

Analyse spatiotemporelle du réseau de régulation de l'acide abscissique (ABA) au cours du développement des graines

Paul Schouveiler

**Lauréat d'une Bourse Académie d'Agriculture de France – Crédit Agricole
Ile-de-France Mécénat Jeunes talents 2025**

17 juin 2025

Institut Jean-Pierre Bourgin (INRAE), Versailles, France
Directeurs de thèse : **Julia Zinsmeister** et **Jean-Denis Faure**
Co-encadrant : **Massimiliano Corso**



INRAE

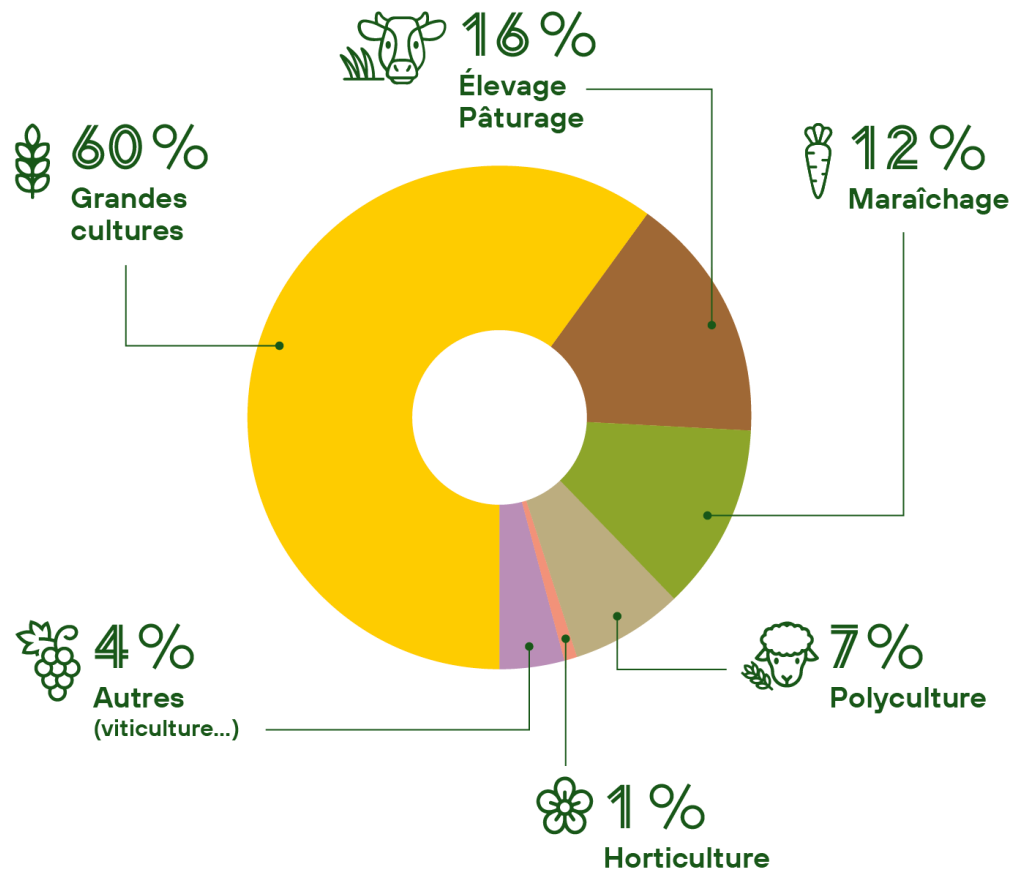
**université
PARIS-SACLAY**

ÉCOLE DOCTORALE
Sciences du végétal :
du gène à l'écosystème
(SEVE)



L'agriculture en Ile-de-France est dominée par les grandes cultures

RÉPARTITION DES PRODUCTIONS SUR LES TERRES RÉGIONALES (EN SURFACE)

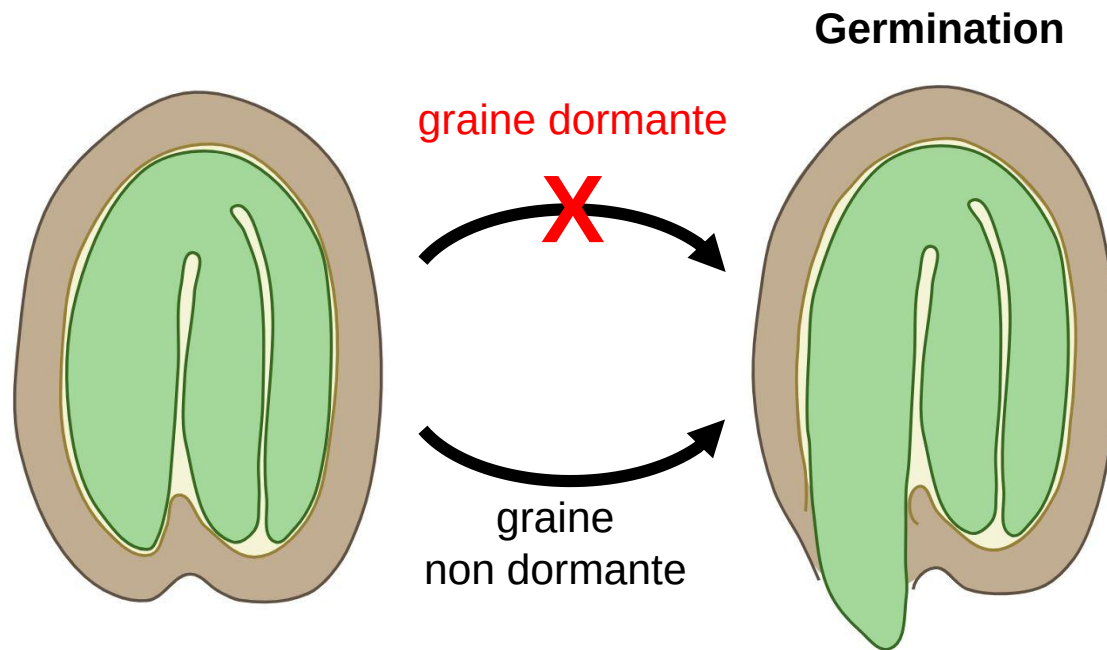


Le blé et le colza, majoritaires en Ile-de-France, sont cultivés pour leurs graines



(Site de la région Ile-de-France)

La dormance : un paramètre physiologique clé pour l'agriculture



Dormance = inhibition de la germination, même lorsque les conditions favorables sont réunies

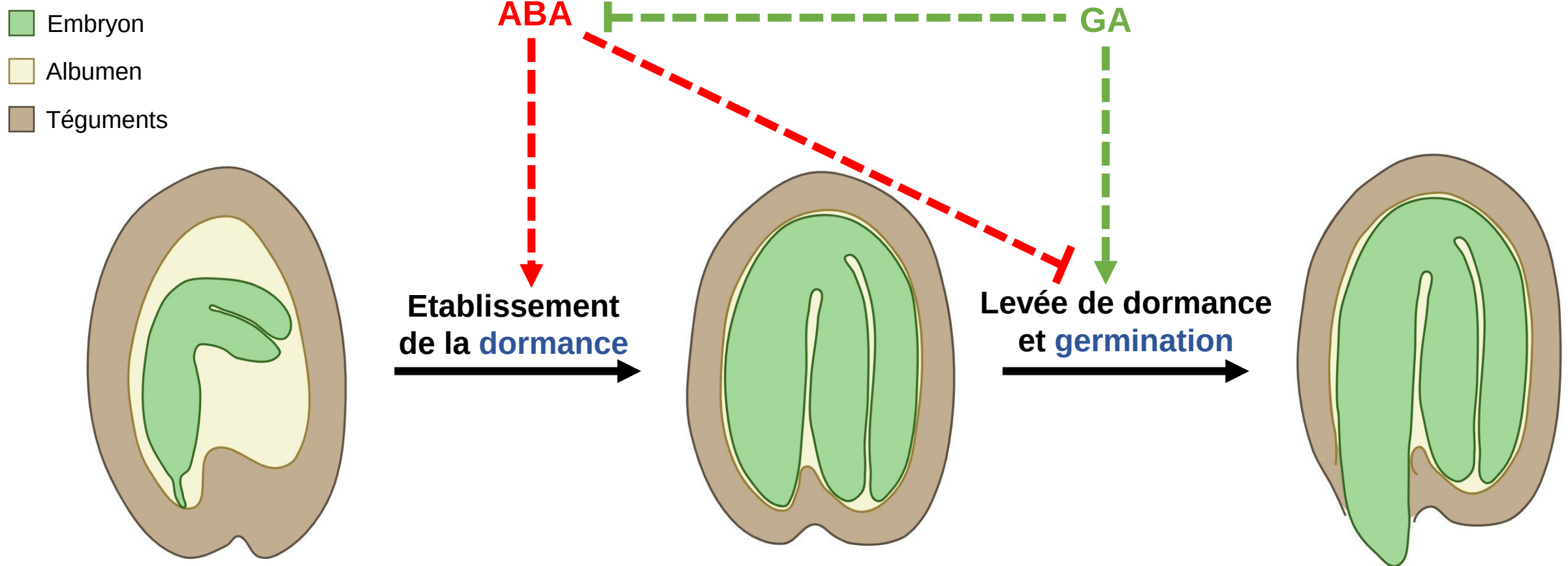
Un faible niveau de dormance est nécessaire à l'obtention d'une germination homogène



Une dormance trop faible peut entraîner une germination sur pied

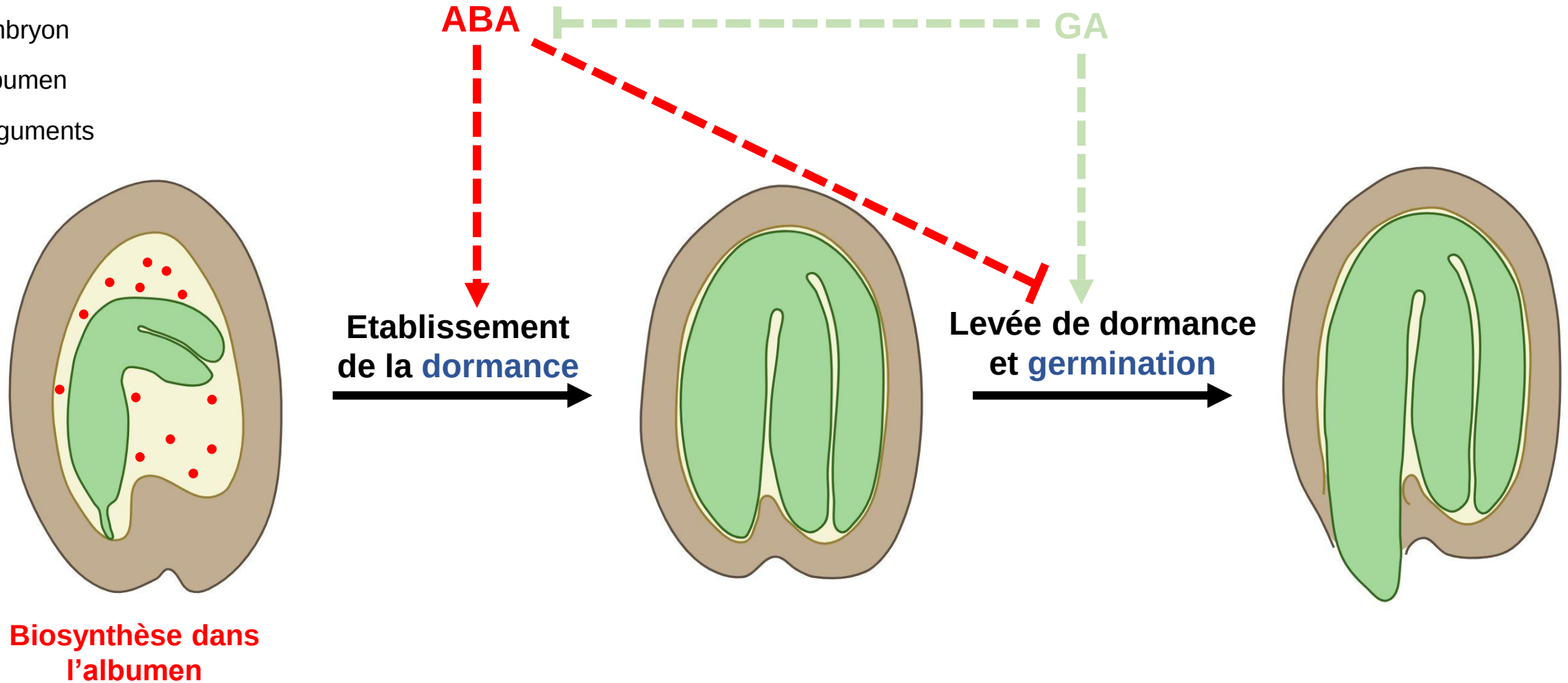


Contrôle de la dormance et de la germination par des phytohormones chez *Arabidopsis thaliana*



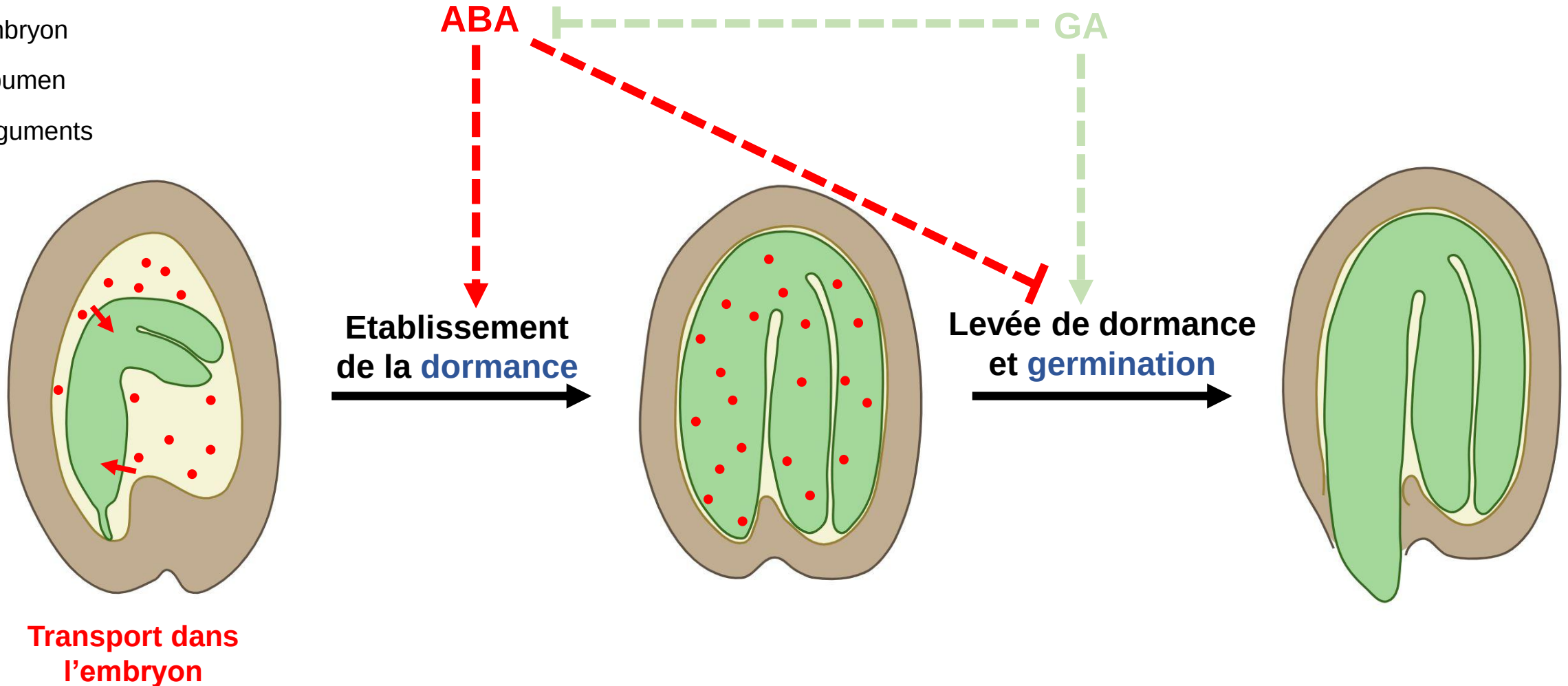
Contrôle de la dormance et de la germination par des phytohormones chez *Arabidopsis thaliana*

- Embryon
- Albumen
- Téguments



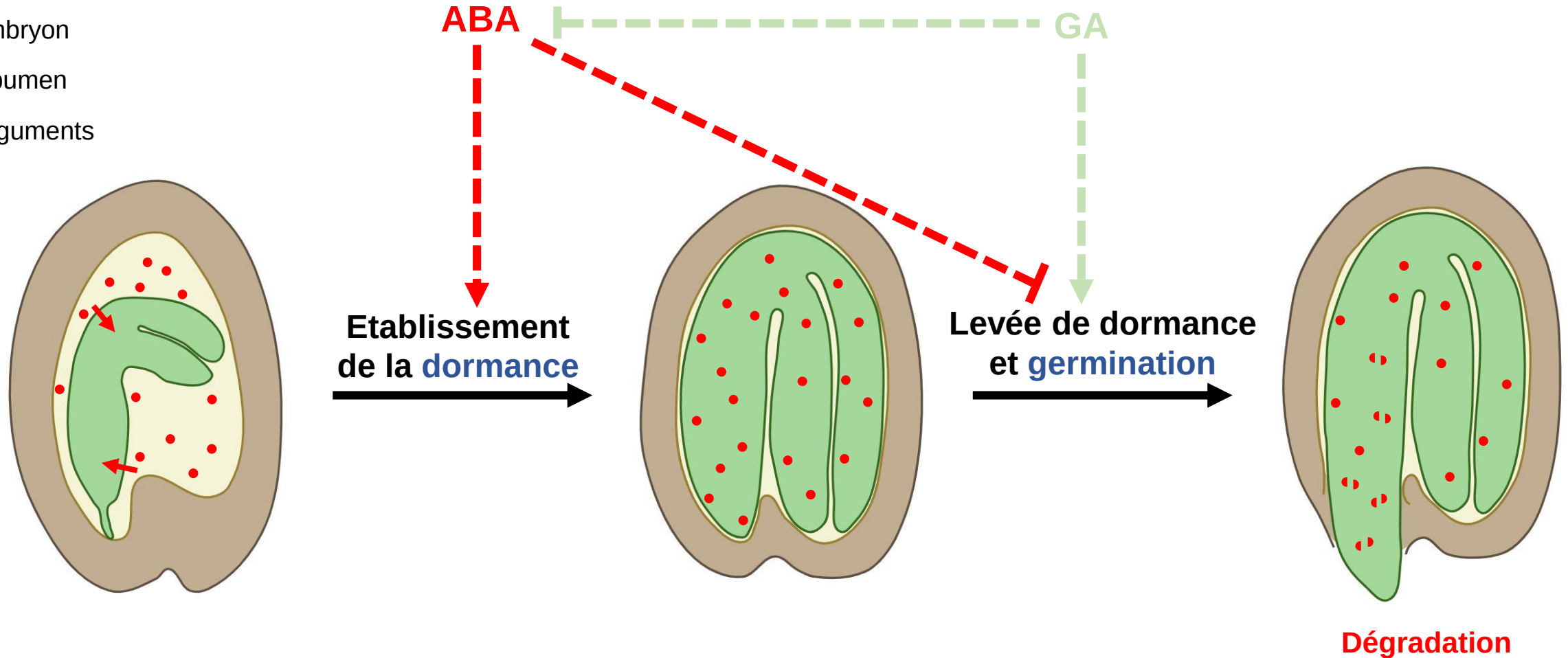
Contrôle de la dormance et de la germination par des phytohormones chez *Arabidopsis thaliana*

- Embryon
- Albumen
- Téguments

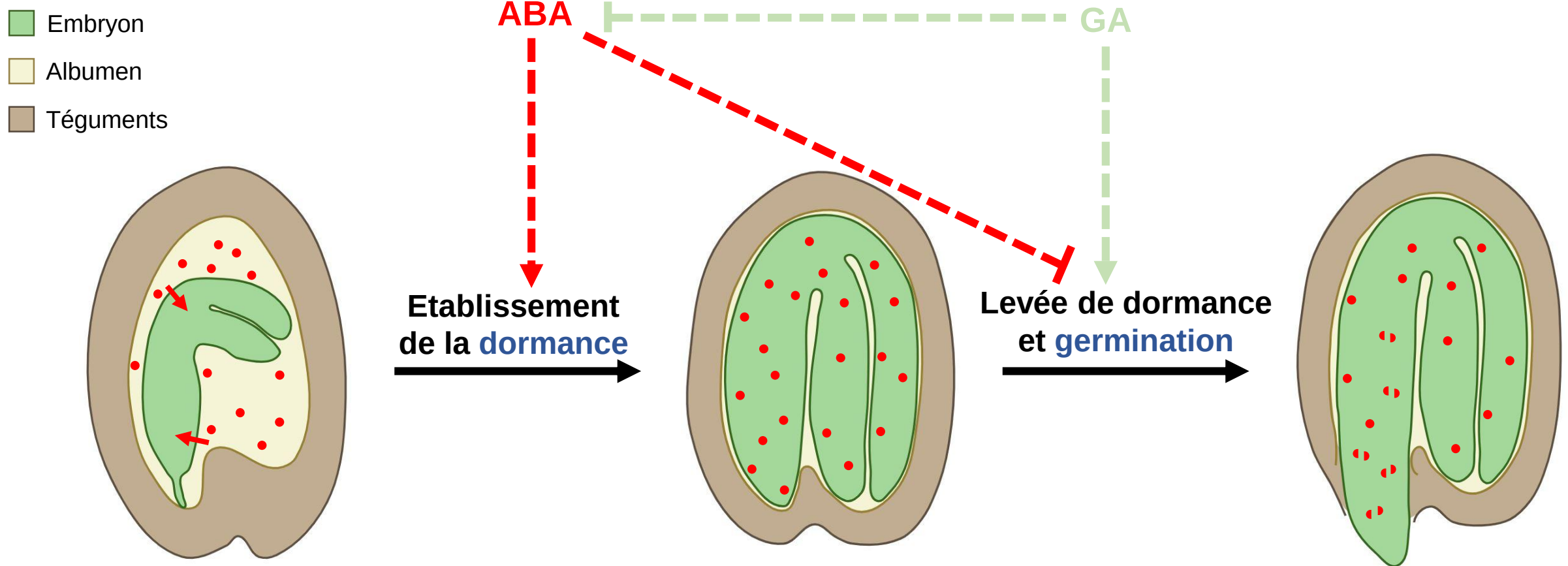


Contrôle de la dormance et de la germination par des phytohormones chez *Arabidopsis thaliana*

- Embryon
- Albumen
- Téguments



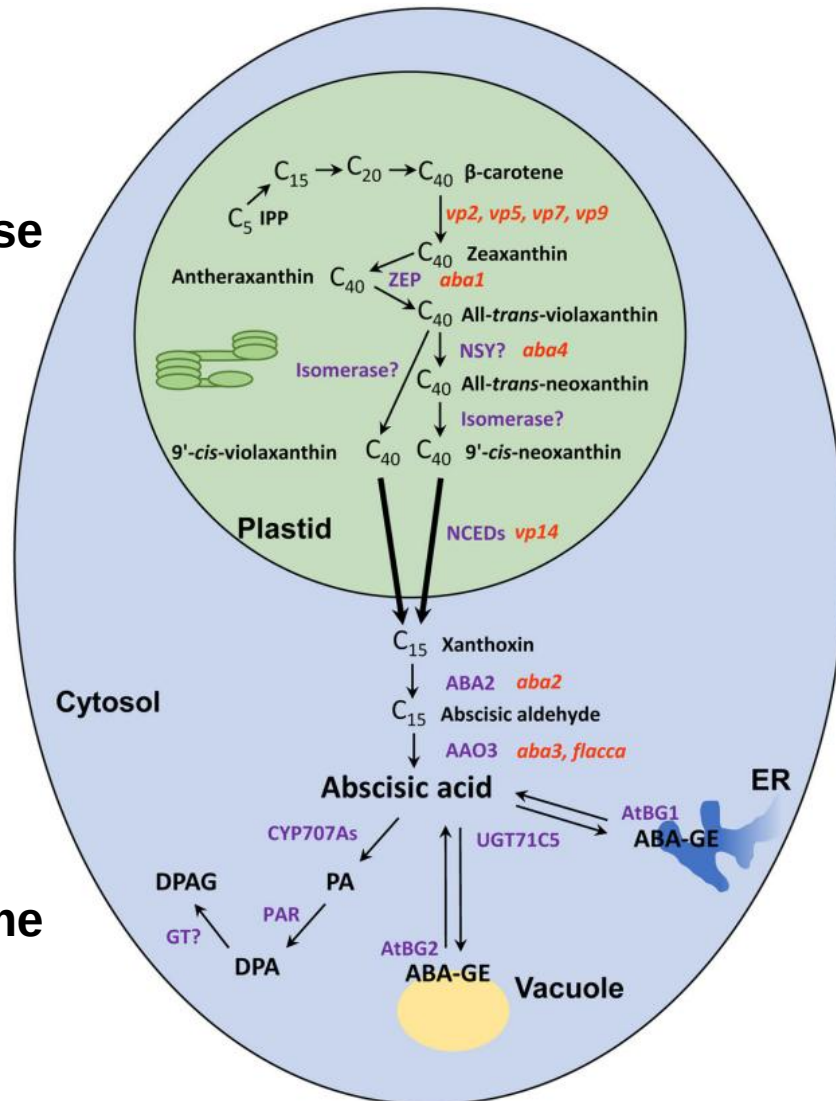
Contrôle de la dormance et de la germination par des phytohormones chez *Arabidopsis thaliana*



Comment le réseau de régulation de l'ABA s'organise-t-il de façon spatiotemporelle au cours du développement de la graine chez *Arabidopsis thaliana* ?

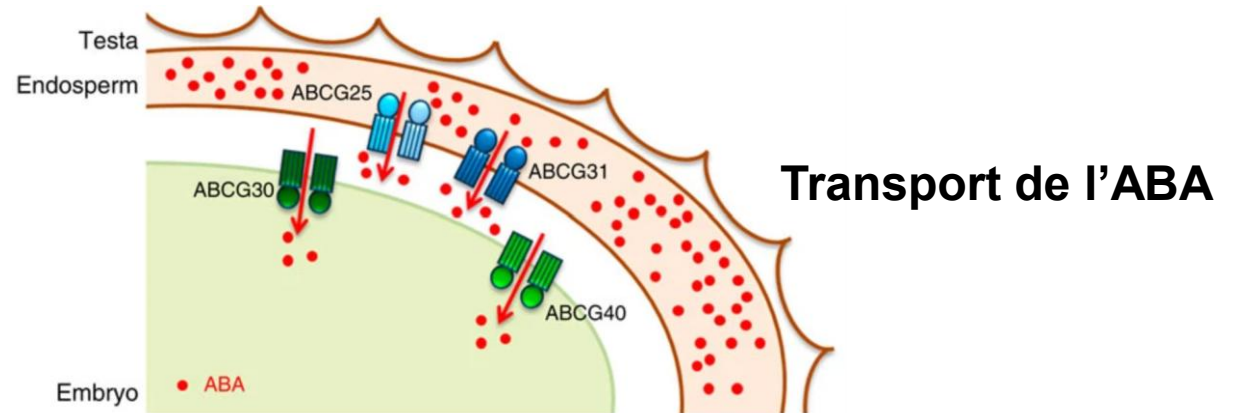
Le réseau de régulation de l'ABA implique de nombreux gènes de biosynthèse, de catabolisme, de transport, de signalisation, et de transport

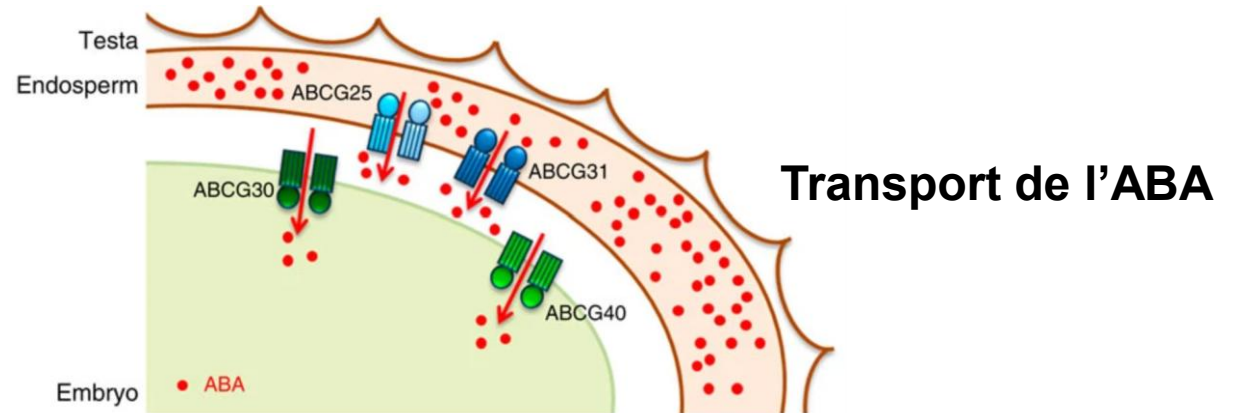
Biosynthèse



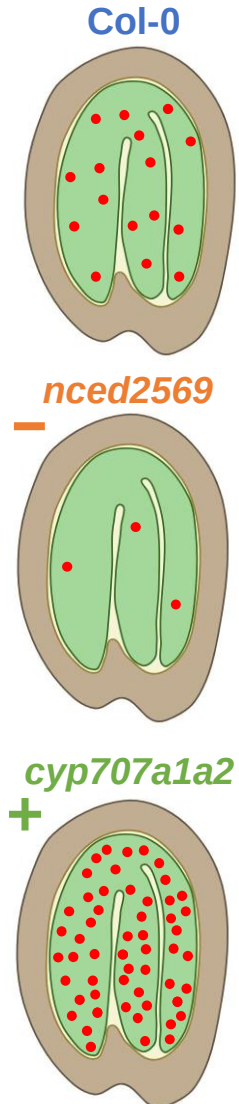
Catabolisme

(Chen et al., 2020)

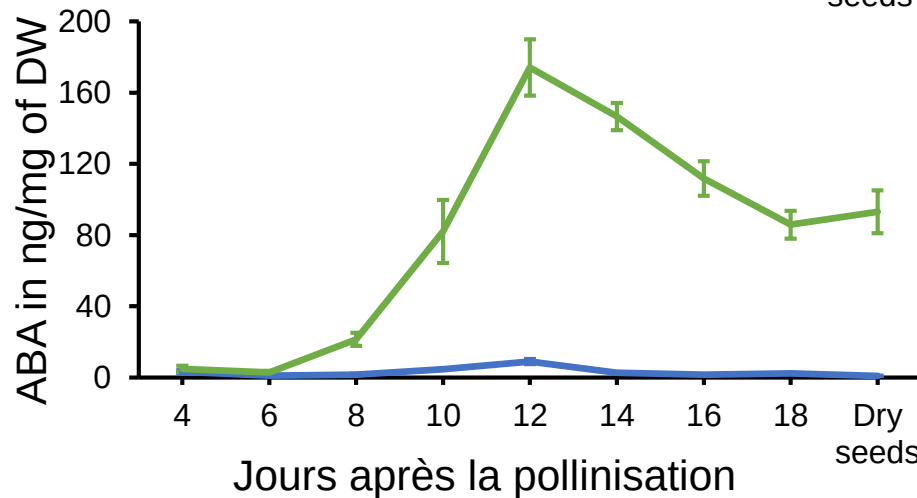
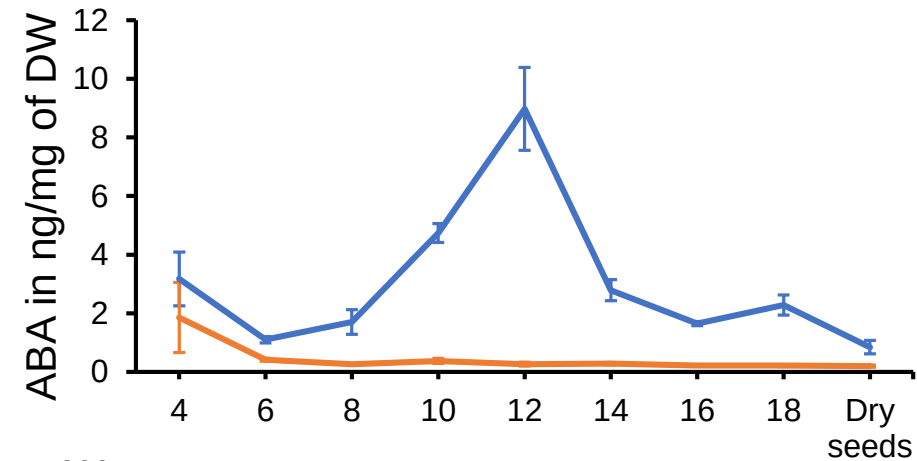




Effets de mutations de genes de biosynthèse et de catabolisme de l'ABA



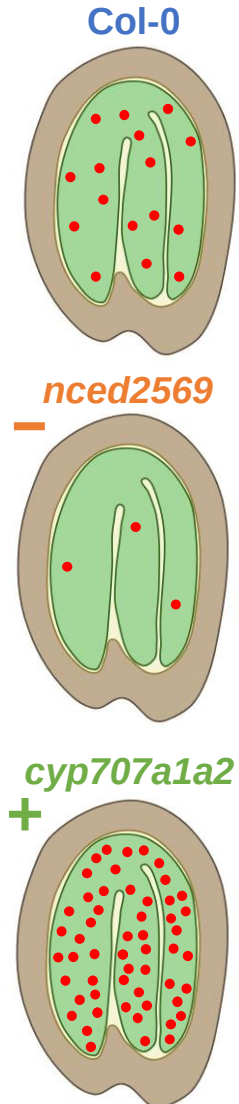
Accumulation de l'ABA dans les graines du sauvage (Col-0) et des mutants de l'ABA



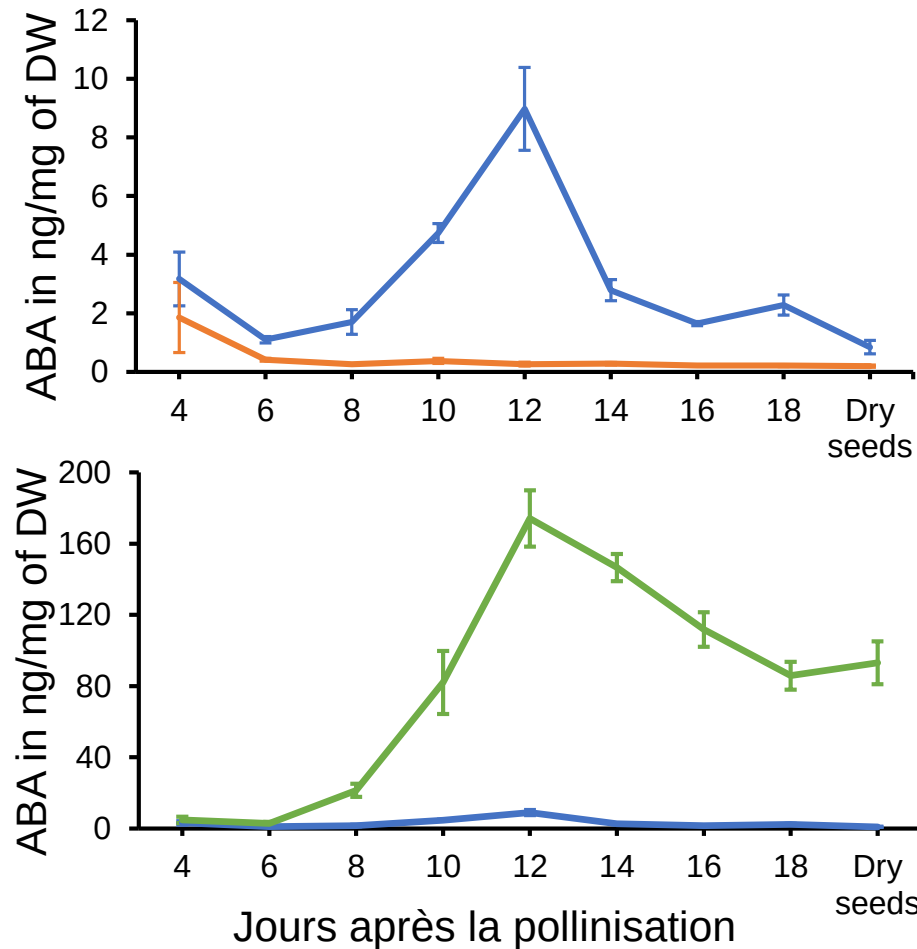
Col-0 *nced2569* *cyp707a1a2*

n = 4

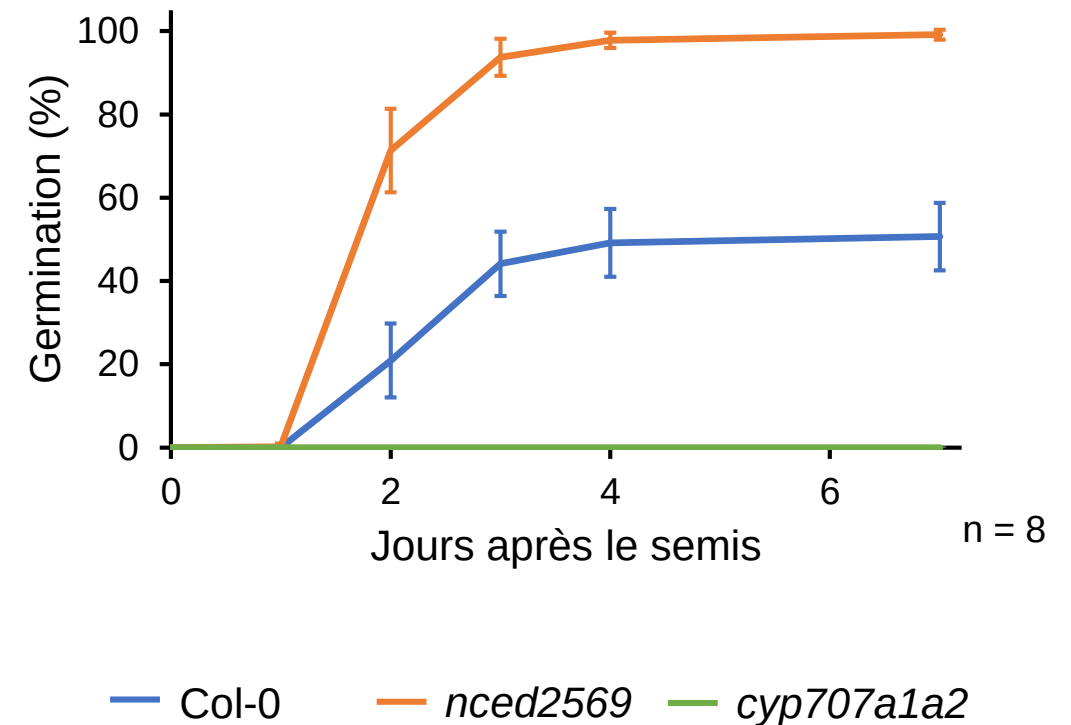
Effets de mutations de genes de biosynthèse et de catabolisme de l'ABA



Accumulation de l'ABA dans les graines du sauvage (Col-0) et des mutants de l'ABA

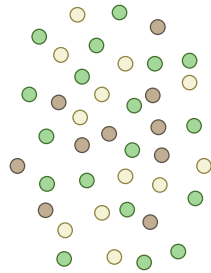
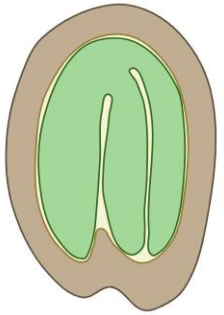


Tests de germination du sauvage (Col-0) et des mutants de l'ABA



Caractérisation transcriptomique de la voie de signalisation de l'ABA

Transcriptomique *single-cell* au cours du développement de la graine d'*Arabidopsis thaliana*



Récolte de graines à
plusieurs temps de
développement

Extraction de noyaux

Génotypes :

Col-0

nced2569

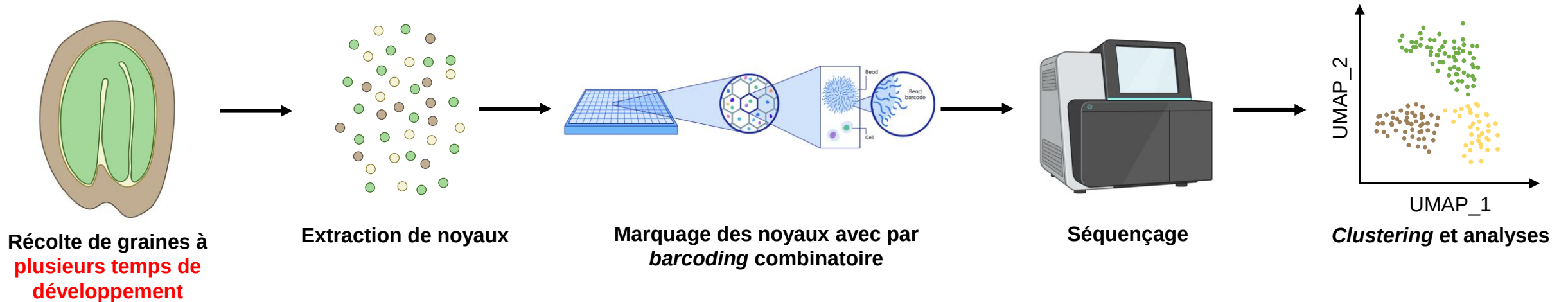
cyp707a1a2

Temps de développement :

8, 12 et 16 jours après la pollinisation

Caractérisation transcriptomique de la voie de signalisation de l'ABA

Transcriptomique *single-cell* au cours du développement de la graine d'*Arabidopsis thaliana*



Génotypes :

Col-0

nced2569

cyp707a1a2

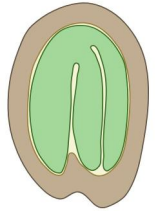
Temps de développement :

8, 12 et 16 jours après la pollinisation

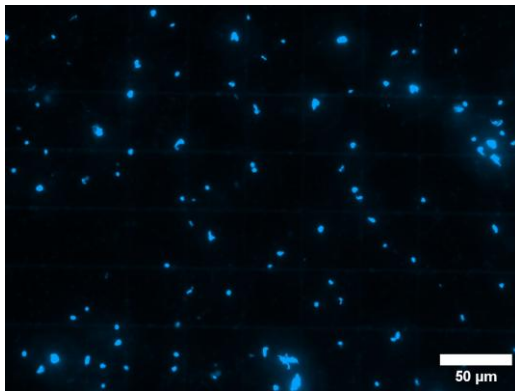
Séjour dans le laboratoire du Prof Mathew Lewsey à La Trobe University (Melbourne)

Organisation expérimentale pour l'obtention et l'analyse des données de transcriptomique *single-cell*

1) Optimisation d'un protocole d'extraction de noyaux



Noyaux marqués au DAPI



2) Production des échantillons



Col-0



nced2569



cyp707a1a2

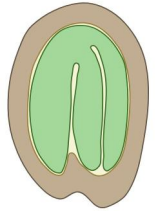
3 génotypes et 3 points de temps = 27 échantillons

3) Séquençage

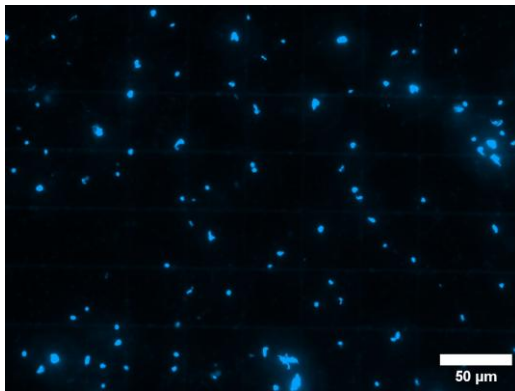


Organisation expérimentale pour l'obtention et l'analyse des données de transcriptomique *single-cell*

1) Optimisation d'un protocole d'extraction de noyaux



Noyaux marqués au DAPI



2) Production des échantillons



Col-0



nced2569



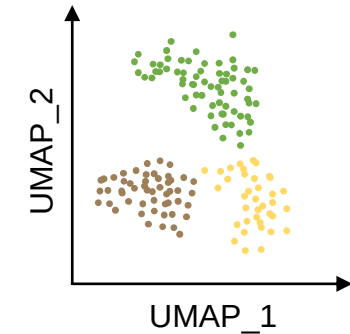
cyp707a1a2

3 génotypes et 3 points de temps = 27 échantillons

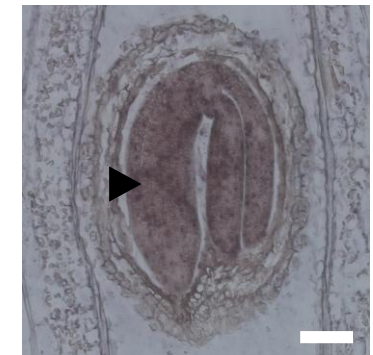
3) Séquençage



3) Analyses informatiques

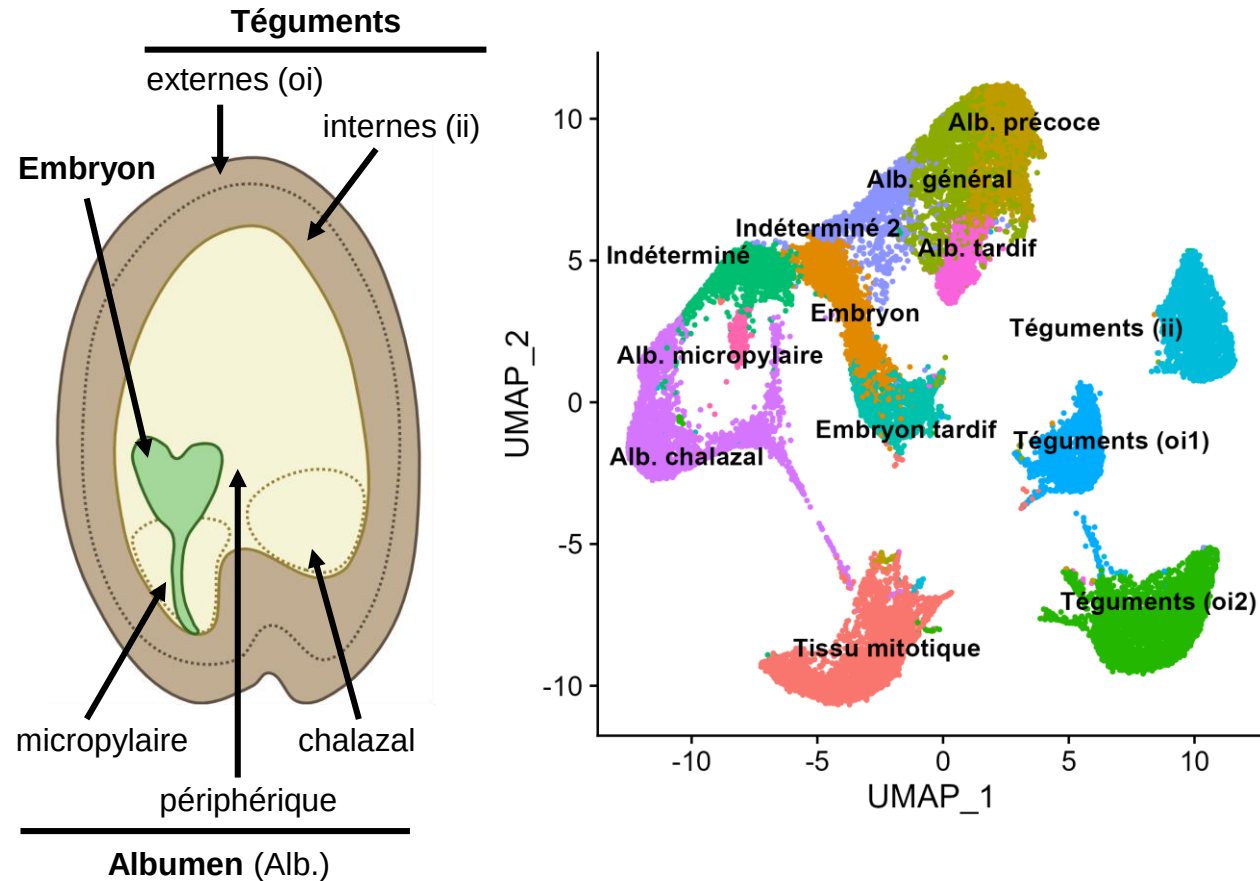


4) Validations expérimentales par hybridation *in situ*



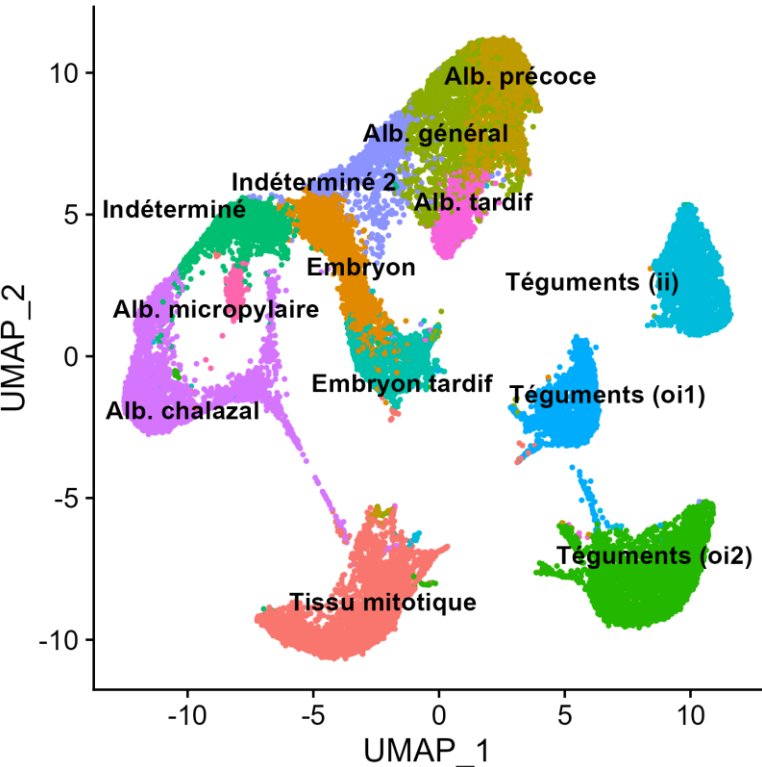
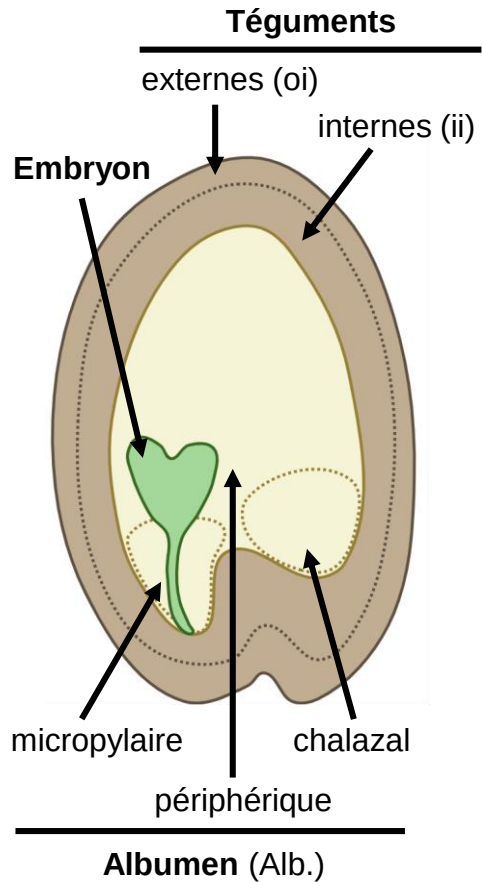
Analyse des gènes de l'ABA dans des données *single-cell* existantes

Identification des types cellulaires de la graine
dans les données *single-cell* de siliques
(Lee et al., 2023)

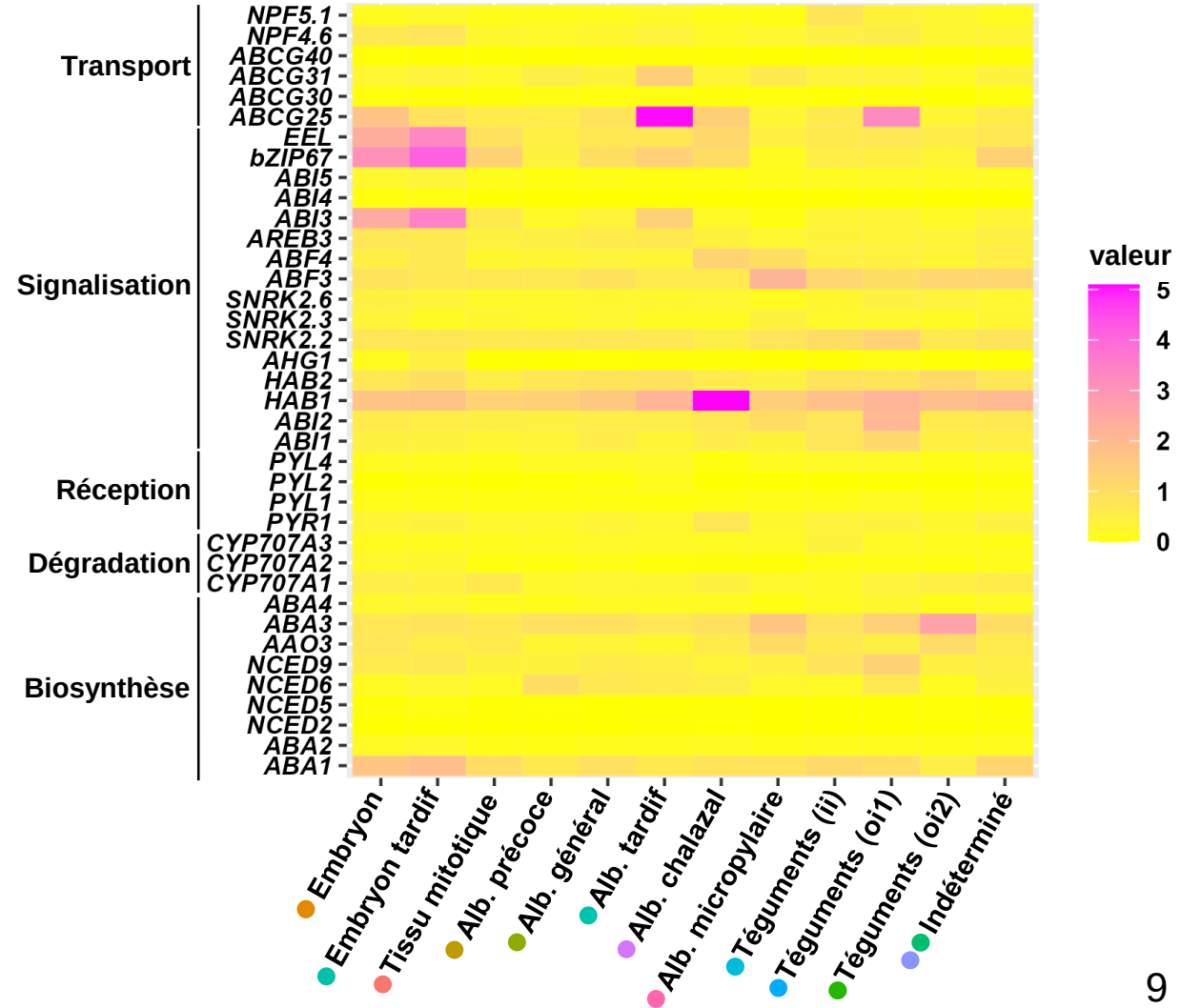


Analyse des gènes de l'ABA dans des données *single-cell* existantes

Identification des types cellulaires de la graine
dans les données *single-cell* de siliques
(Lee et al., 2023)

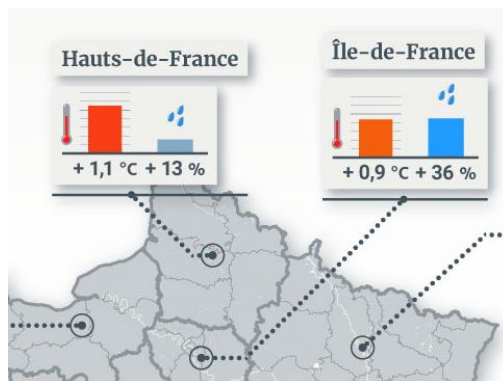


Expression des gènes de la voie de l'ABA dans les *clusters* de la graine

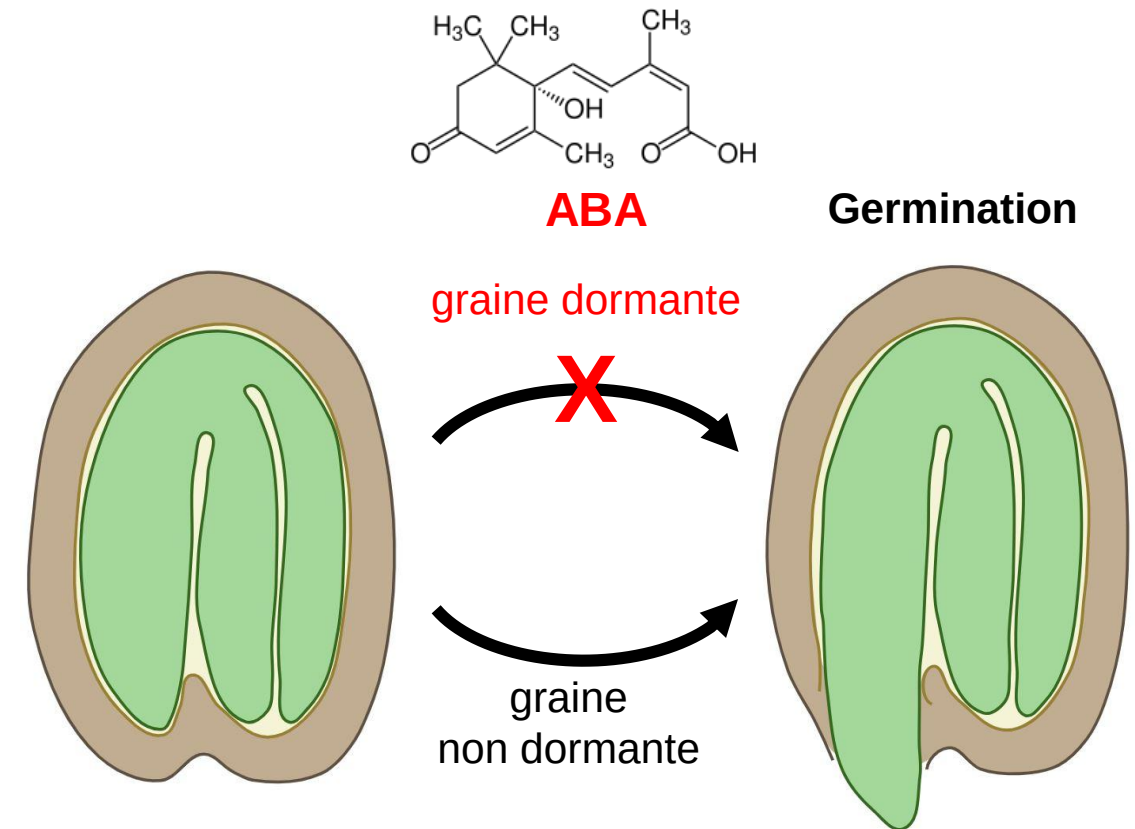


La voie de l'ABA représente un levier pour l'adaptation des cultures au climat

- Meilleure compréhension de l'**organisation spatiotemporelle** du réseau de régulation de l'ABA
- Identification de **nouveaux gènes** impliqués dans la voie de l'ABA et l'établissement de dormance
- A terme, transposition des connaissances à des **espèces d'intérêt agronomique** (colza, caméline, ...) et **sélection de variétés** avec des niveaux de dormance adaptés aux enjeux climatiques futurs



Anomalies de température et de précipitations en 2024



Merci pour votre attention

Institut Jean-Pierre Bourgin

PHYGERM

Julia Zinsmeister

Loïc Rajjou

Clément Barbereau

François Perreau

Anne Frey

Tracy François

Delphine Sourdeval

Annie Marion-Poll

Helen North

Awaline Doumbouya

Et les autres membres de l'équipe

DECLIC

Jean-Denis Faure

SEED-DREAM

Massimiliano Corso

PO-Cyto

Alice Vayssières

Aurélie Hurel

Nero Borrega

La Trobe University

Mathew Lewsey

Lim Chee Liew



**Institut de Sciences des Plantes -
Paris Saclay**

Etienne Delannoy

Médine Benchouaia



Financements obtenus



**université
PARIS-SACLAY**

GRADUATE SCHOOL

Biosphera

Références

Site de la région Ile-de-France, <https://www.iledefrance-nature.fr/terres-agricoles/>

Bilan climatique 2024 en France de Météo France, <https://meteofrance.fr/actualite/presse/bilan-climatique-2024-en-france>

Abe et al. (2019). Genome-Edited Triple-Recessive Mutation Alters Seed Dormancy in Wheat. *Cell reports*, 28(5), 1362–1369. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2019.06.090>

Chen et al. (2020). Absciscic acid dynamics, signaling, and functions in plants. *Journal of integrative plant biology*, 62(1), 25–54. <https://doi.org/10.1111/jipb.12899>

Cutler et al. (2010). Absciscic acid: emergence of a core signaling network. *Annual review of plant biology*, 61, 651–679. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112122>

Kang et al. (2015). Absciscic acid transporters cooperate to control seed germination. *Nature communications*, 6, 8113. <https://doi.org/10.1038/ncomms9113>

Lee et al. (2023). A Single-Nucleus Atlas of Seed-to-Seed Development in Arabidopsis. *bioRxiv* 2023.03.23.533992. <https://doi.org/10.1101/2023.03.23.533992>

Sano & Marion-Poll (2021). ABA Metabolism and Homeostasis in Seed Dormancy and Germination. *International journal of molecular sciences*, 22(10), 5069. <https://doi.org/10.3390/ijms22105069>

Schouveiler et al. (2025). Deciphering seed development and germination in the single-cell era. *Seed Science Research*, 1–10. <https://doi.org/10.1017/S0960258524000199>