

BREF PANORAMA DE 100 ANS DE RECHERCHE SUR LA FLORAISON

- 1. Contrôle par les facteurs de l'environnement**
- 2. Théories du contrôle endogène de la mise à fleur**
- 3. Travaux personnels**

Régions tempérées

P. Chouard 1960
Vernalisation

Facteurs primaires

J. Tournois 1912
Photopériodisme

Température ambiante
Thermopériodisme

Qualité de la lumière

Disponibilité en eau

Intensité lumineuse
Concentration en CO₂

Présence/absence de voisins

Disponibilité en azote et autres minéraux



Vernalisation

Photopériodisme

**Température
ambiante
Thermopériodisme**

**Qualité de la
lumière**

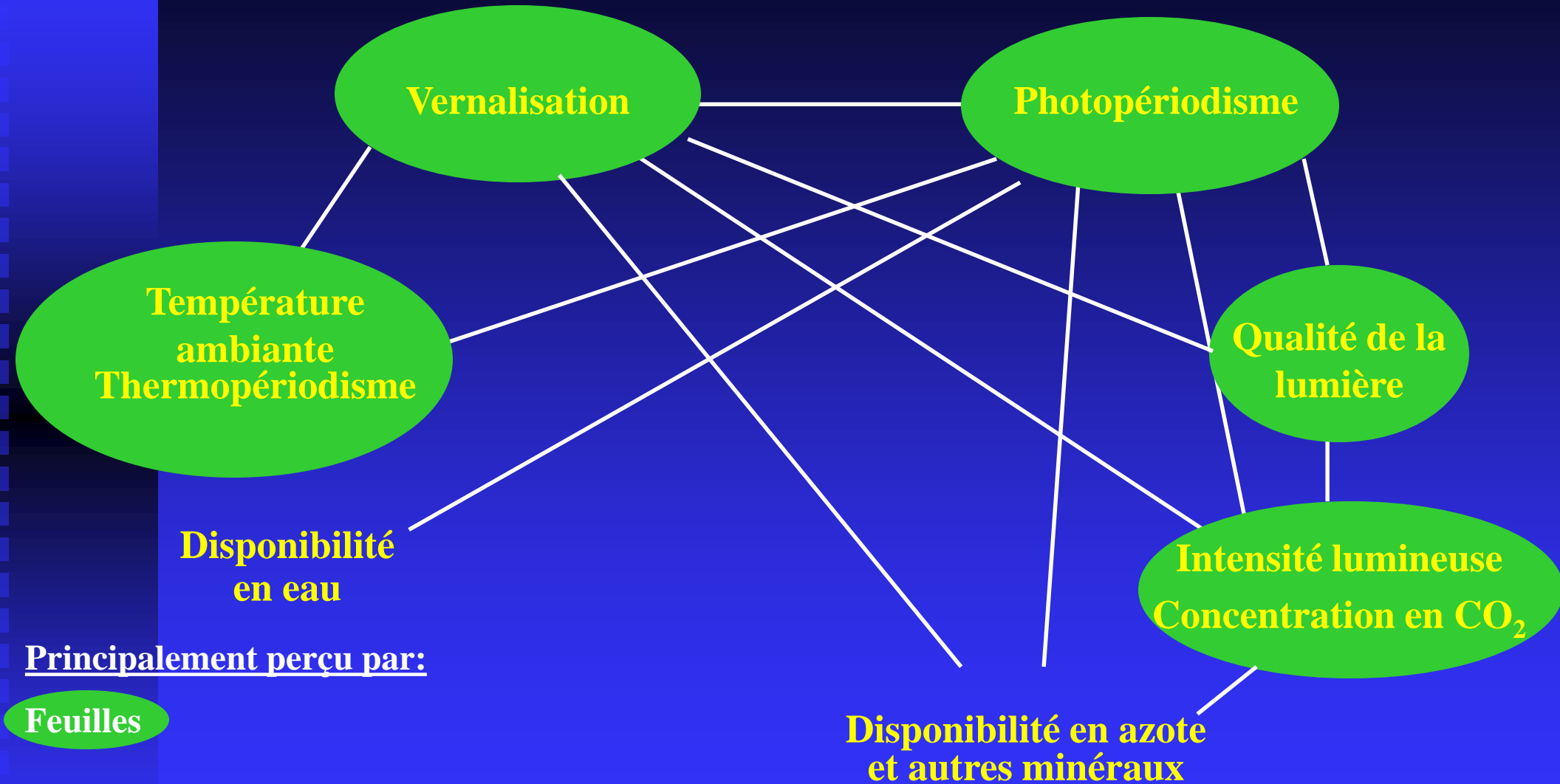
**Disponibilité
en eau**

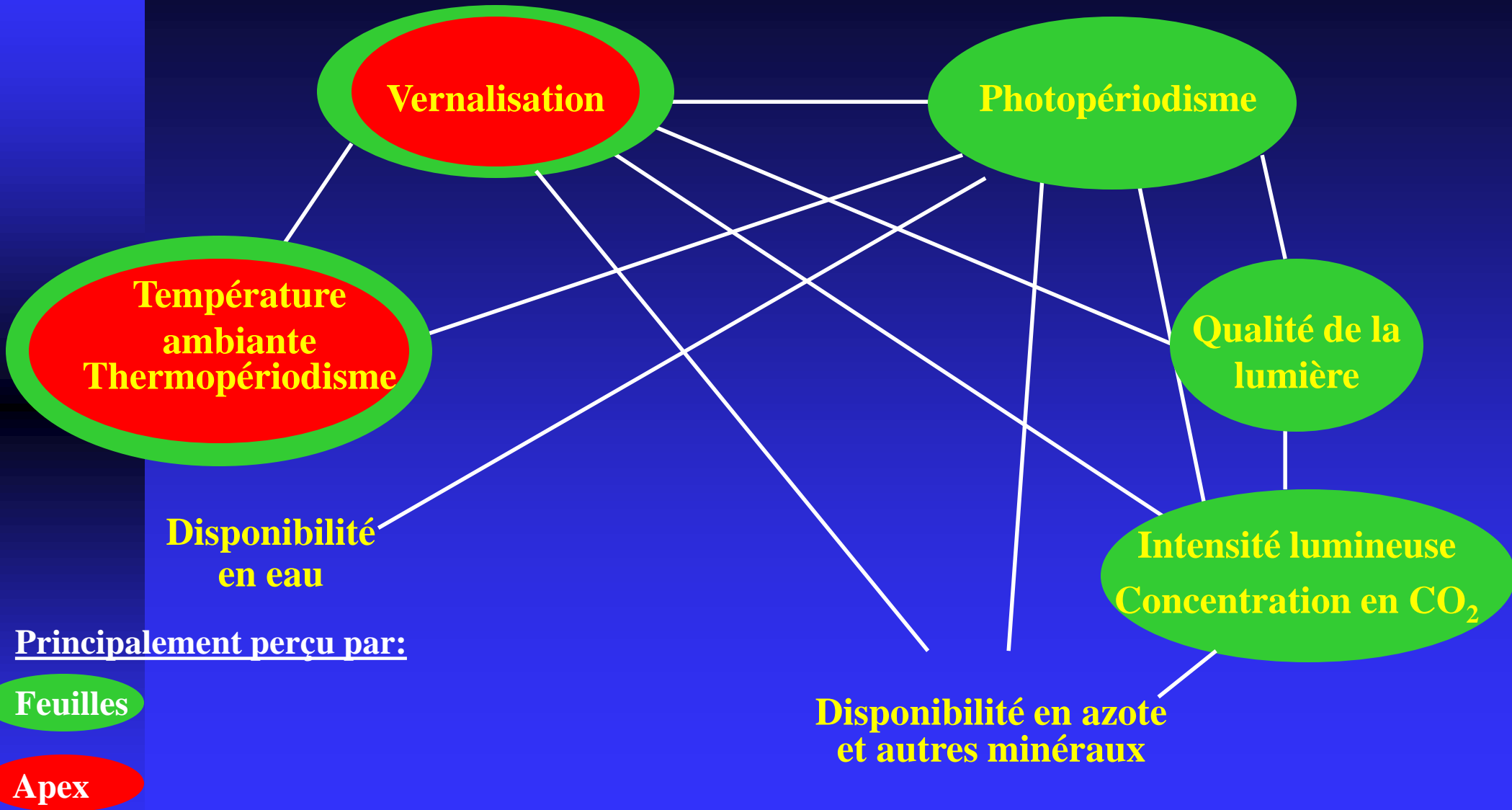
**Intensité lumineuse
Concentration en CO₂**

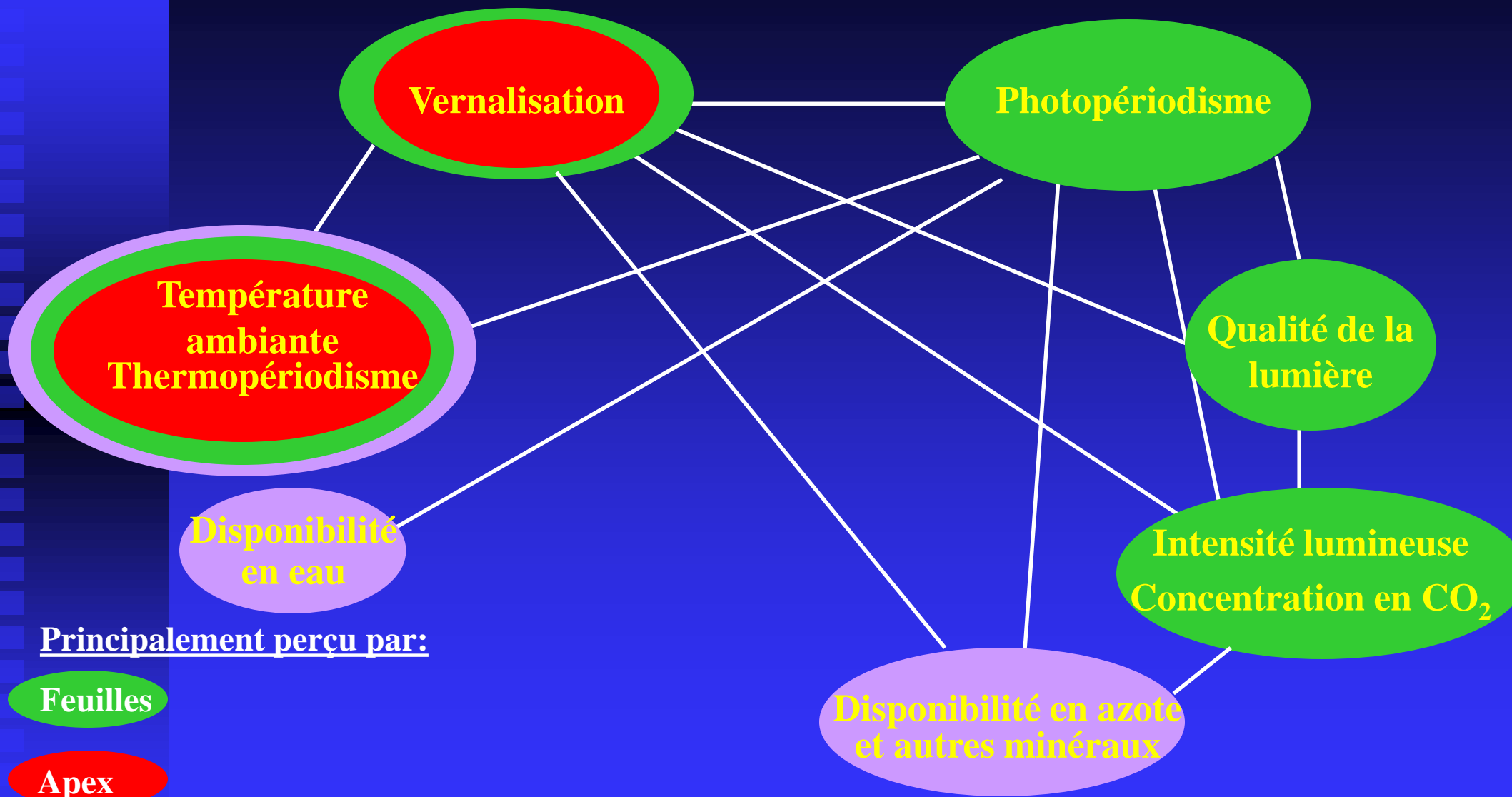
Principalement perçu par:

Feuilles

**Disponibilité en azote
et autres minéraux**







Principalement perçu par:

- Feuilles
- Apex
- Racines

Conclusions

- La mise à fleur est contrôlée par un réseau d'interactions entre facteurs de l'environnement. L'influence des facteurs secondaires peut souvent prendre le pas sur celle des facteurs primaires. Le contrôle présente une plasticité telle que plusieurs voies alternatives de mise à fleur existent chez beaucoup d'espèces.
- Les différents facteurs de l'environnement agissant sur différentes parties de la plante, il s'en suit que le contrôle de la mise à fleur implique des communications à longue distance entre ces parties. Ces communications sont principalement assurées via la circulation des sèves.

2. Principales théories du contrôle endogène de la mise à fleur

- Théorie de l'hormone florigène (Chailakhyan 1936) et/ou de l'hormone antiflorigène (Lona 1948; Lang 1980)

Postule l'existence de deux signaux foliaires, universels et systémiques (transmissibles à travers une greffe): l'hormone florigène, qui est responsable spécifiquement de l'activation du programme de mise à fleur du méristème caulinaire, produite lorsque la durée des jours est favorable à la floraison et l'hormone antiflorigène, qui empêche cette activation, produite sous des durées de jour défavorables.

D'innombrables essais d'isolement et d'identification de ces signaux ont été effectués depuis quasi 70 ans. Quelques substances florigéniques de type hormonal ont été identifiées: la GA₄ chez *Arabidopsis* et la GA₅ chez *Lolium*, l'éthylène chez les Broméliacées, etc., mais aucune n'a d'action universelle.

Par contre, les recherches récentes de génétique moléculaire chez *Arabidopsis* et quelques autres espèces (riz, tomate, peuplier) ont identifié le produit du gène *FT* et de ses homologues comme étant un signal florigène universel. On n'a, par contre, pas réussi jusqu'ici à identifier un signal antiflorigène universel.

- **Théorie du détournement trophique (Sachs & Hackett 1969)**

Postule que, quels que soient les facteurs environnementaux impliqués, la mise à fleur est provoquée par un meilleur approvisionnement du méristème en saccharose (Sac).

Les analyses ont montré que, chez de multiples espèces, qu'elles soient vernalisables, de jours courts ou de jours longs (y compris *Arabidopsis*), la teneur en Sac augmente dans la sève phloémienne d'origine foliaire et/ou dans le méristème caulinaire lors du passage à floraison. En outre, chez les plantes où cette augmentation est expérimentalement empêchée, ce passage est inhibé.

- **Théorie du contrôle multifactoriel (Bernier 1976)**

Postule que la mise à fleur du méristème est sous le contrôle de plusieurs signaux promoteurs ou inhibiteurs, de nature hormonale et trophique. La nature du ou des signaux déficitaires ou en excès est dictée par le génotype et les conditions environnementales.



3. Travaux de mon laboratoire sur *Sinapis alba* induit à fleurir par un seul jour long (JL) de 20h



Séquence d'événements se produisant dans le méristème de *Sinapis* induit par un JL

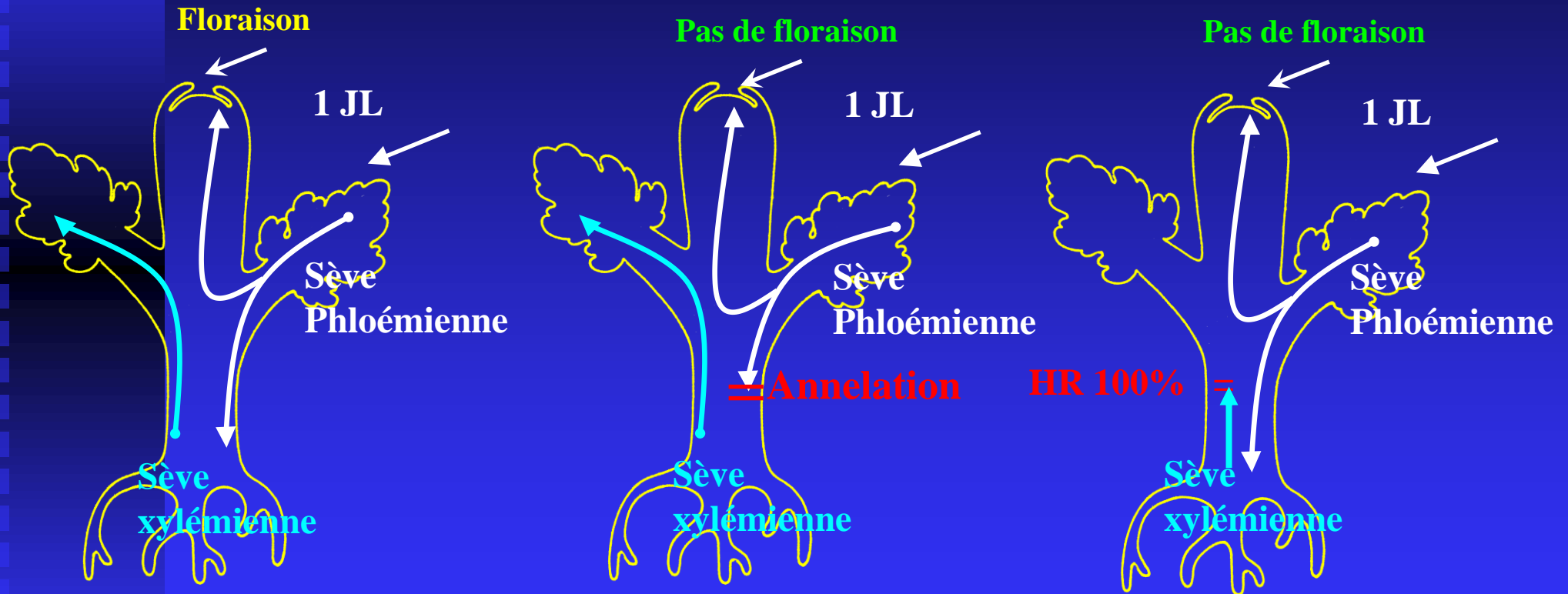
Activation de	Début de l'activation (h après début photoextension)	Signal capable de se substituer au JL
Invertase acide	4	Sac
Dégradation des pectines pariétales	6-12	Non étudié
Métabolisme énergétique (respiration)	10-14	Sac
Fragmentation des vacuoles	10-14	CK
Vitesse des divisions cellulaires	10-14	Sac+CK
Gène <i>SaSOC1</i>	16	CK
Fréquence des plasmodesmes	20	CK
Communications intercellulaires	20	Non étudié
Gène <i>SaLFY</i>	24	Inconnu
Gène <i>SaAPI</i> et initiation des premiers méristèmes floraux	60	Inconnu

- Chez les plantes induites à fleurir par un JL, les teneurs en Sac et CK augmentent considérablement dans la sève phloémienne se rendant des feuilles au méristème caulinaire ainsi qu'au sein de ce dernier.
- L'application combinée de Sac et CK augmente la réponse florale, mais uniquement chez les plantes exposées à un JL sous-optimal:

Conditions	% plantes induites	
	Témoins	Traités Sac+ CK
JCs	0	0
Un JL de 13h	43 ± 7	80 ± 9

Le Sac et la CK, produits par les feuilles induites à fleurir, sont donc impliqués dans le contrôle de la mise à fleur mais un 3ème signal, produit par le JL sous-optimal, est aussi absolument requis. Ce signal est vraisemblablement le produit du gène *SaFT* qui est activé dans les feuilles à partir de la 12^{ème} heure du JL.

- L'interruption de la circulation des sèves, soit importée soit exportée par les racines, pendant le JL inhibe la mise à fleur:



Les racines participent à l'induction photopériodique de la mise à fleur mais leur rôle exact reste à préciser.

CONCLUSIONS

- De ce bref tour d'horizon, je conclus que le contrôle de la mise à fleur est généralement multifactoriel. Chez *Arabidopsis*, il implique le produit du gène *FT*, le Sac et la GA_4 . Chez *Sinapis*, il implique les mêmes substances, sauf que la GA_4 y est remplacée par la CK. En d'autres termes, il apparaît que chacune des théories du contrôle de la floraison comportait une part de vérité.
- La participation des racines au contrôle de la mise à fleur montre que ce contrôle est l' « affaire » de toute la plante. Si, pour les besoins de la recherche, il a souvent fallu analyser séparément les organes, les cellules, les gènes, etc., il faut maintenant remettre ensemble toutes les pièces du « puzzle » si l'on veut pouvoir appréhender le processus de floraison dans son intégralité.