

Ressources naturelles et modélisation géochimique et hydrochimique

**Frédéric Gérard, Edith Le Cadre, Nicolas Devau,
Claude Plassard, Philippe Hinsinger, Benoît Jaillard**

UMR1222 "Biogéochimie du Sol et de la Rhizosphère"

INRA Montpellier – Supagro

(Eco&Sols : IRD - INRA Montpellier – Supagro)

Quelles ressources naturelles visons nous?

Le sol

- ⇒ support des cultures (fertilité)
- ⇒ la qualité de l'eau (pouvoir épurateur)
- ⇒ émetteur/captateur de GES (pouvoir régulateur)

Quelles ressources naturelles visons nous?

Le sol

- ⇒ support des cultures (fertilité)
- ⇒ la qualité de l'eau (pouvoir épurateur)
- ⇒ émetteur/captateur de GES (pouvoir régulateur)



Phosphore, azote et carbone



Dans un contexte de changements globaux
(climats et usage des terres)

Quelle modélisation visons nous?


Les objectifs:

- 1) Aider à la compréhension des observations, du fonctionnement du sol
- 2) Conseiller les expérimentateurs : sélection variétale, expériences ciblées...
- 3) Prévoir ce fonctionnement, pour mieux anticiper et agir de manière raisonnée


Quelle modélisation visons nous?

Les objectifs:

- 1) Aider à la compréhension des observations, du fonctionnement du sol
- 2) Conseiller les expérimentateurs : sélection variétale, expériences ciblées...
- 3) Prévoir ce fonctionnement, pour mieux anticiper et agir de manière raisonnée



Agréger des connaissances
(plateforme interdisciplinaire)



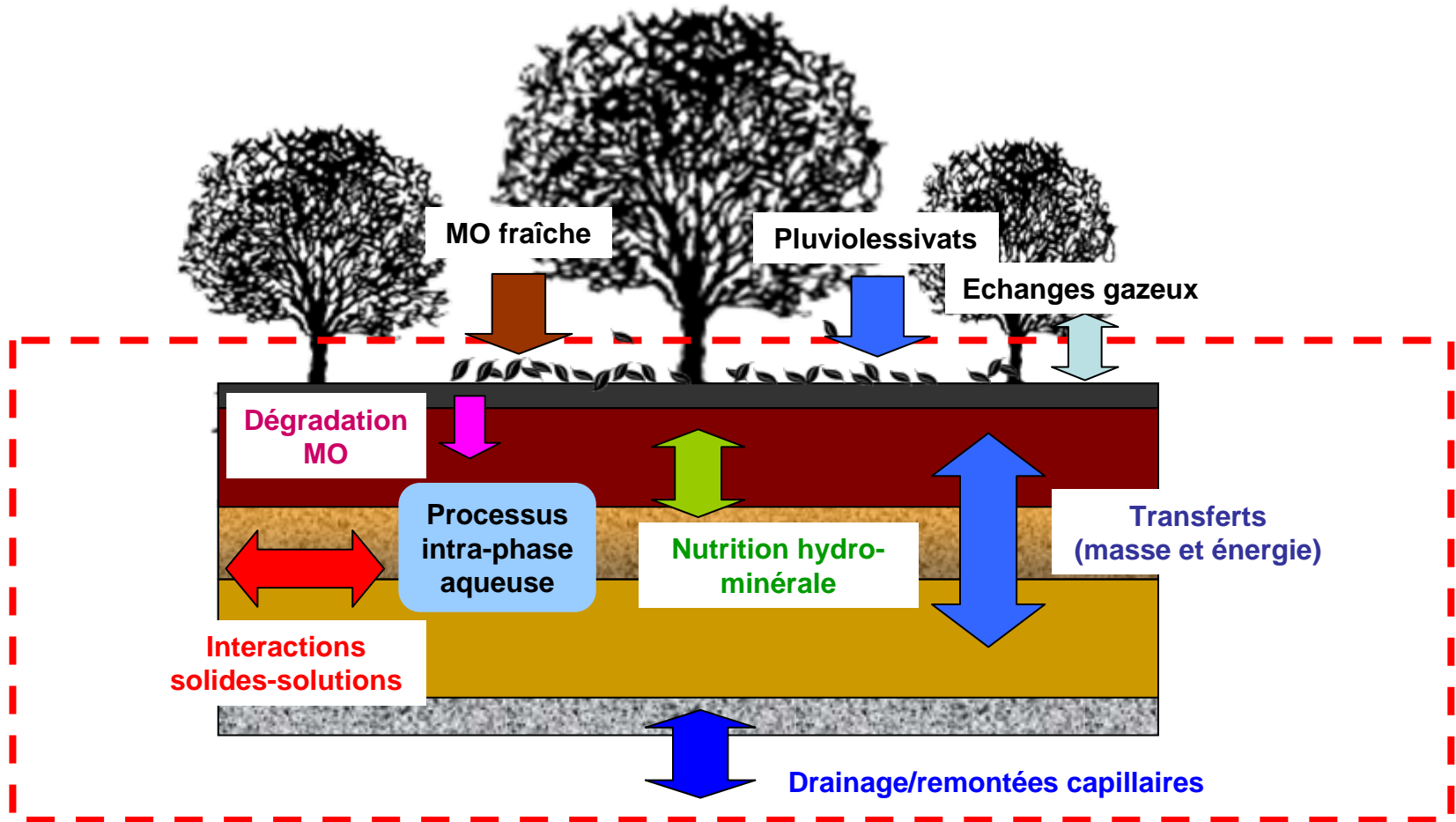
Former, diffuser et
communiquer



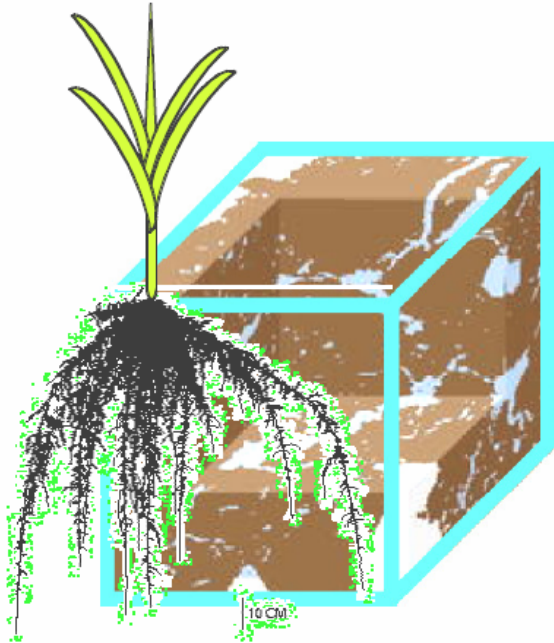
Modélisation « mécaniste » (process-oriented)

Modélisation nécessairement multi-échelle

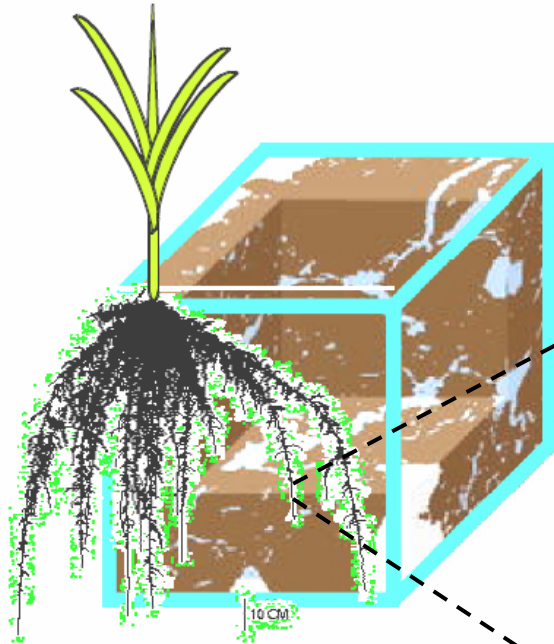
Echelle profile de sol/parcelle



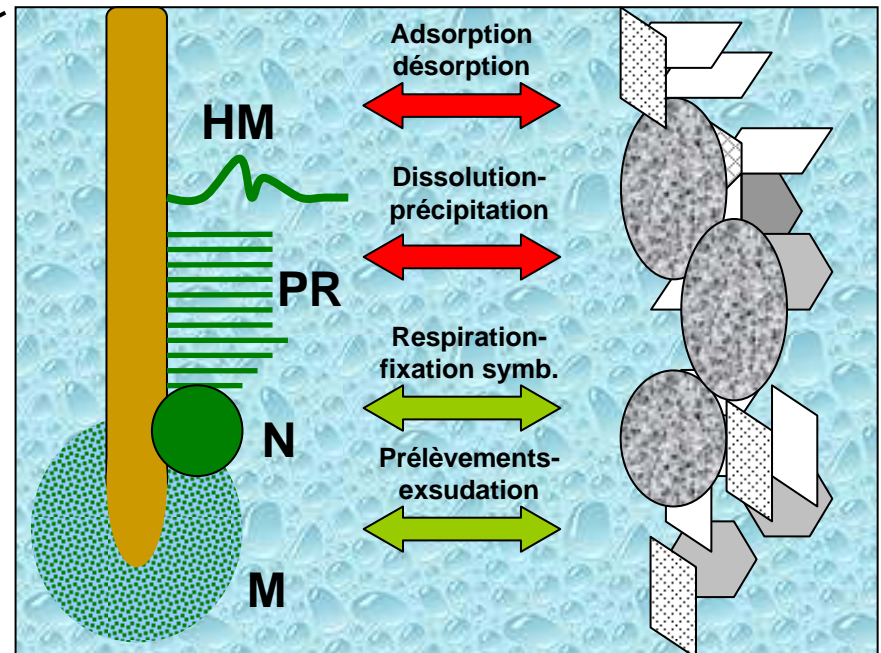
Echelle macroscopique



Echelle macroscopique

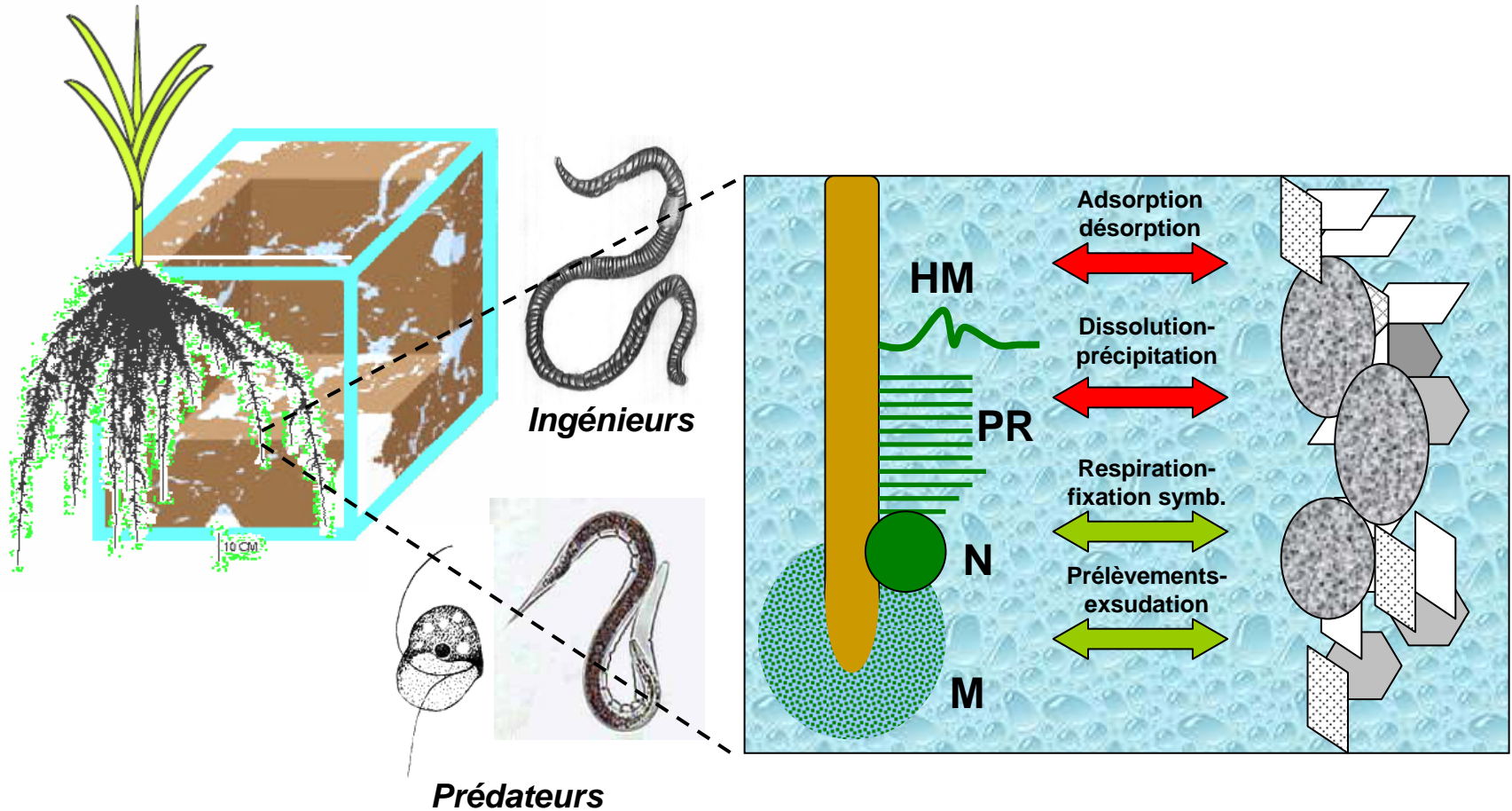


Echelle microscopique



Echelle macroscopique

Echelle microscopique



Un outil existant, en cours de développement localement :

le modèle MIN3P (KU Mayer, UBC, Vancouver)



Couplage géochimie-transferts dans les sols (modèle « mécaniste »), processus biologiques simplifiés

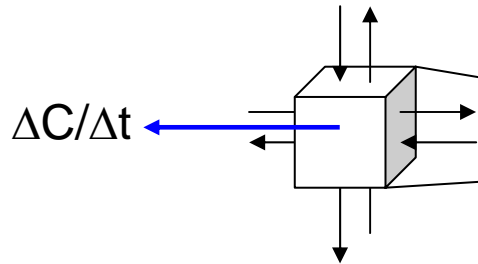
Un outil existant, en cours de développement localement :

le modèle MIN3P (UBC, Vancouver)

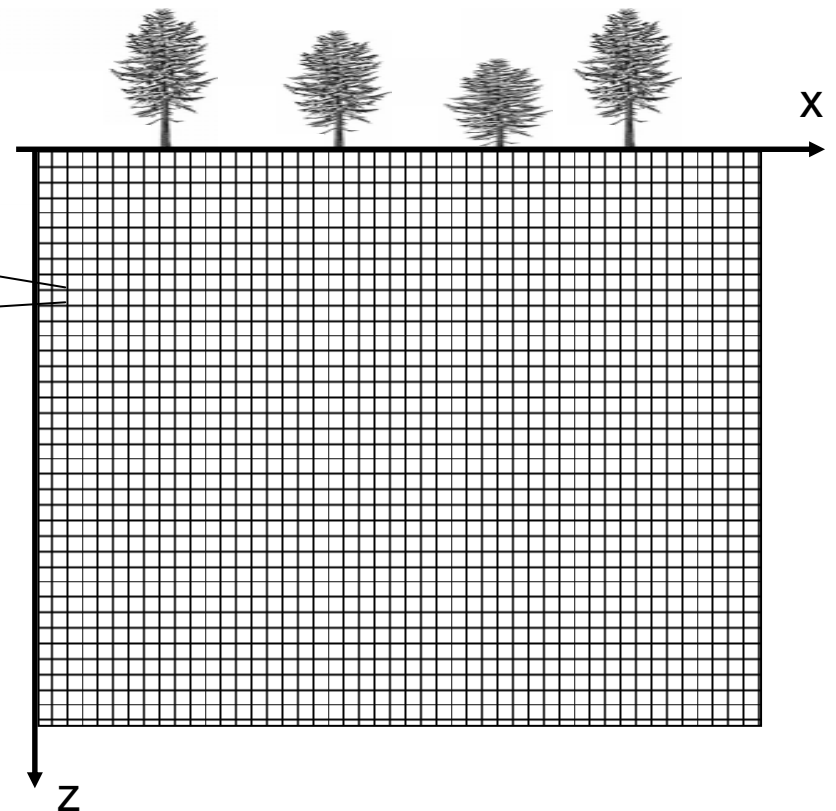
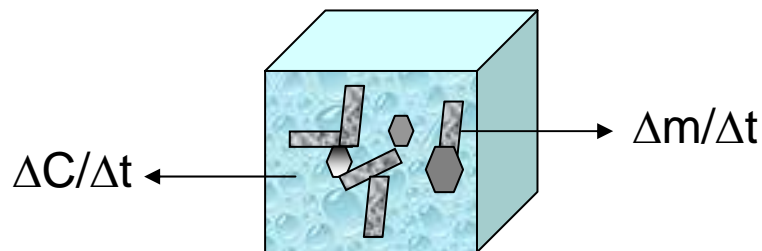
➔ Couplage géochimie-transferts dans les sols (modèle « mécaniste »), processus biologiques simplifiés

Résolution EDP (transferts, 1-3D) + EDO (cinétiques) + EA (thermodynamique)

Flux échangés entre les volumes élémentaires
(échelle macroscopique)



Flux transférés entre (et dans) les différentes
phases constituant les volumes élémentaires



Biologie dans MIN3P

⇒ **Microbiologie**

$$R_i^{\text{bio}} = -k_i^{\text{bio}} \prod_{j=1}^{N_i^s} \left[\frac{T_{k(j)}^a}{K_{ij}^s + T_{k(j)}^a} \right] \prod_{j=1}^{N_i^i} \left[\frac{K_{ij}^i}{K_{ij}^i + T_{k(j)}^a} \right]$$

Terme catalytique (Monod)

Terme d'inhibition (toxicité d'une espèce chimique)



$$R_{\text{SO}_4-\text{H}_2} = -k_{\text{SO}_4-\text{H}_2} \left(\frac{[\text{SO}_4^{2-}]}{K_{\text{SO}_4} + [\text{SO}_4^{2-}]} \right) \left(\frac{[\text{H}_2(\text{aq})]}{K_{\text{H}_2} + [\text{H}_2(\text{aq})]} \right)$$

Effet de l'accepteur d'électron

effet du substrat (donneur d'électron)

⇒ Nutrition végétale

Eau

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K(h) \frac{\partial h}{\partial z} + K(h) \right) - q$$

$$q_{i,j} = T$$

$$\left(\frac{V_{i,j} R_j S_{i,j}}{\sum_{j=1}^{n_j} \sum_{i=1}^{n_i} V_{i,j} R_j S_{i,j}} \right)$$

$$T = \alpha ETP - f_i I - E_u$$

Solutés

$$\frac{\partial}{\partial t} (S \phi T_j) = \nabla (S \phi D \nabla T_j) - \nabla (v T_j) + (R_j) - \beta (q T_j)$$

Ajout terme puits

$\beta < 1$: exclusion

$\beta = 1$: passif

Prélèvement actif des solutés : loi cinétique MONOD

Applications nombreuses et largement diffusées

→ Essentiellement à l'échelle du terrain (1D-2D)

→ Transferts de métaux (sensibles ou non au redox)

→ Transferts-biodégradation composés organiques

→ Non couplées :

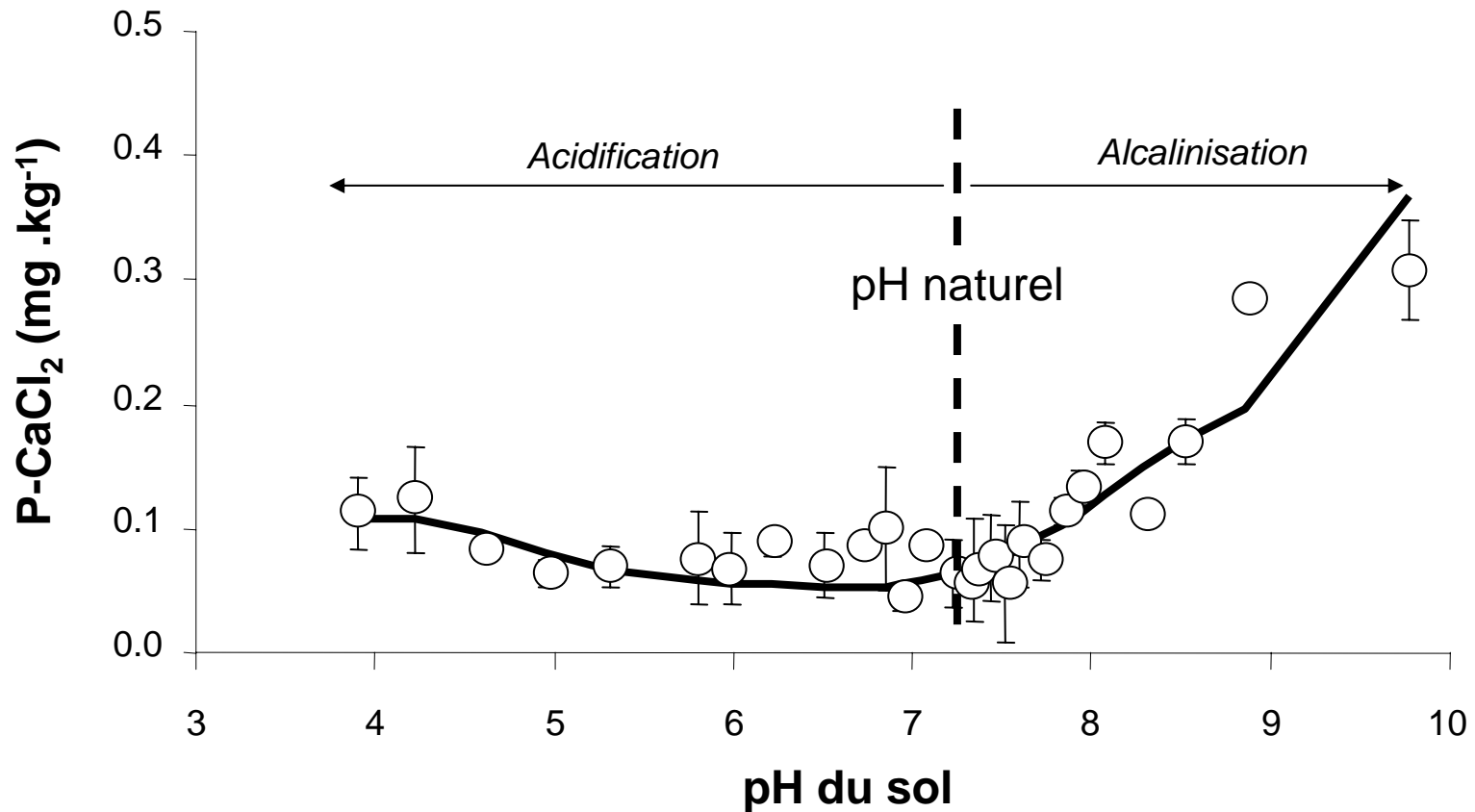
- *Biodégradation phénols*

- *Transfert H₂O dans un sol*

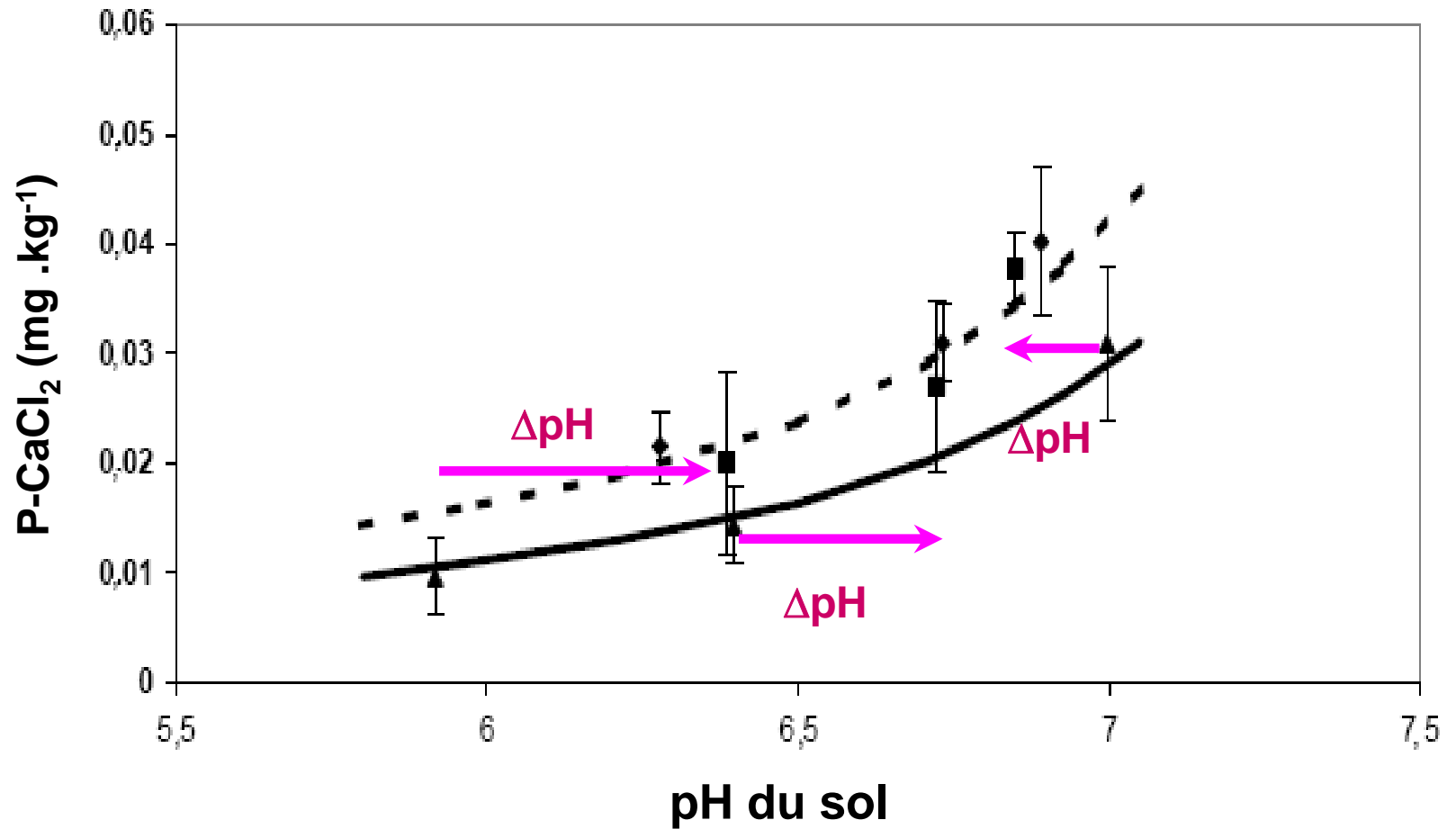
→ Cycle biogéochimique (Si) – altération des silicates

De premiers résultats?

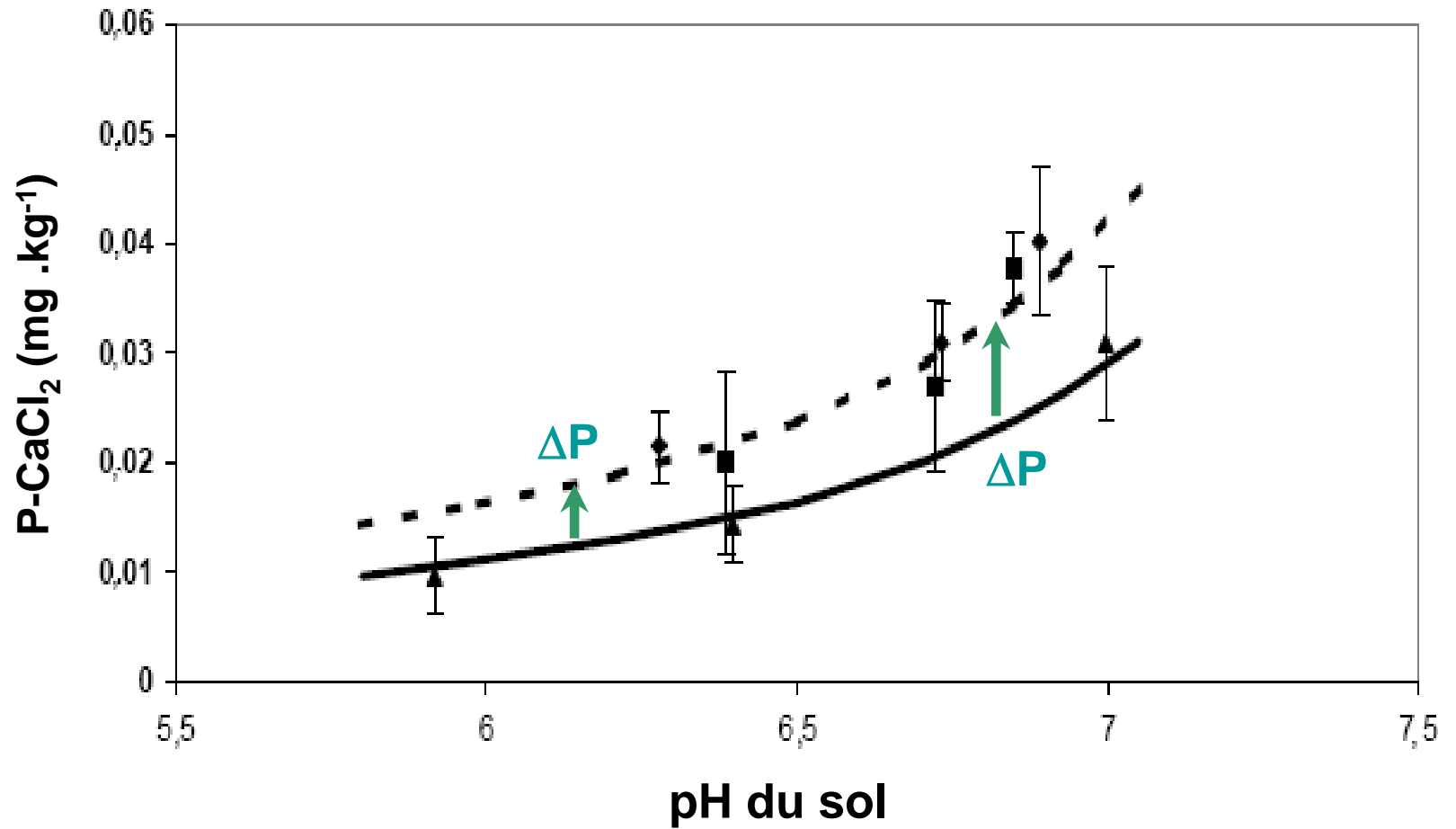
Effet du pH sur la biodisponibilité du P



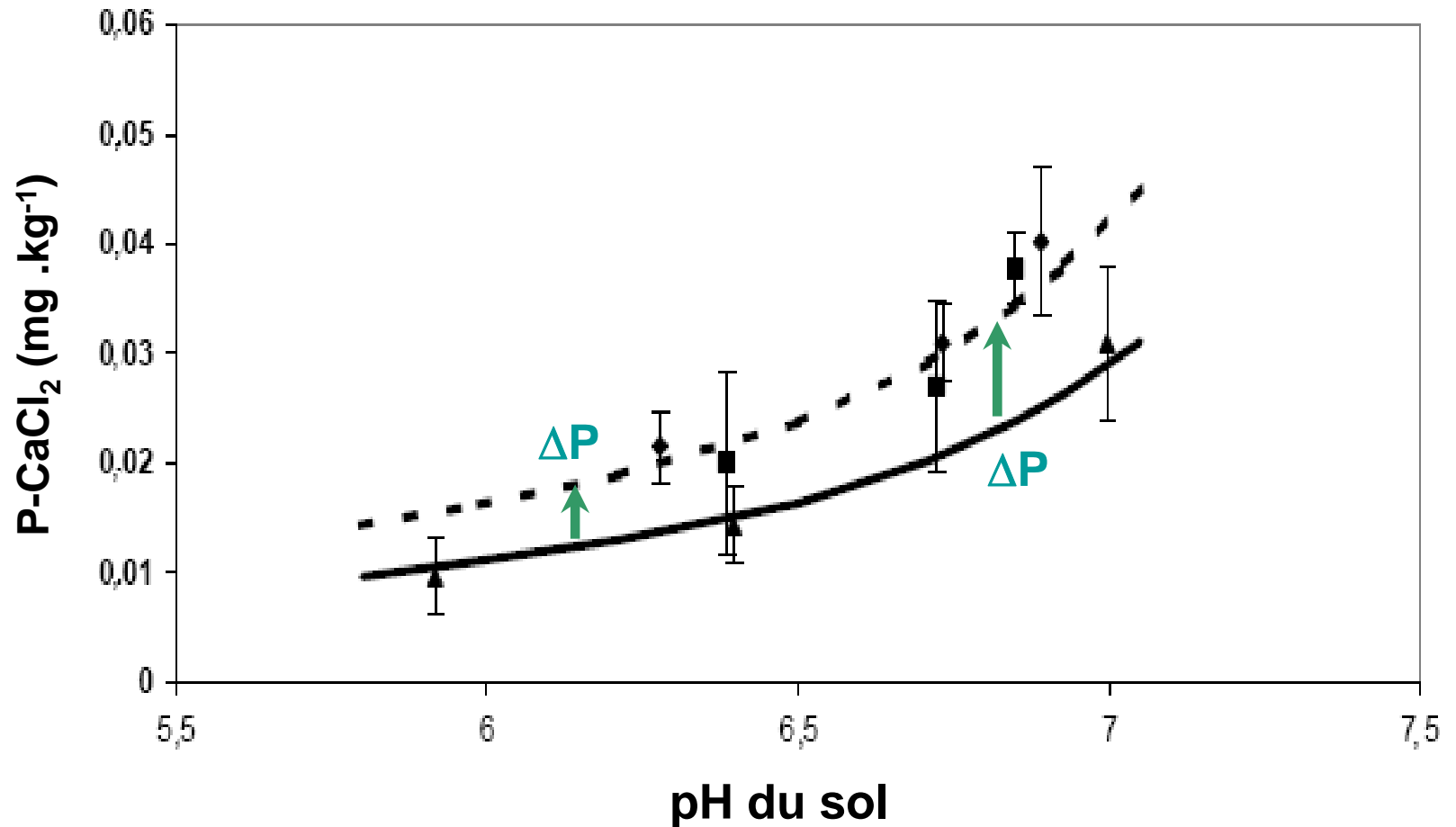
Comprendre les effets de la plante?



Comprendre les effets de la plante?



Comprendre les effets de la plante?



Excrétion de ligands organiques et compétition avec P adsorbé



Plante mourante...

Et la suite, quels outils?

Thèse débutant cet automne : écologie microbienne dans MIN3P (A. Rapaport, INRA-INRIA EPI MERE & F. Gérard)

Projet RTRA, AO INRA-INRIA « Computational Plants and Ecosystems »

(Computational Models for Resource Efficiency in Plant & Soil Ecosystems)

- soutenant le programme INRA « Sol virtuel »
- processus biologiques (système racinaire et demande de la plante, micro-organismes, vers de terre) dans modèle « sol »
- plateforme montpelliéraine
- associant l'IRD, EMMAH (Avignon), TCEM (Bordeaux), et l'INRIA Montpellier

Convention BRGM Orléans : prise en compte de l'advection des gaz (2008); idem et formation (2009)...; ouvertures vers industriels (Véolia, Total...)