

Graines, vieillissement et dormance

Christophe Bailly
Biologie des Semences
Laboratoire de Biologie du Développement
CNRS/Sorbonne Université
Paris

Est-ce que la dormance des semences peut jouer un rôle dans leur exceptionnelle longévité ?

La dormance est une stratégie utilisée par divers organismes vivants pour surmonter **les conditions défavorables**:

Une période du cycle de vie d'un organisme où la croissance, le développement et (chez les animaux) l'activité physique sont temporairement arrêtés.



Diapause (insectes)
Estivation (contre la sécheresse)
Hibernation (contre le froid)

Chez les mammifères il existe une relation positive entre hibernation et longévité

Et chez l'humain ? Torpeur (léthargie), ralentissement des fonctions vitales

The screenshot shows a NASA website page with a navigation bar at the top containing 'Topics', 'Missions', 'Galleries', 'NASA TV', 'Follow NASA', 'Downloads', 'About', and 'NASA Audiences'. A search bar is on the right. On the left, there are 'Latest' and 'Related' sections with links to various articles like 'SpiderFab: Process for On-Orbit Construction of Kilometer-Scale Apertures' and 'NIAC - Solicitations'. The main article is dated July 19, 2013, and is titled 'Torpor Inducing Transfer Habitat For Human Stasis To Mars' by John Bradford of SpaceWorks Engineering. It includes a description of the concept and a poster session from a 2013 meeting.

July 19, 2013

Torpor Inducing Transfer Habitat For Human Stasis To Mars

John Bradford
SpaceWorks Engineering, A Division of SpaceWorks Enterprises, Inc.
[2014 Symposium Presentation \(PDF\)](#)
[Space Torpor Blog](#)
[Phase I Final Report \(PDF\)](#)
[Phase II Overview](#)

Description
The idea of suspended animation for interstellar human spaceflight has often been posited as a promising far-term solution for long-duration spaceflight. A means for full cryo-preservation and restoration remains a long way off still. However, recent medical progress is quickly advancing our ability to induce deep sleep states (i.e. torpor) with significantly reduced metabolic rates for humans over extended periods of time. NASA should leverage these advancements for spaceflight as they can potentially eliminate a number of very challenging technical hurdles, reduce the IMLEO for the system, and ultimately enable feasible and sustainable missions to Mars.

SpaceWorks proposes the design of a torpor-inducing Mars transfer habitat and an architectural-level assessment to fully characterize the impact to Mars exploration.

The habitat is envisioned as a very small, pressurized module that is docked around a central node/airlock permitting direct access to the Mars ascent/descent vehicle and Earth entry capsule by the crew. We believe the crew habitat mass can be reduced to only 5-7 mt (for a crew of 4-6), compared to 20-50 mt currently. The total habitat module volume would be on the order of 20 m³, compared to 200 m³ for most current designs.



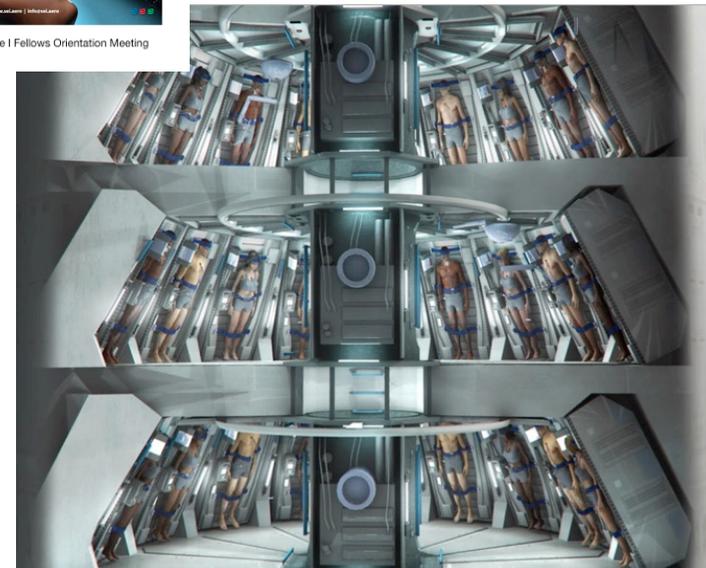
Stasis Habitat ERV MAV

[Click here for larger image](#)



TORPOR INDUCING TRANSFER HABITAT FOR HUMAN STASIS TO MARS
NIAC
SLEEPING HOLDS THE KEY TO MARS!

Poster Session from 2013 Phase I Fellows Orientation Meeting
[Click here for pdf](#)



Chez les végétaux: la dormance est la suspension temporaire de la croissance de toute structure végétale contenant un méristème

Dormance des bourgeons

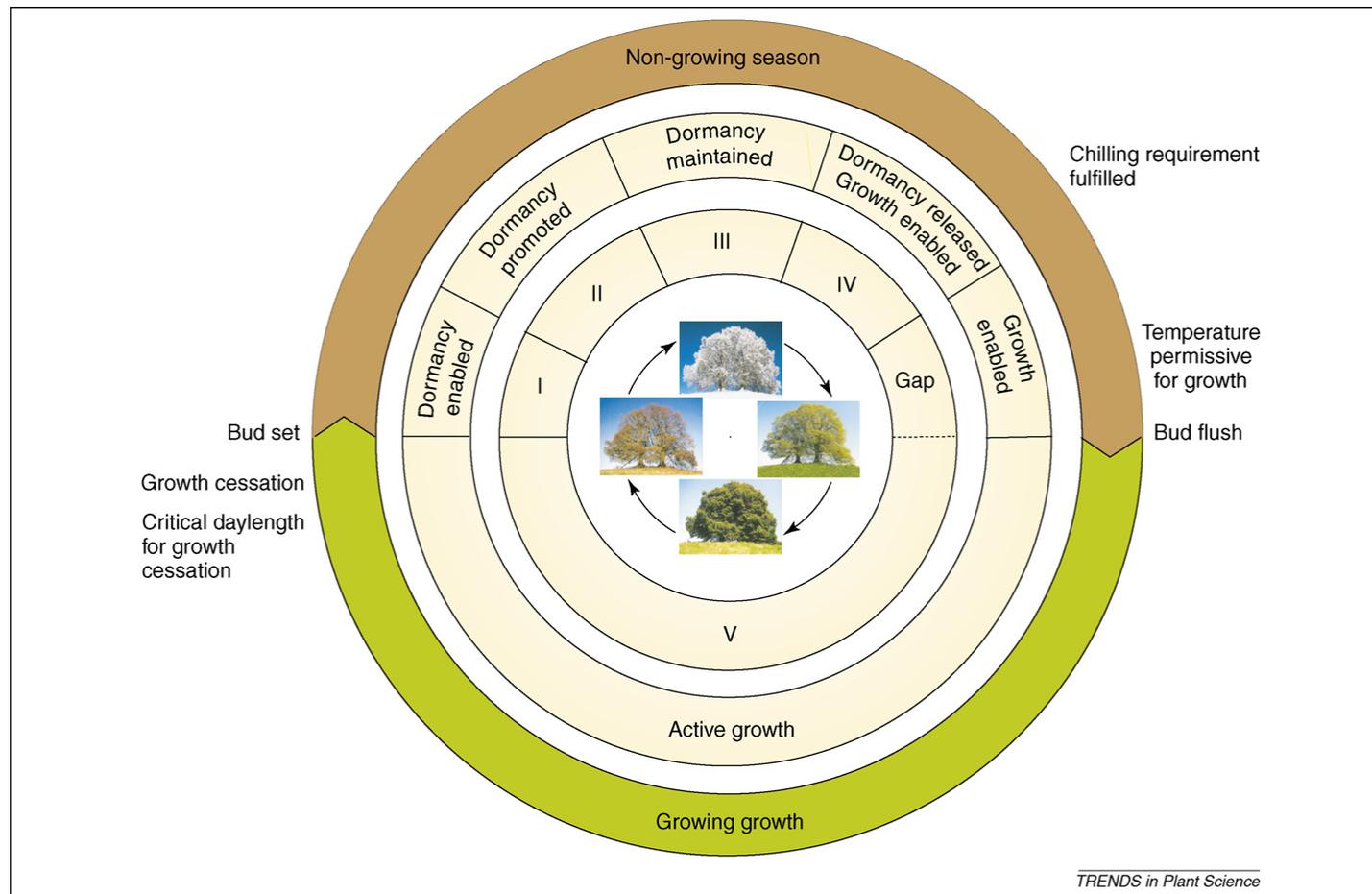


Figure 1. Transitions in seasonal growth–dormancy cycling in *Populus* sp. Poplars synchronize the onset of the dormant period mainly with changes in day length that are sensed by phytochromes. Bud flush and bud set delimit the growing season. Prolonged exposure to chilling temperatures will release plants from dormancy. Growth resumes once the temperature passes a critical threshold. Absence of growth before and after endodormancy is caused by different environmental factors. The inner circles depict the growth–dormancy status and the corresponding meristem stages: I, cessation of cell division; II, establishment of dormancy or loss of responsiveness to growth-promoting signals; III, maintenance of dormancy; IV, release from dormancy state or cell cycle machinery regaining responsiveness to growth-promoting signals; and V, resumption of cell division. ‘Gap’ between stage IV and V denotes the phase where growth does not occur because of purely environmental restraints. Additional morphological events are covered in detail elsewhere [29,74,75].

Dormance des semences

Impossibilité de germer (ou mauvaise germination) même quand les conditions environnementales **sont apparemment favorables**.

Une dormance est le plus souvent un phénomène relatif, qui s'exprime ou non selon les conditions dans lesquelles la semence est placée.

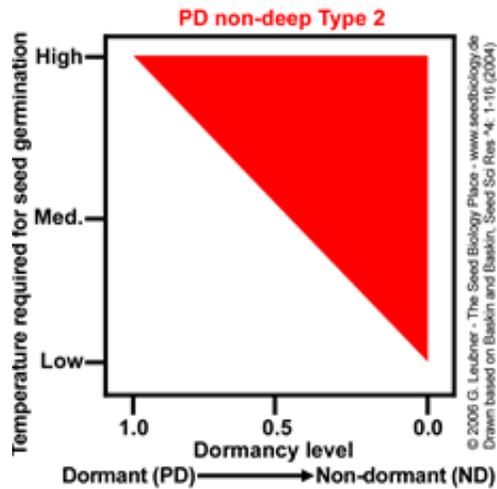
Peut être liée à l'embryon lui-même ou aux structures qui l'entourent (enveloppes de la semences)

Un caractère adaptatif: permet de passer la saison défavorable sous la forme de graine (pas de germination à l'automne)

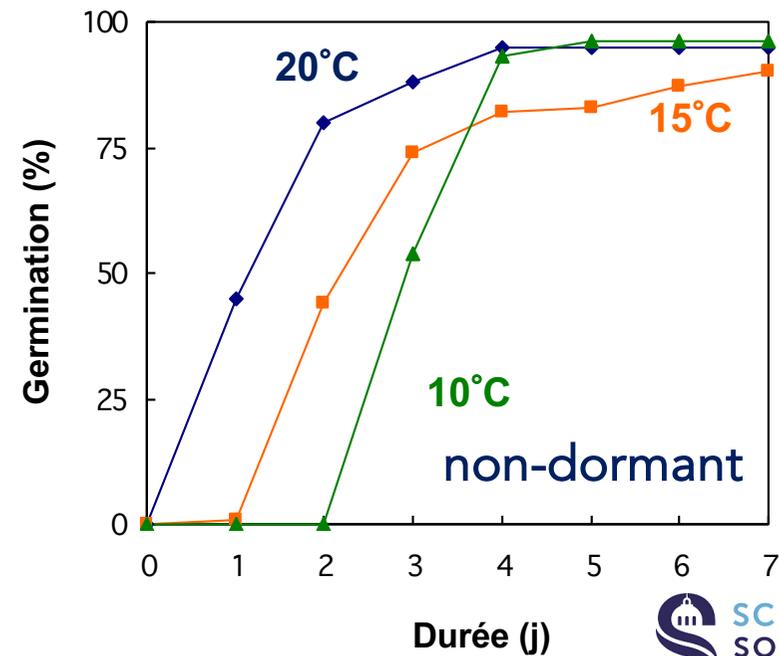
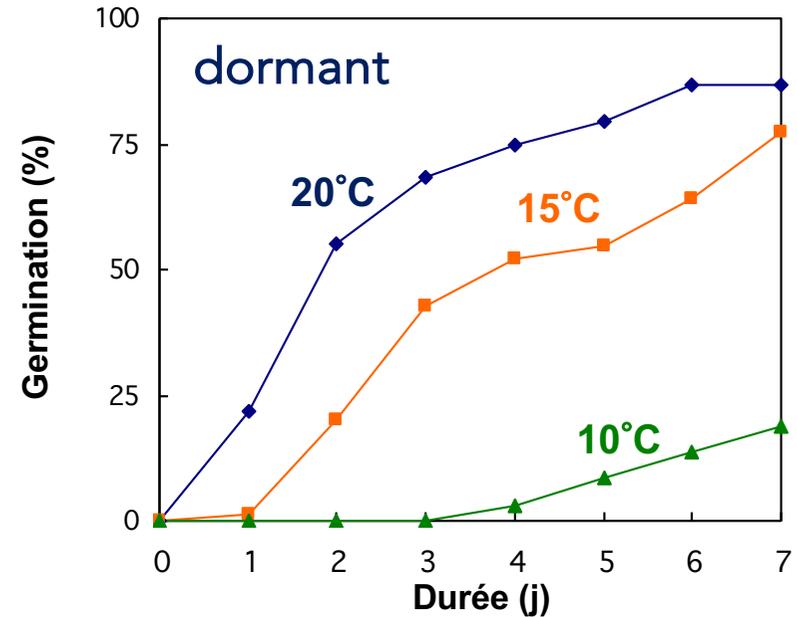
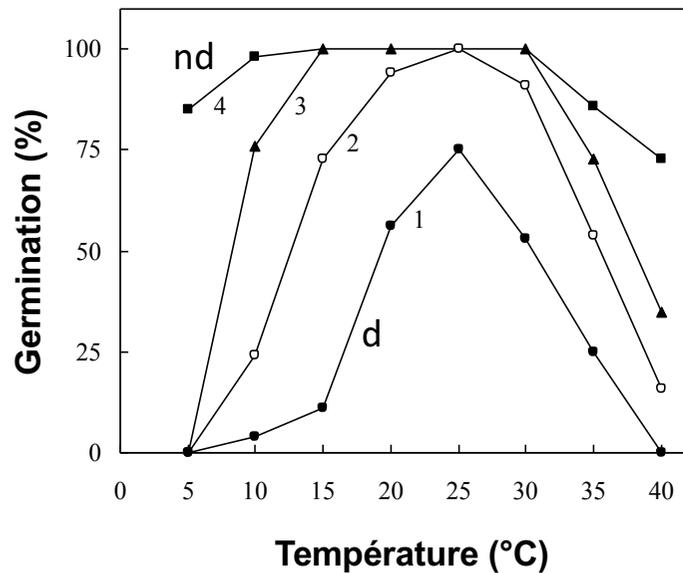
Une dormance s'élimine !

*A différencier de la QUIESCENCE: impossibilité de germer parce que les conditions environnementales **ne sont pas favorables** (absence d'eau, température trop basse ou trop élevée, absence d'oxygène,...)*

Exemple de dormance: les semences de tournesol



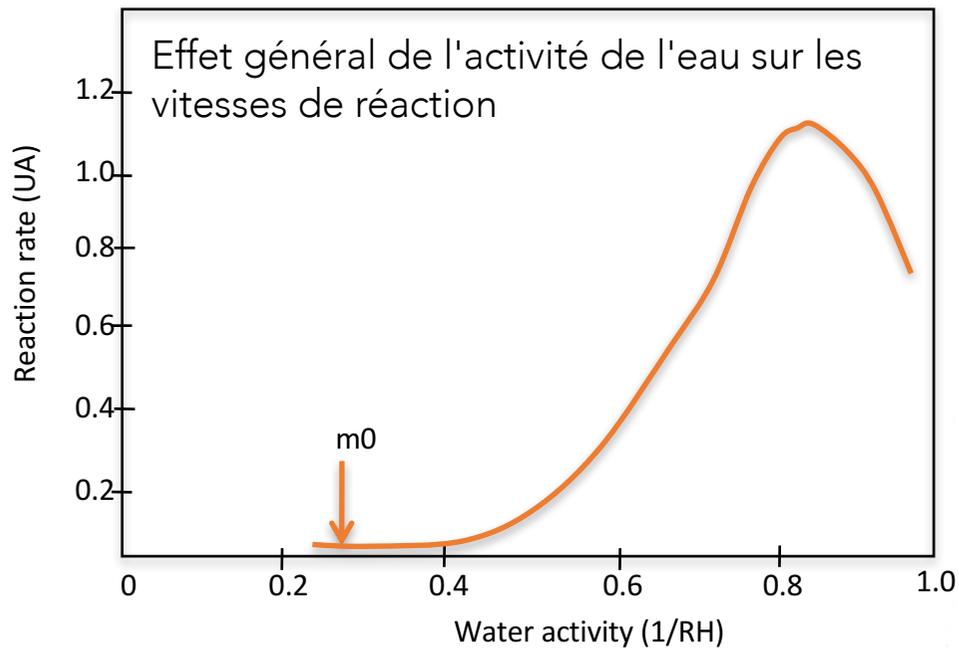
Baskin & Baskin:
Temperature range for germination increases during dormancy release *as a continuum* from *high* to *low*.
Example: *Helianthus annuus*



Dormance et longévité *ex-situ*: conservation au sec des semences

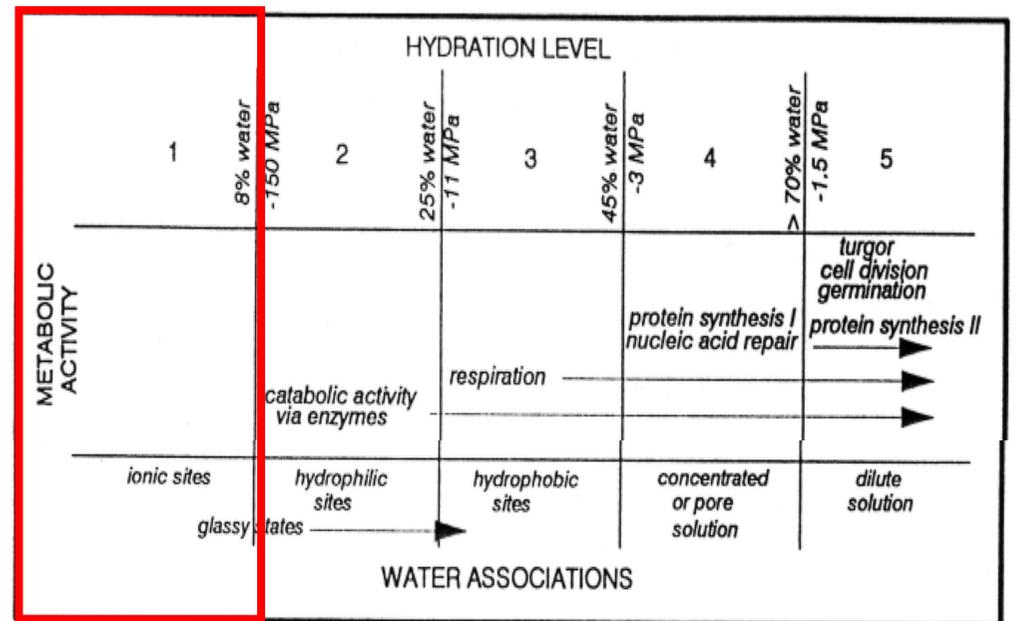
Les mécanismes de levée de dormance au sec (after-ripening) sont largement inconnus....

...parce qu'ils se déroulent en l'absence d'eau libre



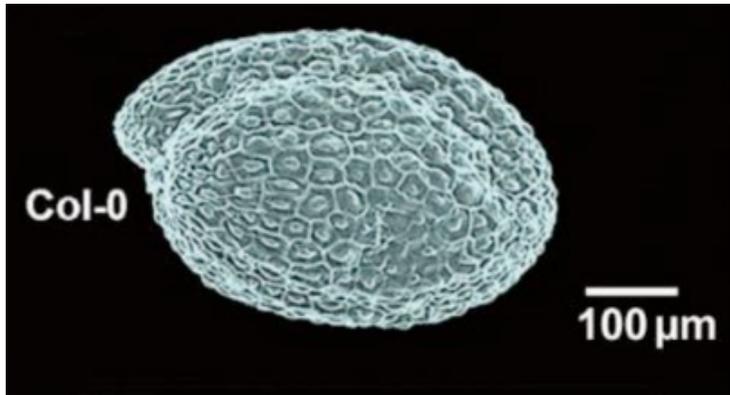
Pas d'activité enzymatique sous m0 (eau liée)

Or les semences orthodoxes sont des organes deshydratés

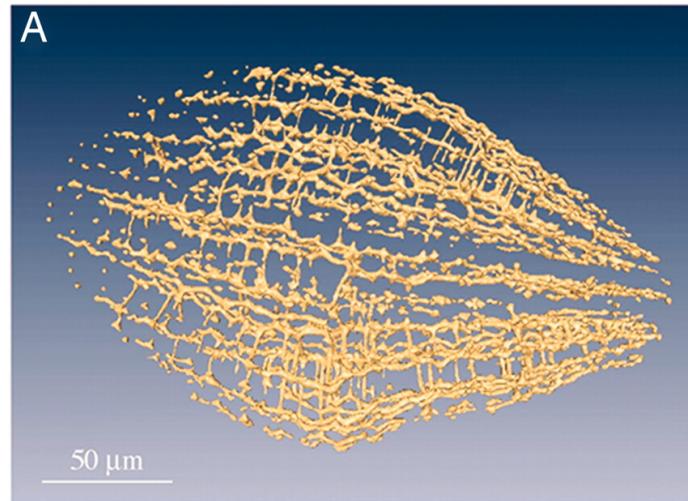


Vertucci and Farrant, 1995

L'oxygène peut diffuser dans semences sèches.....



Liu et al. 2016, Plant Physiol.

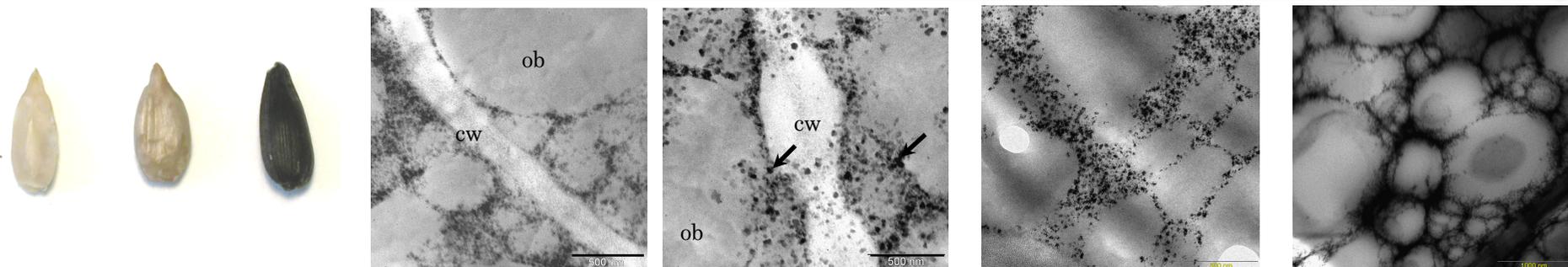


Cloetens et al. 2006, PNAS 2006

Tomography of Arabidopsis seed: 3D rendering of intercellular air space in the hypocotyl

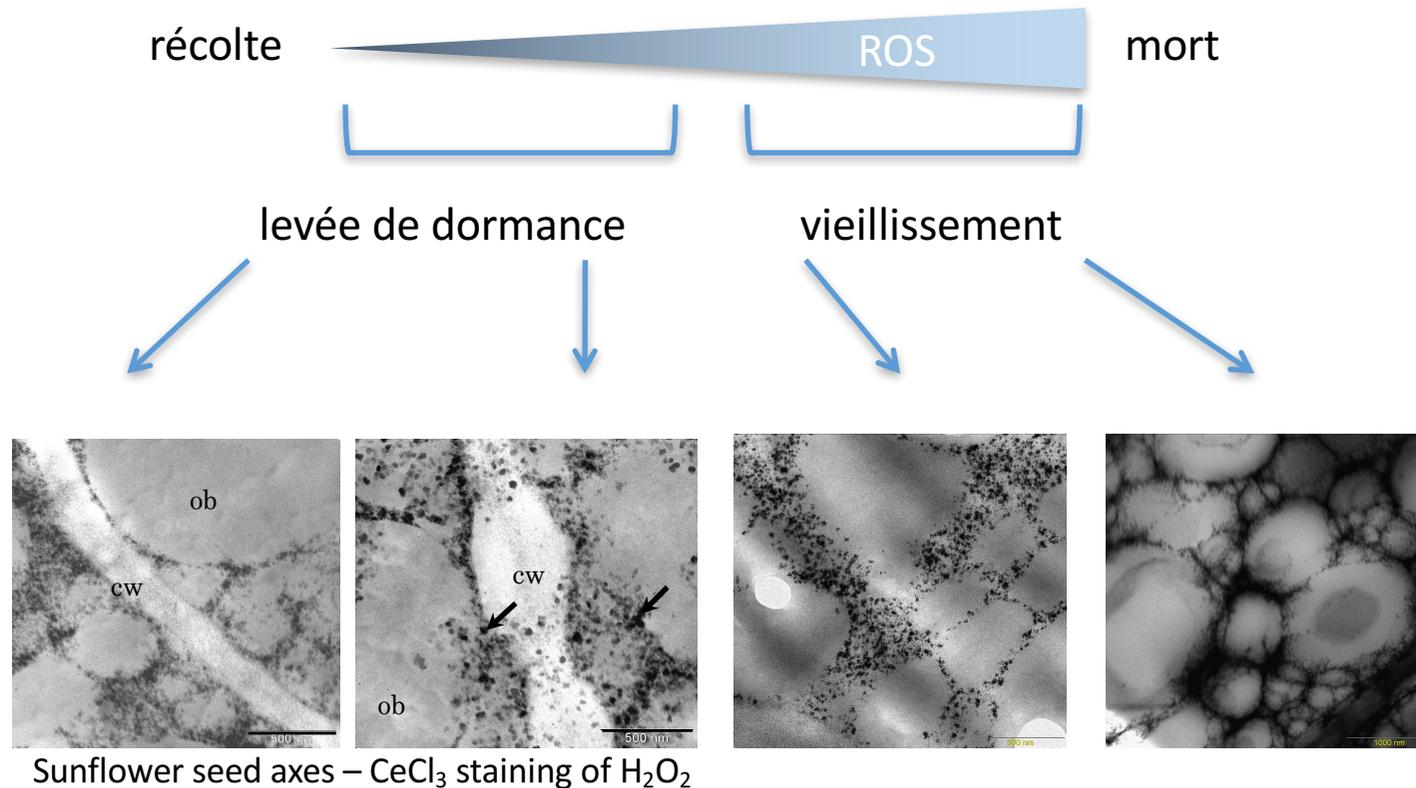
...et générer continuellement des espèces réactives de l'oxygène (ROS)

Durée de stockage après récolte



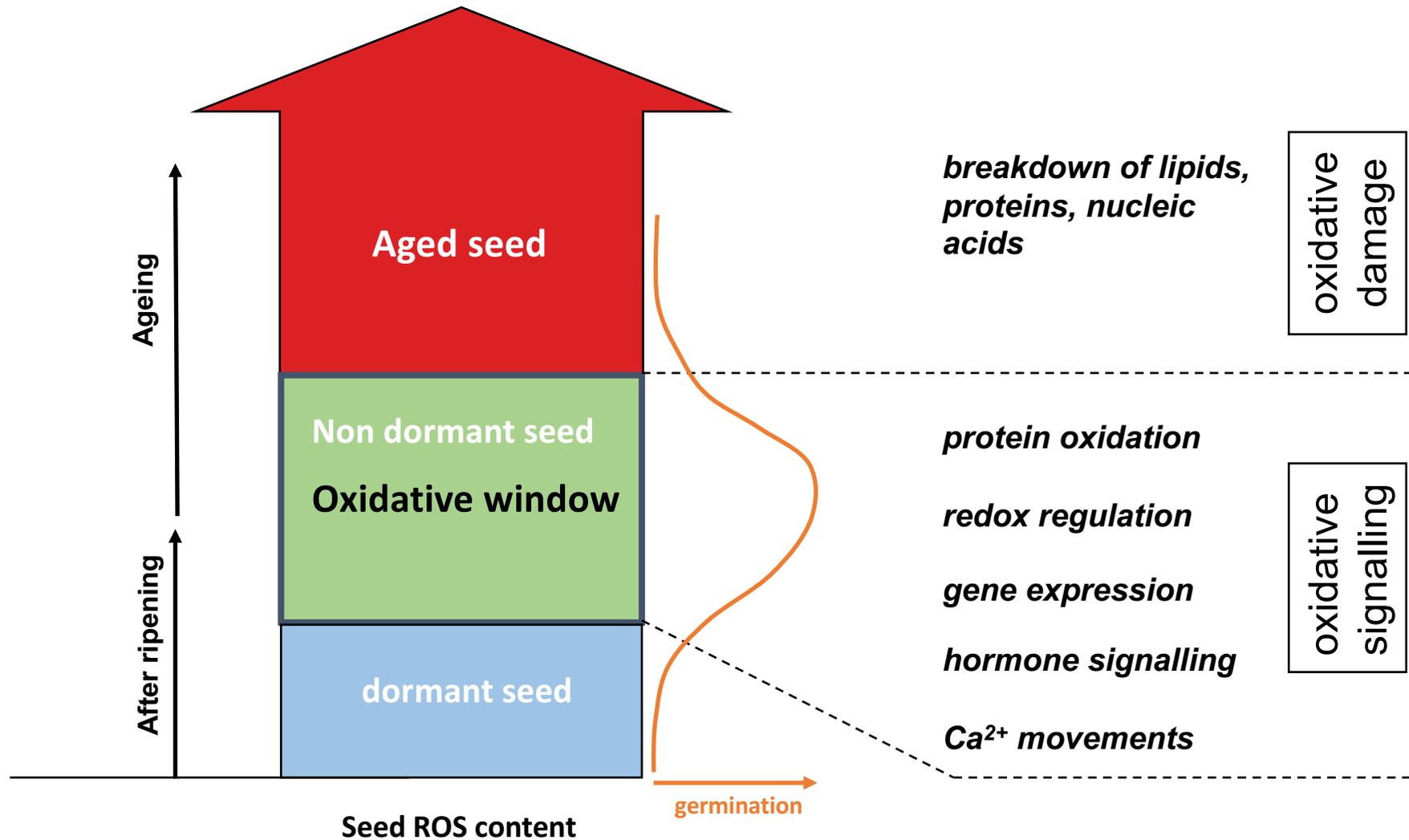
Semences de tournesol – localisation cellulaire d' H_2O_2 - CeCl_3 staining

L'accumulation non enzymatique d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) est associée à la post-maturation des semences...et à leur vieillissement

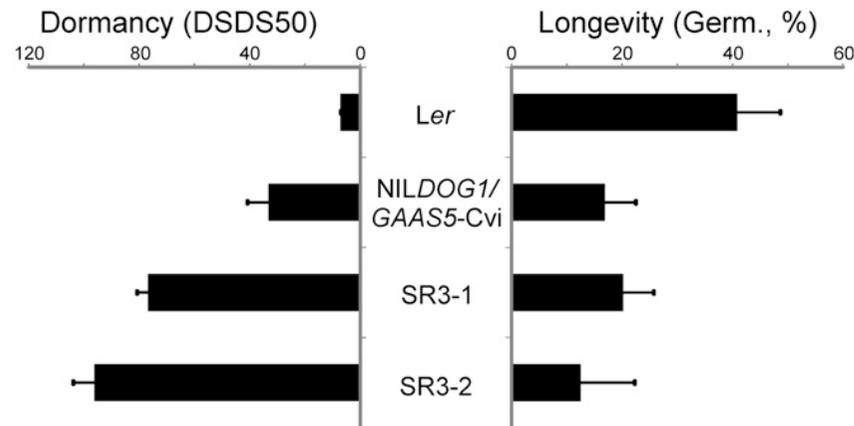


Levée de dormance au sec et vieillissement font partie d'un même continuum, impliquant probablement les mêmes mécanismes

Le concept de fenêtre oxydative explique le rôle des ROS dans ce continuum



Puisque levée de dormance au sec et vieillissement procèdent du même mécanisme, est-ce que la présence d'une dormance confère une longévité supérieure ?

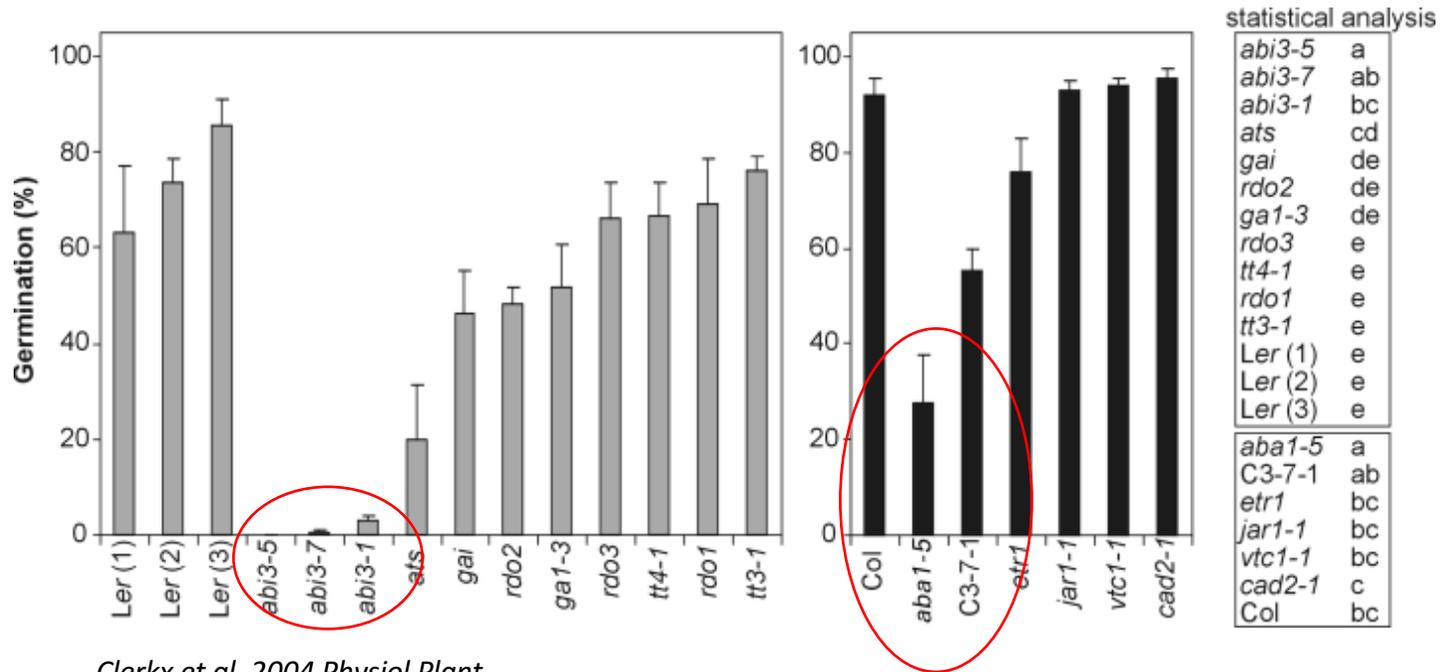


Arabidopsis: Analyse de la variabilité naturelle chez des lignées pures recombinantes (RIL)

Corrélation négative dormance/longévité

Figure 4. Seed dormancy and longevity phenotypes of *Ler*, *NILDOG1/GAAS5-Cvi*, and two independent transformants. Seed dormancy measured as DSDS50 and longevity after 7 years of storage and 45 d in 75% relative humidity (germination percentage) is shown for *Ler*, *NILDOG1/GAAS5-Cvi*, and two independent transformants (SR3-1 and SR3-2), which contain the *DOG1* Cvi allele in the *Ler* genetic background.

Nguyen et al. 2012 Plant Physiol



Clerkx et al. 2004 *Physiol Plant*.

Arabidopsis:
Analyse de mutants
hormonaux

« Reduced longevity was shown by mutants with abscisic acid insensitive3 (abi3) and abscisic acid deficient1 (aba1) mutations that may also be partially related to the seed dormancy phenotype for those mutants »

Corrélation positive dormance/longévité

« In Arabidopsis seeds of mutants affecting testa pigmentation and/or structure exhibited both reduced dormancy and faster deterioration (Debeaujon et al. 2000) »

Corrélation positive dormance/longévité

Banque de semences (IPK, Allemagne): étude de 96 génotypes de blé (*Triticum aestivum*) issus de 21 pays

Table 9: Correlations of seed longevity with agronomical traits of genebank collection in 2010

	IG	GAA	RGAA	GCD	RGCD	DI	PHS	Ht	Hd	Ft
GAA	0.54**									
RGAA	0.1	0.89**								
GCD	0.54**	0.55**	0.36**							
RGCD	0.27**	0.43**	0.35**	0.95**						
DI	-0.51**	-0.18	0.05	-0.19*	0.04					
PHS	0.35**	-0.01	-0.19	0.01	-0.11	-0.68**				
Ht	0.41**	0.25**	0.09	0.40**	0.29**	-0.39**	0.32**			
Hd	0.51**	0.11	-0.13	0.28**	0.13	-0.49**	0.38**	-0.39**		
Ft	0.56**	0.14	-0.11	0.26**	0.08	-0.50**	0.41**	0.45**	0.87**	
TKW	-0.01	0.00	0.02	-0.10	-0.12	0.00	0.09	-0.13	-0.09	0.15



IG = initial germination, GAA = germination after AA, RGAA = relative germination after AA, GCD = germination after CD, RGCD = relative germination after CD, DI = dormancy index, PHS = pre-harvest sprouting, Ht = height, Hd = heading time, Ft = flowering time, TKW = thousand kernel weight, * = correlation significant at $p < 0.05$ level (2-tailed) ** = significant correlation at $p < 0.01$ level (2-tailed)

Arif et al 2017, PhD Thesis

Pas de corrélation dormance/longévité

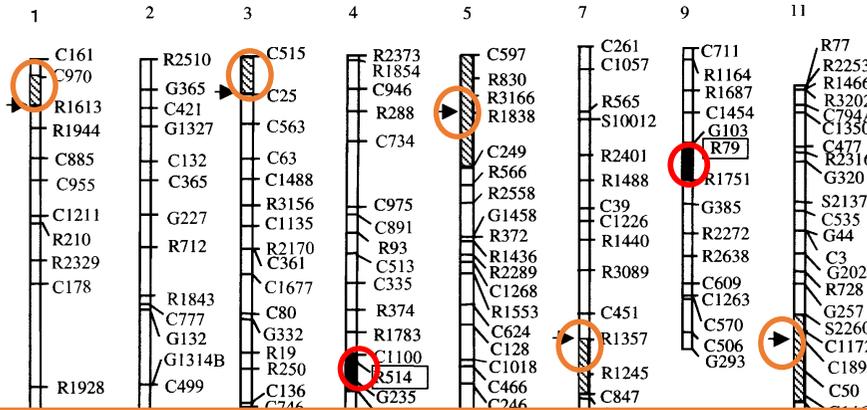
Les données génétiques ne plaident pas pour une relation forte entre dormance et longévité

Recherche de QTL pour les caractères dormance et longévité chez le riz

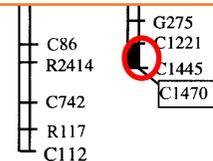
Loci for seed longevity:
chromosomes 2, 4 and 9 ○

QTLs for dormancy:
chromosomes 1, 3, 5, 7 and 11 ○

Fig. 2 Chromosomal locations of QTLs for seed dormancy and seed longevity in rice. *Striped and black bars* represent putative regions of QTLs for seed dormancy and seed longevity, respectively. A reduction of a 0.5 LOD value from the LOD peaks was used to define left and right borders of the confidence interval in MAPMAKER/QTL. *Arrows and box* indicate the nearest marker locus to the QTLs for seed dormancy and seed longevity, respectively, in markers which were significant at the 0.01 probability level based on ANOVA. Chromosomes with no QTLs are omitted



La relation entre longévité ex-situ et intensité de dormance n'est pas démontrée



Miura et al. (2002) *Theor appl genet* 2002

Les QTL de dormance et de longévité localisent à des loci différents: les 2 caractères sont contrôlés par des facteurs génétiques différents

Dormance et longévité *in-situ*: conservation des semences au sein de la banque de semences du sol

Banque de semences du sol: Stock de graines dormantes en général

Nombre de semences viables de mauvaises herbes trouvées dans les sols cultivés:

- Cultures légumières : 250 à 46 819 au m²
- Cultures céréalières : 4 742 à 73 350 au m²
- Cultures de maïs et de soja : 416 à 26 060 au m²

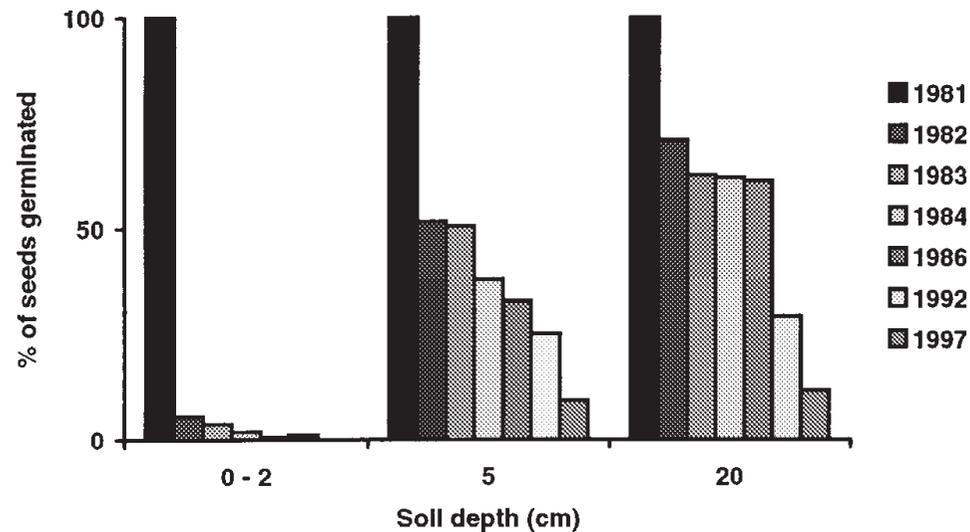


FIGURE 1: Percentage of viable nodding thistle seed buried at three depths in soil (average of four soil types).

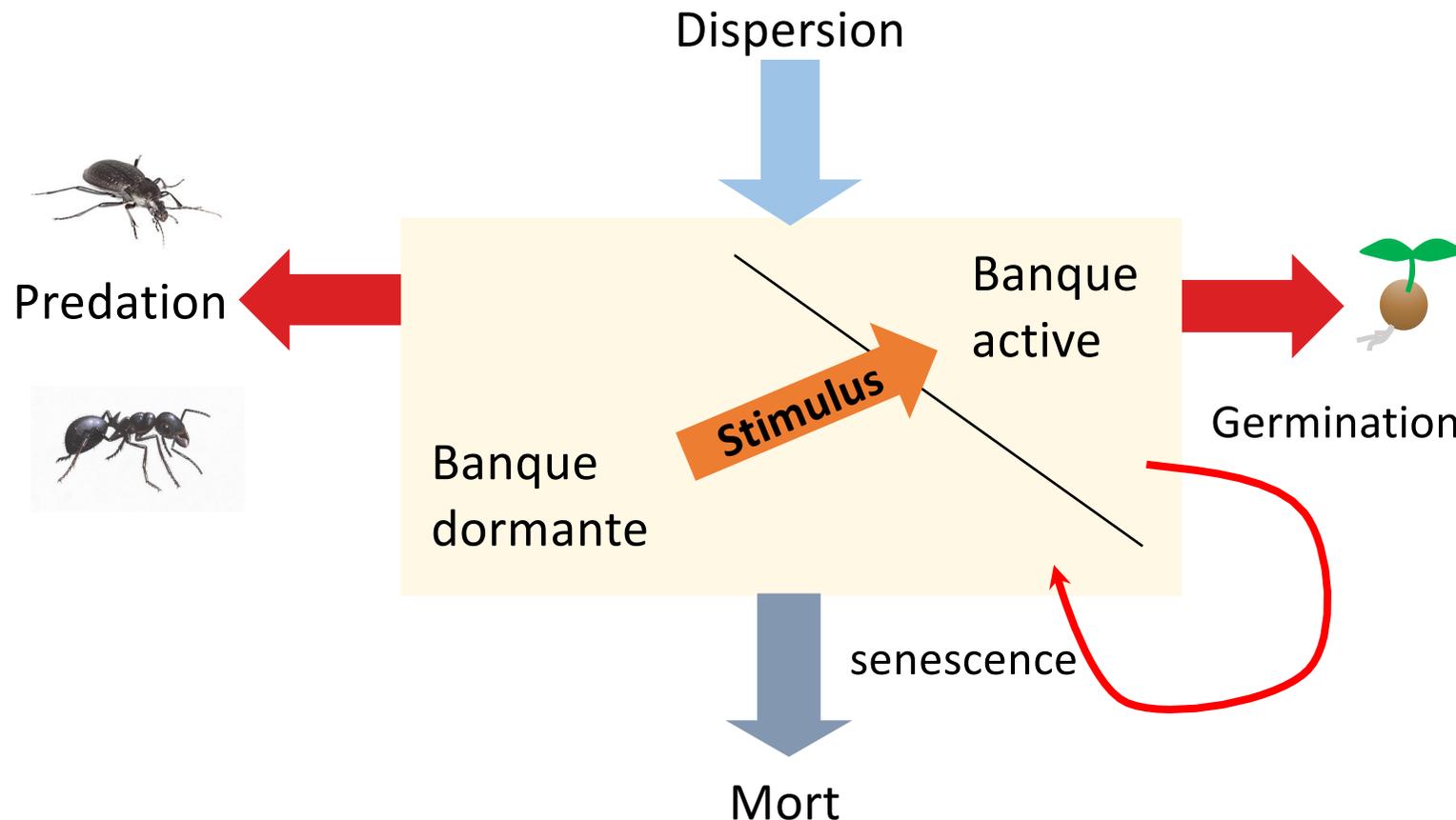
James et al. 1998, Chardon (Carduus nutans)

Dormance et longévité **in-situ**: conservation des semences au sein de la banque de semences du sol

Banque de semences du sol: Stock de graines dormantes en général

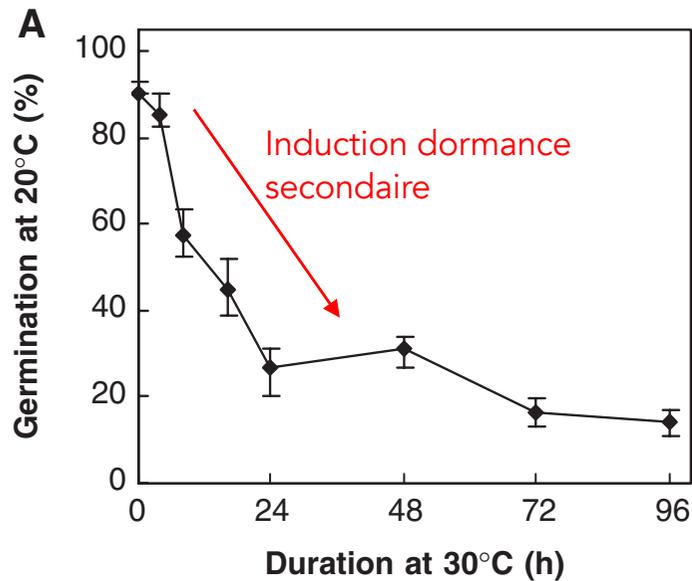
Nombre de semences viables de mauvaises herbes trouvées dans les sols cultivés:

- Cultures légumières : 250 à 46 819 au m²
- Cultures céréalières : 4 742 à 73 350 au m²
- Cultures de maïs et de soja : 416 à 26 060 au m²

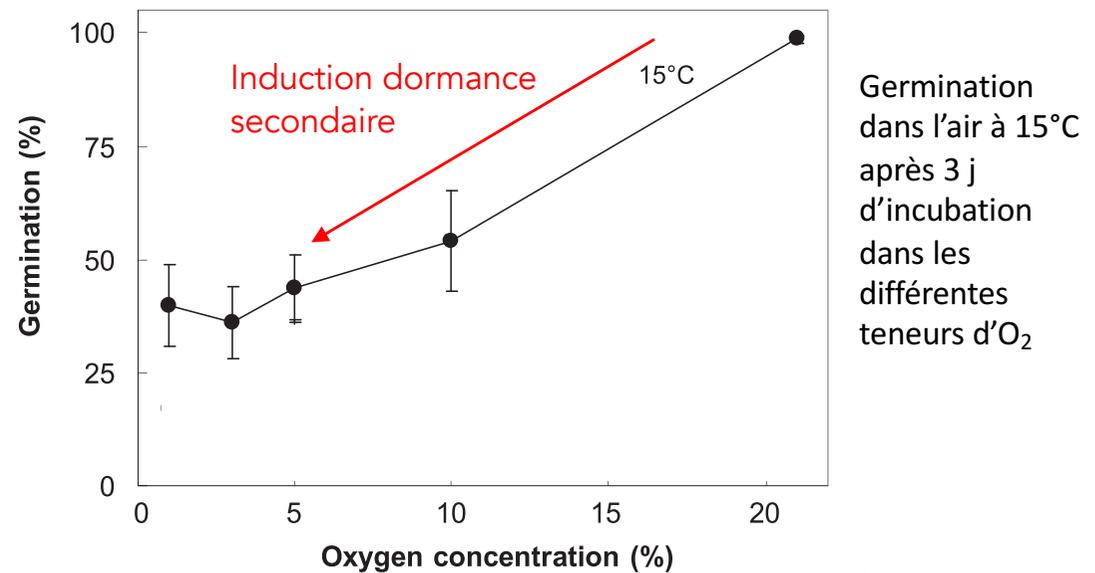
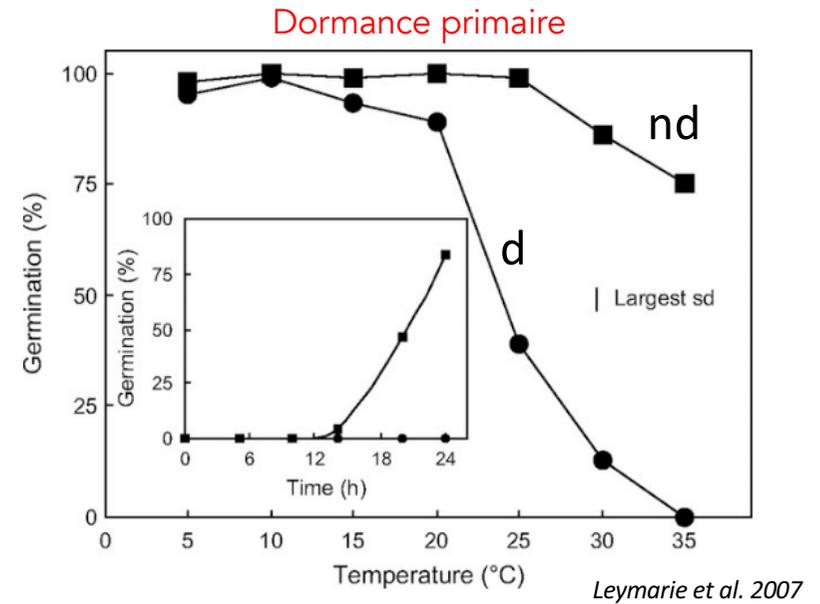


Le cycle de dormance participe à la survie des semences dans la banque de semences du sol

Notion de **dormance secondaire**: induite lorsque les conditions ne sont pas favorables à la germination



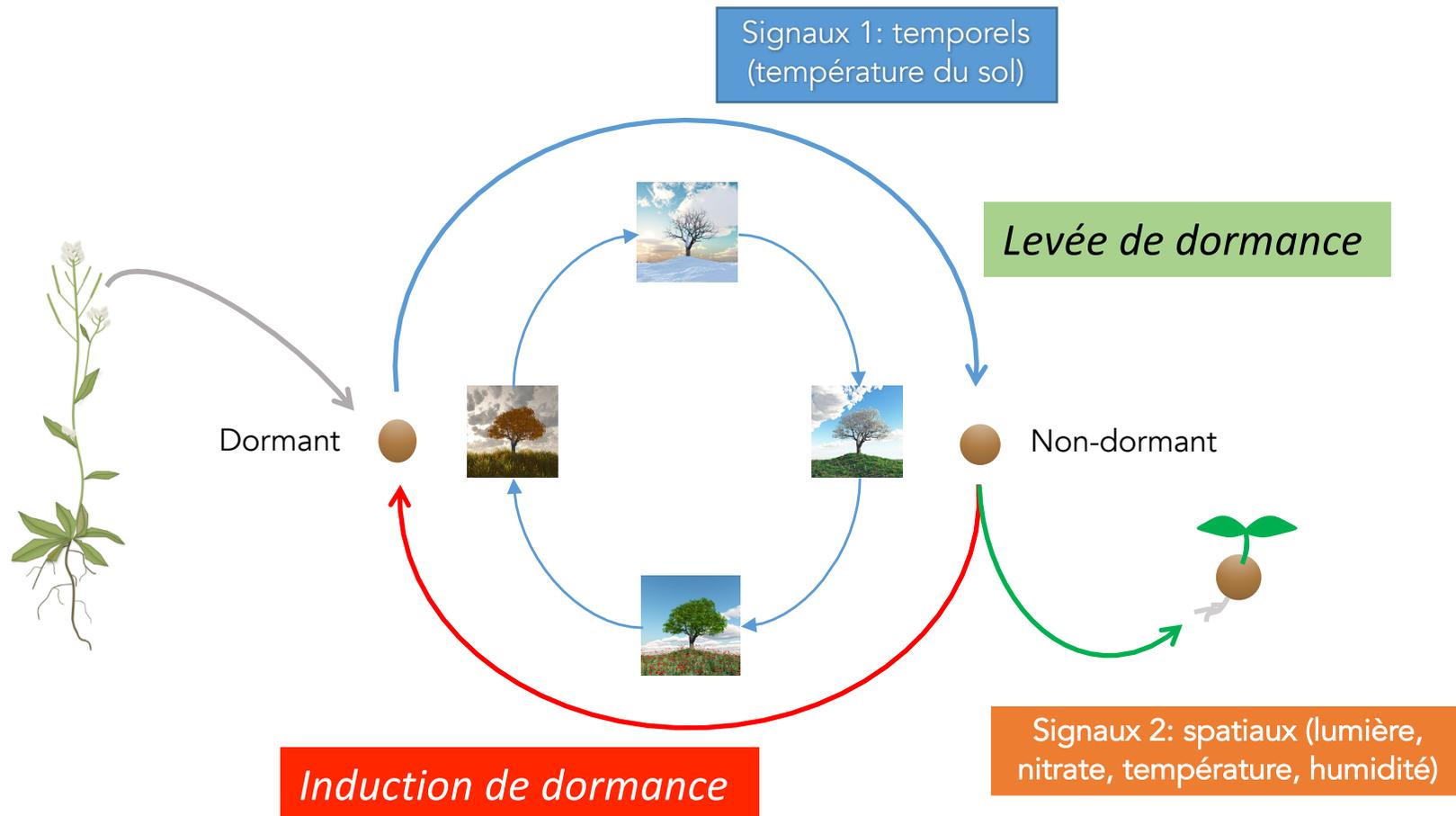
Leymarie et al. 2008



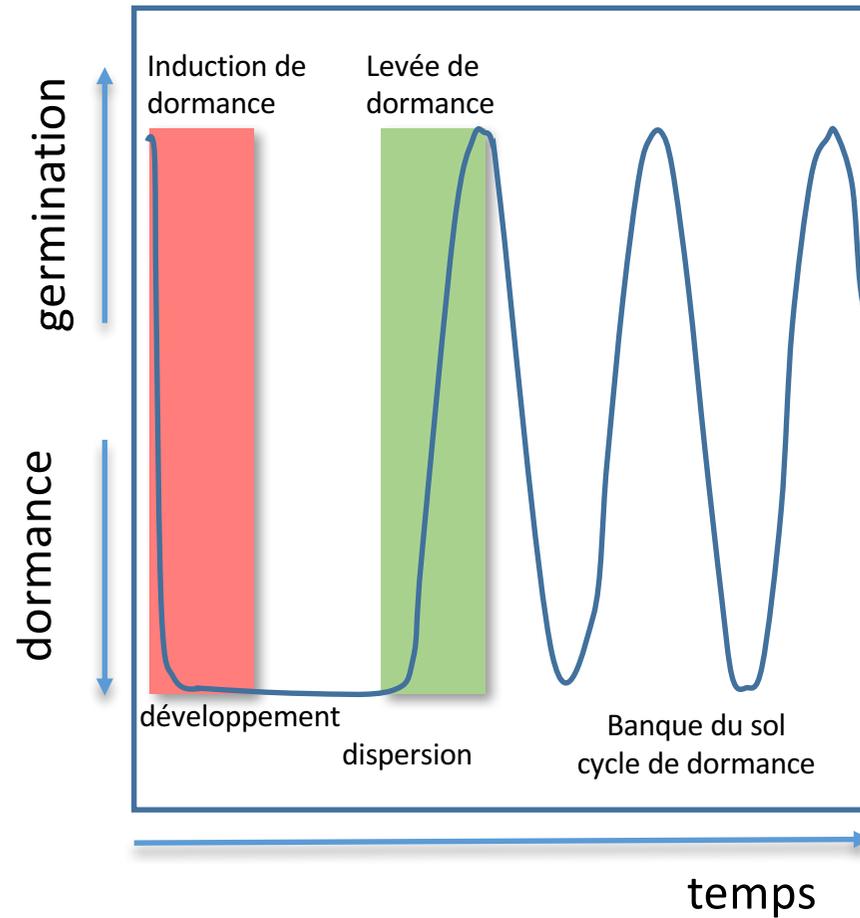
Germination dans l'air à 15°C après 3 j d'incubation dans les différents teneurs d'O₂

Hoang et al. 2013

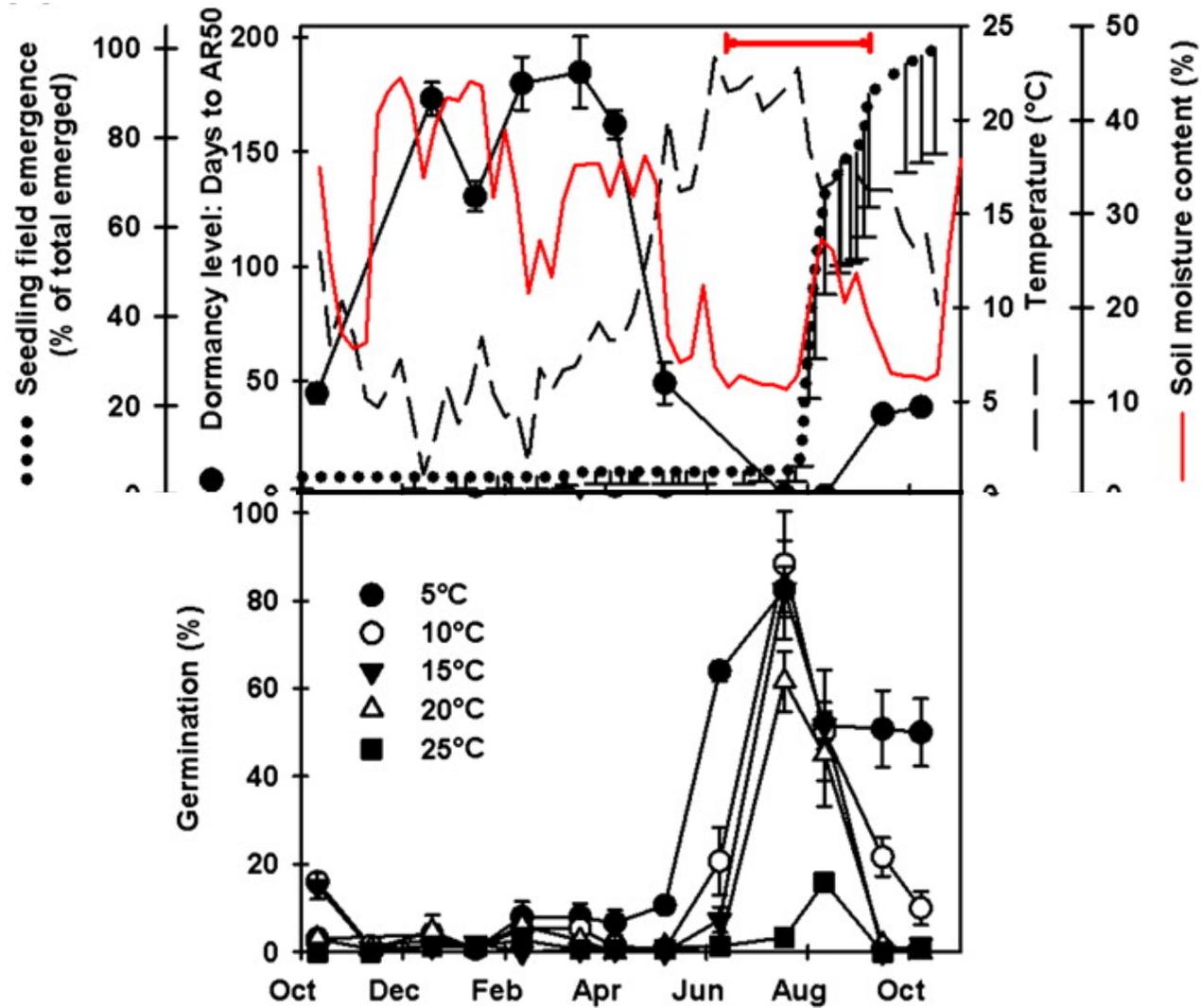
Le cycle de dormance participe à la survie des semences dans la banque de semences du sol



Le **cycle de dormance** participe à la survie des semences dans la banque de semences du sol



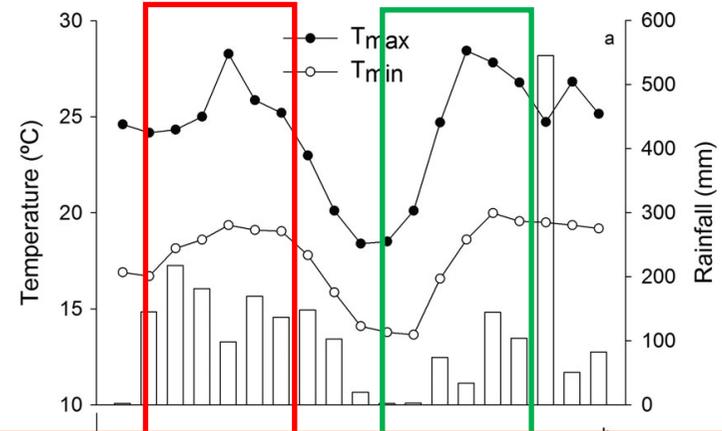
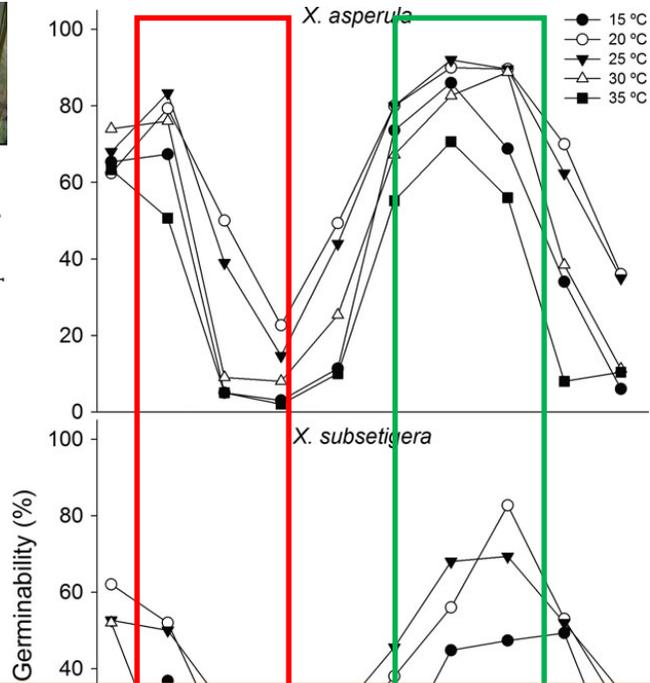
Exemple: Arabidopsis



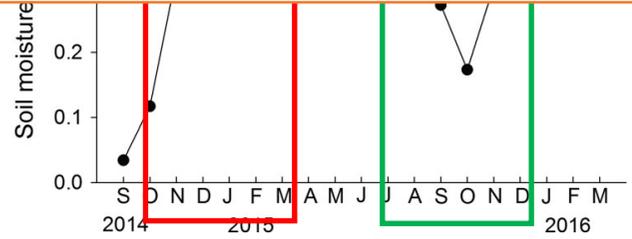
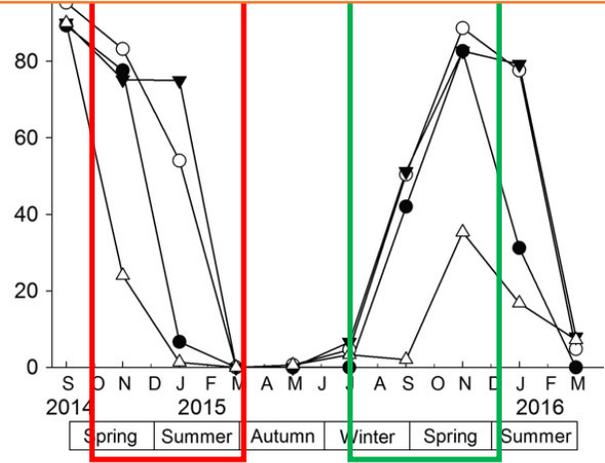
Footitt et al. 2011 PNAS

seed depth (5 cm) over 12 months from October

Exemple: *Xyris* sp.



La dormance participe à la longévité des semences dans la banque de semences du sol



Quel impact du changement climatique sur la dormance et la longévité ?



Effet de la température pendant la formation de la graine sur la dormance et la longévité (Arabidopsis)



14/16



18/22



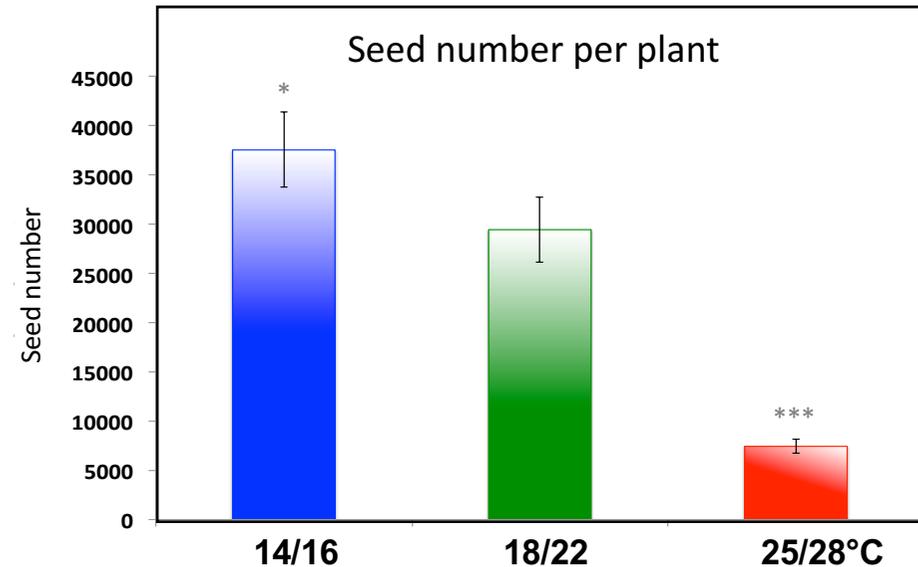
25/28 °C



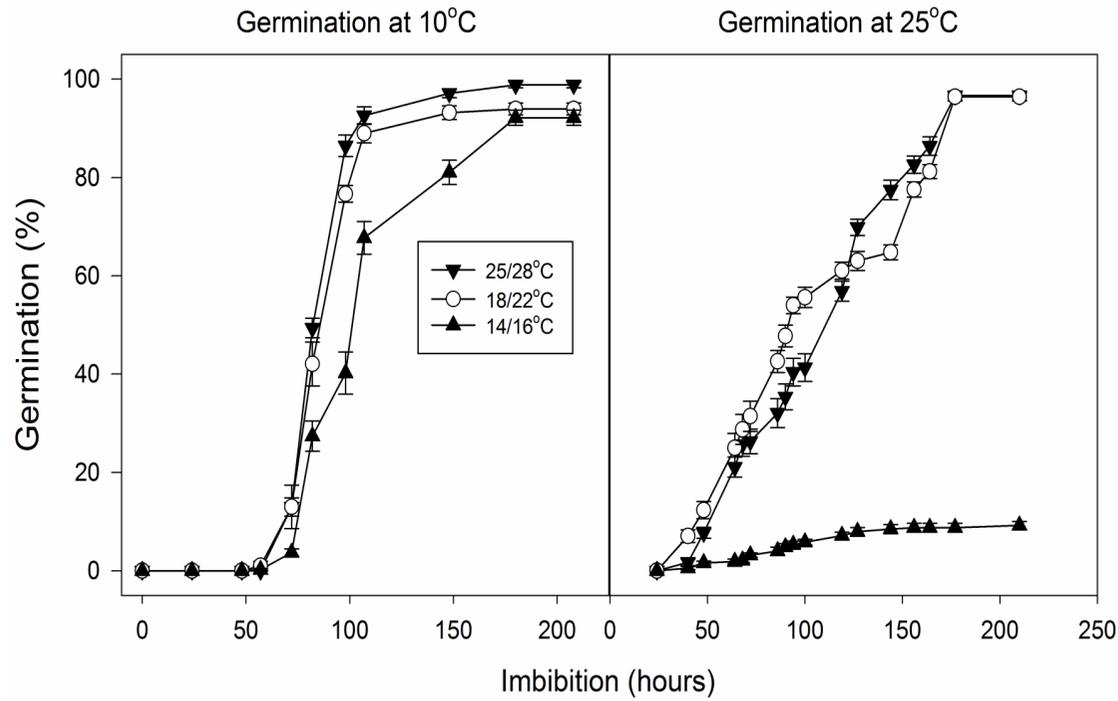
14/16

18/22

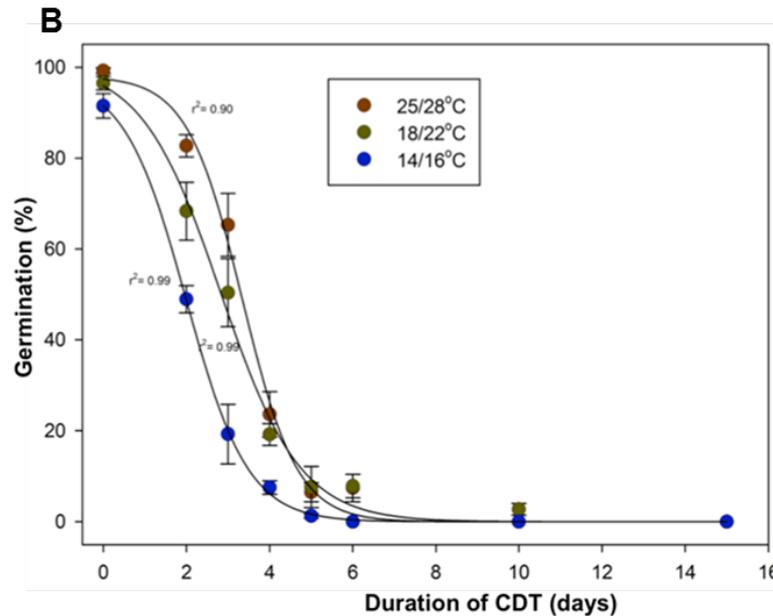
25/28 °C



*** <0.001, ** <0.01, * <0.05

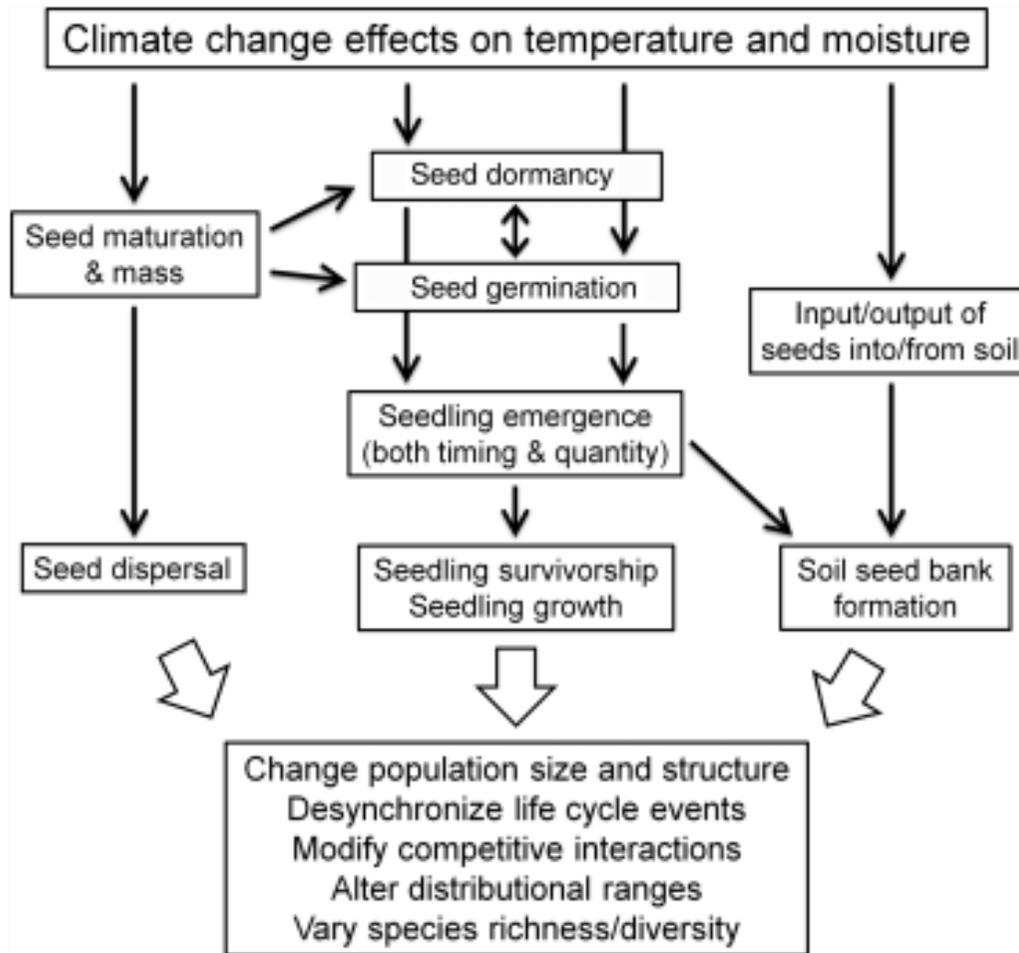


Les graines produites à température élevée sont moins dormantes



Et leur longévité est plus forte

Quel impact du changement climatique sur la dormance et la longévité ?



- Altération de la dormance à la récolte
- Elimination plus rapide de la dormance
- Modification de la dynamique de la banque de semences du sol (adventices)

Climate change and plant regeneration from seed

JEFFREY L. WALCK*, SITI N. HIDAYATI*, KINGSLEY W. DIXON†‡, KEN THOMPSON§ and PETER POSCHLOD¶

Pour conclure: Est-ce que la dormance des semences peut jouer un rôle dans leur exceptionnelle longévité ?

NON: Bien qu'étroitement imbriqués les mécanismes de dormance et de longévité ne permettent pas d'établir une relation claire entre ces deux caractères, en tout cas lors de la **conservation ex-situ**

OUI: La dormance peut être considéré comme l'un des facteurs de **la longévité des graines dans leur environnement**
Les dormances sont des systèmes régulateurs de germination jouant **un rôle fondamental dans la survie** et la propagation des espèces végétales

Le changement climatique aura des conséquences marquées sur ces deux caractères et donc sur la dynamique des peuplements végétaux