
SNHF 12 décembre 2017

LES SOLS SOURCES DE VIE

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

Sylvain Charpentier

Professeur émérite de science du sol
Agrocampus Ouest, centre d'Angers

Les sols source de vie



Le sol source de vie probablement

Mais le sol lieu de vie sûrement

La vie nécessite régulièrement de l'énergie, des éléments nutritifs, souvent de l'oxygène, mais

la vie dans le sol est indissociable de la présence d'eau dans le sol.

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

Notion de biodisponibilité au sein du sol

Biodisponibilité : « Aptitude d'un élément à passer d'un compartiment quelconque du sol au végétal » (Juste, 1989)

Extension à tout organisme susceptible d'absorber un élément

Intègre assez grossièrement deux variables: la **concentration** de l'élément sous forme assimilable dans le sol et sa **capacité à être transféré** d'un endroit quelconque du sol vers l'interface absorbante (cellule de racine, de micro-organisme).

Ainsi une **trop faible biodisponibilité** d'un élément indispensable à l'organisme pourra entraîner une **carence** et une trop **forte disponibilité** de certains éléments provoquera une **toxicité**.

La biodisponibilité de l'eau : approche biophysique

Capacité biophysique de l'eau à être prélevée par un organisme vivant au sein du sol.

Dans le sol, deux processus principaux vont jouer sur cette capacité:

“ la **liaison de l'eau au solide** (origine matricielle) qui lorsqu'elle devient trop importante limite le prélèvement d'eau par l'organisme (sécheresse),

“ la **salinité de la solution du sol** (origine osmotique) qui limite les prélèvements d'eau lorsque elle devient trop salée (salinité)

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

La biodisponibilité de l'eau : approche biophysique

Quelques rappels pour une approche quantitative

En physique, tous les transferts sont formalisés par une relation

Flux = conductivité (gradient de potentiel)

Loi de Fourier $I = C.U = \frac{1}{R} (U_2 - U_1)$

Loi d'Ohm $\Delta Q = C_c (T_2 - T_1)$

Flux d'eau = conductivité (gradient de potentiel hydrique)

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

La biodisponibilité de l'eau : approche biophysique

Potentiel de l'eau dans le sol (Buckingham 1907) :

travail, affecté d'un signe négatif à fournir de façon isotherme et réversible pour extraire une quantité unitaire d'eau du sol et la ramener à la **surface d'un plan d'eau pure et libre** à la pression atmosphérique..

$$= - \phi = RT \cdot \ln (a_w)$$

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

La biodisponibilité de l'eau : approche biophysique

Potentiel de l'eau dans le sol (Buckingham 1907) :

De nombreuses unités liées à la métrologie

Représentation physique	unité				
Potentiel (energie par unité de masse)	Joule/kg	0	-0,98	-98	
Pression ou dépression	kPa	0	-0,98	-98	-1600
	bar	0	-0,0098	-0,98	-16
Activité		1	0.9999	0.9993	0.988
Colonne d'eau (analogie capillaire)	cm H ₂ O	0	10	1000	16000
pF		□	1	3	4,2

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

La biodisponibilité de l'eau : approche biophysique

Les composantes peuvent être approchées par le calcul physique, on retiendra en particulier les expressions suivantes :

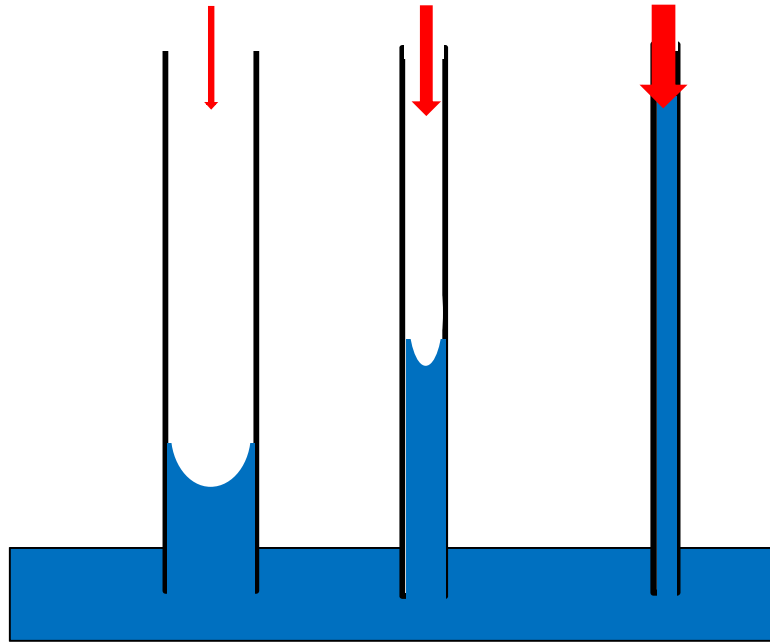
gravitaire $G = gz$

osmotiques dans les conditions de van't Hoff $\psi_o = -RTV_w C_d$

matricielle par analogie capillaire $\psi_w = -\frac{2\sigma}{\rho_w r}$

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

La biodisponibilité de l'eau : approche biophysique



matricielle par analogie capillaire

$$w = -\frac{2 \cdot \sigma}{\rho_w r}$$

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

La biodisponibilité de l'eau : approche biophysique

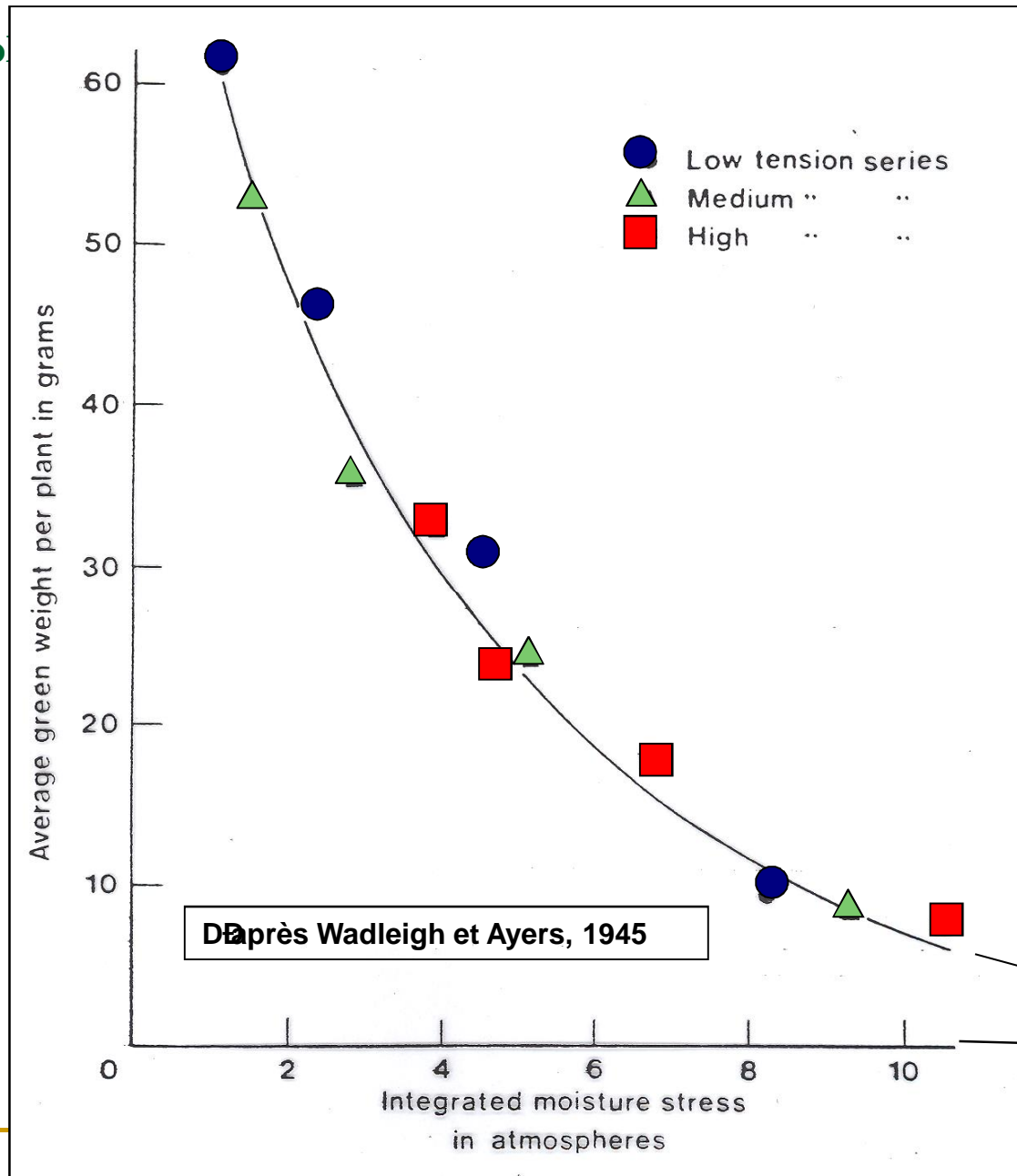
Pour l'eau de mer (environ 1,23 mol/l) on peut ainsi calculer l'abaissement de potentiel osmotique :

$$\pi_o = -8,3144 \cdot 293 \cdot 1 \cdot 1,23 = -2996 \text{ J.kg}^{-1} = -3 \text{ MPa}$$

Ou calculer la composante matricielle dans un pore tubulaire de 1 μm de rayon :

$$w = -\frac{2 \cdot 0,072}{10^3 \cdot 10^{-6}} = -144 \text{ kPa}$$

L'eau dans le sol



LES SOIS SOURCE DE VIE



L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

La biodisponibilité de l'eau : approche pratique

	kPa
palmier dattier	-2100
oignon	-1600
olivier	-1200
luzerne	-1200
vigne	-1200
laitue	-800

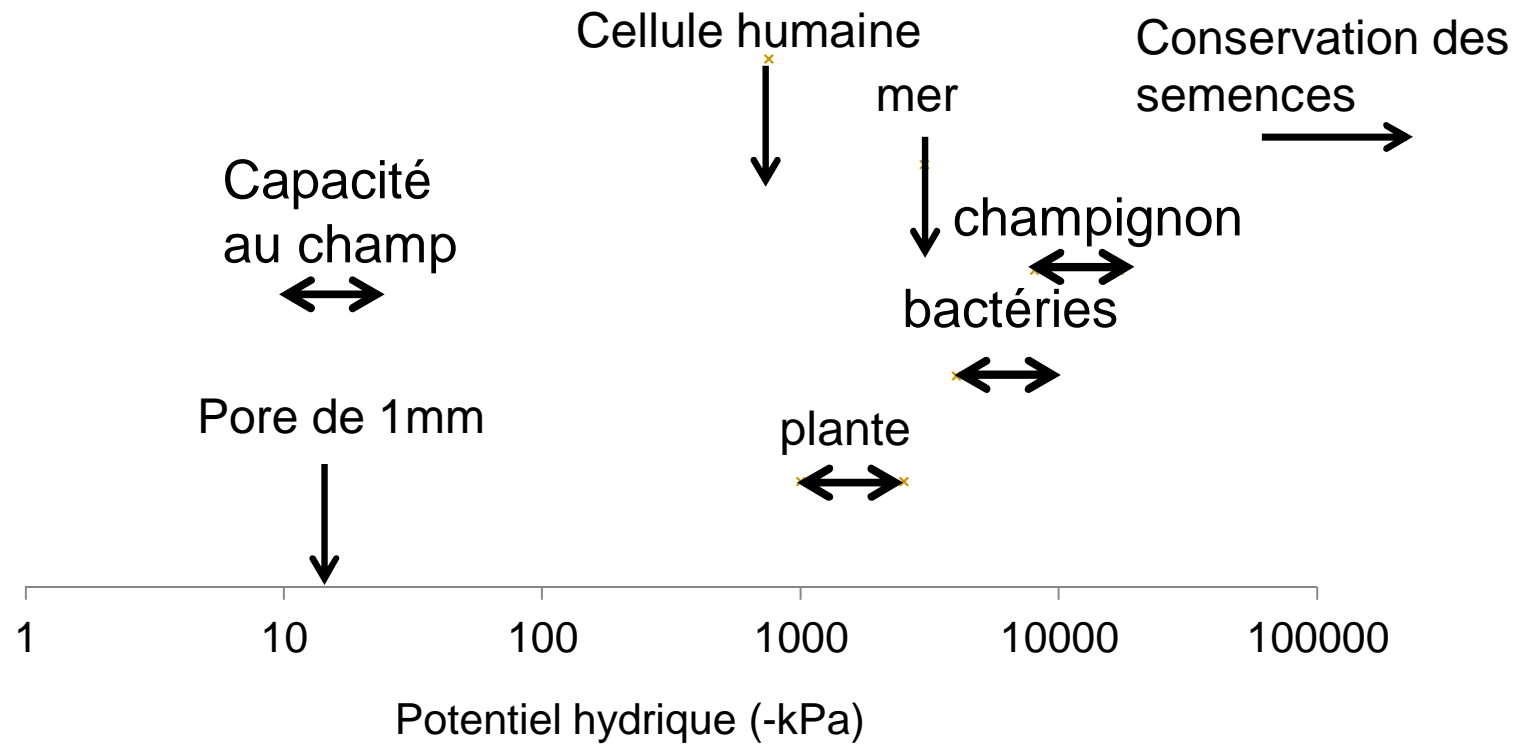
L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

La biodisponibilité de l'eau : approche pratique

kPa	a_w	Bactéries	Champignons	Levures
-4122	0,97	Clostridium botulinum E Pseudomonas fluorescens		
-6942	0,95	Escherichia coli Clostridium perfringens Salmonella spp. Vibrio cholerae		
-8374	0,94	Clostridium botulinum A, B Vibrio parahaemolyticus	Stachybotrys atra	
-9822	0,93	Bacillus cereus	Rhizopus nigricans	
-11285	0,92	Listeria monocytogenes		
-12764	0,91	Bacillus subtilis		
-14259	0,9		Trichothecium roseum	Saccharomyces cerevisiae
-17301	0,88			Candida

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

La biodisponibilité de l'eau : approche pratique



L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

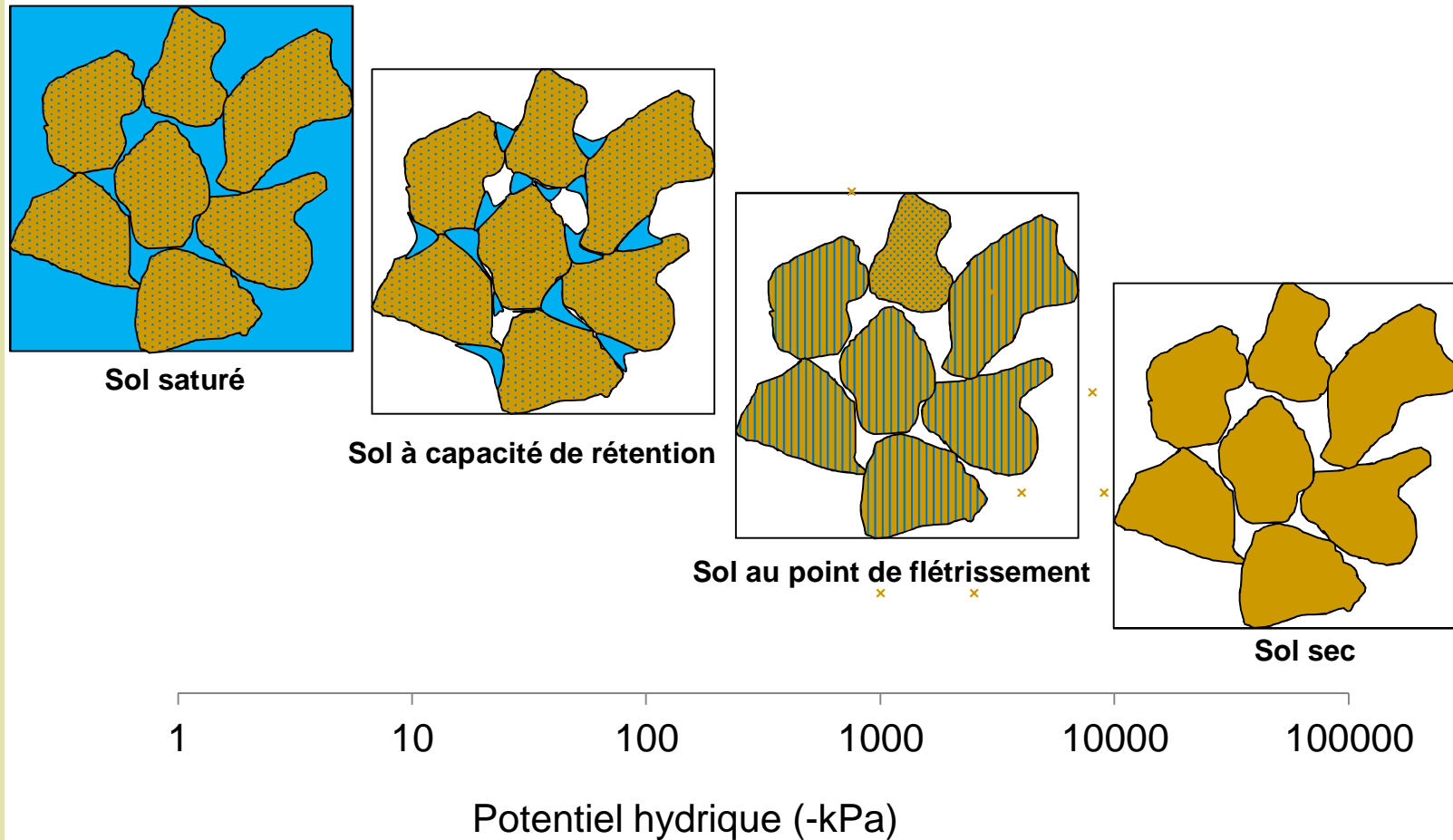
La biodisponibilité de l'eau : approche pratique

L'approche la plus simple de la biodisponibilité reste cependant l'approche **quantitative**.

La relation teneur en eau-biodisponibilité est **propre à chaque sol** et fonction de sa distribution porale (volume et dimension de pores), directement liée à sa texture et à sa structure

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

La biodisponibilité de l'eau : approche pratique



Les sols source de vie



L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

La biodisponibilité de l'eau : approche pratique

L'approche la plus simple de la biodisponibilité reste cependant l'approche **quantitative**.

La relation teneur en eau-biodisponibilité est **propre à chaque sol** et fonction de sa distribution porale (volume et dimension de pores), directement liée à sa texture et à sa structure

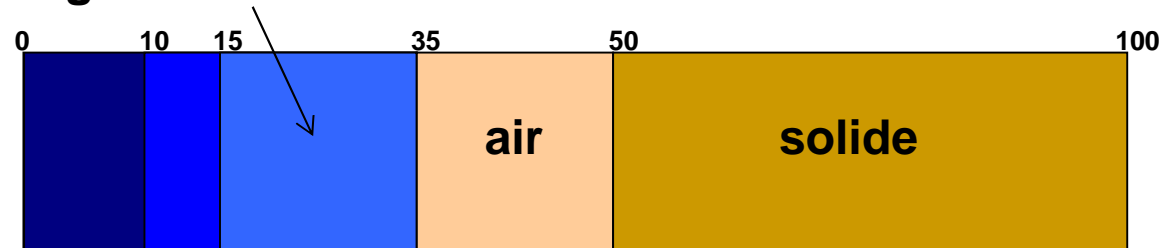
La quantité d'eau biodisponible dans un sol entre la **capacité de rétention** (état ressuyé après un épisode pluvieux important) et la quantité d'eau encore présente au seuil de biodisponibilité pour la plante (**point de flétrissement**) s'appelle la **réserve utile** (RU).

La proportion de cette réserve utile qui correspond à la zone de confort (stress hydrique encore très limité et réversible) s'appelle la **réserve facilement utilisable (RFU)**

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

La biodisponibilité de l'eau : approche pratique

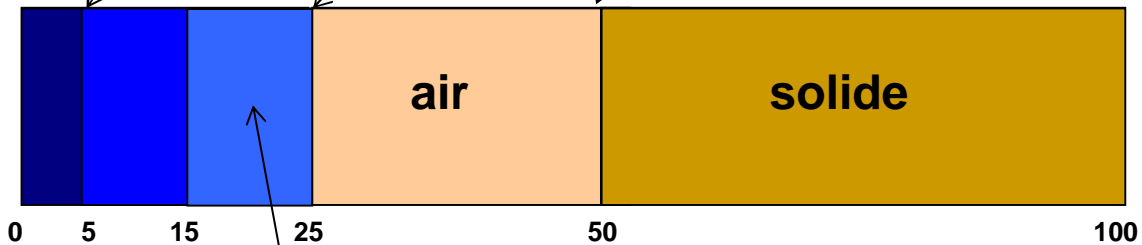
Sol argileux: RFU= 20 L/100L



Humidité au point de flétrissement

Humidité à capacité de rétention

porosité



Sol sableux RFU = 10L/100L

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

La biodisponibilité de l'eau : approche pratique

biodisponibilité l'eau

activité biologique

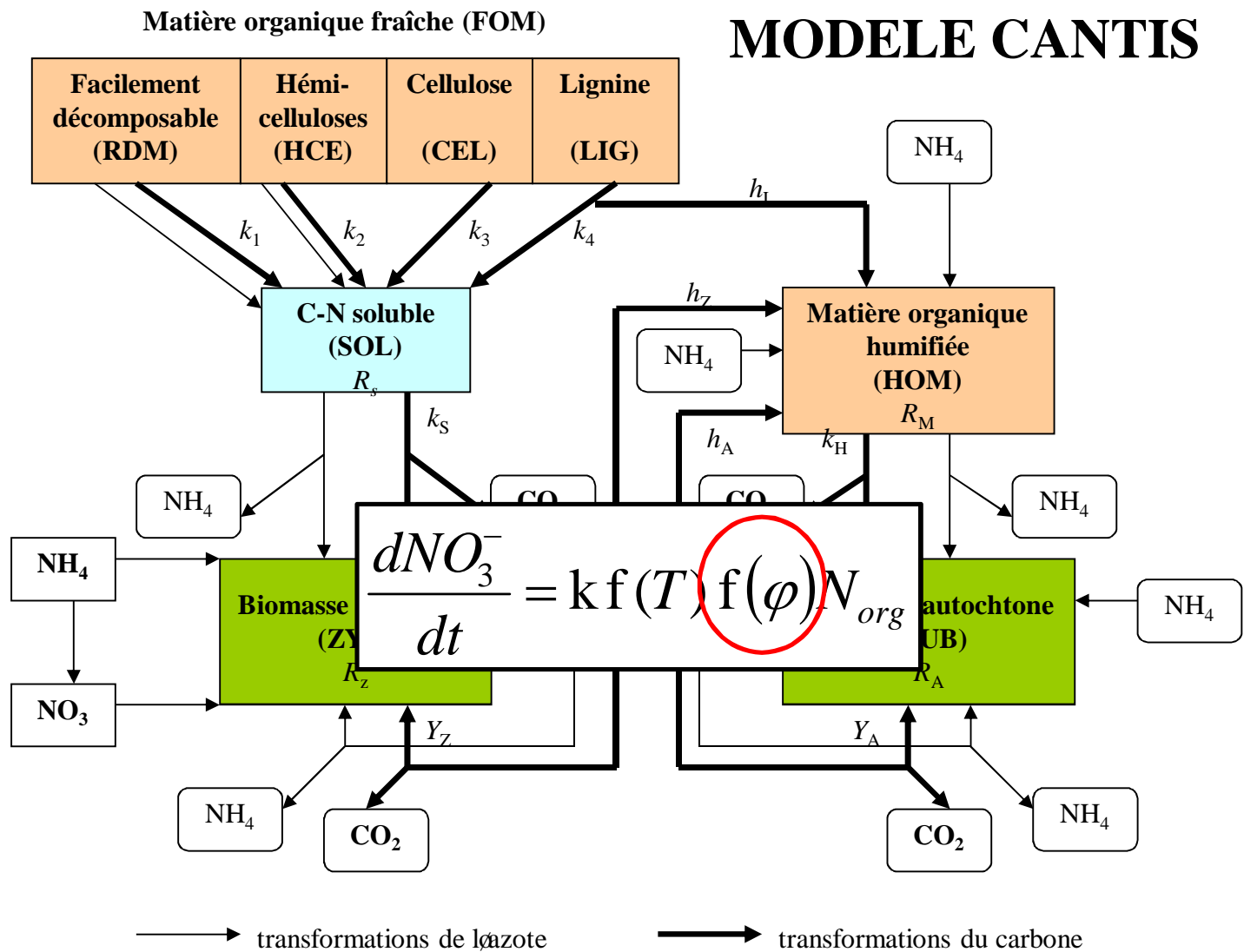
dynamiques au sein du sol

Exemple : modèles déterministes de la minéralisation de l'azote avec une cinétique du premier ordre

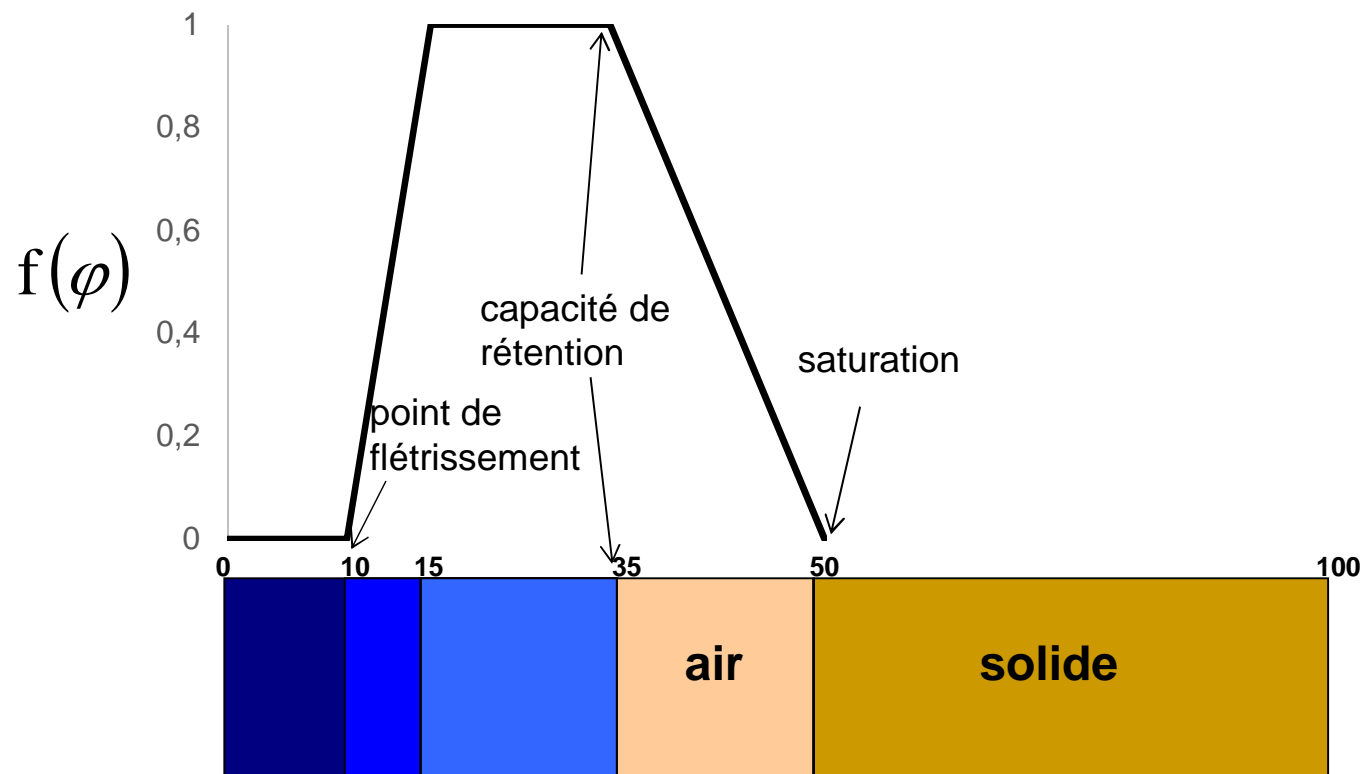
$$\frac{dNO_3^-}{dt} = kN_{org}$$

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

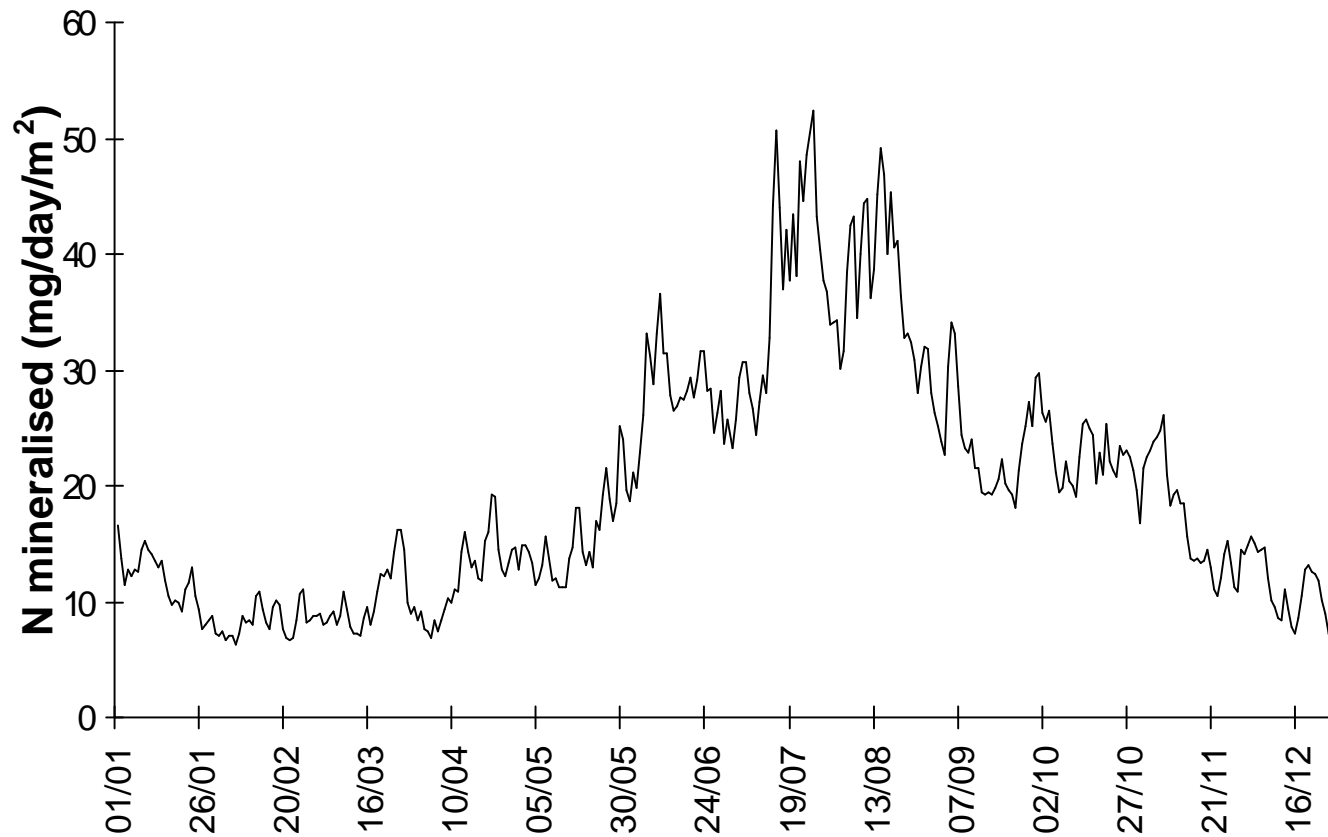
La biodisponibilité de l'eau : approche pratique



L'eau dans le sol, état et biodisponibilité



L'eau dans le sol, état et biodisponibilité



Les sols source de vie



L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

Interaction vie biologique-comportement hydrique

activité biologique

dynamiques au sein du sol

biodisponibilité l'eau

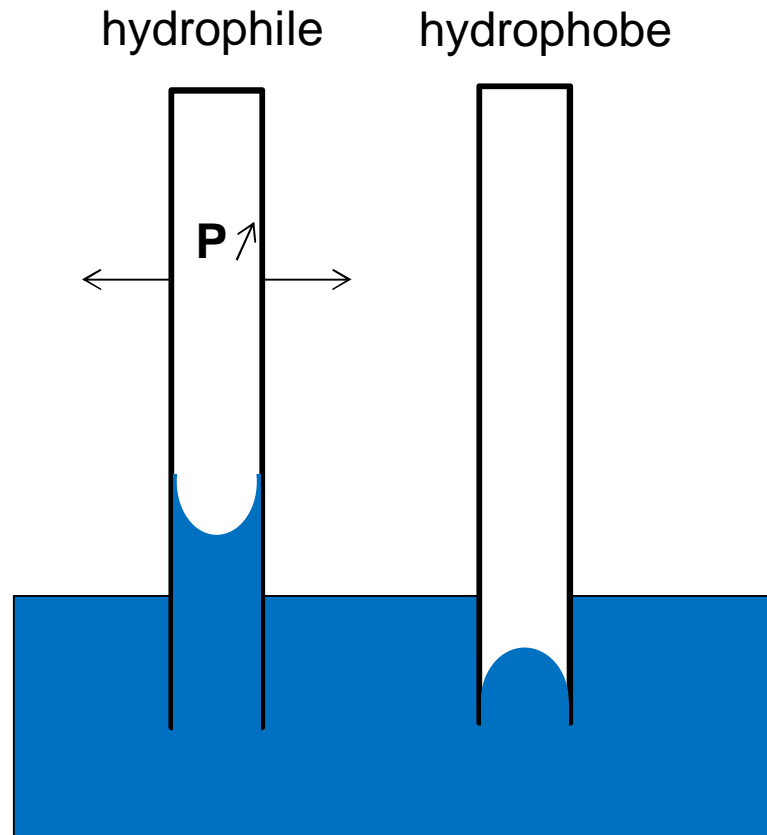
Exemple : Le cas des sols hydrophobes



Sols sableux plus ou moins riches en matière organique

L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

Interaction vie biologique-comportement hydrique



Les sols source de vie

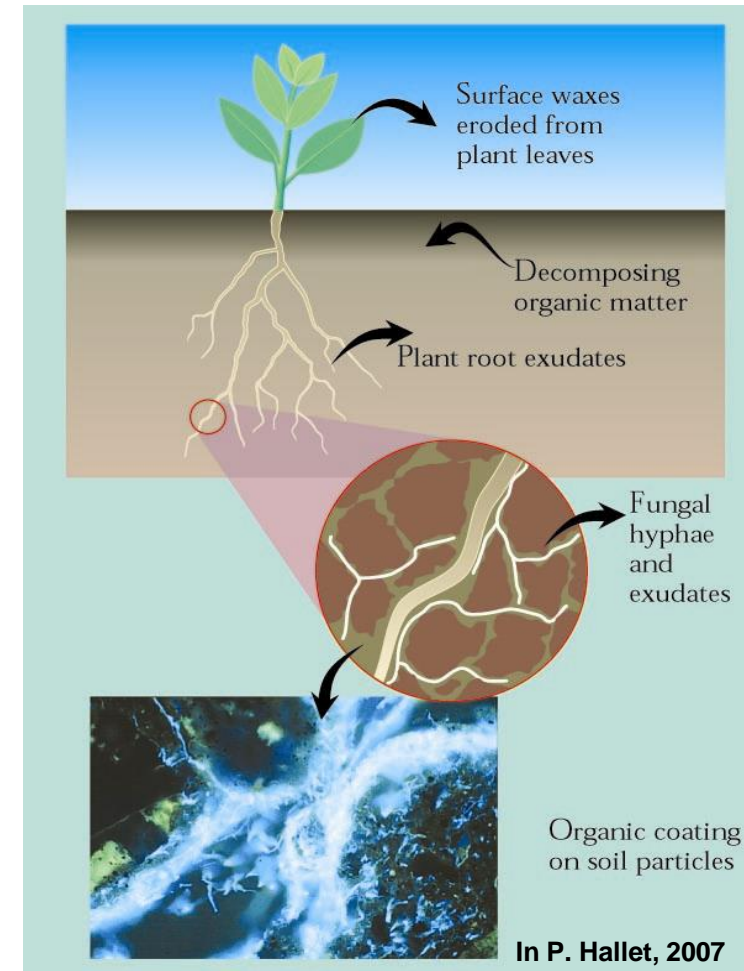


L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

Interaction vie biologique-comportement hydrique

origines :

- “ rôle joué par certaines espèces fongiques (Hallet et al.2006)
- “ forte corrélation biomasse fongique-hydrophobie (Feeney et al . 2006)
- “ hydrophobie de la rhizosphère (Hallet et al. 2003)



Les sols source de vie



L'eau dans le sol, état et biodisponibilité

Merci pour votre attention

