

Physiologie moléculaire de la nutrition azotée des plantes:

Quels liens entre mécanismes moléculaires et approches agronomiques ?

Alain Gojon

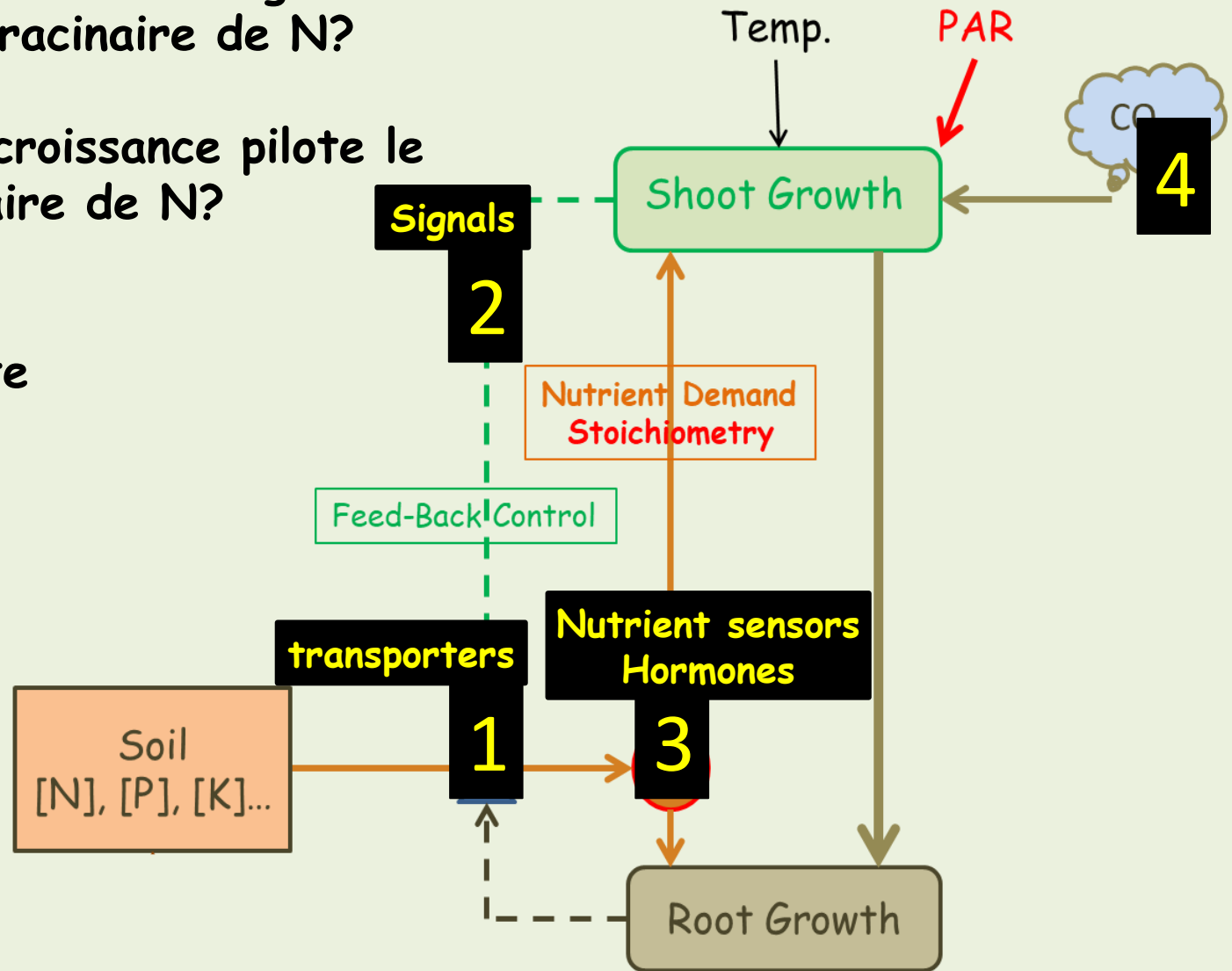
Biochimie et Physiologie Moléculaire des Plantes
Montpellier



Que sait-on des mécanismes sous-jacents au modèle de co-régulation du prélèvement racinaire de N?

Ou comment la croissance pilote le transport racinaire de N?
...et vice-versa

Le cas du nitrate



Représentation intégrée de la nutrition minérale des plantes

Les transporteurs impliqués dans l'absorption racinaire de nitrate sont identifiés grâce aux travaux chez les espèces modèles

NRT1 (NPF)
Transporteurs
53 chez
Arabidopsis

Faible affinité
 $[\text{NO}_3^-] > 1 \text{ mM}$

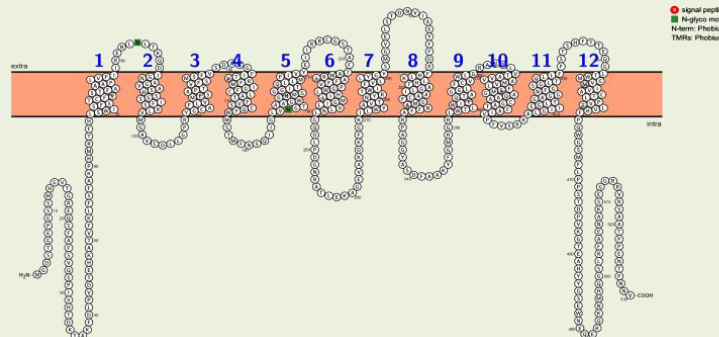


Arabidopsis

NRT2
Transporteurs
7 chez
Arabidopsis

Forte affinité
 $[\text{NO}_3^-] 0-1 \text{ mM}$

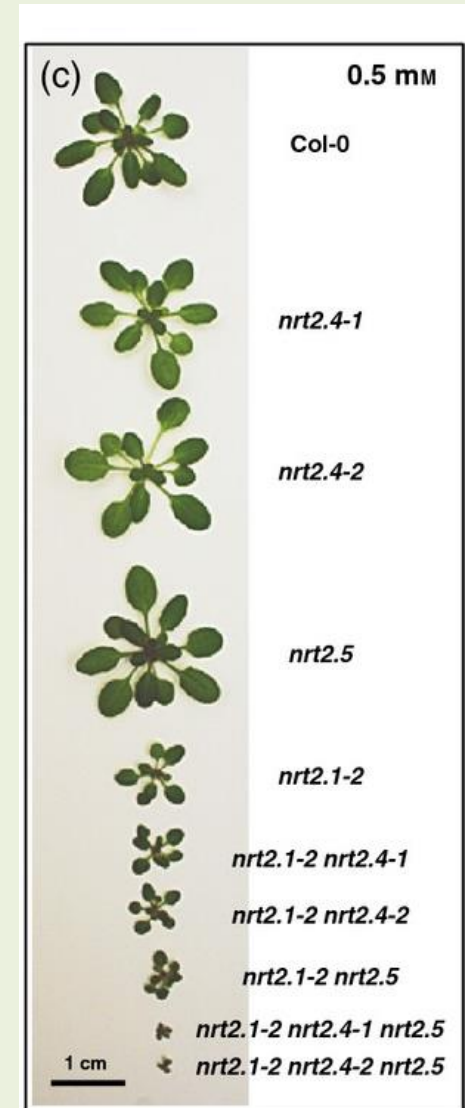
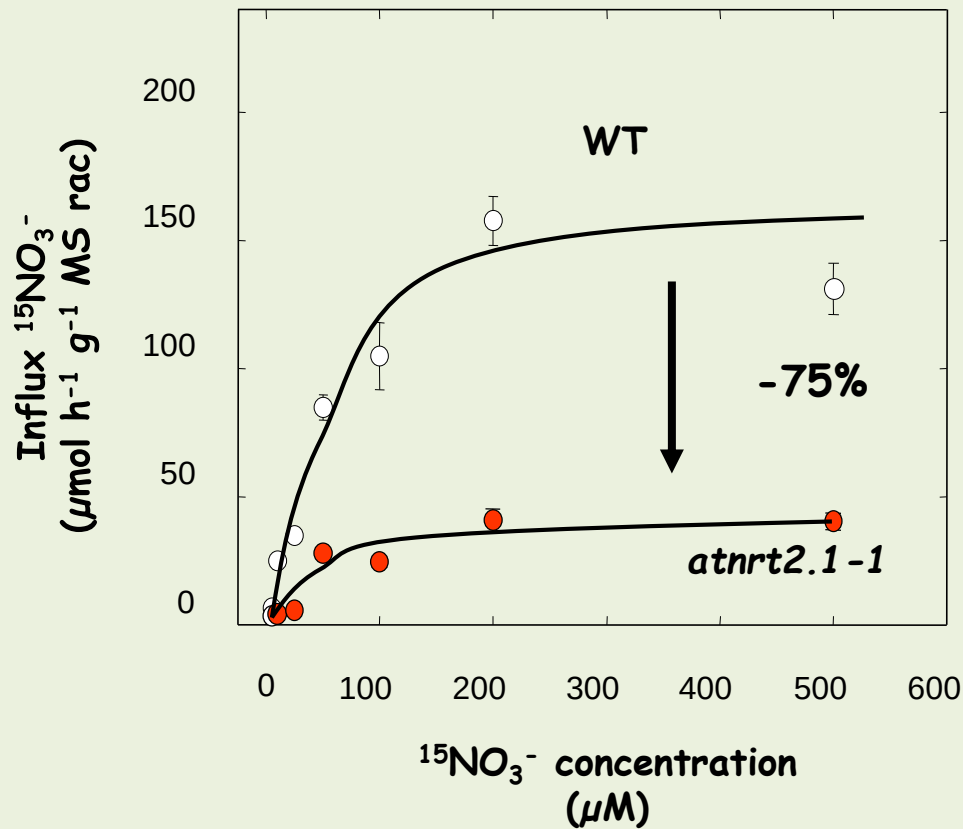
NRT2.1



Pour le système à forte affinité:

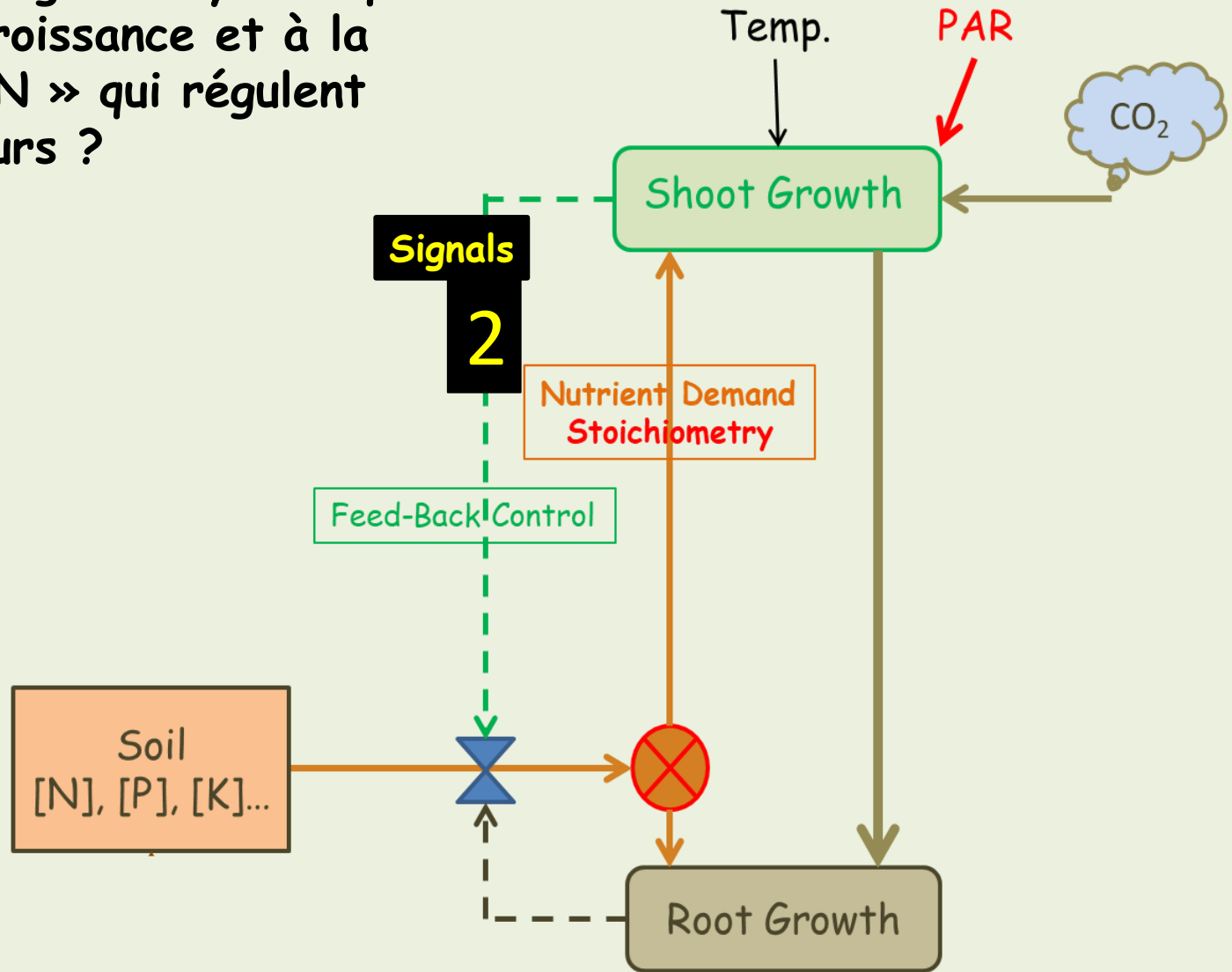
3 transporteurs réalisent la totalité de
l'absorption racinaire de nitrate:
NRT2.1, NRT2.4 et NRT2.5

Mais NRT2.1 est la composante majeure



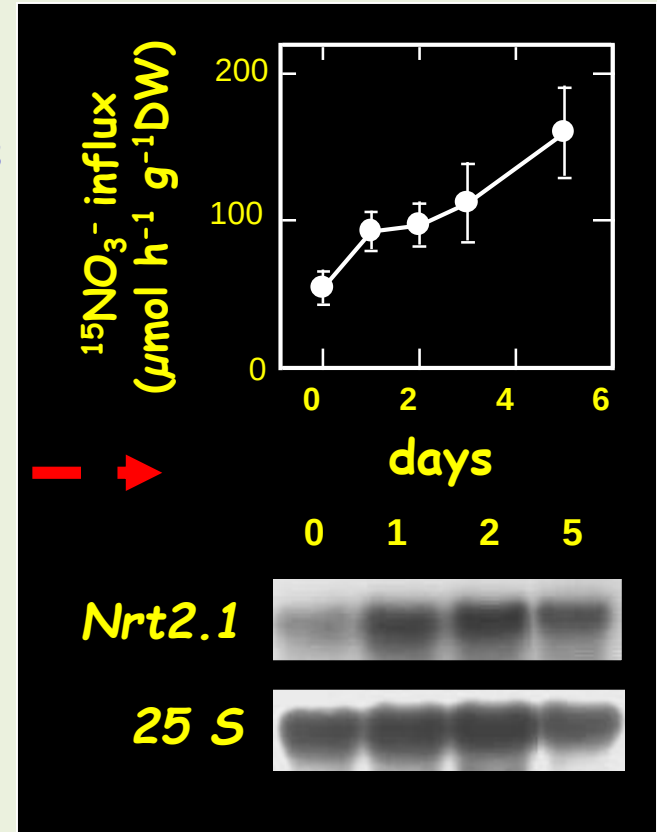
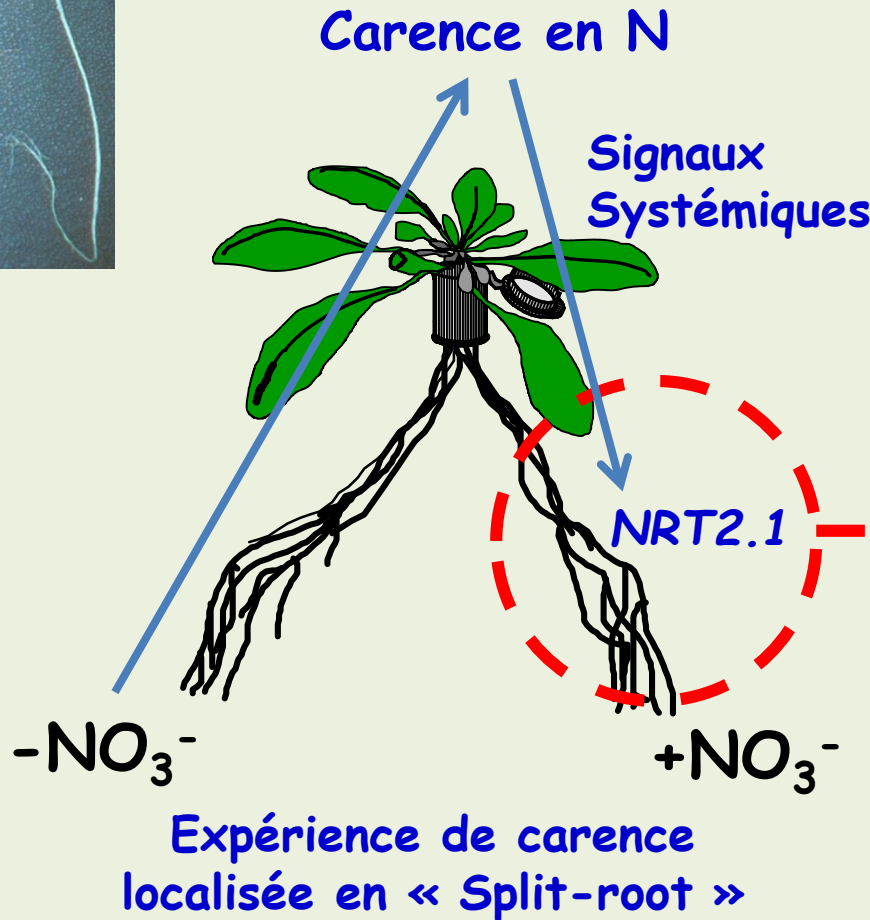
Lezhneva et al. 2014 Plant Journal

Quels sont les signaux systémiques associés à la croissance et à la « demande en N » qui régulent ces transporteurs ?

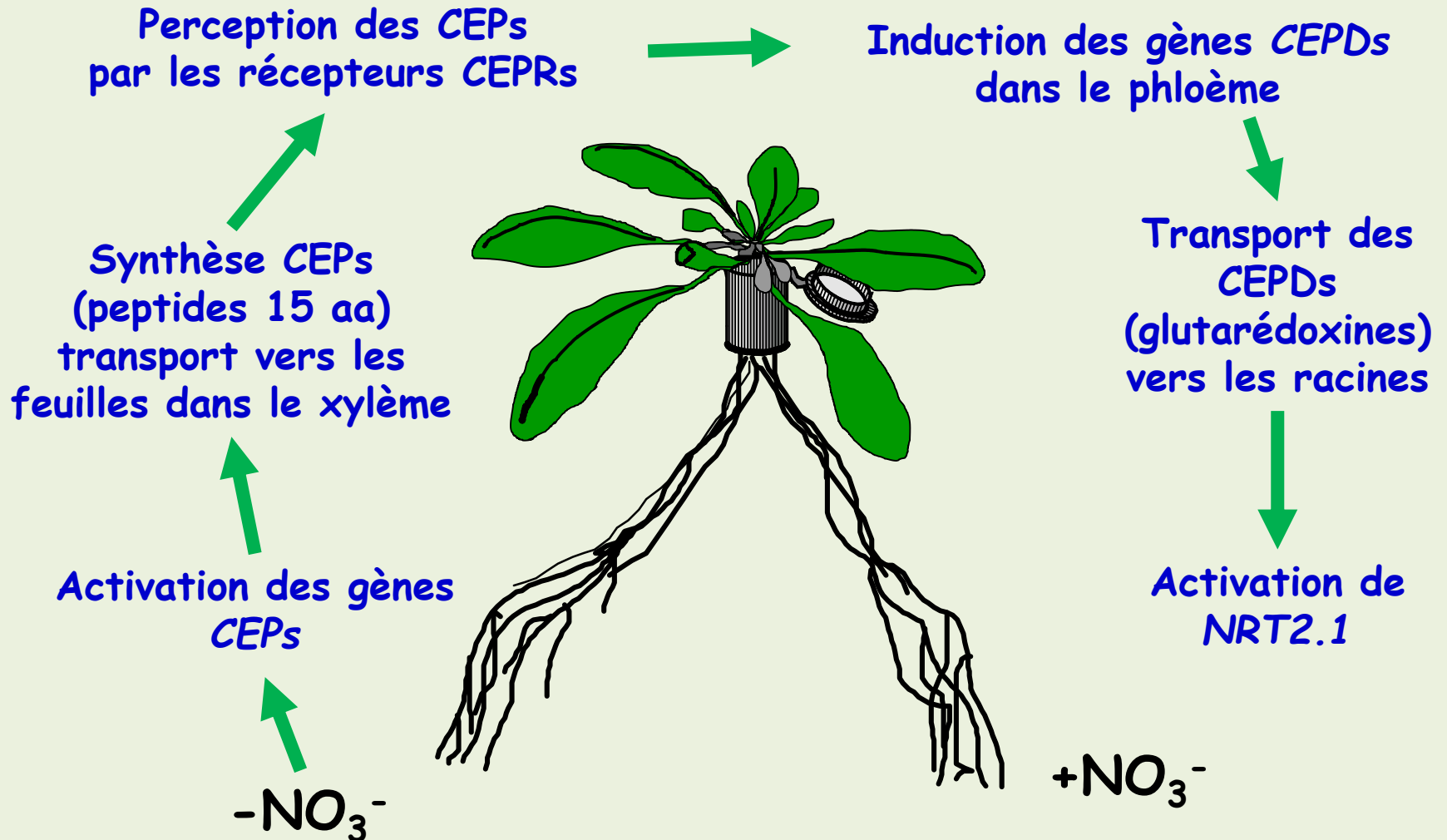




L'expression du gène *NRT2.1* est régulée par des signaux systémiques du statut en N de la plante

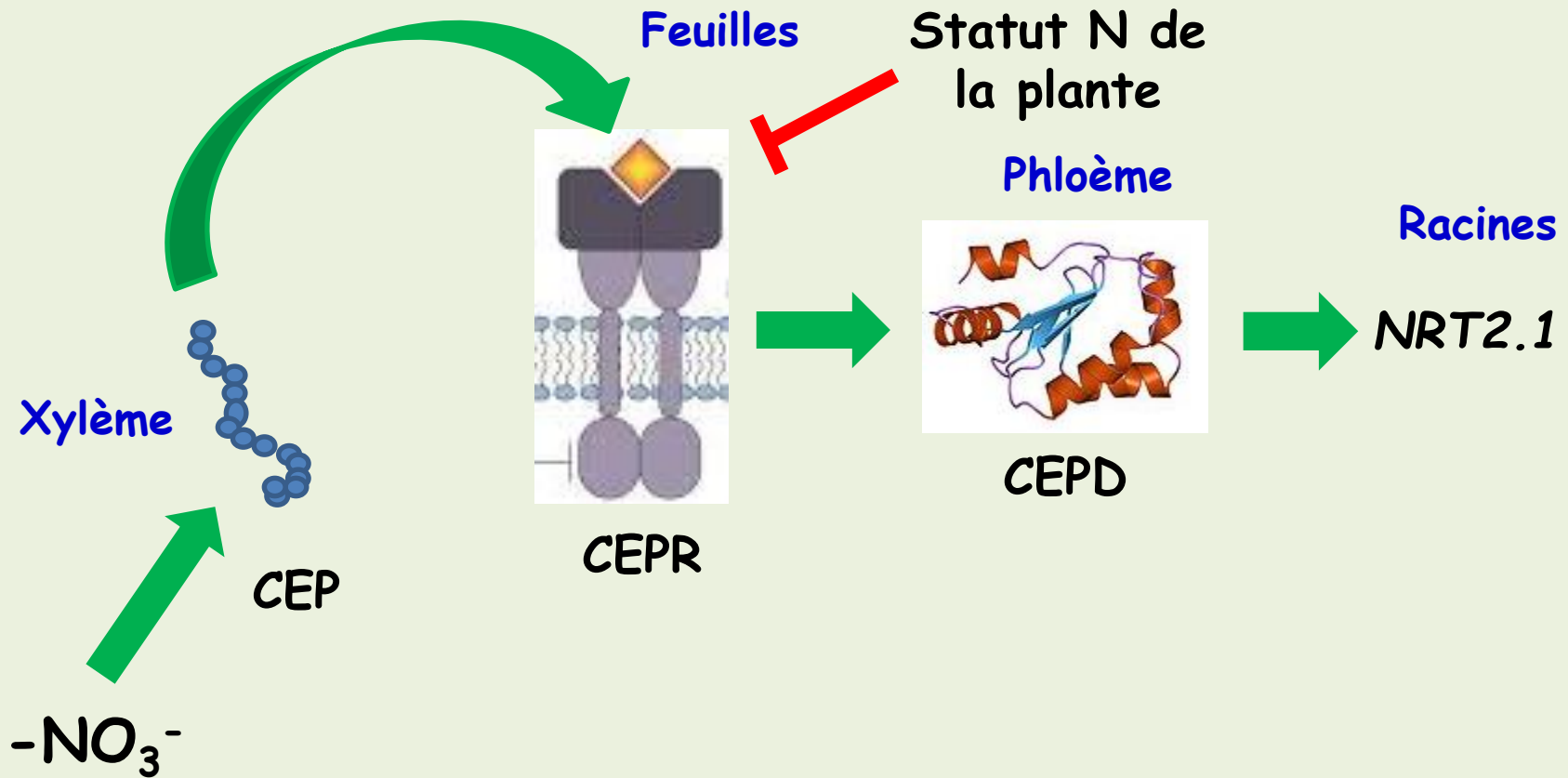


La signalisation systémique implique des peptides et des protéines « signaux » transportés par les sèves

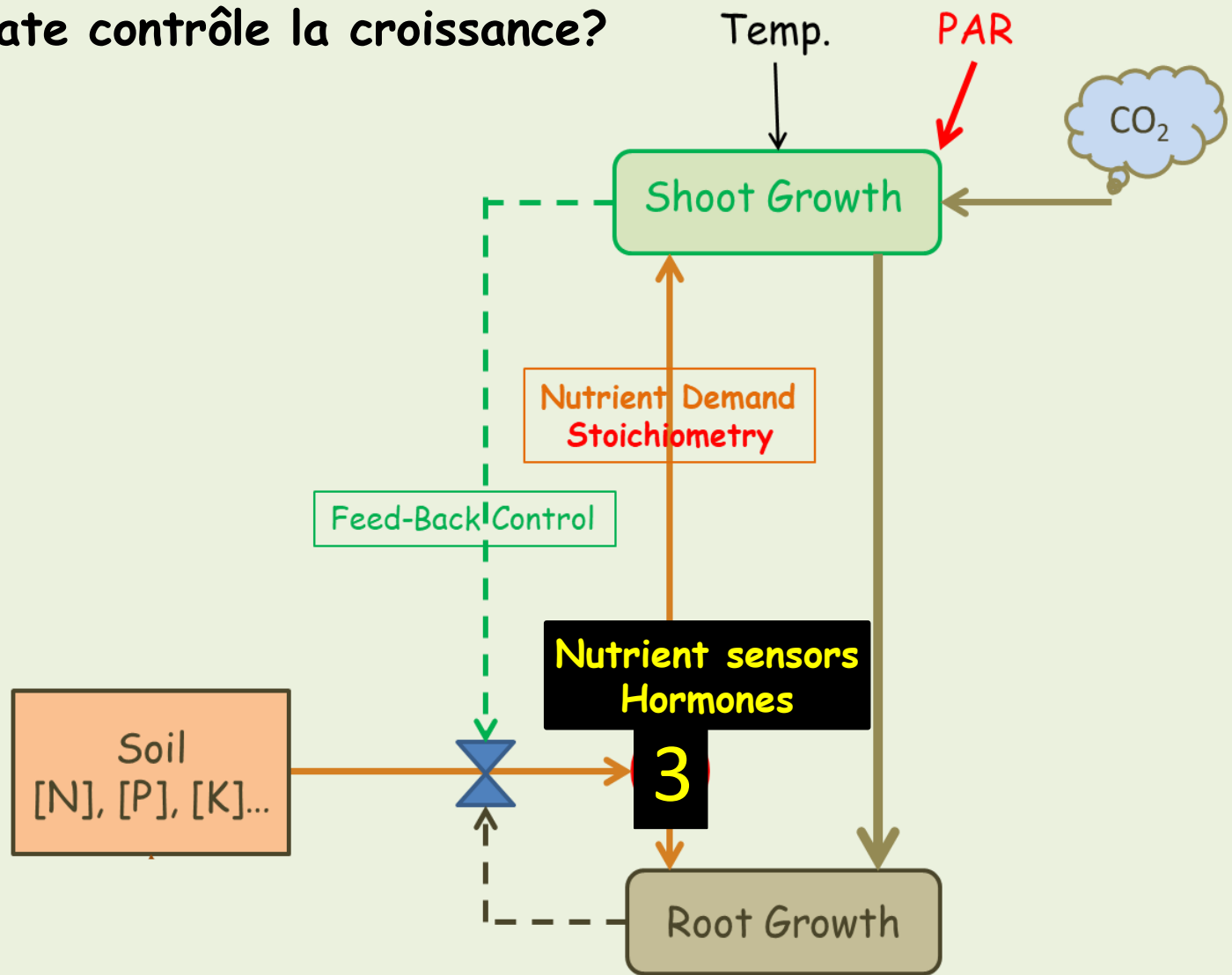


Mécanisme de la co-régulation par la disponibilité externe en nitrate et la demande en N de la plante :

Les signaux (CEP) sont induits par la faible disponibilité du nitrate mais les récepteurs (CEPR) sont réprimés par la satiété en N

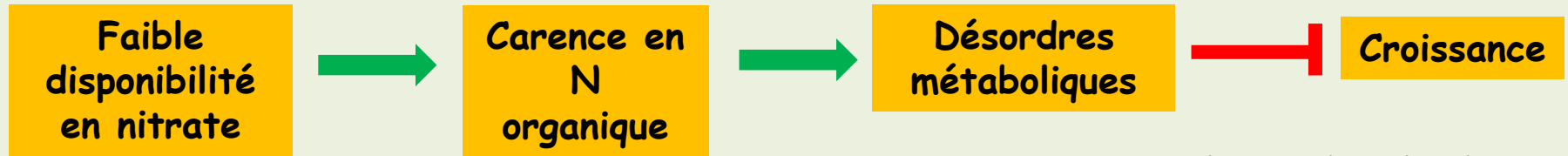


Comment le nitrate contrôle la croissance?



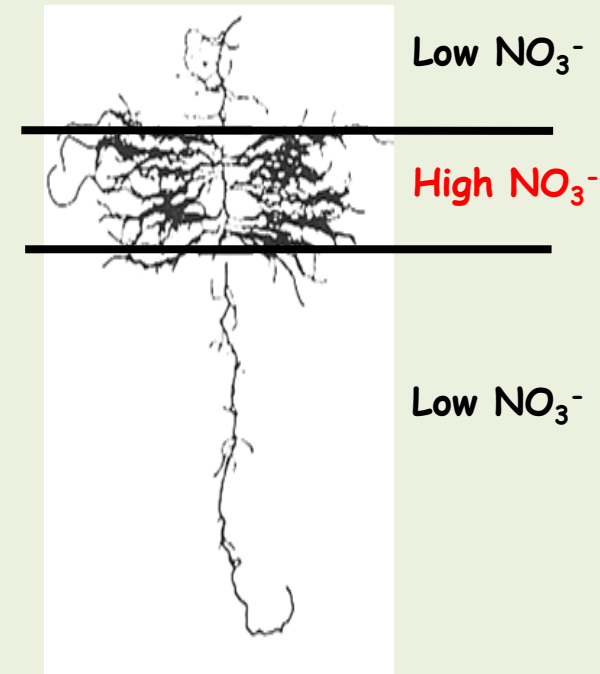
Le nitrate: une molécule signal contrôlant la croissance et le développement

Hypothèse classique expliquant l'effet négatif d'une carence en nitrate sur la croissance:



MAIS, le nitrate a un effet sur la croissance et le développement indépendamment de son rôle comme source de N pour le métabolisme

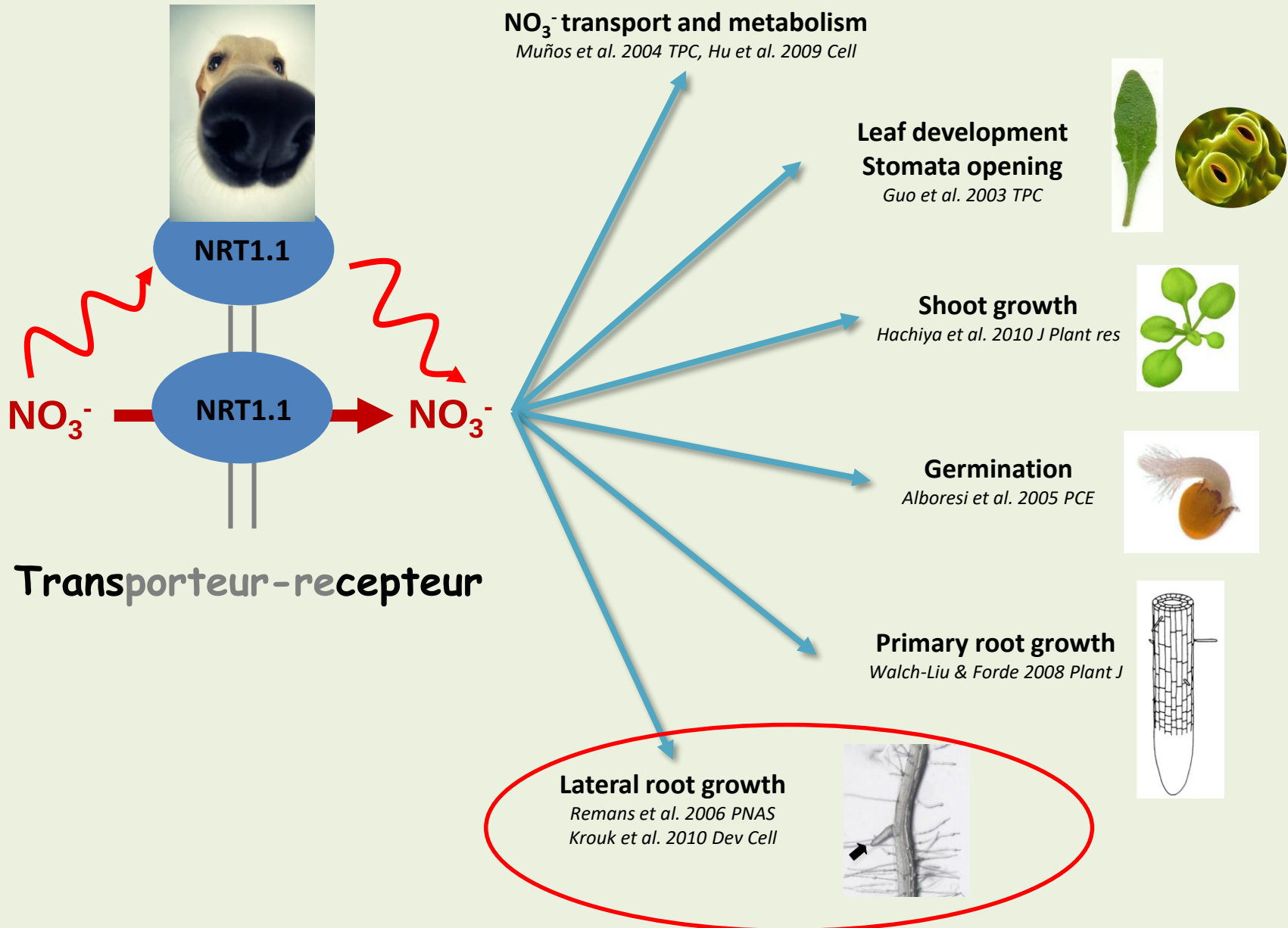
Stimulation locale du développement des racines par le NO_3^-



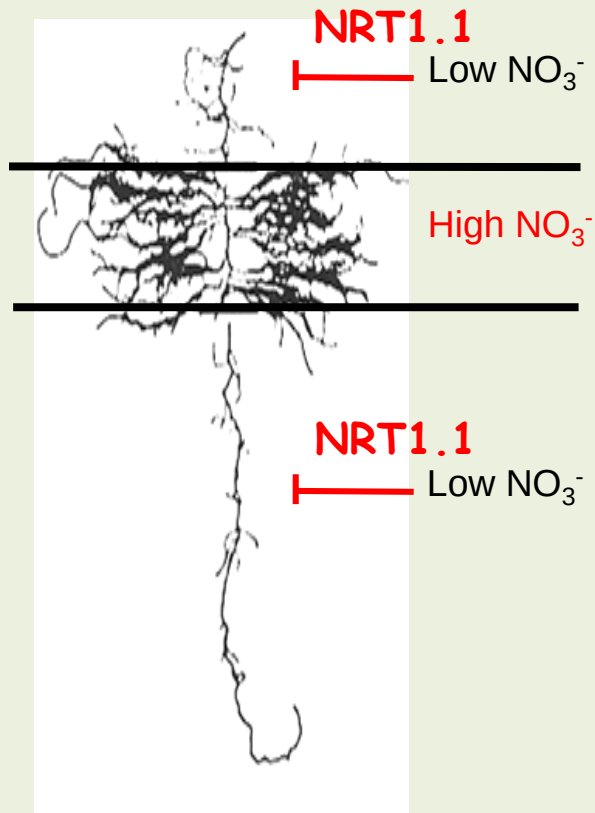
Nouvelle hypothèse: c'est la perception du nitrate lui-même qui déclenche la stimulation de la croissance ou du développement

Quels sont les « senseurs » de nitrate assurant cette perception?

NRT1.1 (CHL1/NPF6.3) est un transcepteur de nitrate



NRT1.1 réprime le développement des racines latérales si la disponibilité externe en nitrate est faible

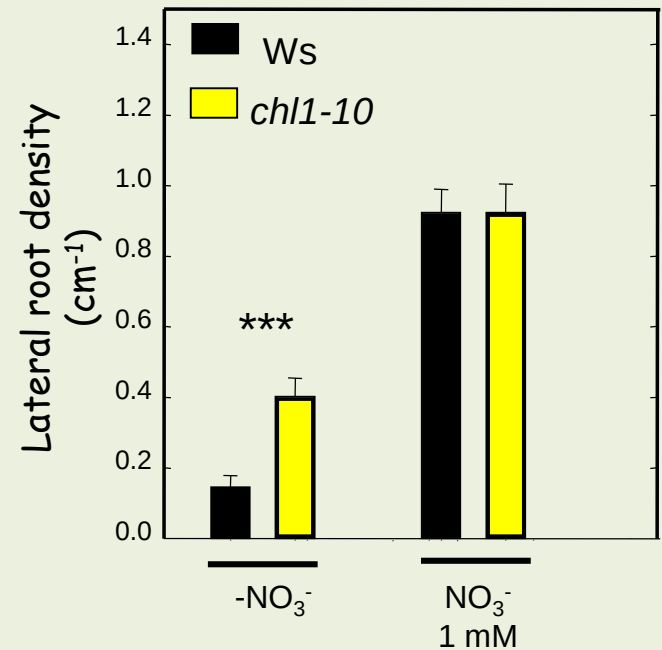


Drew 1975 J Exp Bot

-NO₃⁻

WT

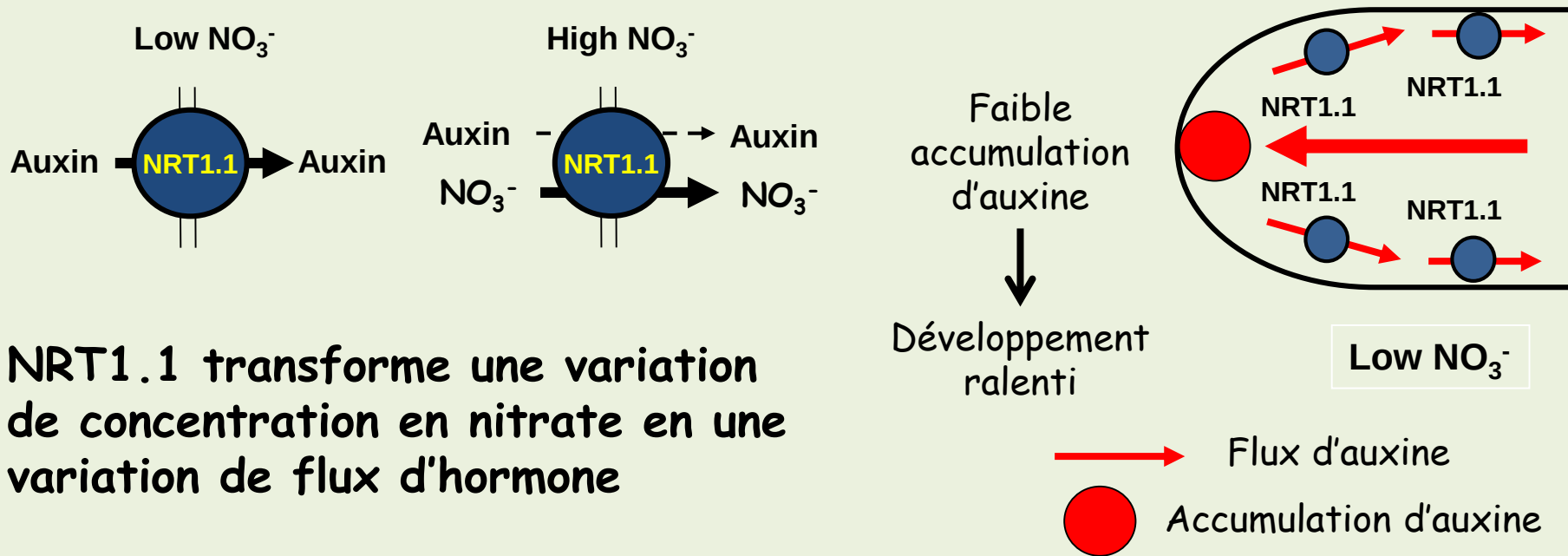
Mutant
NRT1.1



Krouk et al. 2010 Dev Cell

NRT1.1 réprime le développement des racines latérales en y empêchant l'accumulation d'auxine

NRT1.1 a une activité de transport d'auxine réprimée par le nitrate



NRT1.1 transforme une variation de concentration en nitrate en une variation de flux d'hormone

Remans et al. 2006 PNAS

Krouk et al. 2010 Dev Cell

Mounier et al. 2013 PCE

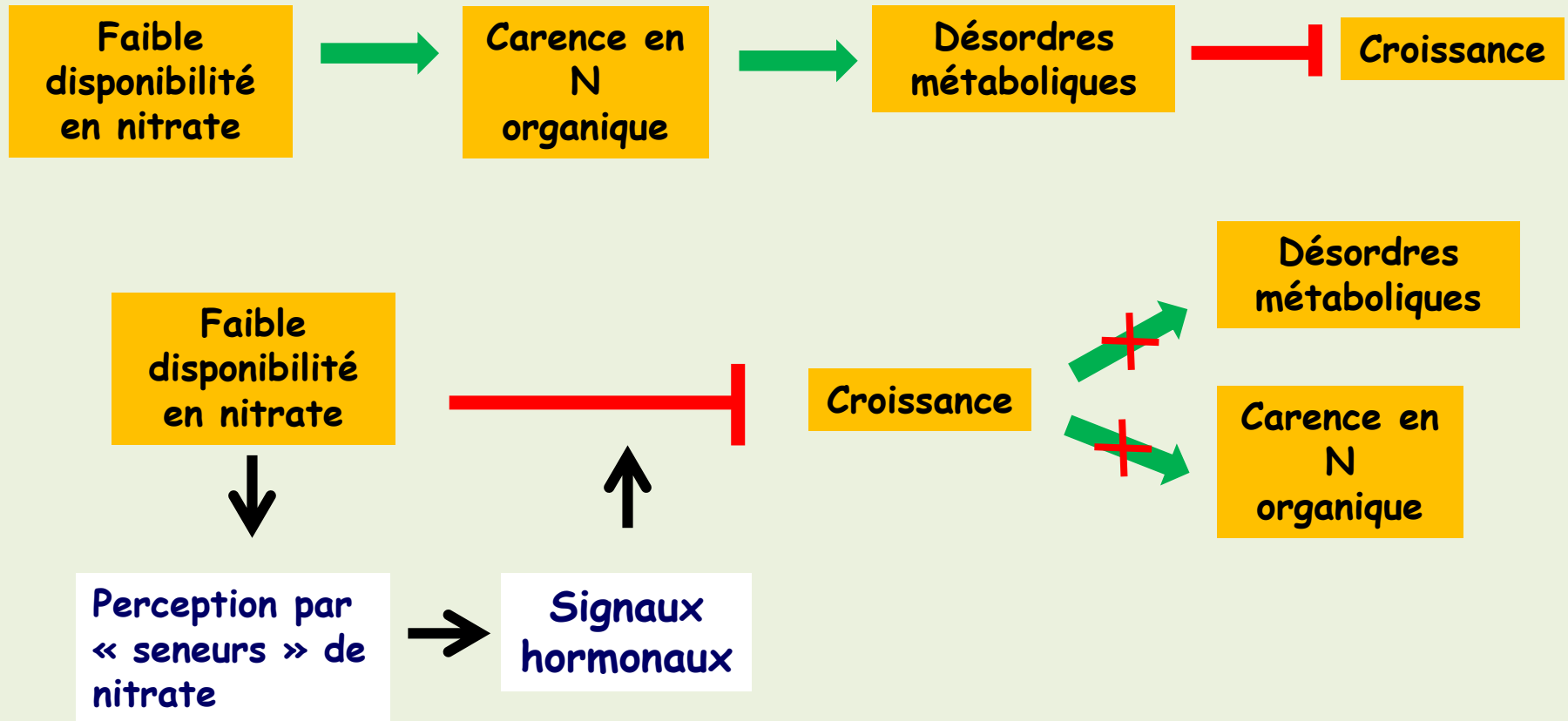
Bouguyon et al. 2015 Nature Plants

Bouguyon et al. 2016 Plant Physiol

DR5::GUS

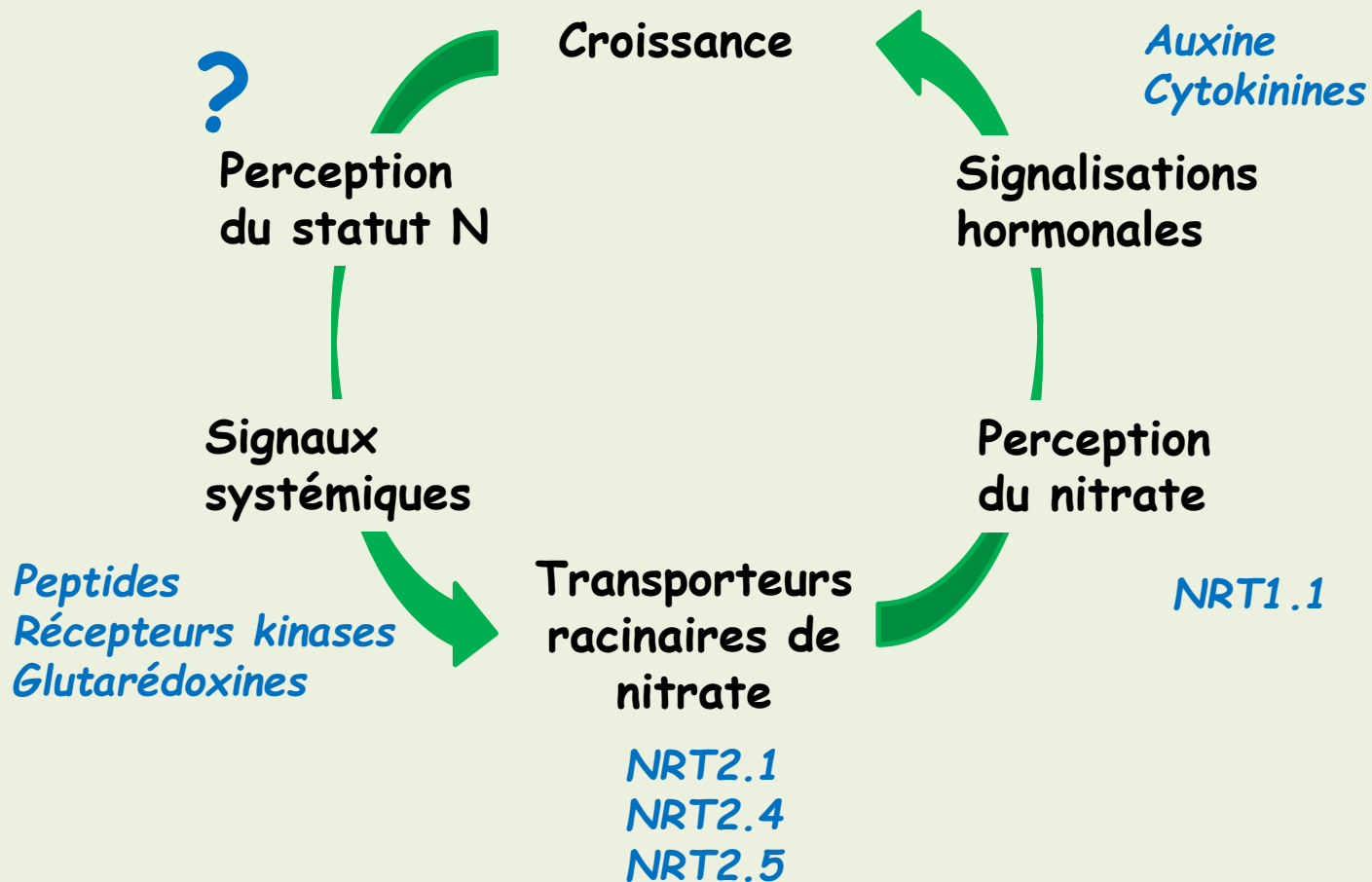


La perception du nitrate active des voies de signalisation hormonales qui déclenchent les réponses de croissance et développement



Nouvelle hypothèse: la perception d'une disponibilité insuffisante du nitrate par les senseurs de la plante active des signalisations hormonales qui freinent la croissance pour éviter la carence en N et les désordres métaboliques associés

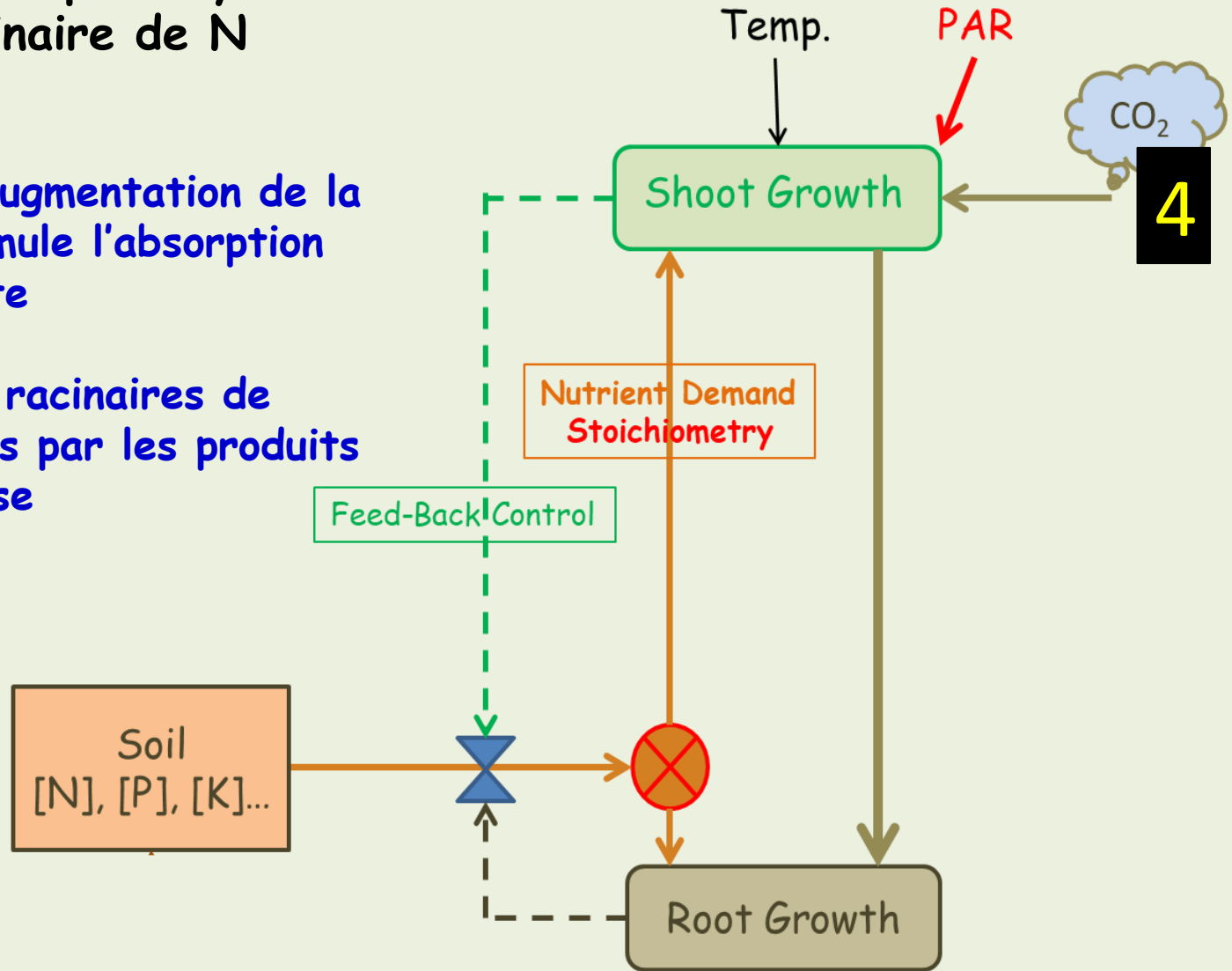
L'ajustement entre absorption racinaire de nitrate et croissance: contrôle réciproque par des signaux peptidiques et hormonaux



Coordination entre photosynthèse et prélèvement racinaire de N

A court terme, l'augmentation de la photosynthèse stimule l'absorption racinaire de nitrate

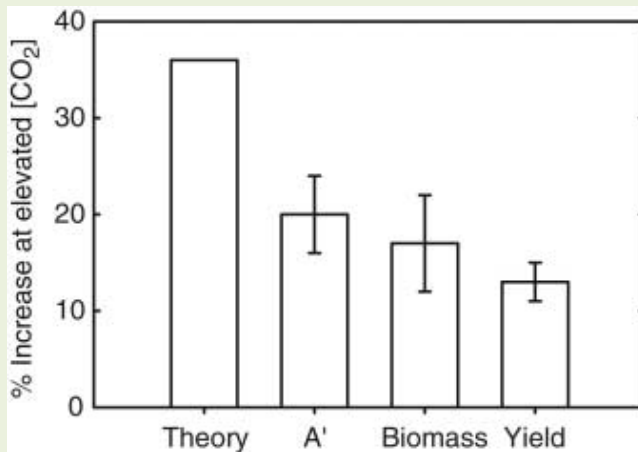
Les transporteurs racinaires de nitrate sont induits par les produits de la photosynthèse



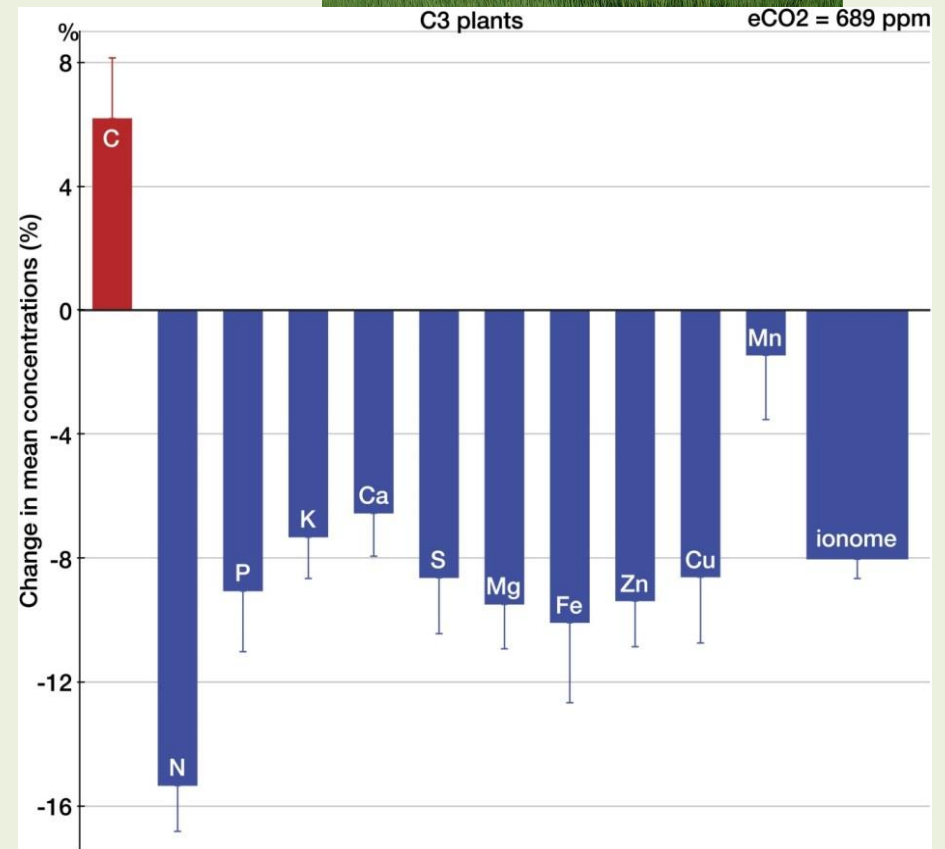
Effet à long terme?

Chez la majorité des espèces C_3
l'augmentation de la teneur en CO_2
stimule la croissance mais pénalise le
statut minéral des plantes

Expériences FACE

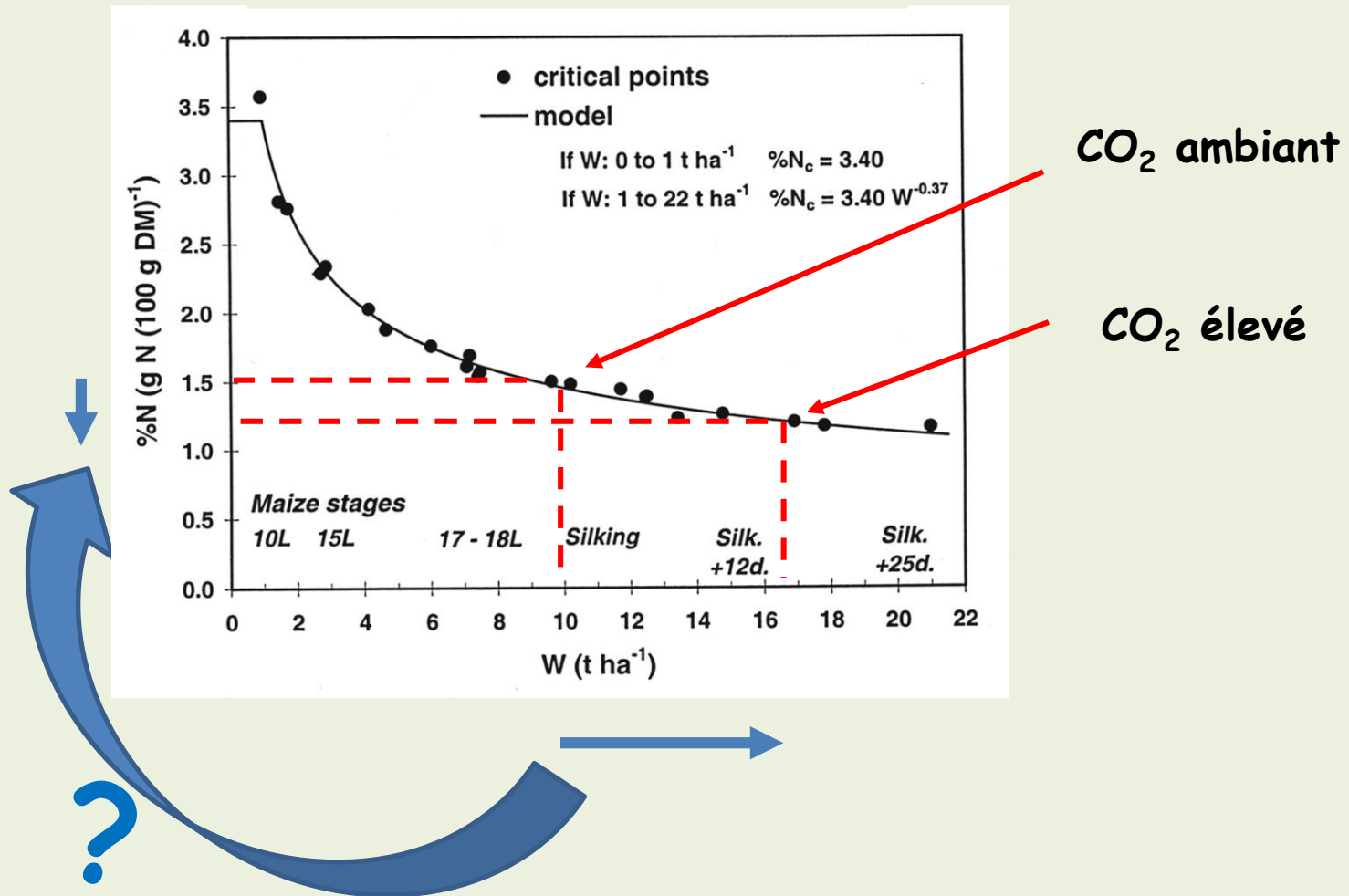


Long et al 2006 Science



Loladze 2014 eLife

Question: l'impact négatif du CO_2 élevé sur le statut minéral des plantes est-il une simple application de la courbe de dilution?



Conclusions

- Les concepts de la représentation intégrée de la nutrition minérale des plantes correspondent effectivement à des mécanismes physiologiques qui commencent à être élucidés au niveau moléculaire
- La perception que la plante a de la richesse de son environnement minéral est un déterminant important de sa croissance
- La coordination entre prélèvement de nitrate et croissance met en jeu des interactions entre signalisations nutritionnelles et hormonales
- Tout cela a-t-il un intérêt en terme d'application agronomique?

La variabilité naturelle d'un gène *NRT1.1* de riz est un facteur génétique majeur de la différence d'efficience d'utilisation de l'azote entre sous-espèces *Japonica* et *Indica*

Hu et al. 2015 Nature Genetics 47: 834-838