

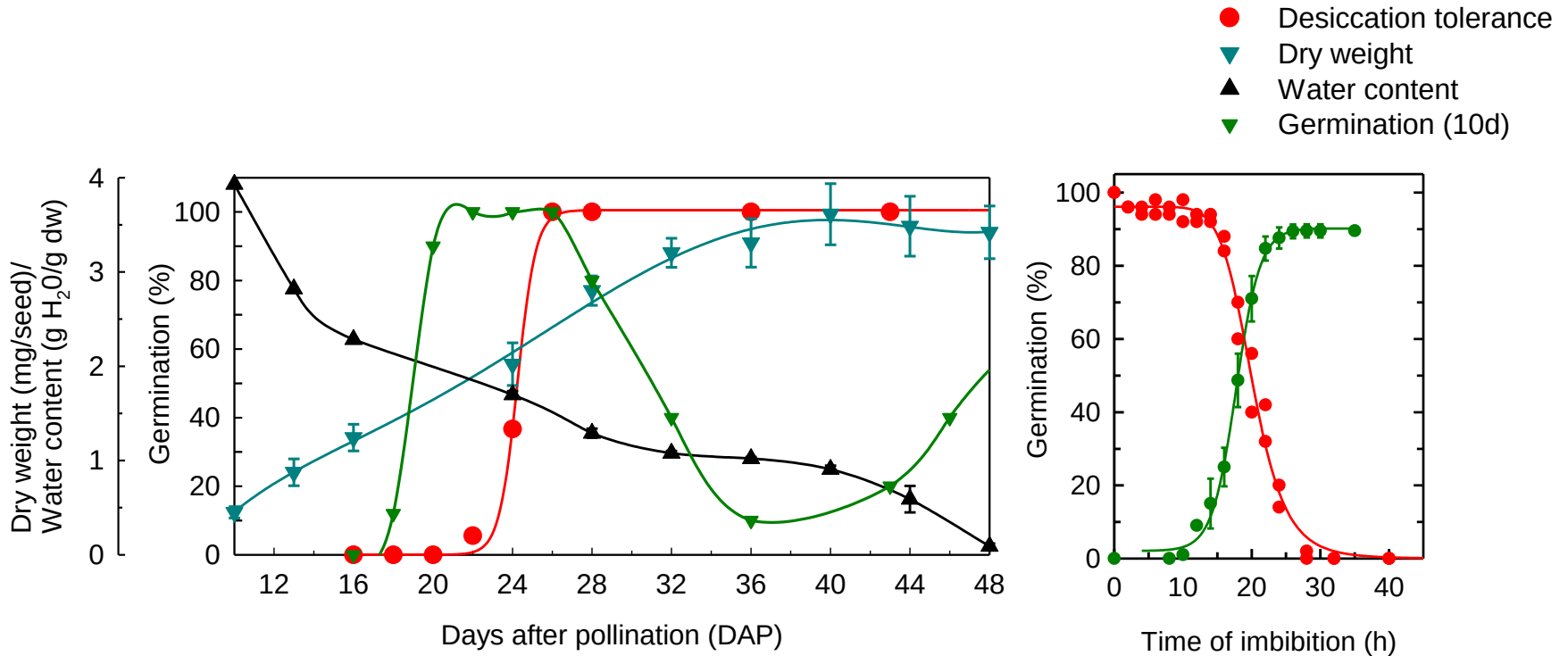
Mécanismes moléculaires de la survie à l'état sec

Julia Buitink

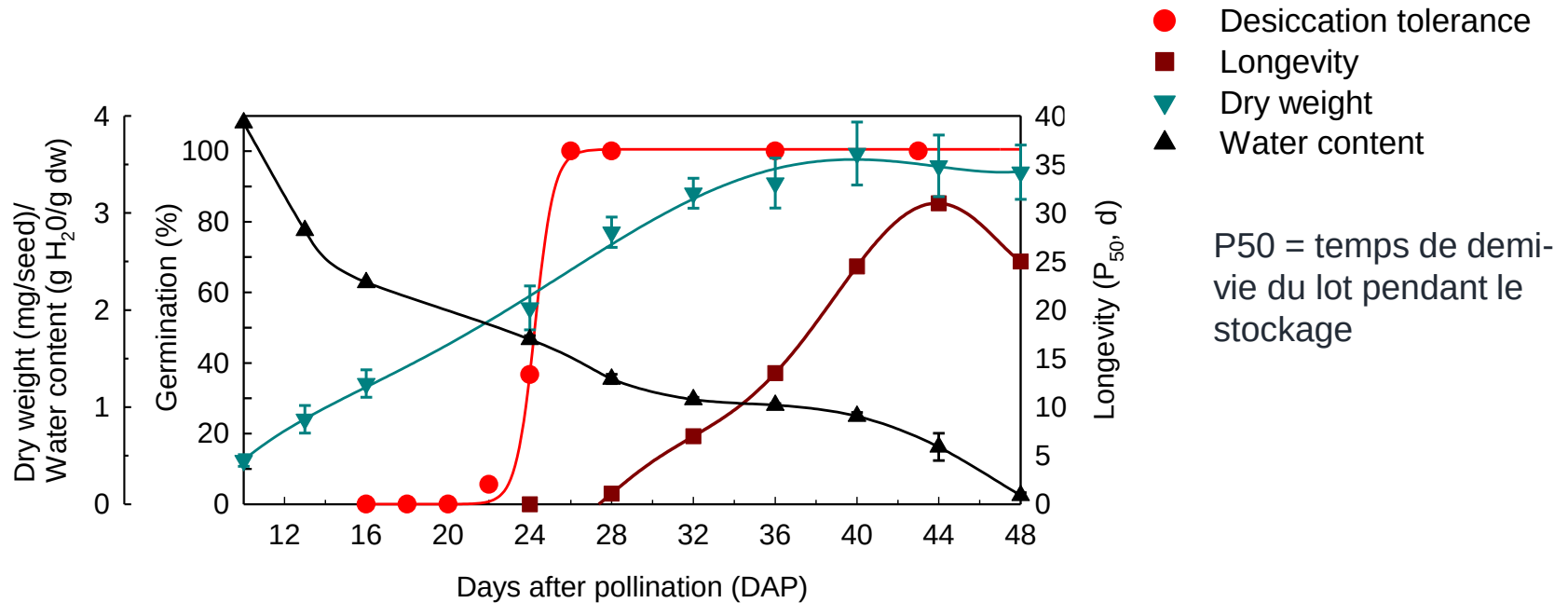
INRAE, UMR 1345 Institut en Horticulture et
Semences, Angers, France



Développement de la graine chez *Medicago truncatula*



Développement de la graine chez *Medicago truncatula*



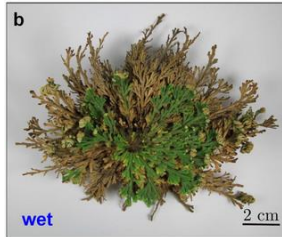
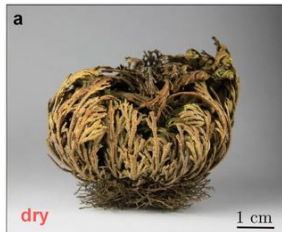
Molécules protectrices

Champignons



Plantes primitives

Selaginella lepidophylla



Tissus végétatifs

Xerophyta viscosa



Organes reproducteurs

Phaseolus vulgaris



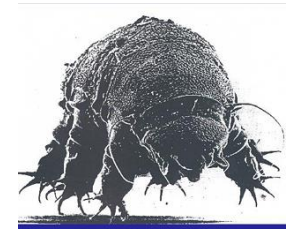
Typha latifolia

Règne animal

Polypedilum vanderplanki



Tardigrada



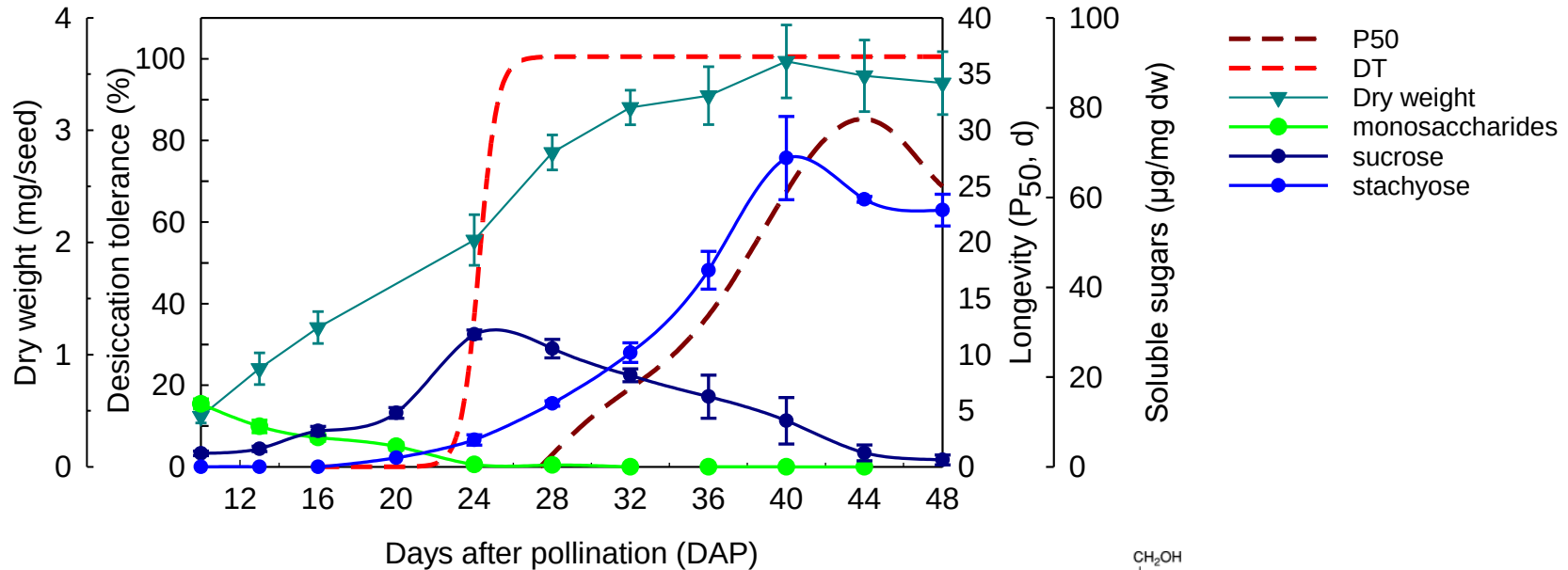
Sucres non-réducteurs

saccharose, oligosaccharides (raffinose, stachyose) -> règne végétal
tréhalose -> levures, règne animal

Protéines intrinsèquement désordonnées (IDP)

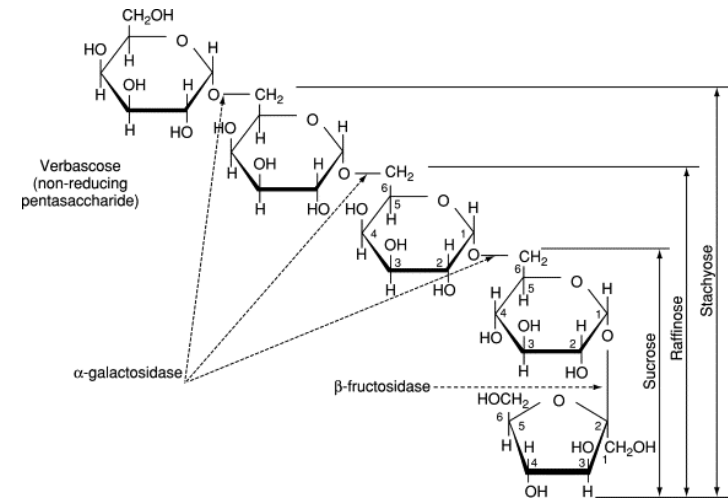
Protéines LEA ("Late Embryogenesis Abundant")

Accumulation des sucres non-réducteurs



- Réduction des monosaccharides (sucres réducteurs →, réaction de Maillard)

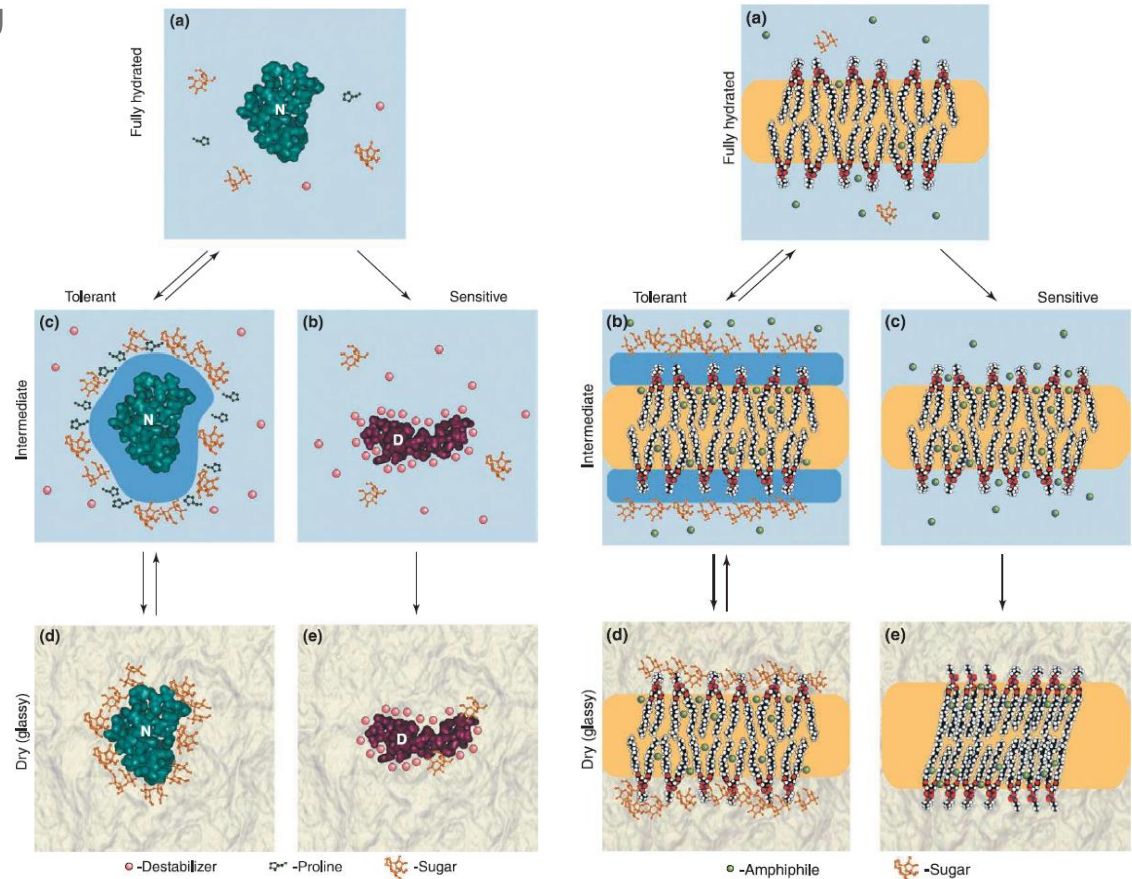
- Synthèse des sucres non-réducteurs (saccharose, oligosaccharides)



Modes de protection par les sucres non-réducteurs

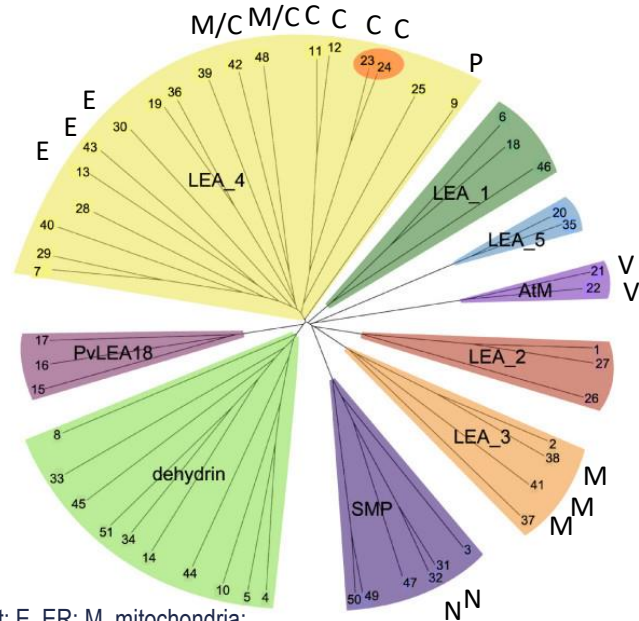
Action dépend du niveau d'hydratation:

- Déshydratation modérée:
Exclusion préférentielle (modèle de Timasheff)
- Déshydratation sévère:
 - Hypothèse de remplacement d'eau (-OH sucre remplace H_2O) (J&L Crowe)
 - Formation d'un état vitreux

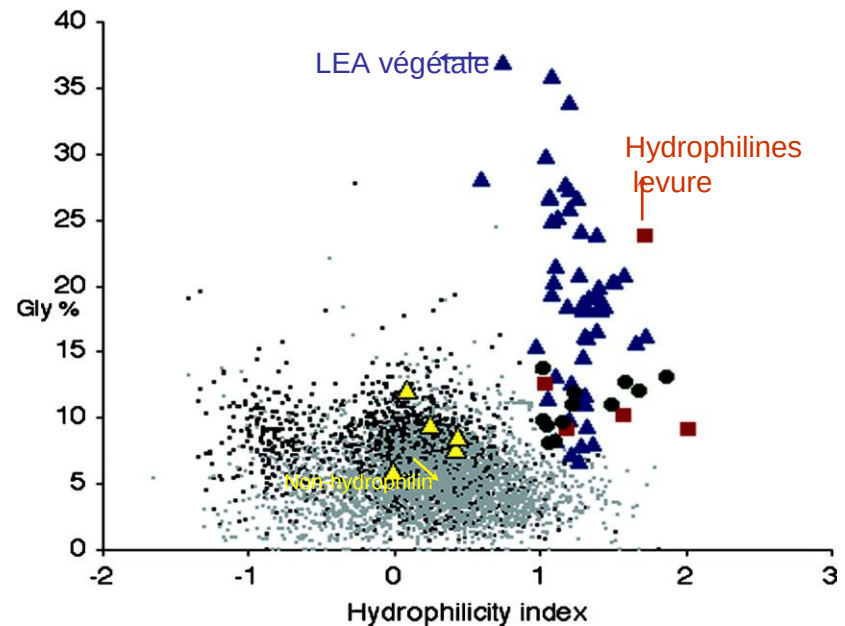


Protéines 'late embryogenesis abundant' (LEA)

- Galau and Dure (1981):
 - accumulation des ARNm après l'embryogenèse de graines de coton
- McCubbin and Kay (1985) : Em
 - Majoritairement en structure désordonnée
 - Capable de lier l'H₂O et s'oppose à la dénaturation
- Riche en acides aminés hydrophiles
- Grande famille de 9 groupes avec localisation cellulaire diverse
- Très abondante

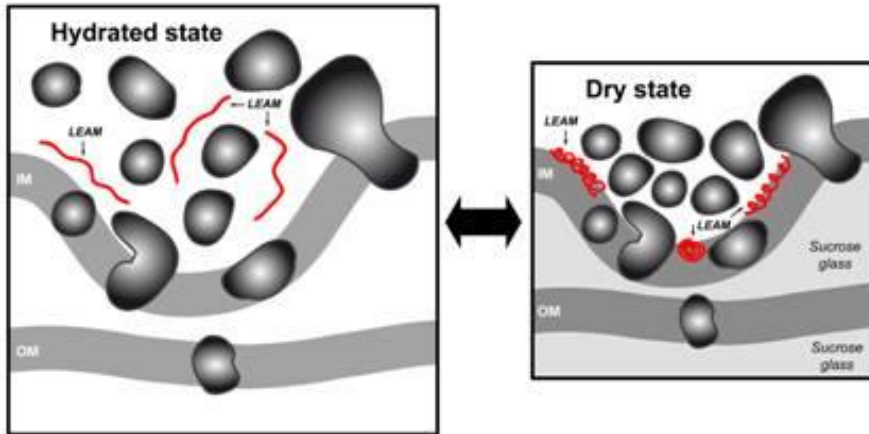


C, chloroplast; E, ER; M, mitochondria;
P, pexophagosome; V, vacuole.



Protéines 'late embryogenesis abundant' (LEA)

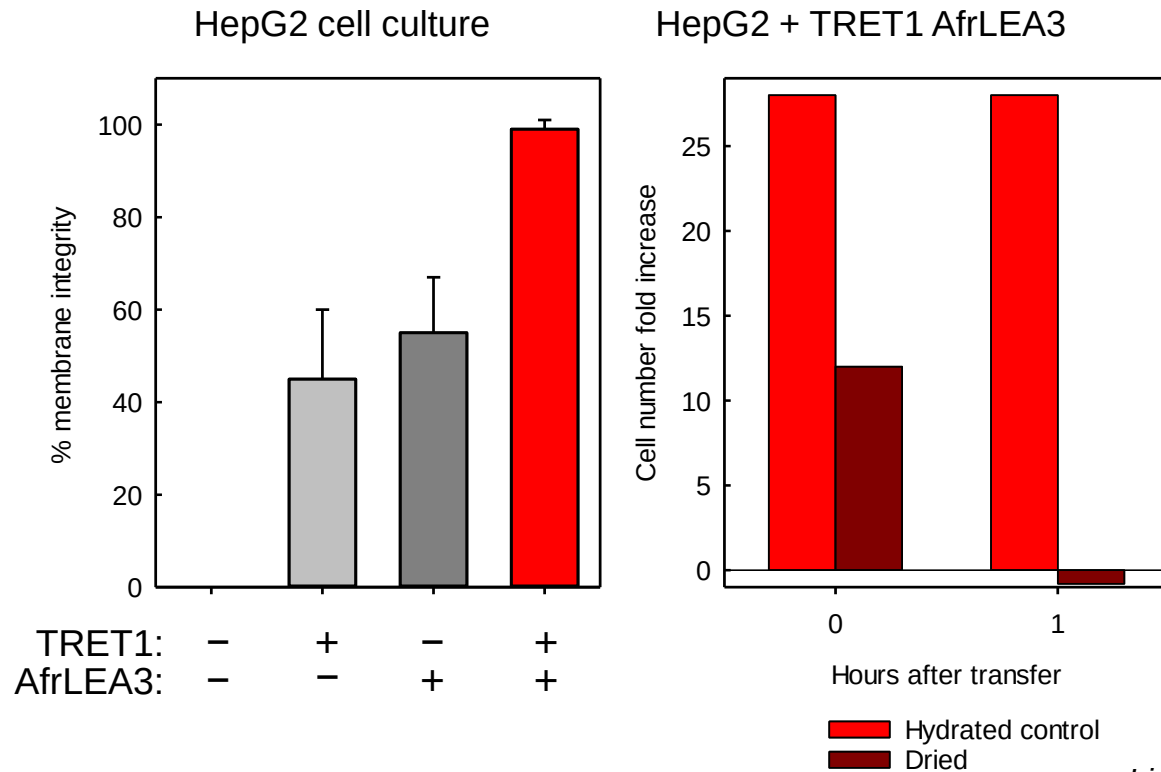
- Plasticité structurelle et fonctionnelle -> rôles multiples



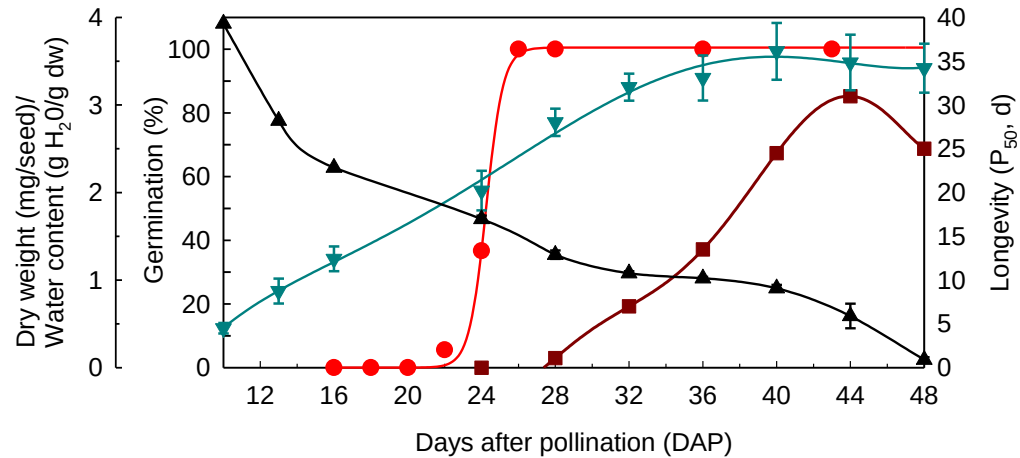
LEAM est une protéine désordonnée à l'état hydraté
Elle se replie en hélice amphiphile lors de la dessiccation, et s'encastre alors dans la membrane interne des mitochondries pour la protéger à l'état sec (Tollete et al, 2008)

Function	Group 1 LEA_5	Group 2 Dehydrin	Group 3 LEA_4	Group 4 LEA_1
Membrane protectant/ association	No	Yes	Yes	No
Protein stabilisation	Yes	Yes	Yes	?
Hydration buffer	Yes	Yes	?	?
Structural collapse	?	Yes	?	?
Metal ion binding	?	Yes	?	?
Antioxidant	?	Yes	?	?

Conservation à l'état sec: les sucres non réducteurs et protéines LEA ne suffisent pas



Comment identifier les programmes impliqués dans la survie à l'état sec?

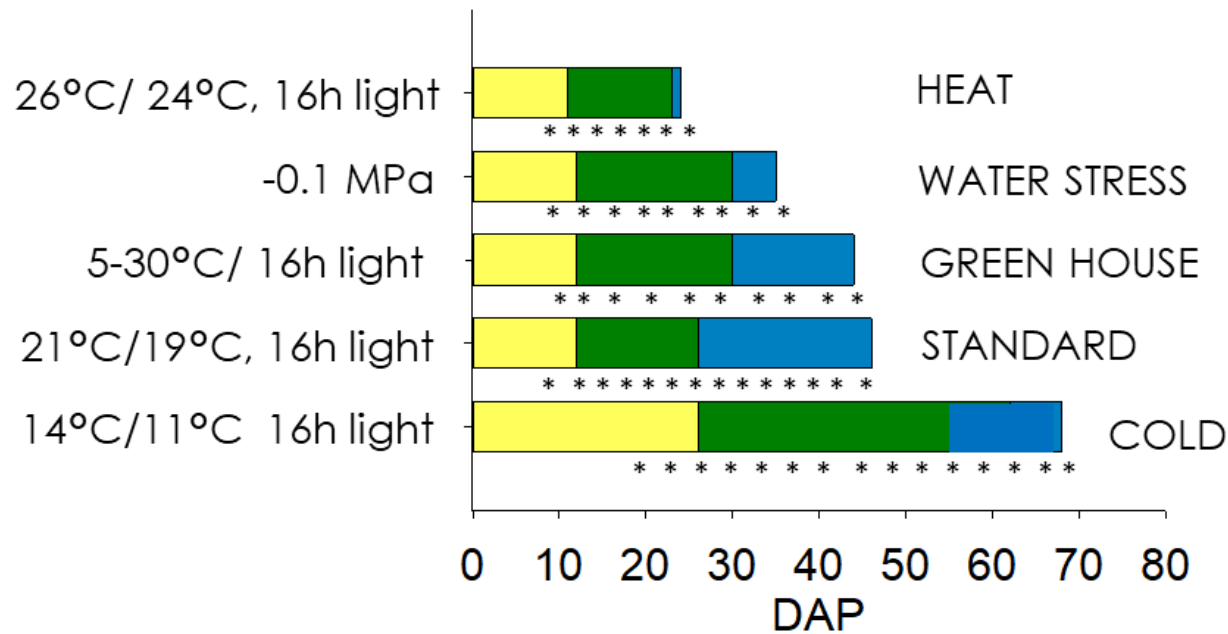


-> approche de réseau génique

Coupable par association

Les gènes qui partagent le même profil d'expression ont une probabilité accrue d'être impliqués dans le même processus de développement ou voie de synthèse biochimique

Effet de l'environnement sur le développement des graines



Embryogenesis Seed filling Late maturation

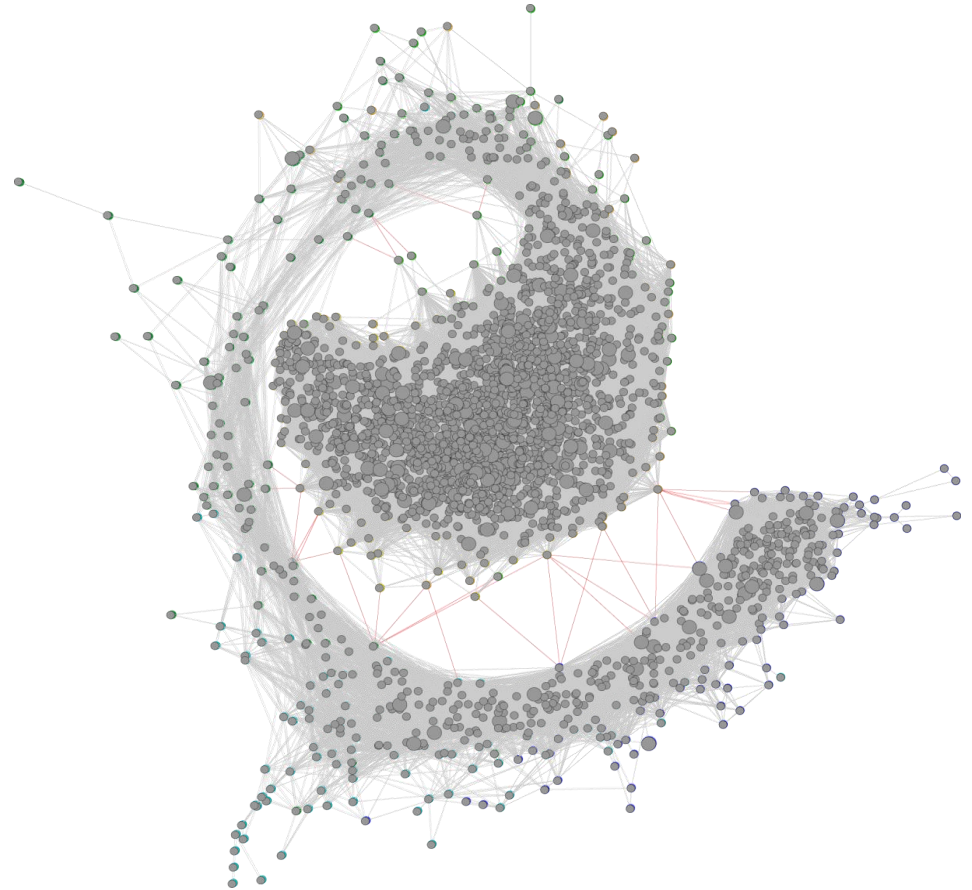


MatNet: le reseau génique de la maturation

-112 puces comprenant 5 conditions environnementales de développement (8-15 temps)

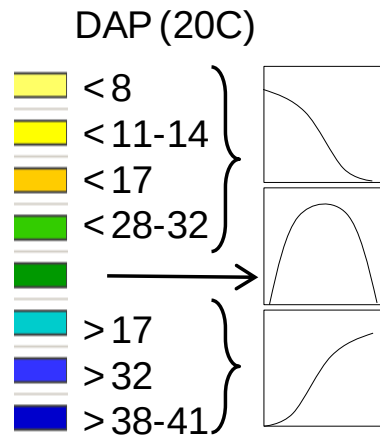
Analyse du réseau de co-expression génique pondérée (WGCNA) ([Horvath and Zhang, 2008](#))

2 912 noeuds (genes)
736 290 liaisons



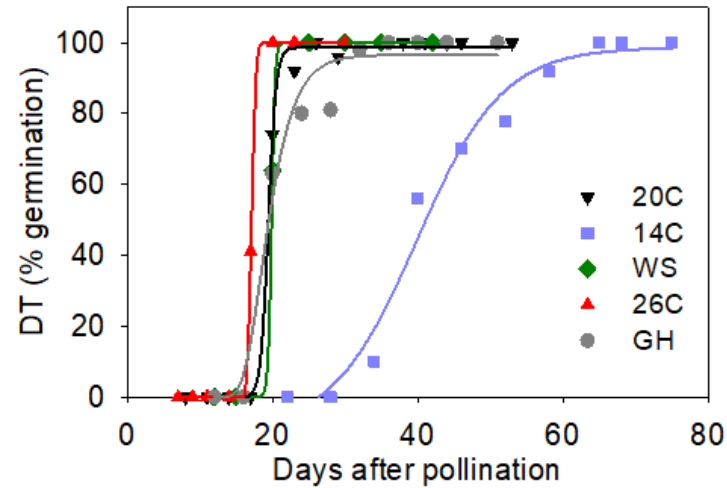
Topologie du réseau MatNet

Maximum gene expression
20°C

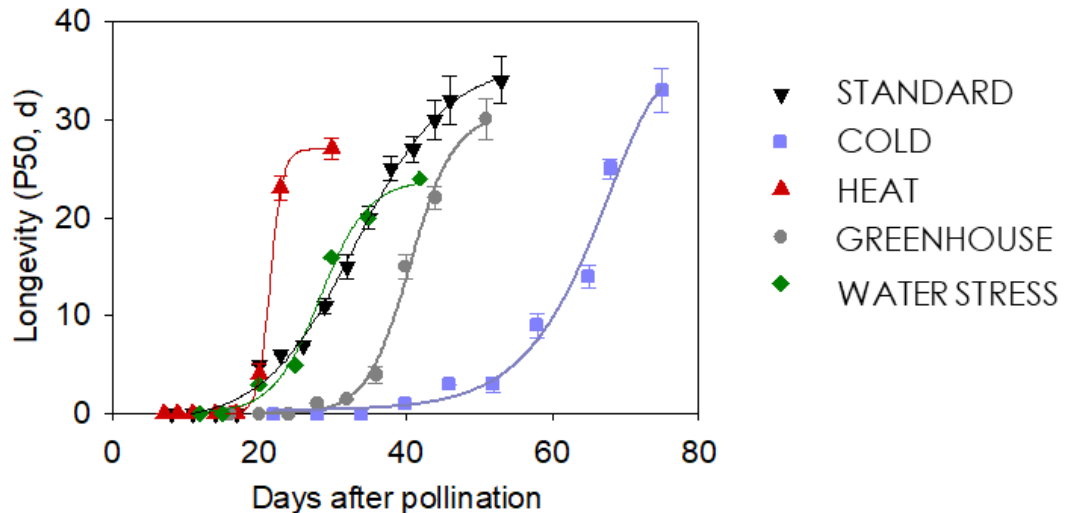


Effet de l'environnement sur l'acquisition de la survie à l'état sec

Acquisition de la tolérance à la dessiccation: robuste

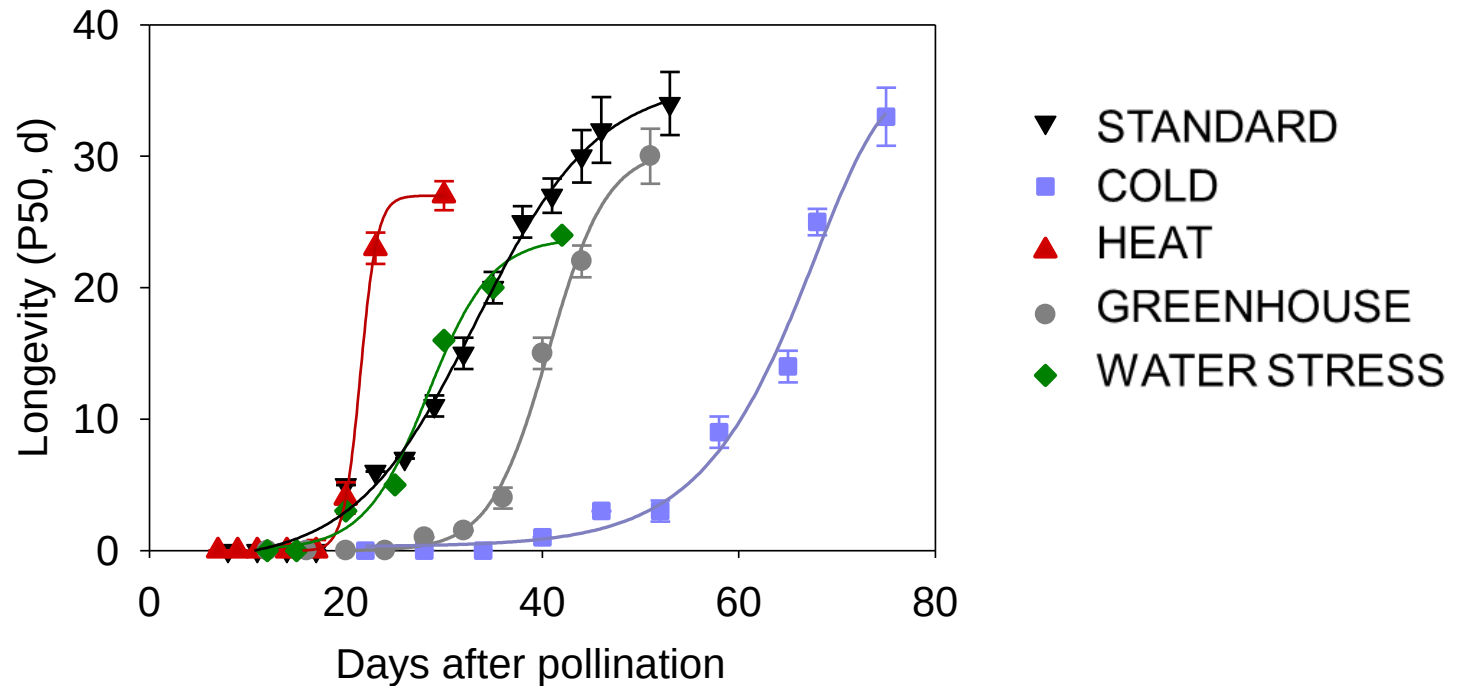


Acquisition de la longévité : forte plasticité



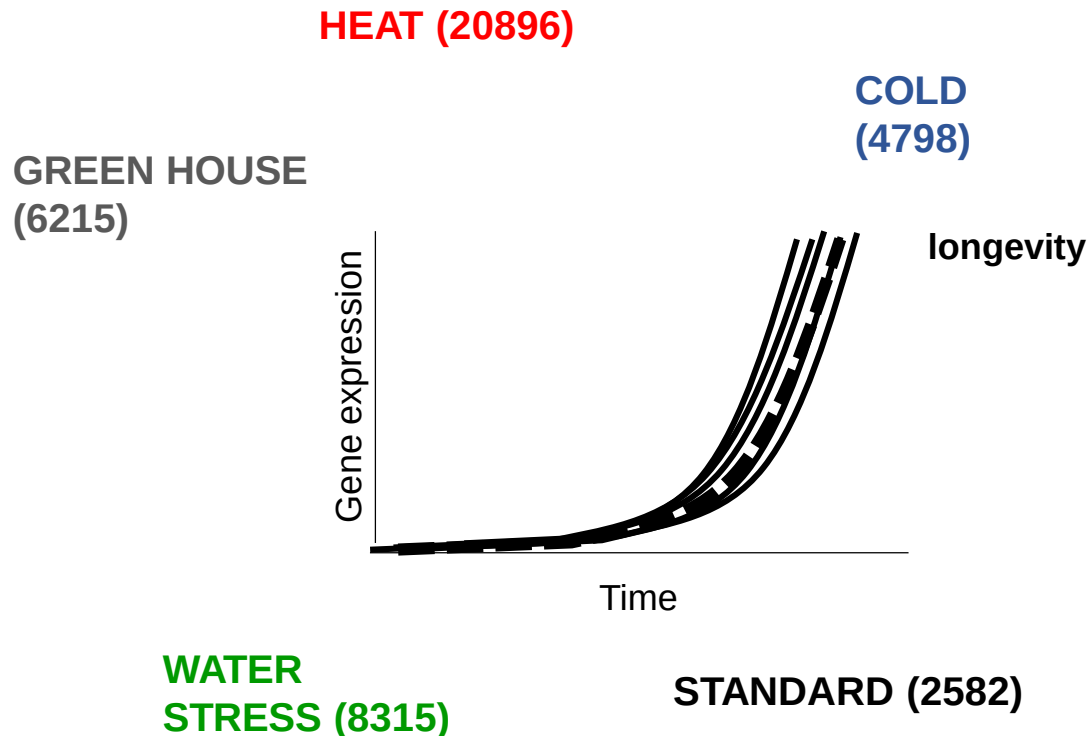
Identification du module corrélé avec la longévité

Trait-based gene significance : $GS_i = |cor(x_i, T)|^b$, $b=1$



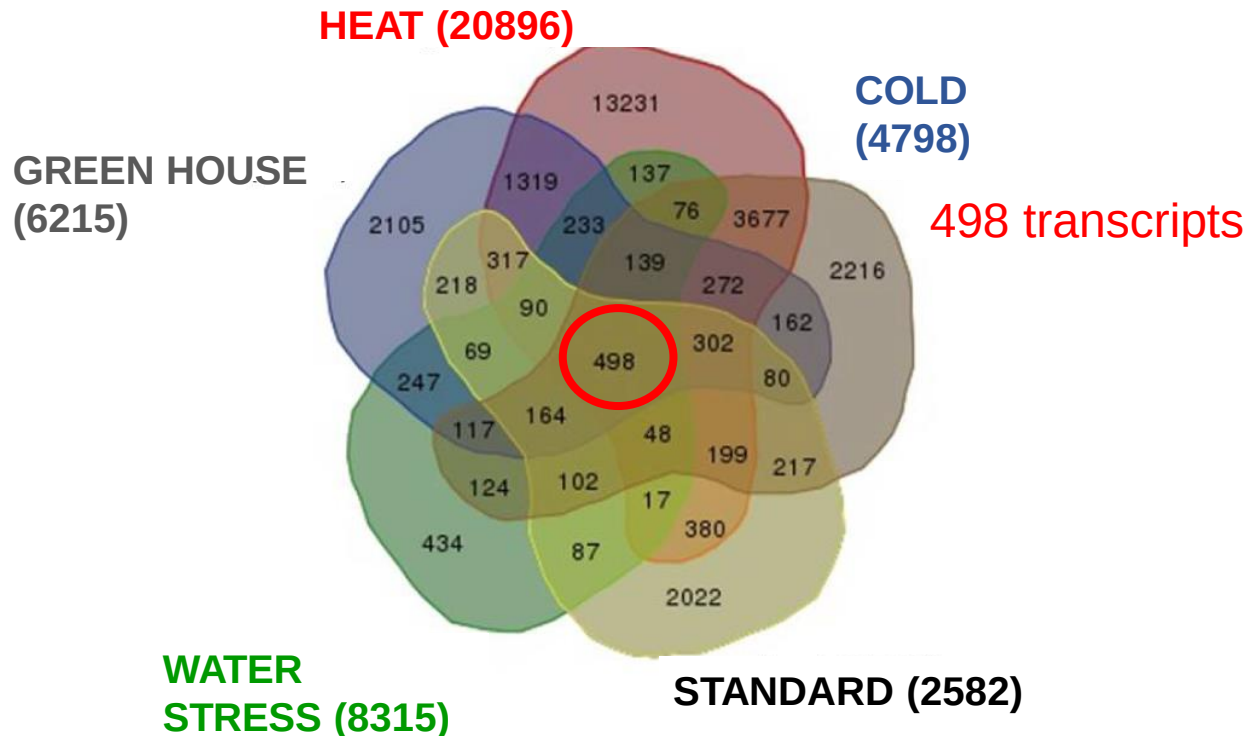
Identification du module corrélé avec la longévité

Identification de gènes dont l'expression est corrélée avec les valeurs de P50 ($PCC > 0.85$)



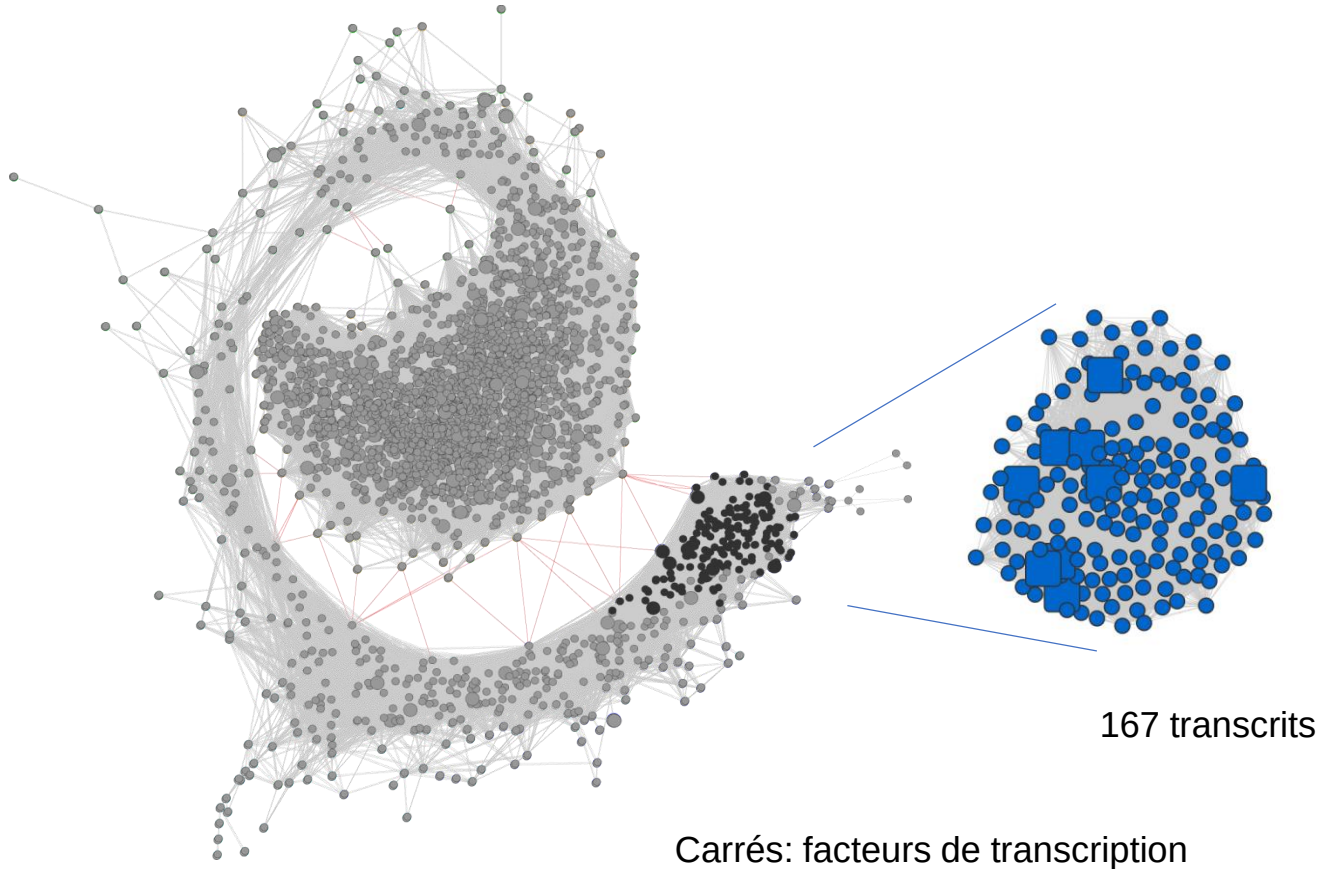
Identification du module corrélé avec la longévité

Identification de gènes dont l'expression est corrélée avec les valeurs de P50 ($PCC > 0.85$)

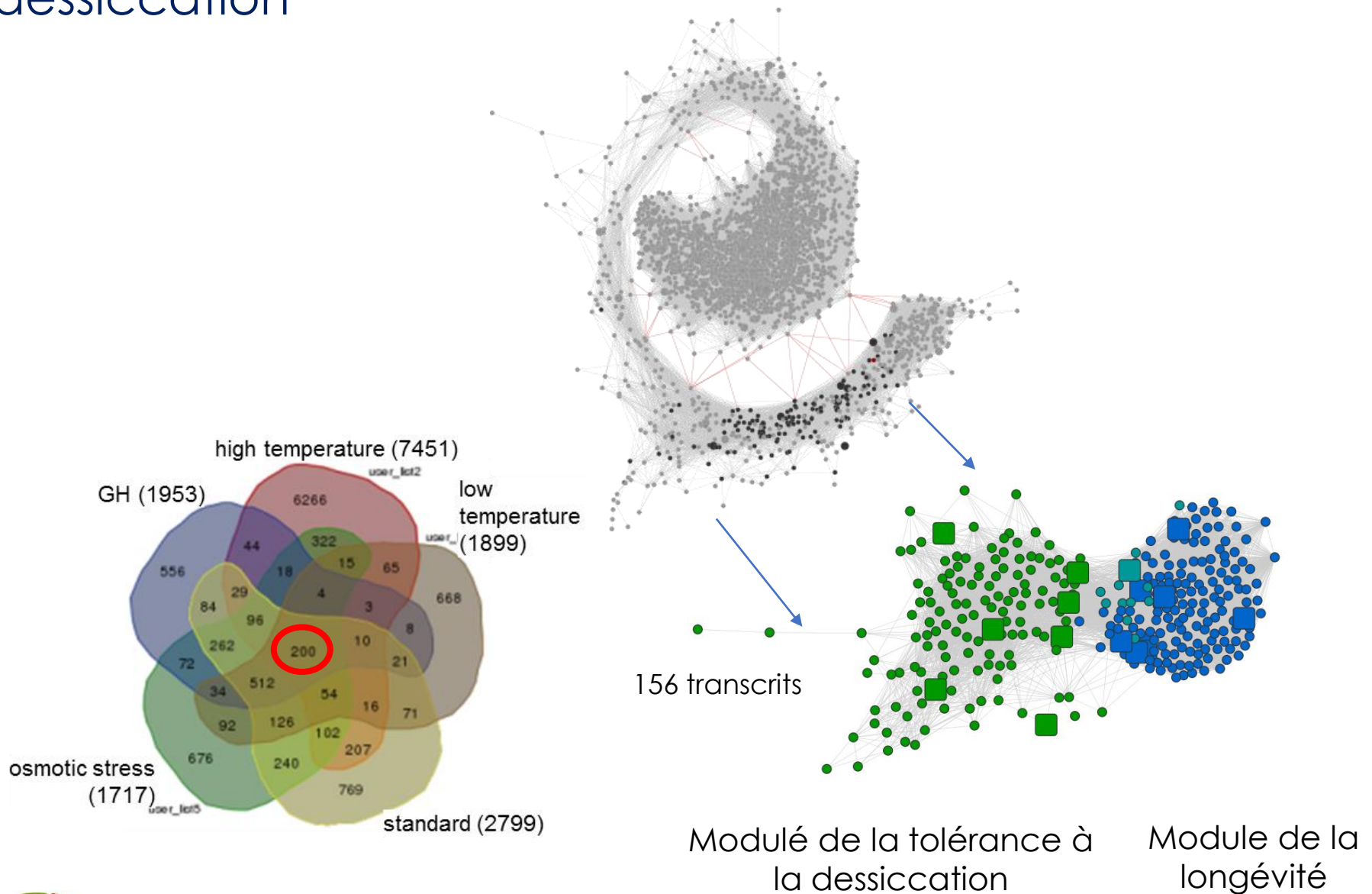


Identification du module corrélé avec la longévité

Projection de 498 transcrits sur MatNet



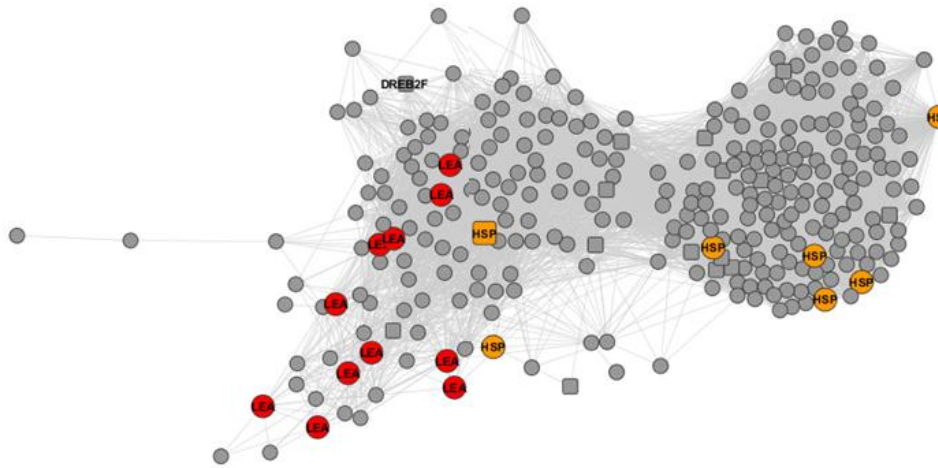
Identification du module de la tolérance à la dessiccation



Analyse fonctionnelle des modules

Module de la tolérance
à la dessiccation

Module de
la longévité

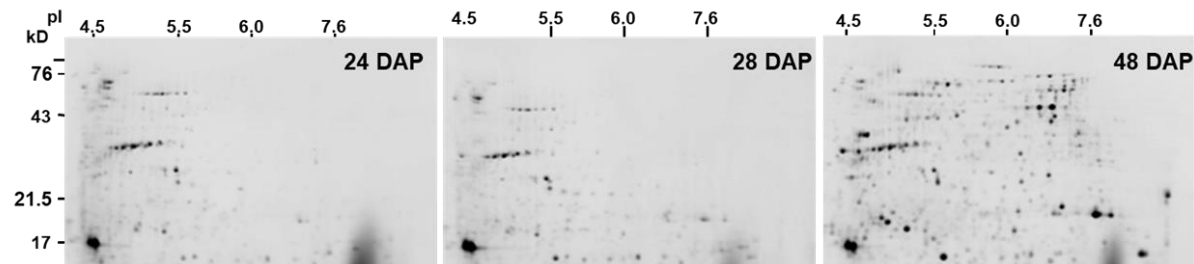


Protéines de réserve
Métabolisme de sucres (SPS, RFS, STS)
Protéines LEA

Métabolisme de sucres (RFS, GS)
Chaperones (DNAJ, petites HSP)

La synthèse des protéines LEA est régulée de manière post-transcriptionnelle

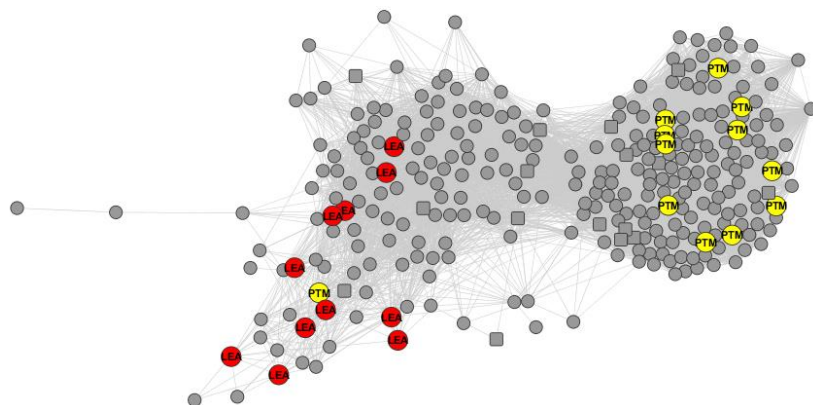
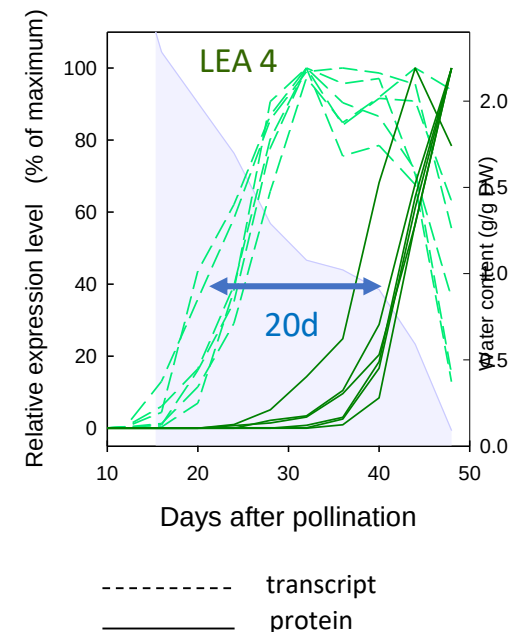
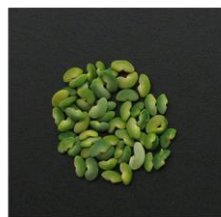
Isolation des protéines hydrophiles @ 95°C et séparation en gels 2D



desiccation sensitive

desiccation tolerant,
short longevity

desiccation tolerant, high
longevity



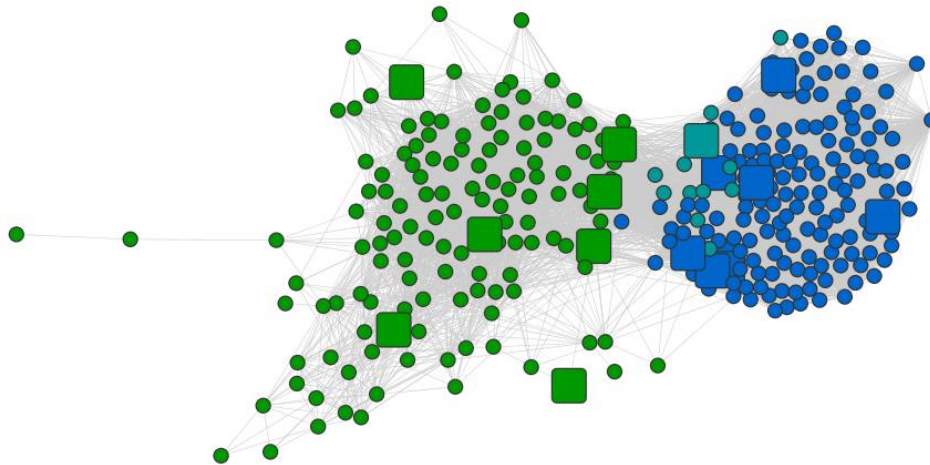
PTM

Modifications post-
transcriptionnelles

Analyse fonctionnelle des modules

Modulé de la tolérance
à la dessiccation

Module de
la longévité



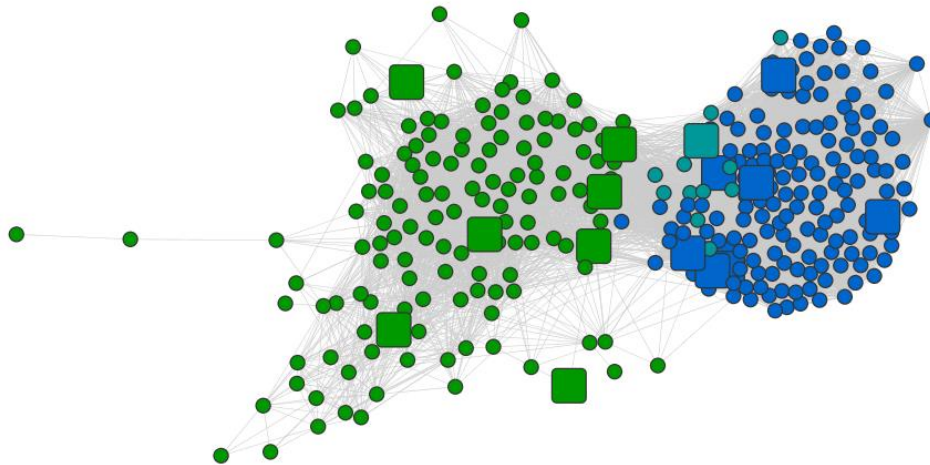
Protéines de réserve
Métabolisme de sucres (SPS, RFS, STS)
Protéines LEA
Tégument (synthèse proanthocyanidines)
Redox/antioxydants

Métabolisme de sucres (RFS, GS)
Chaperones (DNAJ, petites HSP)
Tégument (TT12, flavonoïdes)
Réparation (DNA ligase)

Analyse fonctionnelle des modules

Modulé de la tolérance
à la dessiccation

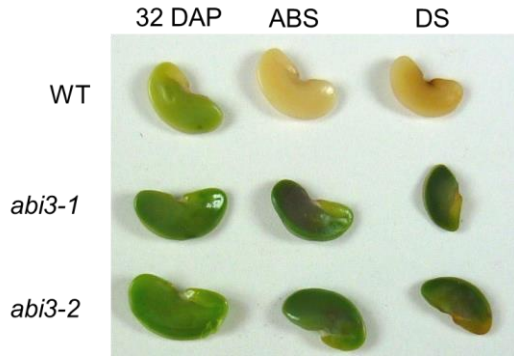
Module de
la longévité



Protéines de réserve
Métabolisme de sucres (SPS, RFS, STS)
Protéines LEA
Tégument (synthèse proanthocyanidine)
Redox/antioxydants

Métabolisme de sucres (RFS, GS)
Chaperones (DNAJ, petites HSP)
Tégument (TT12, flavonoïdes)
Réparation (DNA ligase)
**Defenses contre les champignons
nécrotrophes**
Catabolisme de la chlorophylle

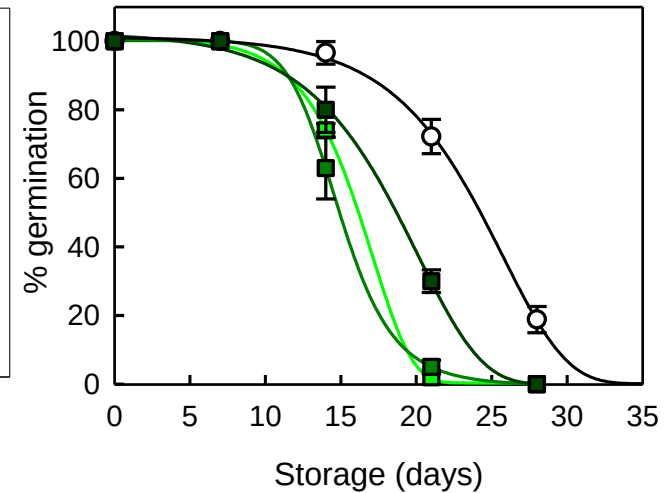
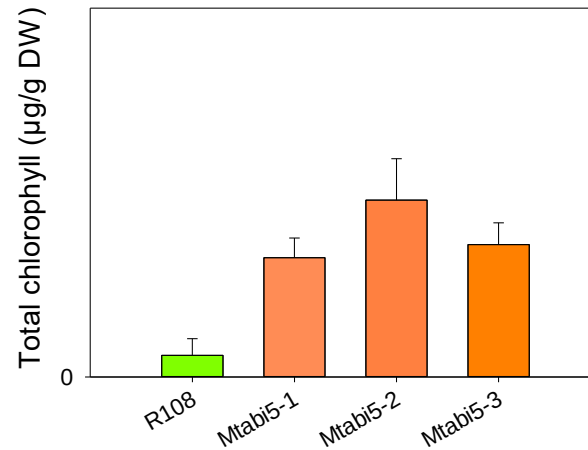
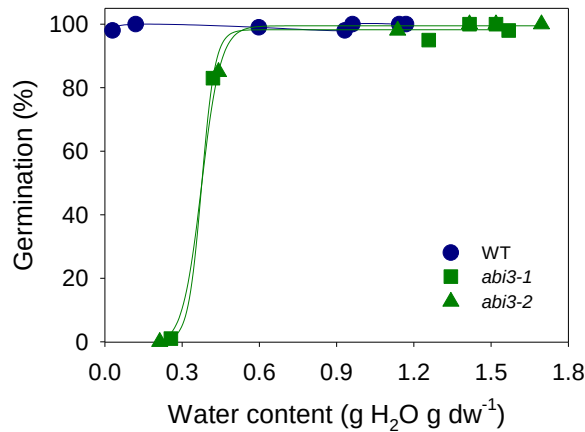
Lien entre rétention de la chlorophylle et la longévité



Julia Zinsmeister
Médaille d'Argent
Dufrenoy de l'Académie

ABI = Absciscic insensitive

- Wt
- *Mtabi5-1*
- *Mtabi5-2*
- *Mtabi5-3*

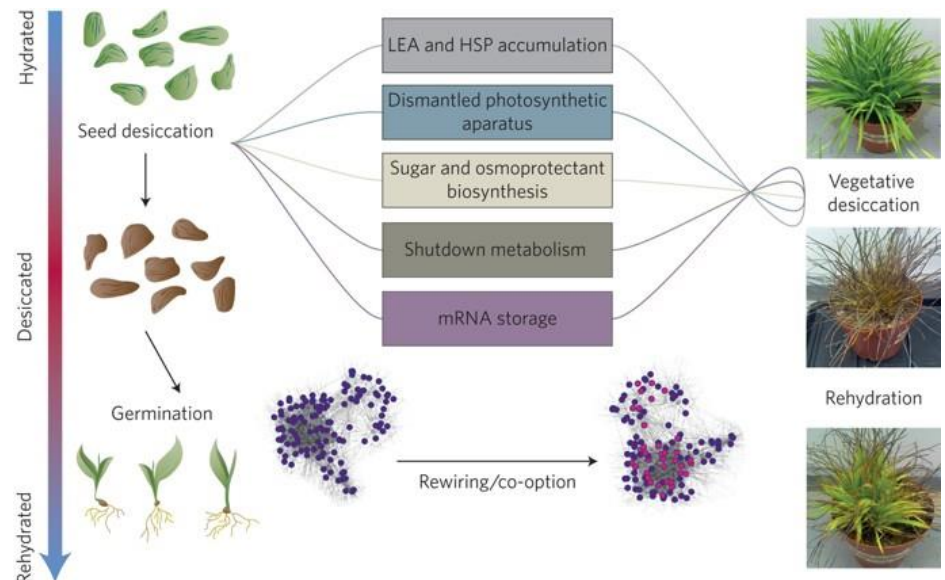


Plantes reviviscentes:

L'analyse du génome et du transcriptome de la plante reviviscente *Xerophyta viscosa* montre qu'elles ont acquis la tolérance à la dessiccation au cours de l'évolution en utilisant les voies préexistantes dans les graines.



@J. Farrant



Van Buren Nature Plants (2017)

Merci pour votre attention

Remerciements

IRHS, Angers

Julia Zinsmeister
Karima Righetti
Julien Delahaie
Jerome Verdier
Michaela Hundertmark
Emilie Chatelain
Julie Boudet
Virginie Boucher
David Lalanne
Sandra Pelletier
Joseph Ly Vu
Benoit Ly Vu
Olivier Leprince

LIPM, Toulouse

Pascal Gamas
Jerome Gouzy

University of Cape Town

Udisha Chathuri
Jill M. Farrant

Agroecologie, Dijon

Karine Gallardo

Univ Kwazulu-Natal

Norman Pammenter
Patricia Berjak

Univ Toronto

Nick Provart
Rohan Patel

University of Wageningen

Henk Hilhorst
Harm Nijveen

Financements: