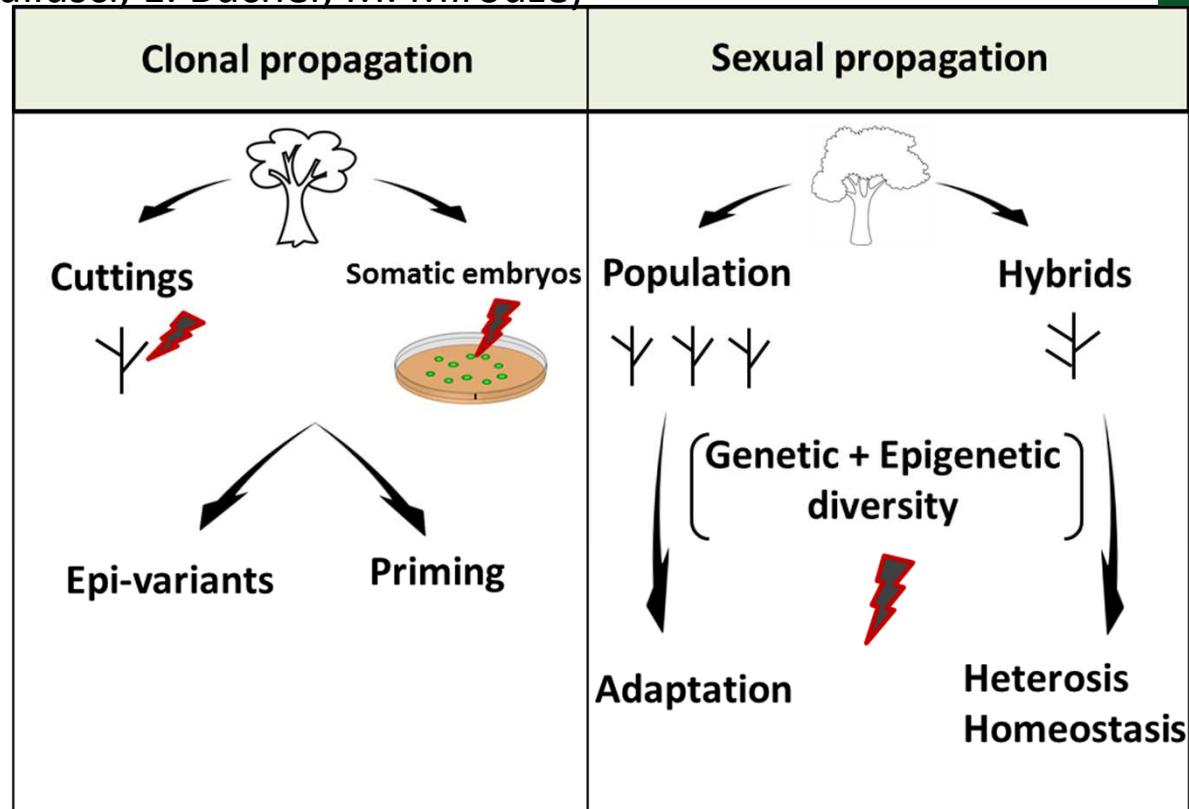
EPITREE will achieve its objectives through **five**
WorkPackages (WPs):



Comment utiliser l'épigénétique en amélioration des arbres ?

Epigenetics and Breeding, Sow et al Volume 88, 1st Edition, dec. 2018
(Éditeurs : P. Gallusci, E. Bucher, M. Mirouze)

Advances in
**BOTANICAL
RESEARCH**



↓

Elite individual
Assisted Migration
Forest deployment

February 2017

Epigenetics in plant breeding

The “Groupement d’Intérêt Scientifique Biotechnologies Vertes” (GIS BV), the “Animation Scientifique Biotechnologies Végétales” of the INRA Division “Plant Biology and Breeding” and the “Plant Biology and Biotechnologies” working group (GT4) of the AllEnvi Alliance organized a scientific workshop on November 9, 2015 on the topic of “Taking into account epigenetic processes for plant breeding” in Paris (France). Eighty-eight scientists from the public and private members along with scientists from non-members of the GIS BV gathered at this event. The workshop was organized in two sessions of presentations followed by a global discussion. The first session was dedicated to epigenetic processes and their potential consequences in plant breeding. The second one presented research projects applied to plants of agricultural interest. This paper summarizes the strategies identified and addresses the research opportunities for the French public-private community, in light of the scientific and socio-economic issues regarding the understanding of epigenetic processes in plants and their potential interest in plant breeding.

Des pistes originales pour l'utilisation de l'épigénétique en amélioration des plantes

Thieme et al. *Genome Biology* (2017) 18:134
DOI 10.1186/s13059-017-1265-4

Genome Biology

NATURE REVIEWS | GENETICS

VOLUME 18 | SEPTEMBER 2017 | 563

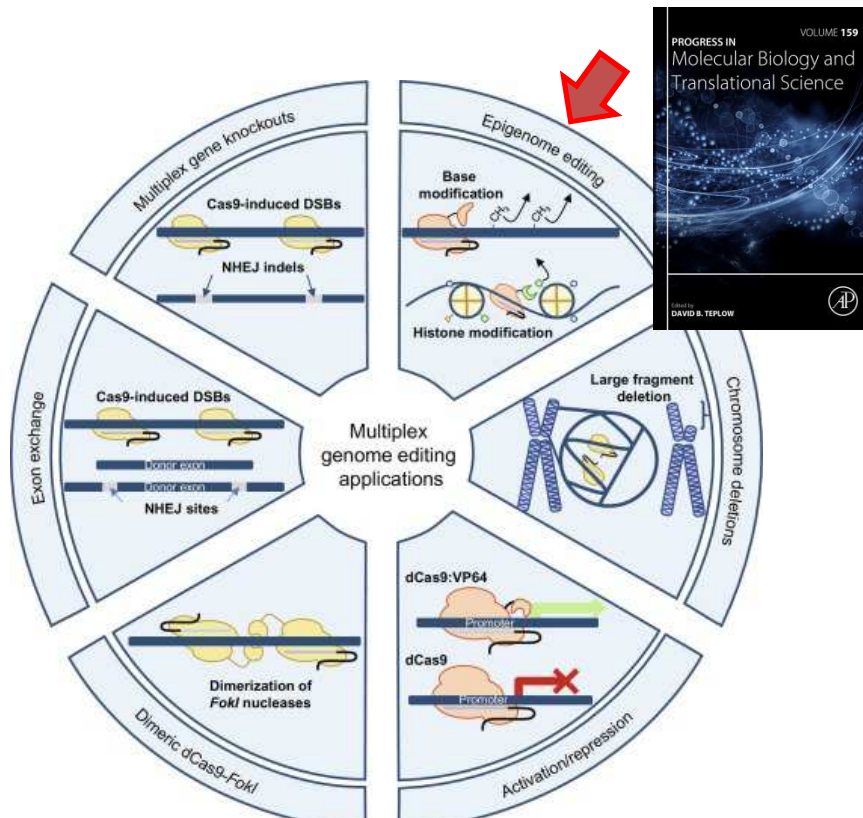
RESEARCH

Open Access



Inhibition of RNA polymerase II allows controlled mobilisation of retrotransposons for plant breeding

Michael Thieme¹, Sophie Lanciano^{2,3}, Sandrine Balzergue⁴, Nicolas Daccord⁴, Marie Mirouze^{2,3} and Etienne Bucher^{1*}

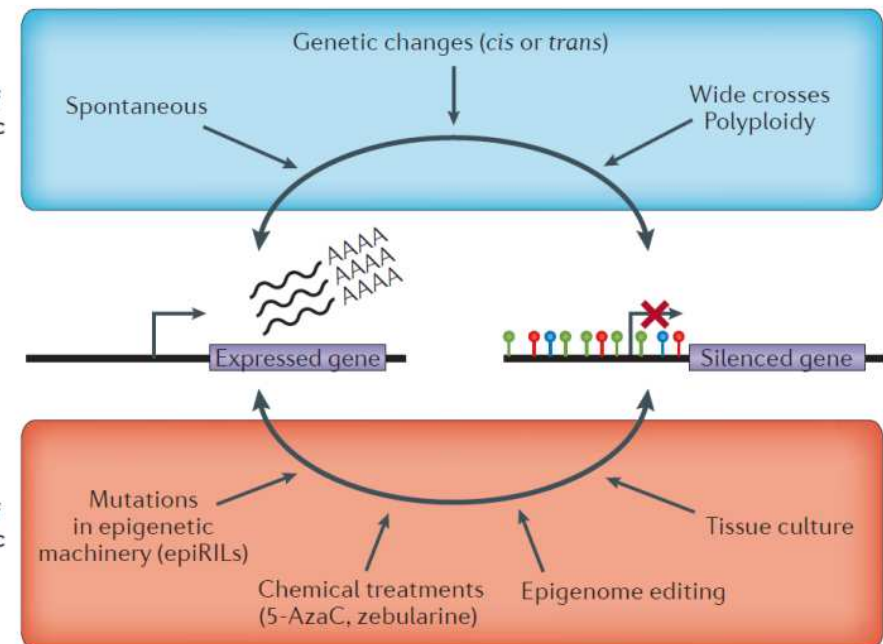


Exploiting induced and natural epigenetic variation for crop improvement

Nathan M. Springer¹ and Robert J. Schmitz²

a

Natural sources of epigenetic variation





C. Lafon-Placette
AL. Le Gac
MD. Sow
A. Delaunay

F. Brignolas
I. Le Jan
R. Fichot
S. Maury



2018-2021

Evolutionary and functional impact of ePIgenetic variation in forest TREES



V. Segura
C. Bastien
MA. Lelu-Walter



. D Chauveau



V. Courdavault
T. Dugé de Bernonville



C. Grunau
C. Chaparro



M. Mirouze
S. Lanciano



J. Tost



B. Pujol
D. Gourcilleau



D. Barloy
J. Génitoni



J. Salse



C. Ambroise
S. Gribkova



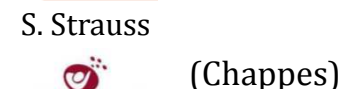
C. Plomion
G. Le-Provost



I. Hummel
MB. Bogeat-Triboulot
D. Le Thiec



I. Allona
D. Conde
M. Perales
P. González-Melendi



JP. Martinant

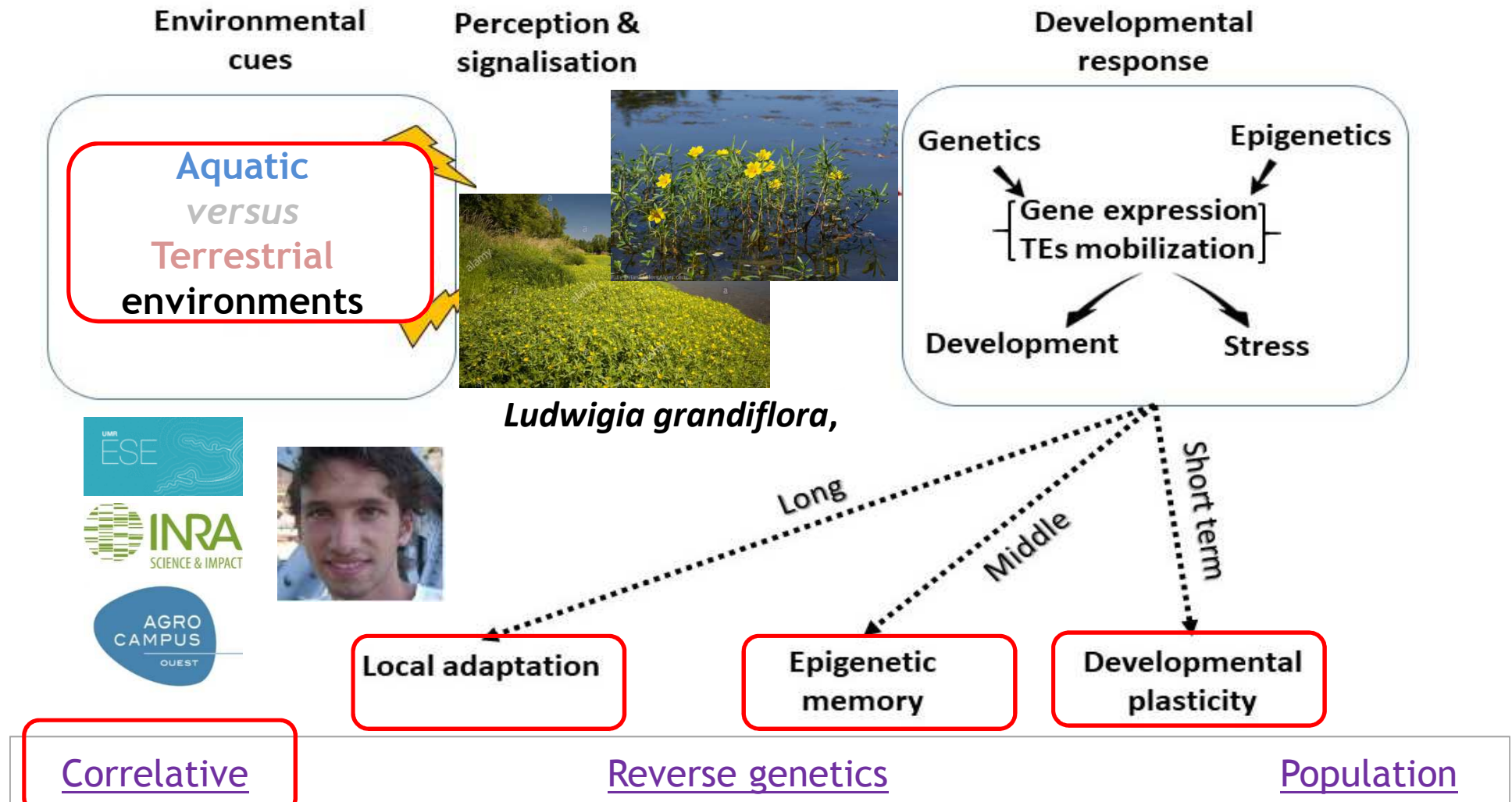


JF. Trontin
A. Berthelot



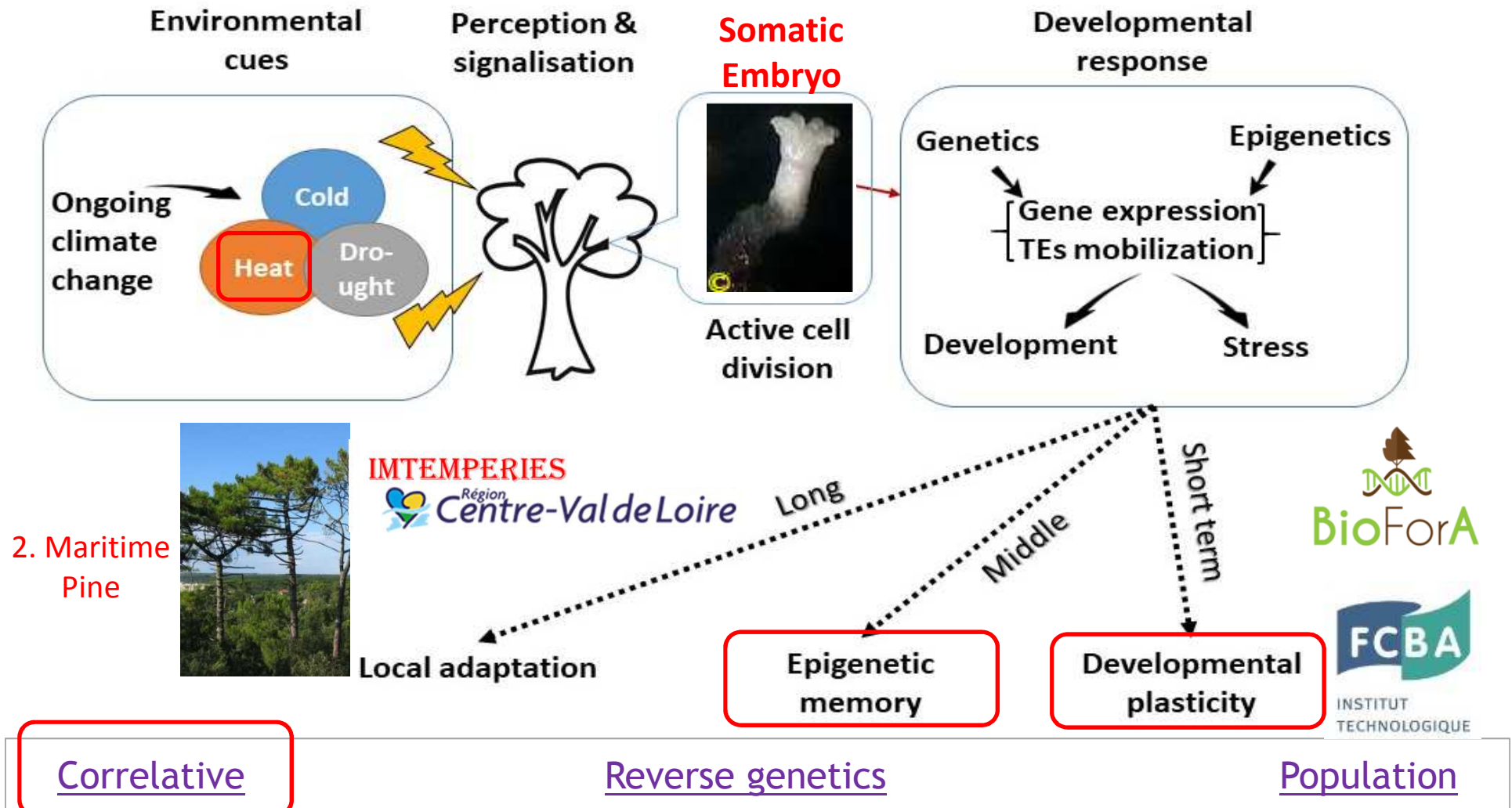
SES VANDERHAVE
Steve Barnes
Marc Lefebvre
Glenda Willems
Guy Weyens

Epigénétique et adaptation rapide chez les espèces invasives (col. D. Barloy, ESE Rennes)



Gourcilleau et al 2010; Lafon-Placette et al 2013; Braütigam et al 2013; Zhu et al 2013; Teyssier et al 2014; Tocquard et al 2014; Bastien et al 2015; Plomion et al 2016; Conde et al 2017; Lafon-Placette et al 2018; Le Gac et al 2018; Sow et al 2018a; Sow et al 2018b

Epigénétique, mémoire et embryogenèse somatique (MA Lelu-Walter BioForA Orléans, JF Trontin, FCBA)

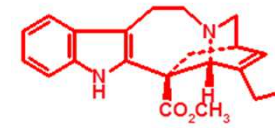


Gourcilleau et al 2010; Lafon-Placette et al 2013; Braütigam et al 2013; Zhu et al 2013; Teyssier et al 2014; Tocquard et al 2014; Bastien et al 2015; Plomion et al 2016; Conde et al 2017; Lafon-Placette et al 2018; Le Gac et al 2018; Sow et al in press; Sow et al bis (minor revision)

Epigénétique, différenciation cellulaire et métabolisme (coord. V. Courdavault, BBV Tours)



ABISAL



Merci de votre attention

