

CHAP.3 – PHYSIOLOGIE DE LA FLORAISON

- 1. LE PASSAGE DE L'ETAT VEGETATIF A L'ETAT REPRODUCTEUR**
- 2. ROLE DE LA TEMPERATURE**
- 3. ROLE DE LA LUMIERE : PHOTOPERIODISME**

1. LE PASSAGE DE L'ETAT VEGETATIF A L'ETAT REPRODUCTEUR

1.1. INTRODUCTION

1.2. LES DIFFERENTES ETAPES DU PASSAGE A L'ETAT REPRODUCTEUR

Physiologie de la floraison :



Etape capitale :

Reproduction sexuée

Survie de l'espèce

Alimentation humaine

- Acquisition de la **maturité de floraison**

Le stade juvénile doit être dépassé

- Tomate : 13 nœuds
- Blé : 7 feuilles
- Chêne : 50 ans



- **Alimentation suffisante**

mais non excédentaire

- éléments minéraux
- eau
- rapport C/N

$C/N \geq 20$ floraison + fructification

$C/N < 20$ développement végétatif



- **Contrôle hormonal**

Gibbérellines

Cytokinines

Auxines



- **Facteurs de milieu**

- Température : froid hivernal
- Lumière : durée relative jour / nuit



1. LE PASSAGE DE L'ETAT VEGETATIF A L'ETAT REPRODUCTEUR

1.1. INTRODUCTION

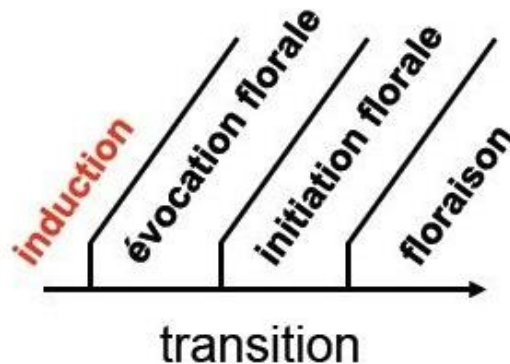
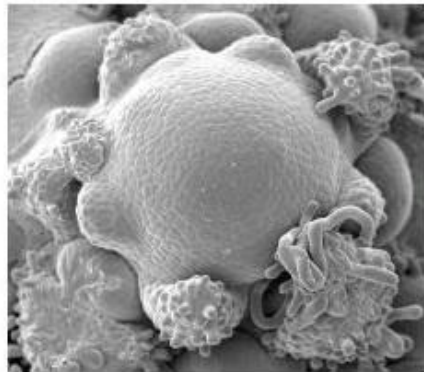
1.2. LES DIFFERENTES ETAPES DU PASSAGE A L'ETAT REPRODUCTEUR

La mise à fleurs = une étape capitale

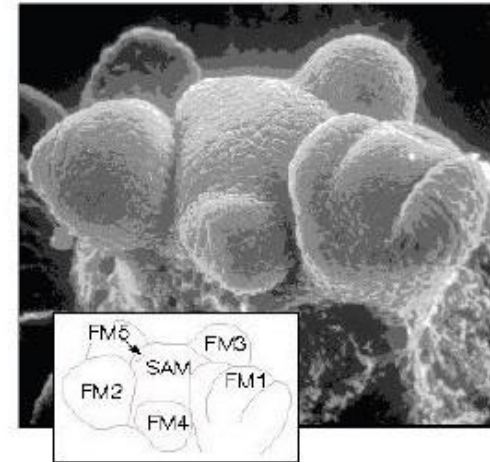
Méristème (*meristos* = division) = massif de cellules embryonnaires qui se divisent pour donner naissance à :

- la tige, les feuilles, la racine (méristème végétatif)
- la fleur (méristème reproducteur)

végétatif



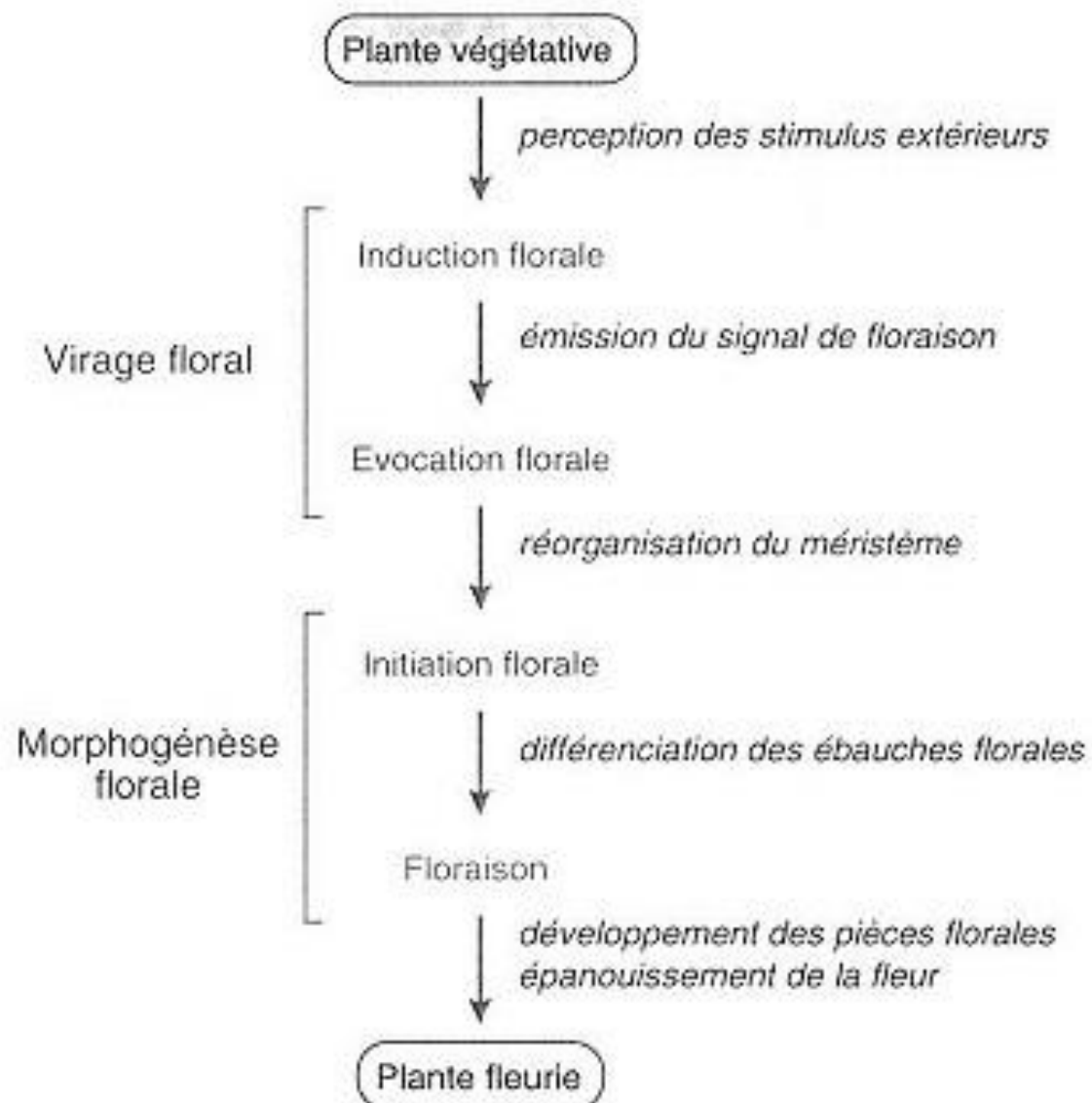
floral



SAM = Shoot Apical Meristem

Transition irréversible

Synchronisation indispensable avec des conditions environnementales favorables



Les différentes étapes du passage à l'état reproducteur chez une Angiosperme.

2. ROLE DE LA TEMPERATURE

2.1. LA VERNALISATION

2.1.1. Définitions

2.1.2. Exemples

2.1.3. Les besoins de vernalisation des plantes

2.1.4. Les caractéristiques de la vernalisation

2.1.5. Mécanisme de la vernalisation

2.2. LA THERMOINDUCTION

2. ROLE DE LA TEMPERATURE

2.1. LA VERNALISATION

2.1.1. Définitions

2.1.2. Exemples

2.1.3. Les besoins de vernalisation des plantes

2.1.4. Les caractéristiques de la vernalisation

2.1.5. Mécanisme de la vernalisation

2.2. LA THERMOINDUCTION

CEREALES D'HIVER ET DE PRINTEMPS

- Vernalisation du blé d'hiver
ré-imbibition + 1 mois à 2°C + semis en mars
- Vernalisation du seigle d'hiver
culture à 18°C : 1^{ère} fleur ~ 15^{ème} feuille
vernalisation + 1 mois à 18°C : 1^{ère} fleur ~ 6^{ème} feuille

PLANTES BISANNUELLES

- *Hyoscyamus niger* = Jusquiame noire

mars
Semis

juillet
Rosette

HIVER

avril
tige feuillée

juin
fleurs

Serre tiède
=> Rosette

6 semaines à 5°C + serre tiède
=> Tige feuillée fleurie



2. ROLE DE LA TEMPERATURE

2.1. LA VERNALISATION

2.1.1. Définitions

2.1.2. Exemples

2.1.3. Les besoins de vernalisation des plantes

2.1.4. Les caractéristiques de la vernalisation

2.1.5. Mécanisme de la vernalisation

2.2. LA THERMOINDUCTION

BESOINS DE VERNALISATION CHEZ LES VEGETAUX

- **Les espèces indifférentes**

Ces espèces n'ont aucun besoin de froid pour atteindre leur maturité de floraison.

Semées au printemps, elles fleurissent la même année, sans avoir à subir le froid de l'hiver.

Ex. : haricot, tomate, céréales de printemps ...

BESOINS DE VERNALISATION CHEZ LES VEGETAUX

- **Les espèces à vernalisation obligatoire**

Ces espèces ont un besoin absolu de froid pour atteindre leur maturité de floraison.

Ce sont toutes les espèces bisannuelles.

Ex. : carotte, chou, betterave, jusquiame noire

De nombreuses vivaces ont également un besoin absolu de froid pour atteindre leur maturité de floraison.

Ex. : olivier

BESOINS DE VERNALISATION CHEZ LES VEGETAUX

- **Les espèces à vernalisation préférente**

Ce sont les espèces pour lesquelles le traitement par le froid n'est utile que pour hâter l'apparition de la maturité de floraison.

Ex. : certaines céréales d'hiver

2. ROLE DE LA TEMPERATURE

2.1. LA VERNALISATION

2.1.1. Définitions

2.1.2. Exemples

2.1.3. Les besoins de vernalisation des plantes

2.1.4. Les caractéristiques de la vernalisation

2.1.5. Mécanisme de la vernalisation

2.2. LA THERMOINDUCTION

Les caractéristiques de la vernalisation

- Effet cumulatif du froid
→ somme de températures
- Maturité de vernalisation
- Processus autocatalytique

2. ROLE DE LA TEMPERATURE

2.1. LA VERNALISATION

2.1.1. Définitions

2.1.2. Exemples

2.1.3. Les besoins de vernalisation des plantes

2.1.4. Les caractéristiques de la vernalisation

2.1.5. Mécanisme de la vernalisation

2.2. LA THERMOINDUCTION

Mécanisme de la vernalisation

- Transmission du stimulus par greffage
 - transport du stimulus
 - contrôle hormonal
 - rôle des GA

Mécanisme de la vernalisation

Les plantes qui ont besoin de vernalisation
ne peuvent pas fleurir
directement pendant l'hiver
mais seulement au printemps suivant

Le froid hivernal,

- n'est pas directement inducteur
- rend la plante « compétente » à fleurir au printemps, en réponse à l'allongement de la durée du jour

La vernalisation,

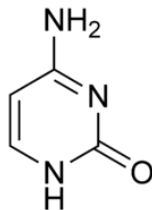
- est un mécanisme de contrôle de l'acquisition de la compétence à l'induction florale, par un abaissement temporaire de la température

Gène FRIGIDA → FRI

perception de la température
pour induire la floraison

**FRI permet une floraison
tardive, qui est fonction d'un
traitement au froid
= la vernalisation**

**La vernalisation provoque la
déméthylation des cytosines
(la 5-azacytidine mine la
vernalisation)**



**=> La déméthylation de
certains gènes régule la
floraison**

(A)



0 days of
vernalization at 4°C

(B)



100 days of
vernalization at 4°C

Des mutations spontanées (perte de fonction) existent chez des écotypes de pays chauds qui n'ont pas besoin de passage au froid pour fleurir.

2. ROLE DE LA TEMPERATURE

2.1. LA VERNALISATION

2.1.1. Définitions

2.1.2. Exemples

2.1.3. Les besoins de vernalisation des plantes

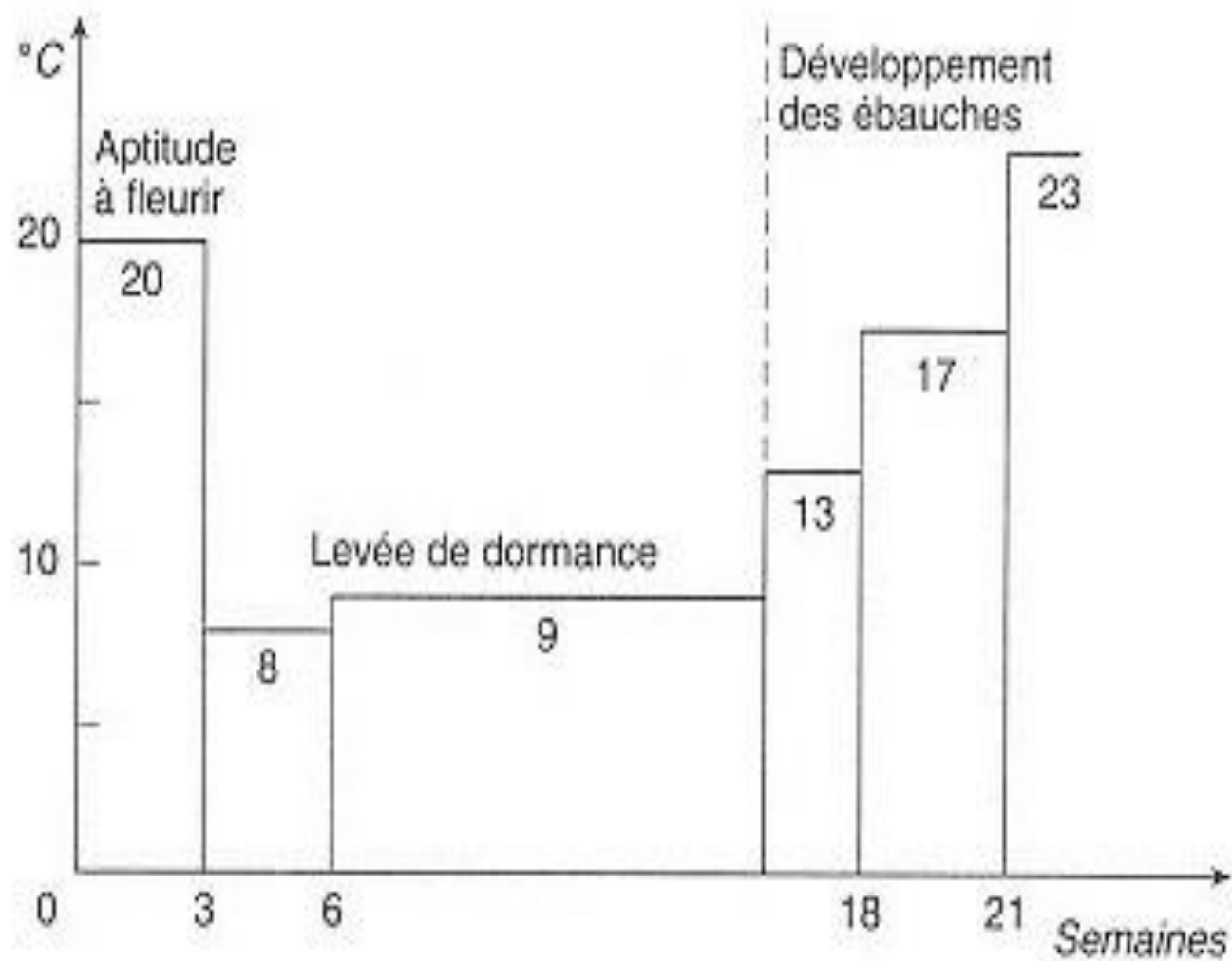
2.1.4. Les caractéristiques de la vernalisation

2.1.5. Mécanisme de la vernalisation

2.2. LA THERMOINDUCTION

La thermoinduction

- espèces bulbeuses et arbres fruitiers
- virage floral => température élevée
- puis entrée en dormance psychrolabile
 - évite la floraison immédiate
 - repousse la floraison à l'année suivante
- **thermopériodisme annuel**
 - mise à fleurs et floraison régies par une succession et alternance de températures différentes



Températures optimales pour la floraison du bulbe de Tulipe (var. W. Copland)

3. ROLE DE LA LUMIERE : PHOTOPERIODISME

3.1. DEFINITIONS

3.2. COMPORTEMENT PHOTOPERIODIQUE DES PLANTES

3.3. CARACTERISTIQUES DU PHOTOPERIODISME

3.4. MECANISME D'ACTION

- **Cycle photopériodique de 24h = photopériode**
période lumineuse = photopériode
période obscure = nyctipériode
- **Photopériodisme = réactions** de certaines
plantes à un mode défini d'alternance de
lumière et d'obscurité
- **Eupériode ≠ Dyspériode**

3. ROLE DE LA LUMIERE : PHOTOPERIODISME

3.1. DEFINITIONS

3.2. COMPORTEMENT PHOTOPERIODIQUE DES PLANTES

3.3. CARACTERISTIQUES DU PHOTOPERIODISME

3.4. MECANISME D'ACTION

LES PLANTES INDIFFERENTES

- Elles peuvent **réaliser leur mise à fleurs quelle que soit la durée relative des jours et des nuits.**

Ex. : Concombre, Tomate, Pois, Maïs, Orge,
Pomme de terre ...

LES PLANTES APHOTIQUES

- **Les plantes aphotiques** : peuvent réaliser la **mise à fleurs à l'obscurité complète**.

Ex. : Pois, Arachide, Jacinthe, Tulipe ...

Ce sont des végétaux qui possèdent des organes de réserve développés dont la dégradation pourra fournir de l'énergie nécessaire à la mise à fleurs.

LES PLANTES HÉMÉROPÉRIODIQUES OU DE JOURS LONGS

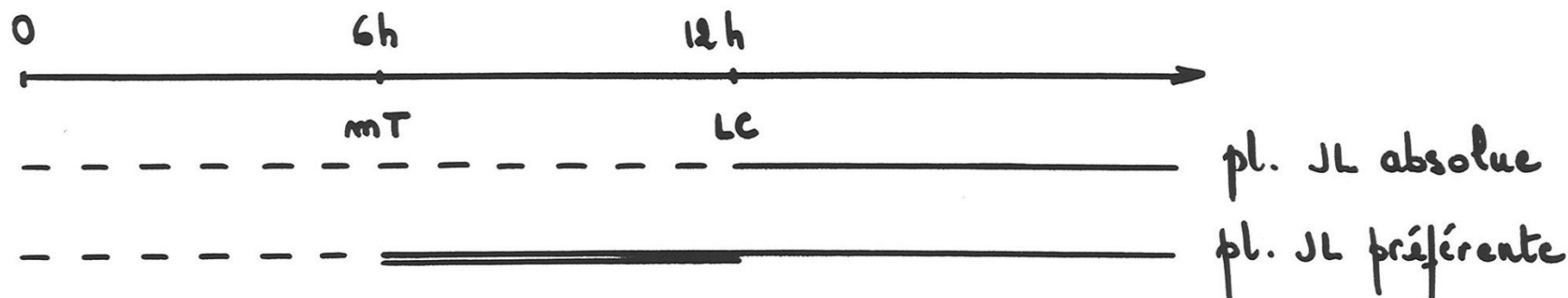
- réclament pour leur mise à fleurs une durée d'éclairement journalier ou **héméropériode supérieure à une certaine valeur seuil**, en dessous de laquelle elles restent à l'état végétatif
- elles fleurissent au printemps ou en été
- **si l'héméropériode voisine le mT = plantes héméropériodiques préférentes**

Ex. : Céréales de printemps, Trèfle

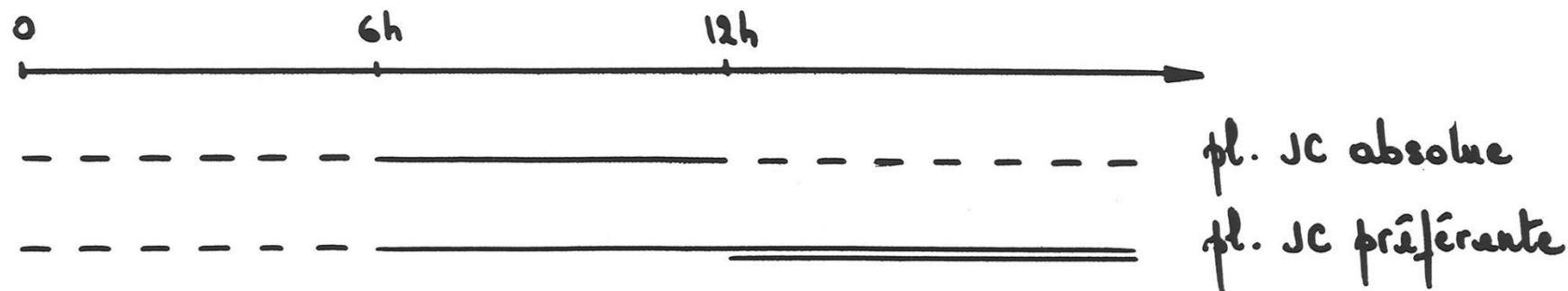
- **si l'héméropériode est supérieure au mT = plantes héméropériodiques absolues**

Ex. : Bruyère, Jusquiame noire, Epinard

PLANTES DE JOURS LONGS



PLANTES DE JOURS COURTS



LEGENDE :

- - - - absence de mise à fleurs
 _____ mise à fleurs
 = = = = mise à fleurs moins rapide

mT minimum trophique

LC longueur critique d'éclairement

LES PLANTES NYCTIPÉRIODIQUES OU DE JOURS COURTS

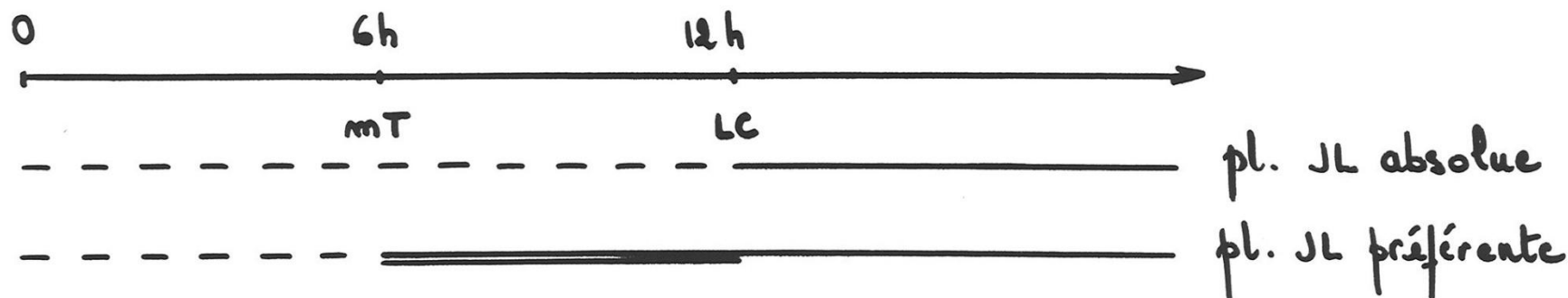
- réclament pour leur mise à fleurs une durée d'éclairement journalier ou **héméropériode inférieure à une certaine valeur seuil**, en dessus de laquelle elles restent à l'état végétatif
- elles fleurissent à l'automne ou au début de l'hiver
- **si l'héméropériode voisine le mT = plantes nyctipériodiques absolues**

Ex. : Chrysanthème

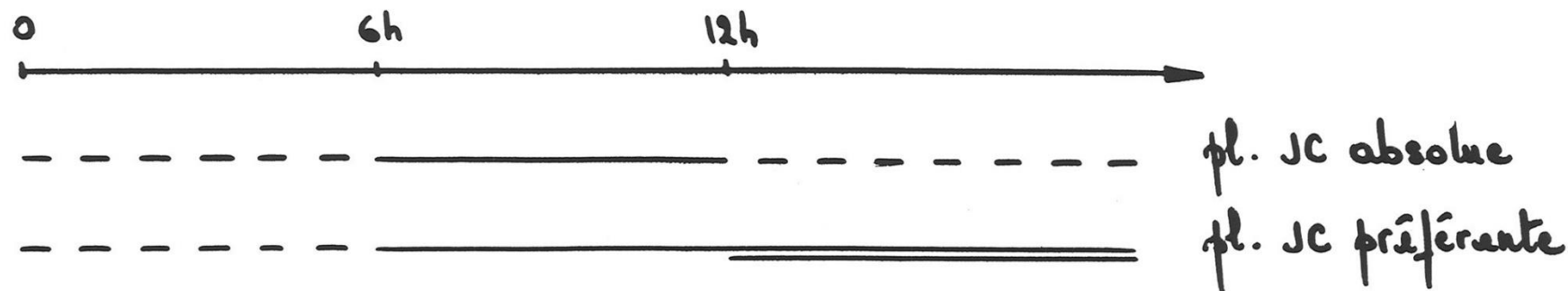
- **si l'héméropériode est supérieure au mT = plantes nyctipériodiques préférentes**

Ex. : Soja

PLANTES DE JOURS LONGS



PLANTES DE JOURS COURTS



LEGENDE :

- absence de mise à fleurs
- mise à fleurs
- == mise à fleurs moins rapide

mT minimum trophique

LC longueur critique d'éclairement

3. ROLE DE LA LUMIERE : PHOTOPERIODISME

3.1. DEFINITIONS

3.2. COMPORTEMENT PHOTOPERIODIQUE DES PLANTES

3.3. CARACTERISTIQUES DU PHOTOPERIODISME

3.4. MECANISME D'ACTION

Xanthium sp.

La Lampourde pl. JC

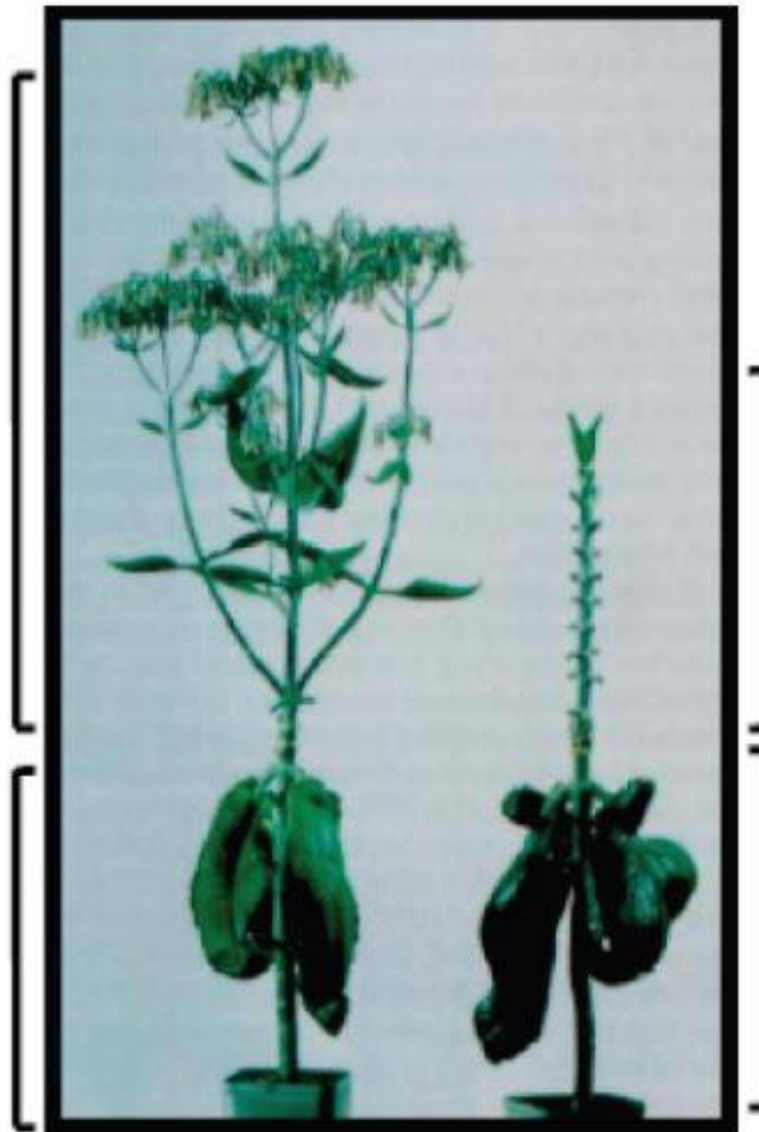


Les caractéristiques du photopériodisme

- Caractère inductif
 - provoque l'induction florale
- Lieu de perception = les feuilles
 - transport du stimulus
- Greffage
 - transport du stimulus
 - contrôle hormonal

**Greffon
non induit**

**Porte-greffe
induit**



**Greffon
non induit**

**Porte-greffe
Non induit**

Bryophyllum daigremontianum (Kalenchoé)

Le principe métabolique = le florigène ?

Hormones	Effets sur la mise à fleurs
gibbérellines	stimulatrices (<i>Arabidopsis thaliana</i> , chrysanthème ...) ou inhibitrices (fraisier, tomate, pommier, fuschia, azalée ...)
cytokinines	stimulatrices (sauf à forte dose)
auxines	Inhibitrices (antagonistes des cytokinines)
éthylène	peu d'effet stimulateur (Liliacées, Broméliacées ...) ou inhibiteur
acide abscissique	peu ou pas d'effet

3. ROLE DE LA LUMIERE : PHOTOPERIODISME

3.1. DEFINITIONS

3.2. COMPORTEMENT PHOTOPERIODIQUE DES PLANTES

3.3. CARACTERISTIQUES DU PHOTOPERIODISME

3.4. MECANISME D'ACTION

Mécanisme d'action : données expérimentales

Plantes de JC :

XANTHIUM ----- JC ----- FLEURIT
----- INTERRUPTION MILIEU NUIT ----- NE FLEURIT PAS
----- INTERRUPTION MILIEU JOUR ----- FLEURIT

Plantes de JL :

JUSQUIAME ----- JC ----- NE FLEURIT PAS
----- INTERRUPTION MILIEU NUIT ----- FLEURIT
----- INTERRUPTION MILIEU JOUR ----- NE FLEURIT PAS

Mécanisme d'action : radiations lumineuses efficaces

XANTHIUM CULTIVE EN JC (= EUPERIODE)

inhibition par 660 nm

stimulation par 730 nm

JUSQUIAME CULTIVEE EN JC (= DYSPERIODE)

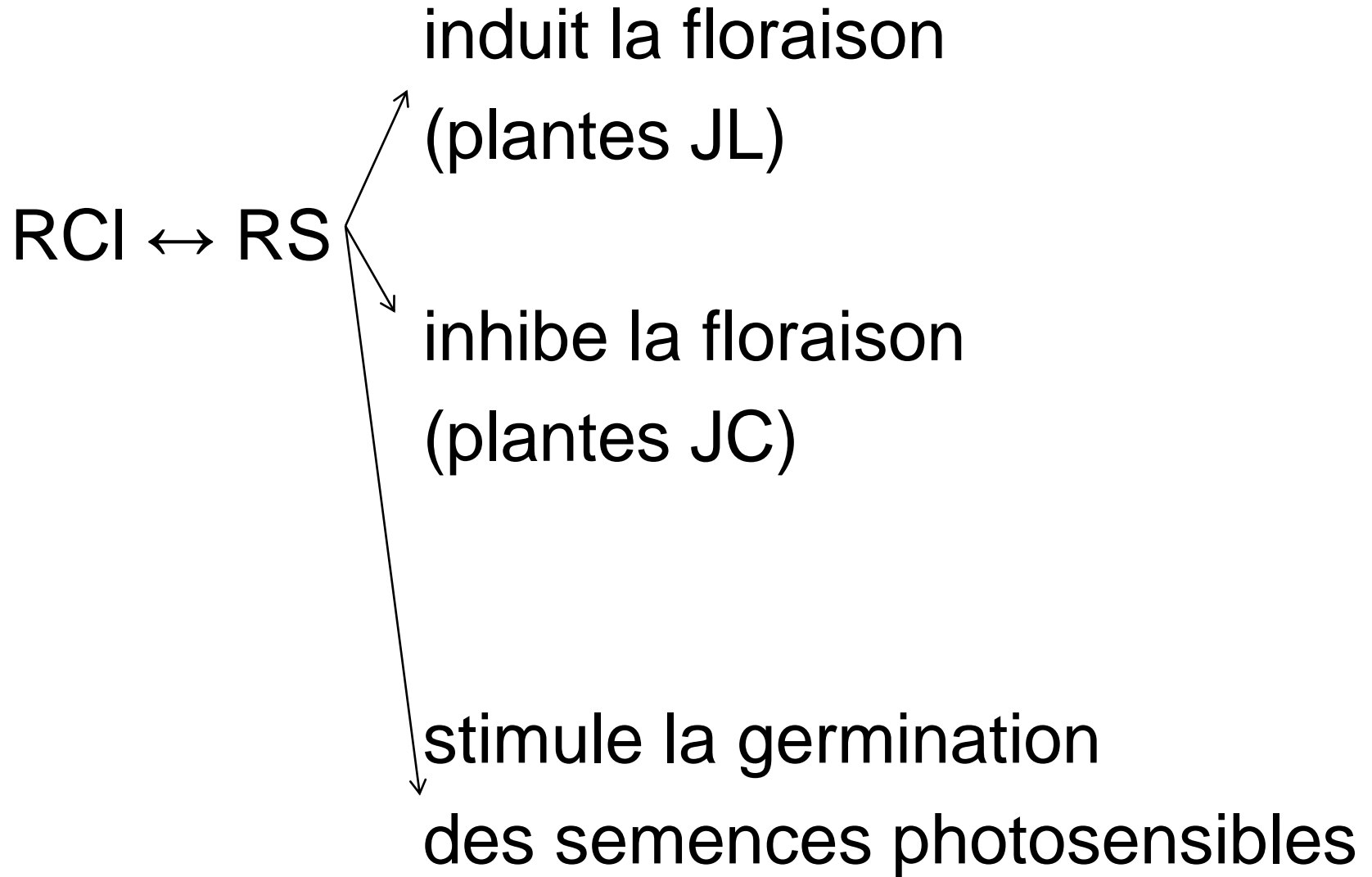
stimulation par 660 nm

inhibition par 730 nm

Mécanisme d'action : photoréversibilité

	XANTHIUM (JC) <i>en eupériode</i>	JUSQUIAME (JL) <i>en dyspériode</i>
RCI	-	+
RCI + RS	+	-
RCI + RS + RCI	-	+
RCI + RS + RCI + RS	+	-

Pendant la journée,



plante de JC cultivée en JC fleurit

On interrompt la nuit par un flash lumineux RCI

=> P730 apparaît et inhibe la mise à fleurs

MAIS pour inhiber la mise à fleurs

le flash lumineux RCI

=> peut être inefficace en début de nyctipériode

=> efficace en fin de nyctipériode

- Le traitement lumineux est efficace de façon **périodique**
- La lumière stimule la mise à fleurs uniquement en période de sensibilité
- Il y a alternance d'une **phase photophile** et d'une **phase photophobe**
- Il existe un **rythme endogène de 24h de sensibilité et d'insensibilité** à la lumière

Les gènes de l'induction florale

gène principal = gène CONSTANS = gène CO

transcription régulée par l'horloge circadienne

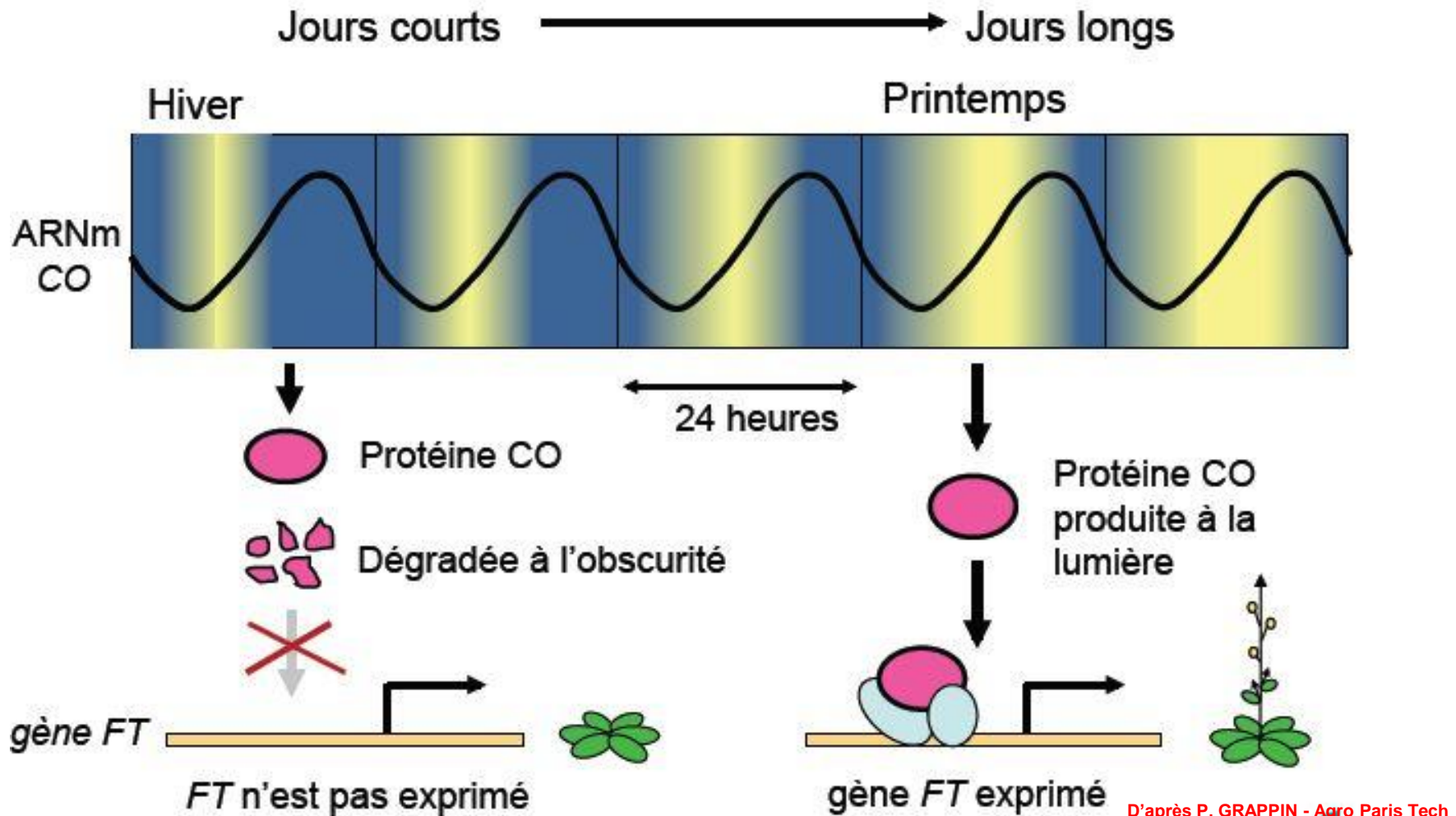
code pour un facteur de transcription la
protéine FT

protéine FT migre vers le méristème

induction de l'expression des gènes du développement floral

Les gènes de l'induction florale

Modèle de régulation de la floraison par CO



Les gènes de l'induction florale chez *Arabidopsis thaliana*

