

# CYCLE ET DYNAMIQUE DE PHOSPHORE DANS UN SYSTÈME SOL-PLANTE

Par Dr. Andriamananjara Andry  
Laboratoire des RadioIsotopes, Université d'Antananarivo



## **Gestion raisonnée de P dans le système fertilisant-sol-plante**

Notion de P

Bilan phosphaté dans un système sol-plante

**Mécanisme de biodisponibilité du phosphore**

Dynamique de P

Stratégies adoptées par les plantes pour l'acquisition du P  
(Déficiency P)

## Gestion raisonnée de P dans le système fertilisant-sol-plante

### Notion de P

### Bilan phosphaté dans un système sol-plante

### Mécanisme de biodisponibilité du phosphore

### Dynamique de P

### Stratégies adoptées par les plantes pour l'acquisition du P (Déficiency P)

# Rôle du phosphore

## Fonctions métaboliques de la plante:

- **Adénosine triphosphate (ATP): processus biochimiques (véhicule de l'énergie)**
- Développement cellulaire et formation d'ADN (Hyland et al., 2005)
- **Croissance et le développement des végétaux (feuille, racine, vigueur et maturité des graines) (FAO, 2004)**

# Forme de Phosphore

## La distribution du P dans le sol (Hinsinger, 2001; Hinsinger et al., 2007)

### ➤ Les ions phosphates dans la solution du sol :

- $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (majoritaire à  $2 < \text{pH} < 7,2$ )
- $\text{HPO}_4^{2-}$  (dominant à pH entre 7,2 et 12)

### ➤ Phosphore organique labile:

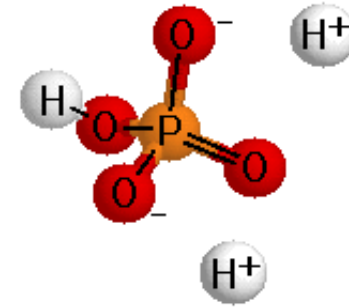
- Matières organiques végétales
- Matières organiques animales
- Matières organiques microbiennes du sol

### ➤ Phosphore organique stable:

- Moins réactif au sol et plus résistant à la minéralisation tel que l'humus

### ➤ Les composés phosphatés inorganique liés à la phase solide:

- Minéraux phosphatés amorphes
- Phosphores occlus dans la structure d'argile du sol



En milieu acide, précipitation en phosphate de Fe et d'Al: strengite, vivianite, variscite (Lindsay et al., 1989 ; Norish et Rosser, 1983; Hinsinger, 2001)

Seule cette forme ionique du phosphore contenu dans la solution du sol peut approvisionner la plante durant la nutrition phosphatée (Oldham, 2003).

# Importance

## Déficiência phosphatée dans le sol:

- Retard de la maturité de récolte,
- Réduction du développement floral,
- Faible qualité de semence et
- Diminution de la production culturale (Hyland et al., 2005).

# Importance

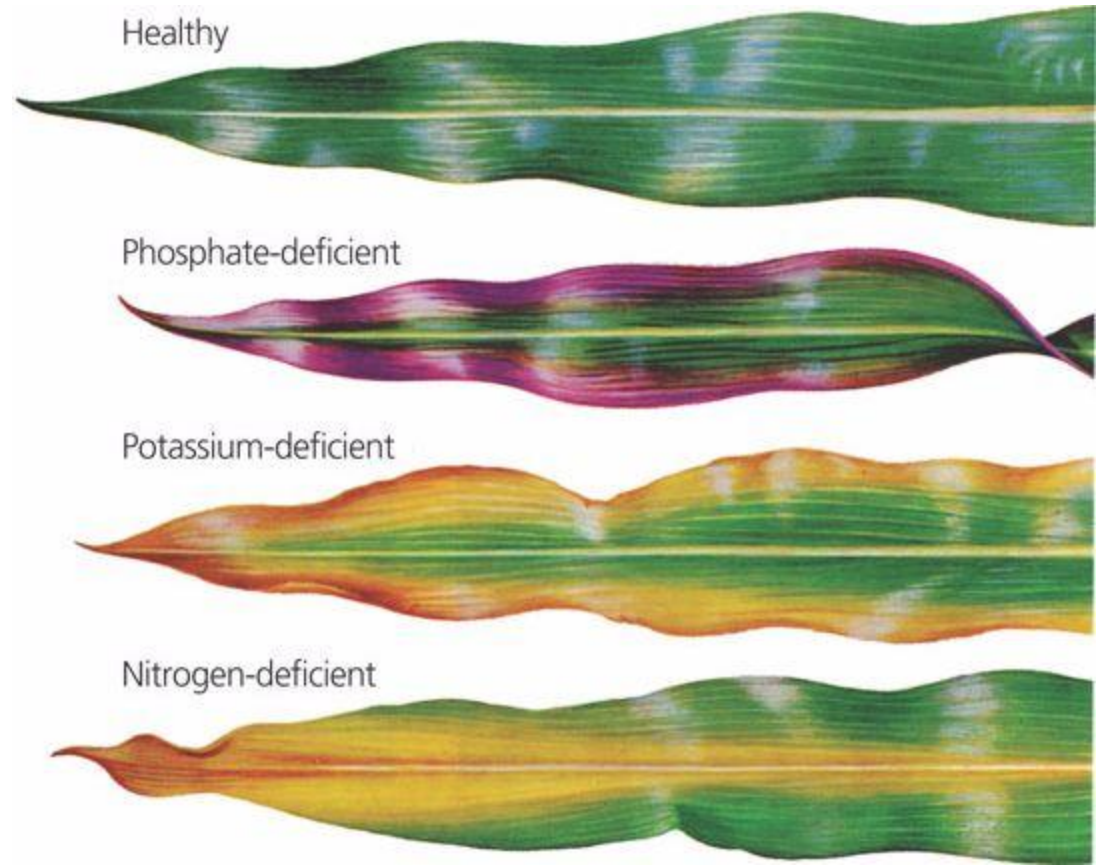
## Symptôme de déficience en P chez le riz

Retard de croissance et développement avec faible pousse,

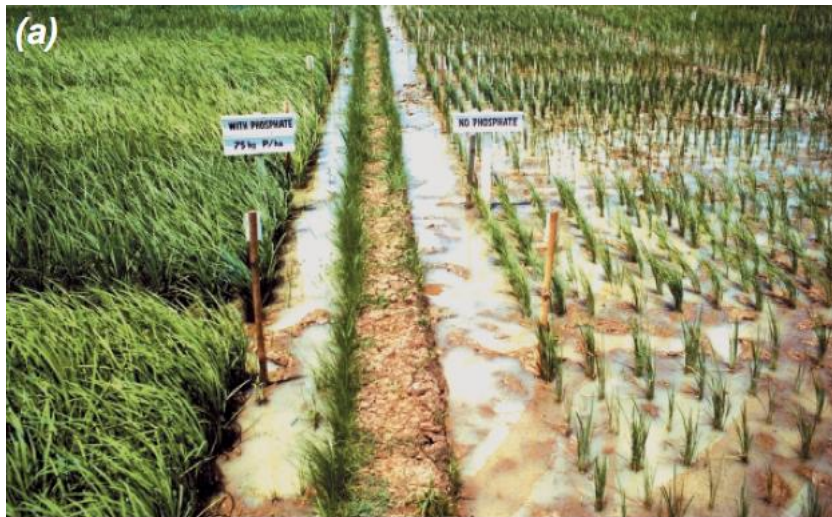
feuilles courtes et dressées et de couleur verte foncé très accentuée,

Tige fin et filiforme, Réduction de nombre de feuilles, panicules, et grains,

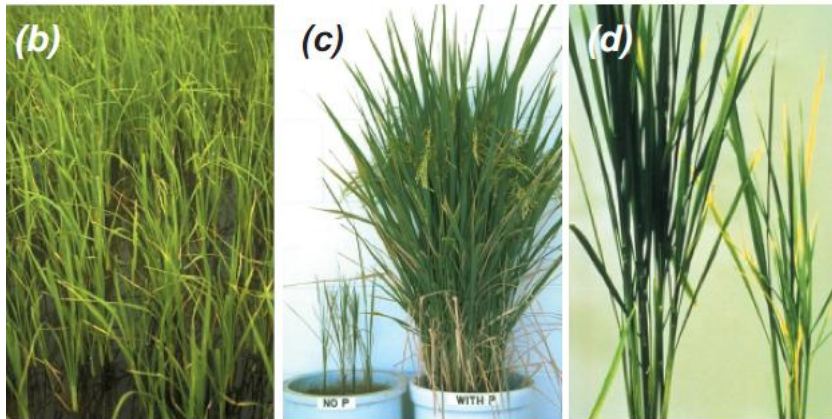
Virage de couleur en marron chez les feuilles âgées puis meurent (Dobermann and Fairhust, 2000)



# Importance



Symptôme de déficience en P chez le riz



- (a) Réduction de tallage;
- (b), (c), (d) Retard de croissance et développement
- Retard de maturation (parcelle colorée en vert)

## **Gestion raisonnée de P dans le système fertilisant-sol-plante**

Notion de P

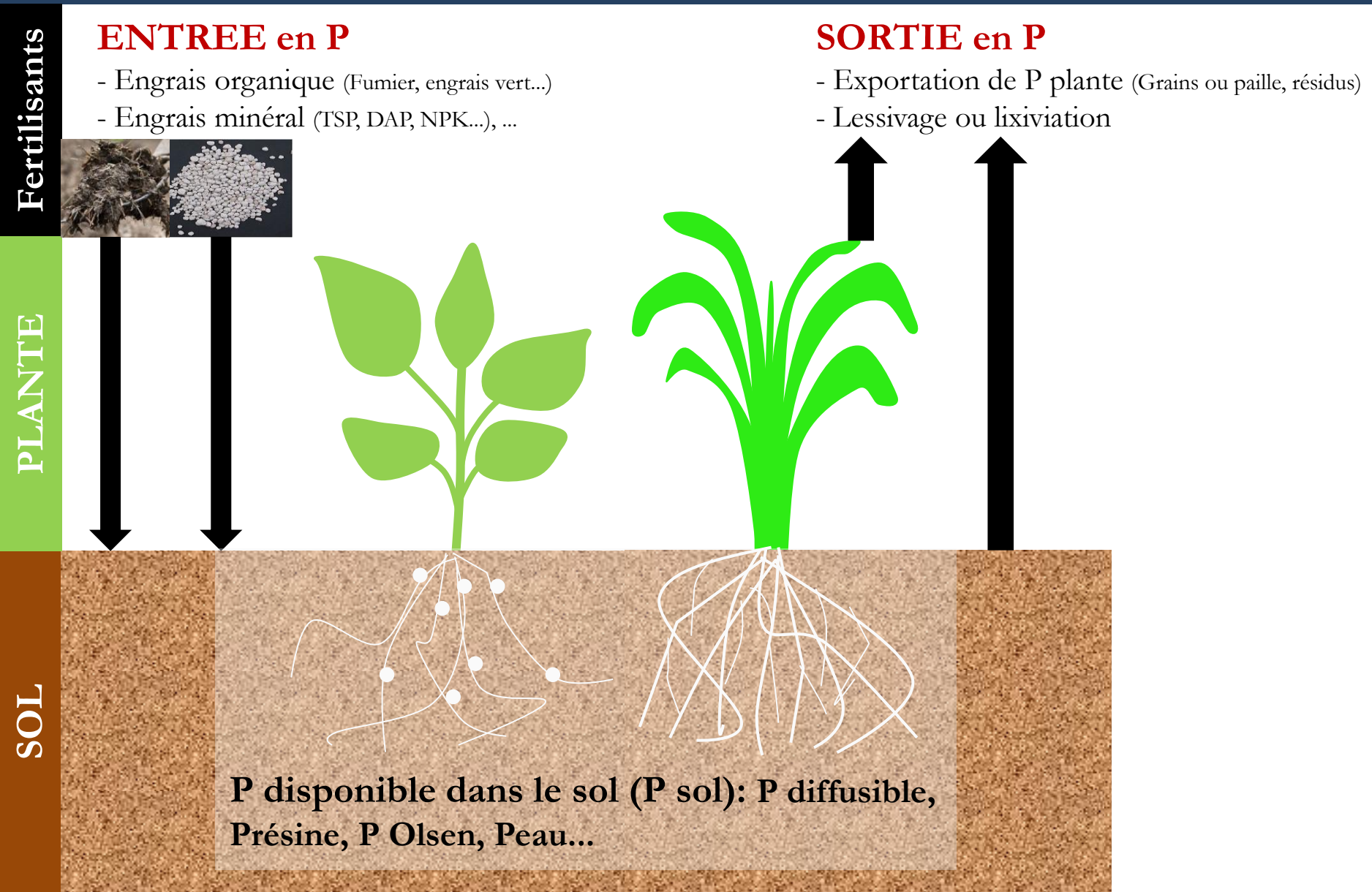
**Bilan phosphaté dans un système sol-plante**

Mécanisme de biodisponibilité du phosphore

Dynamique de P

Stratégies adoptées par les plantes pour l'acquisition du P  
(Déficience P)

# Bilan de P



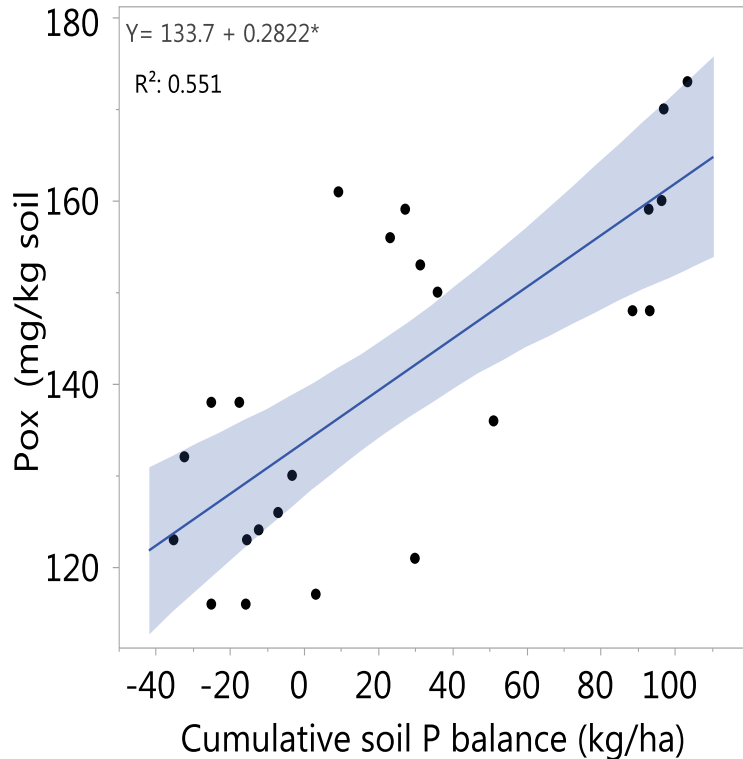
**BILAN = ENTREE – SORTIE** (Ce qui reste théoriquement dans le sol)

# Bilan de P

Corrélation entre  
Bilan & P sol mesuré

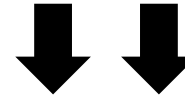


Gestion raisonnée de fertilisation phosphatée dans les agrosystèmes (Méthode d'extraction: meilleur indicateur de phytodisponibilité de P)



Bilan cumulé de P dans le sol identifié dans le P extrait par l'oxalate à partir du sol prélevé dans les parcelles après récolte dans la riziculture irriguée.

**Corrélation (Bilan & P sol) < 1**



Interaction avec les constituants de sol, échanges entre les différents compartiments du sol

Différents processus physico-chimiques dans le sols contrôlent la disponibilité P dans le sol

Gestion raisonnée de P dans le système fertilisant-sol-plante

Notion de P

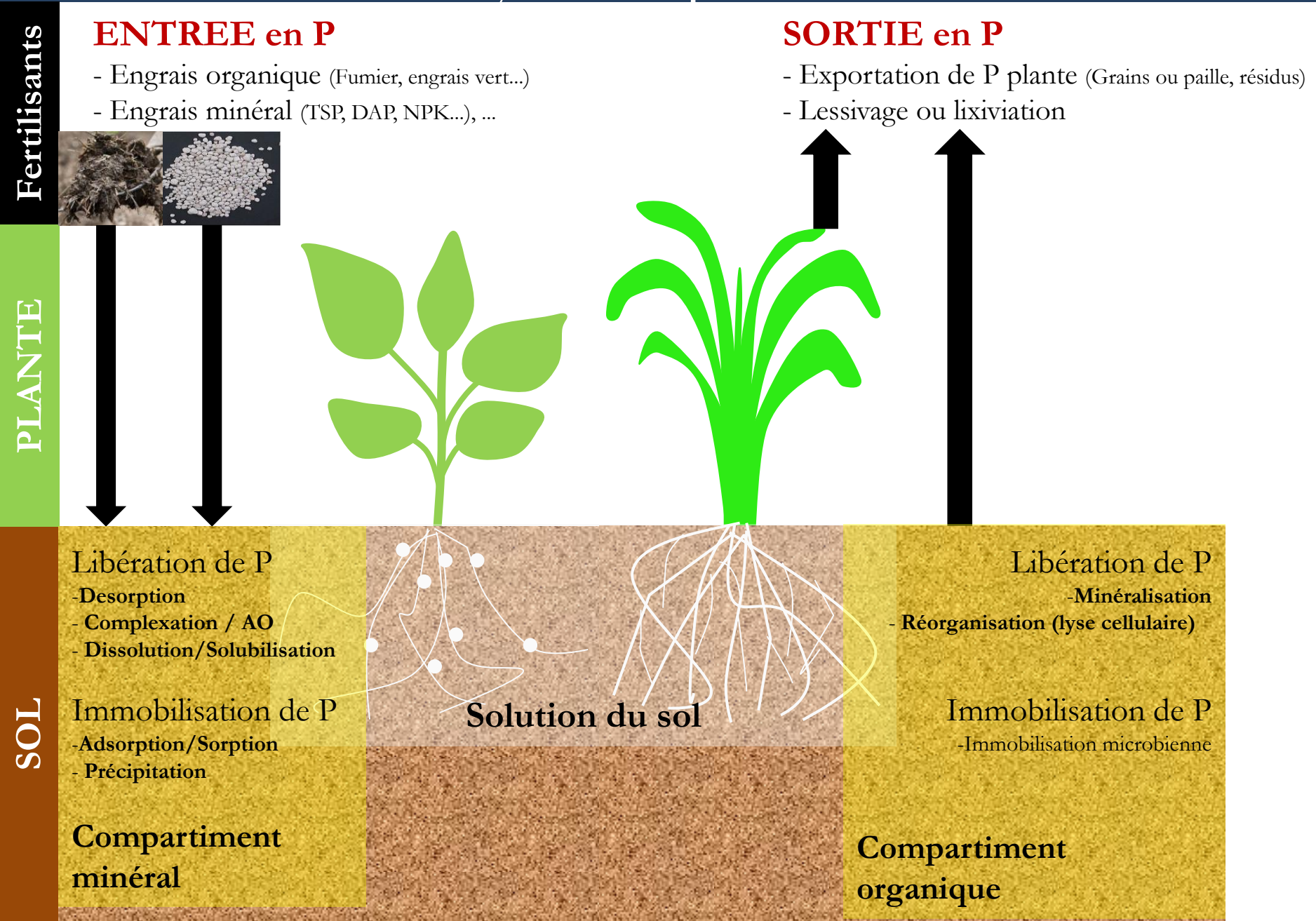
Bilan phosphaté dans un système sol-plante

**Mécanisme de biodisponibilité du phosphore**

**Dynamique de P**

Stratégies adoptées par les plantes pour l'acquisition du P  
(Déficience P)

# Dynamique de P



RACINE

SOLUTION DU SOL

PHASE SOLIDE DU SOL

Racine/ Mycorhize

Absorption

Diffusion

Désorption

Solubilisation

pH

Exsudats

Désorption

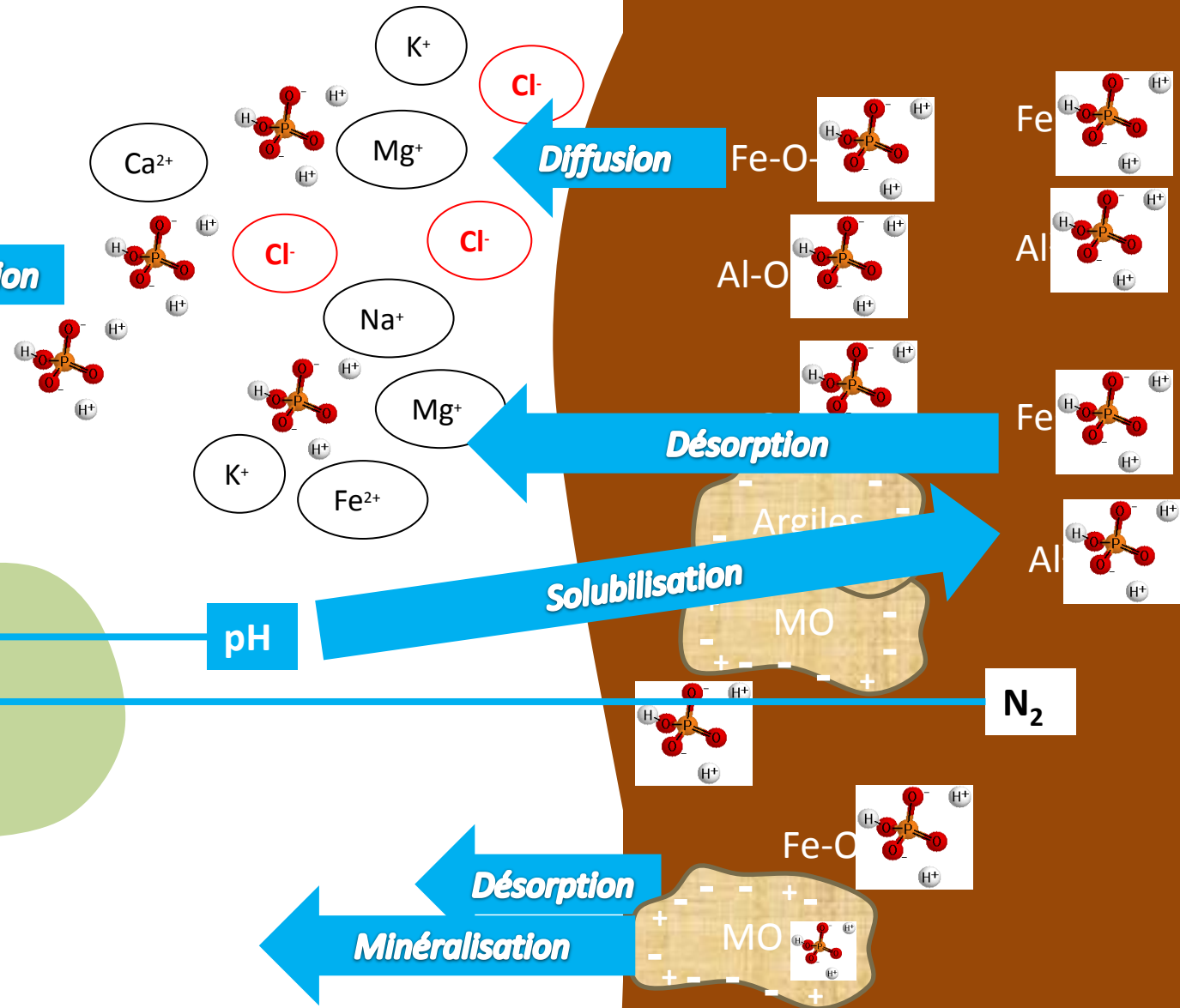
Minéralisation

R-COO<sup>-</sup>  
Ptase

Forme soluble

Forme adsorbée

Forme précipitée



Gestion raisonnée de P dans le système fertilisant-sol-plante

Notion de P

Bilan phosphaté dans un système sol-plante

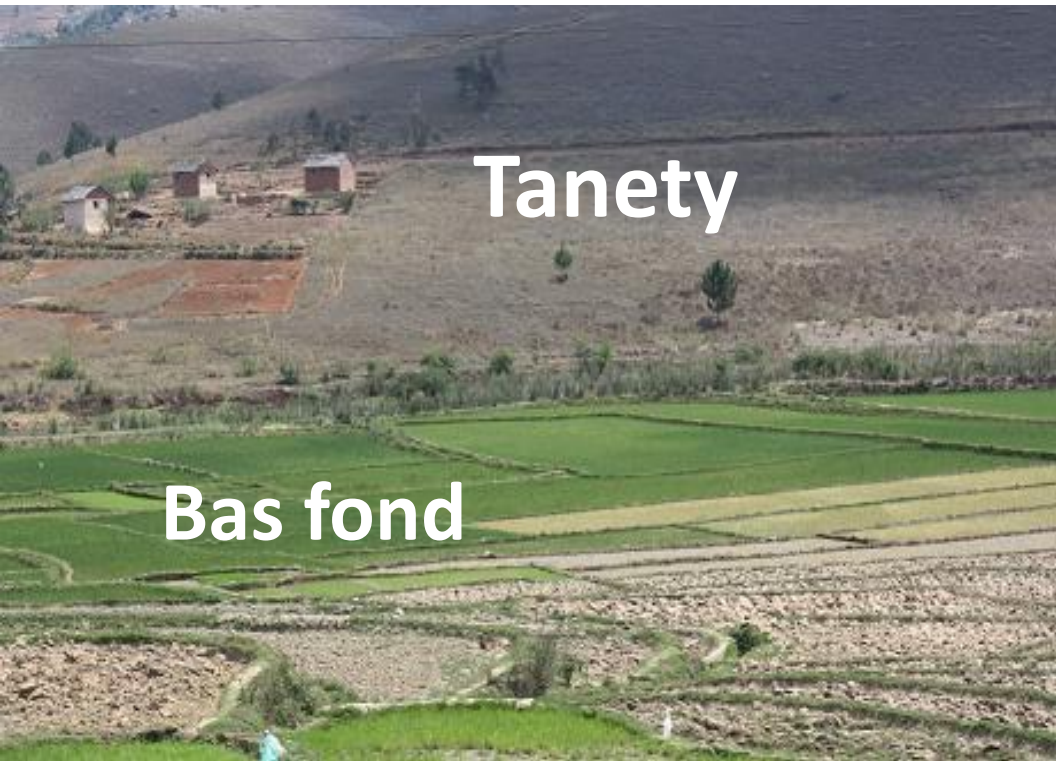
**Mécanisme de biodisponibilité du phosphore**

Dynamique de P

**Stratégies adoptées par les plantes pour l'acquisition du P  
(Déficiency P)**

# Stratégies des plantes pour l'acquisition du P

Sols tropicaux: faible disponibilité de P pour les plantes.



## Cas de Madagascar

- Tanety cultivable: 45% des hauts plateaux du type Ferralsol

- Ferralsols (P limitant): P total: 300 à 1200 mg P kg<sup>-1</sup>, C<sub>p</sub> << 0,005 mg l<sup>-1</sup> (Rabeharisoa, 2004)

Moins de 0,1% du phosphore total est généralement trouvé dans la solution du sol (Bünemann, 2003).

P: facteur limitant pour la croissance des plantes dans les Ferralsols.

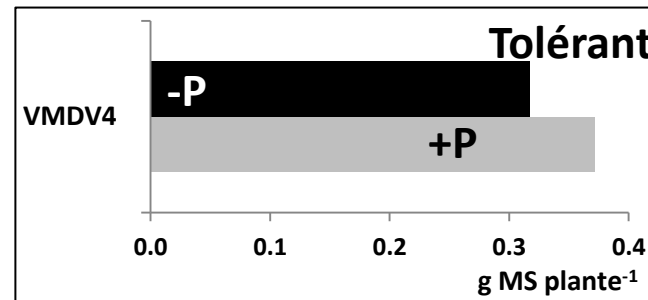
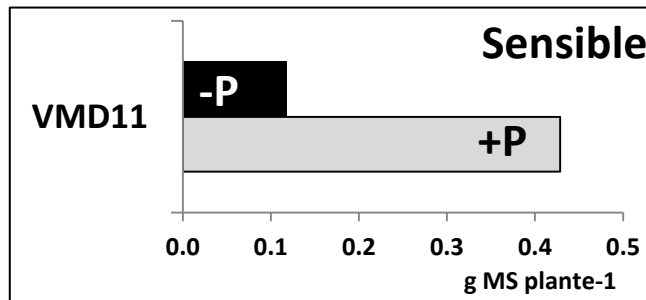


Les plantes vont développer différents types de stratégies afin d'acquérir le P du sol.

# Stratégies des plantes pour l'acquisition du P

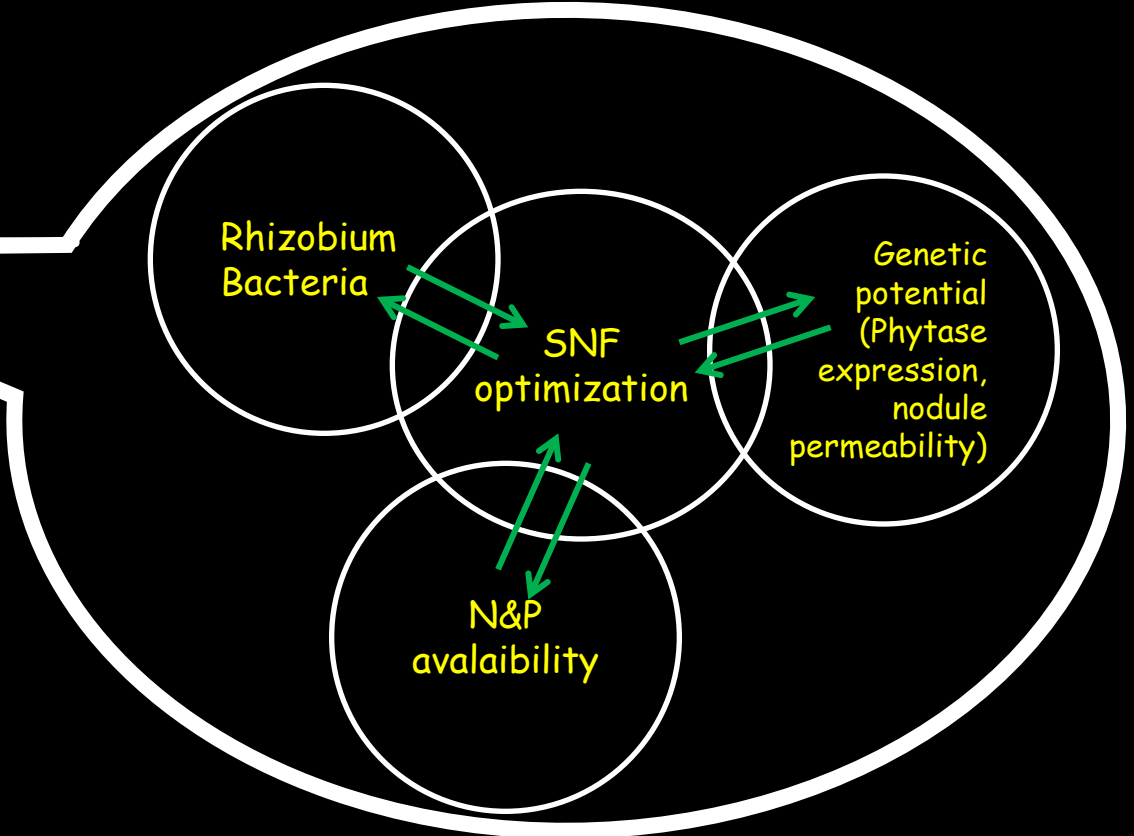
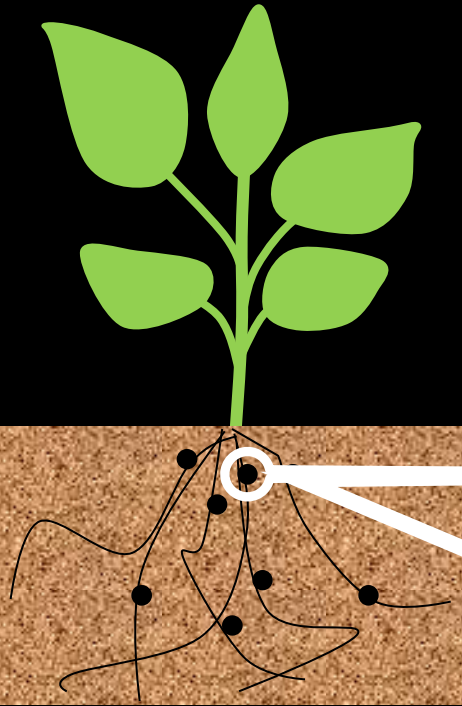
## Sous déficience phosphatée

Légumineuses: Optimisation de la fixation symbiotique de N pour l'utilisation de P



Legume: efficient crop under low nutrient availability

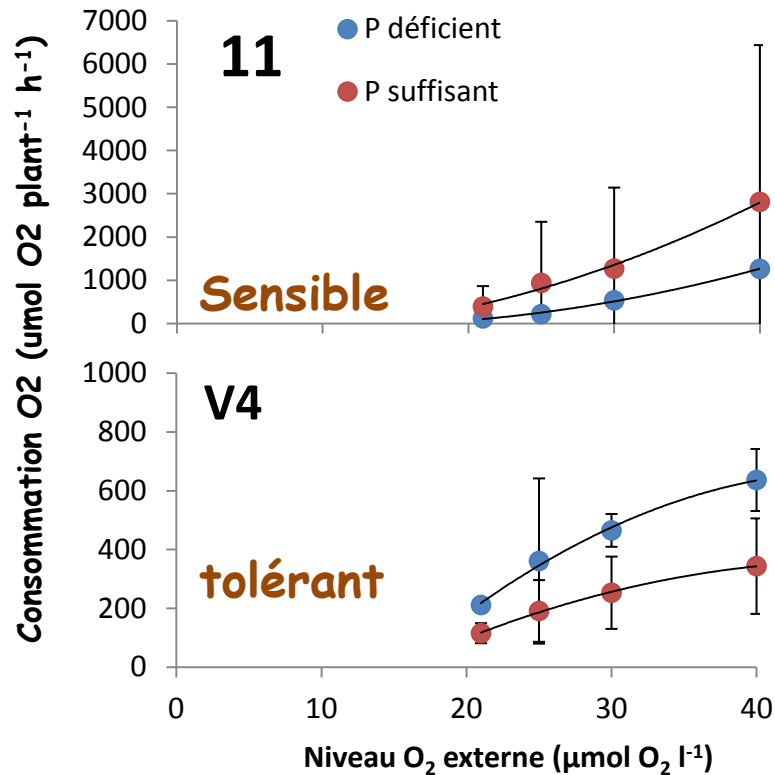
Capacity to fix large amounts of atmospheric N<sub>2</sub> into the biosphere through their capacity to establish a symbiosis with soil rhizobia



Model of SNF optimization for PUE

# Stratégies des plantes pour l'acquisition du P

## Respiration des racines nodulées



La perméabilité nodulaire contrôle la respiration nodulaire

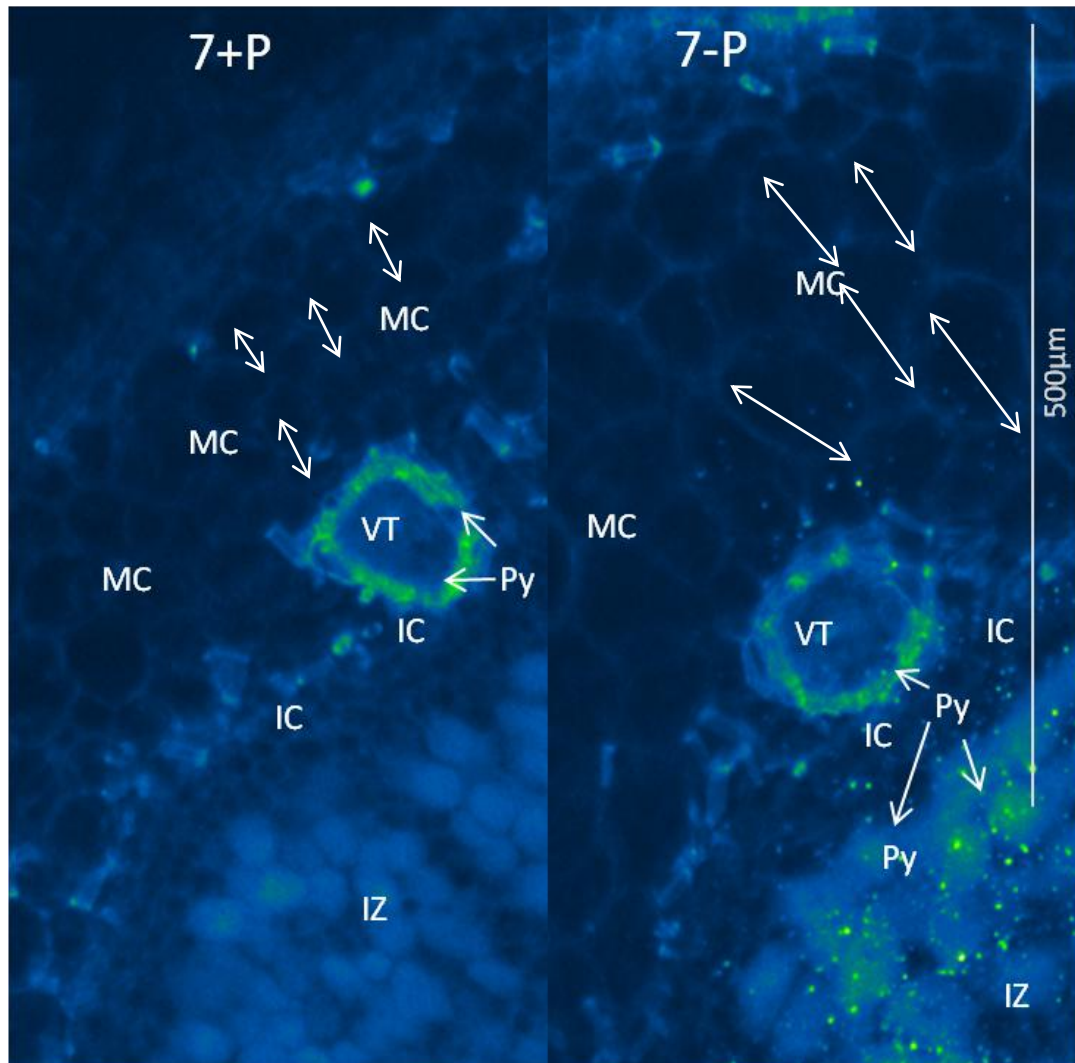
(Vadez et al., 1996; Vadez et al., 1999; Kouas et al., 2008)

Perméabilité nodulaire à l'O<sub>2</sub> =  
pente de régression / surfaces nodulaires

Chez cultivar tolérant, perméabilité nodulaire 4 fois supérieure sous P déficient comparée au P suffisant.

# Stratégies des plantes pour l'acquisition du P

## Coupe nodulaire & RT-PCR



### Sous P déficient:

- Augmentation de la **taille cellulaire** (middle (MC) et inner cortex (IC))



Perméabilité nodulaire

- Plus d'expression de **gène phytate** (traces et points verts brillants (Py))



Plus de solubilisation de P

**Tolérance de cultivar 7 de voandzou à la déficience phosphatée**

# Stratégies des plantes pour l'acquisition du P

## Autres mécanismes

- Efflux de protons (Production de  $H^+$ ):  
dissolution de P précipité
- Développement racinaire
- Promotion de symbiose microbienne  
(mycorhization ou nodulation)

