



**HAL**  
open science

## La Réserve Utile : concepts, outils, controverses

Claude Doussan, . Collectif Ruedessols, Isabelle Cousin

### ► To cite this version:

Claude Doussan, . Collectif Ruedessols, Isabelle Cousin. La Réserve Utile : concepts, outils, controverses. Atelier du RMT Sols et Territoires, 2017, Orléans, France. 40 p. hal-01595478

**HAL Id: hal-01595478**

**<https://hal.science/hal-01595478>**

Submitted on 5 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

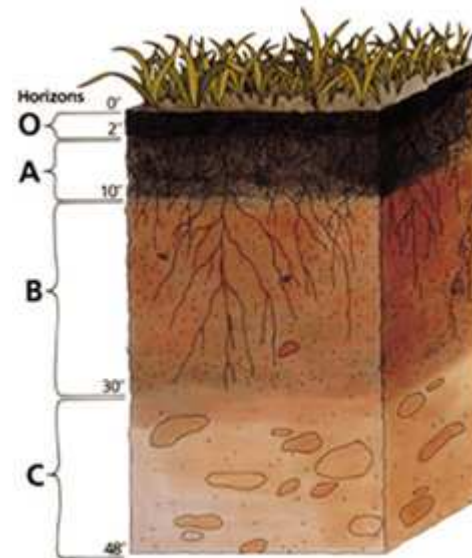
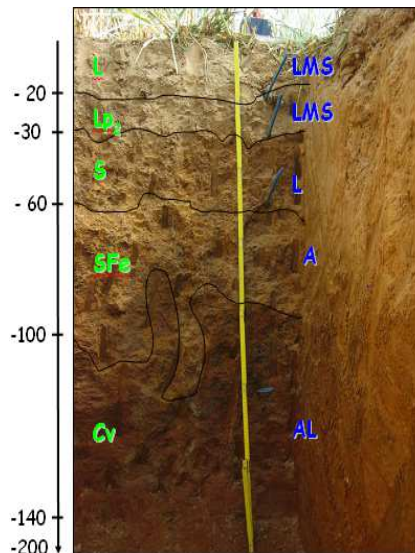
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



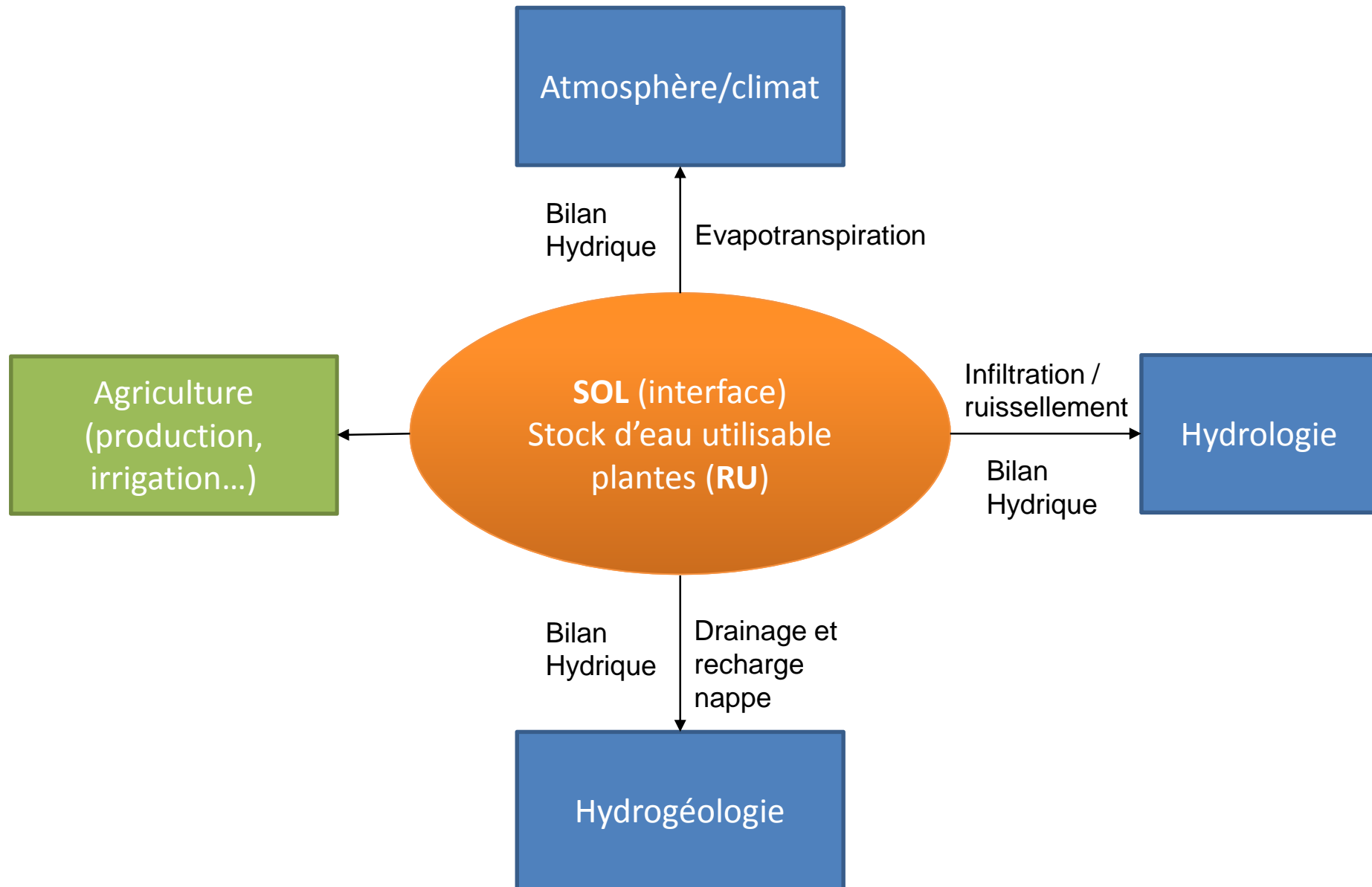
Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

# La Réserve Utile

## Concepts, controverses, outils



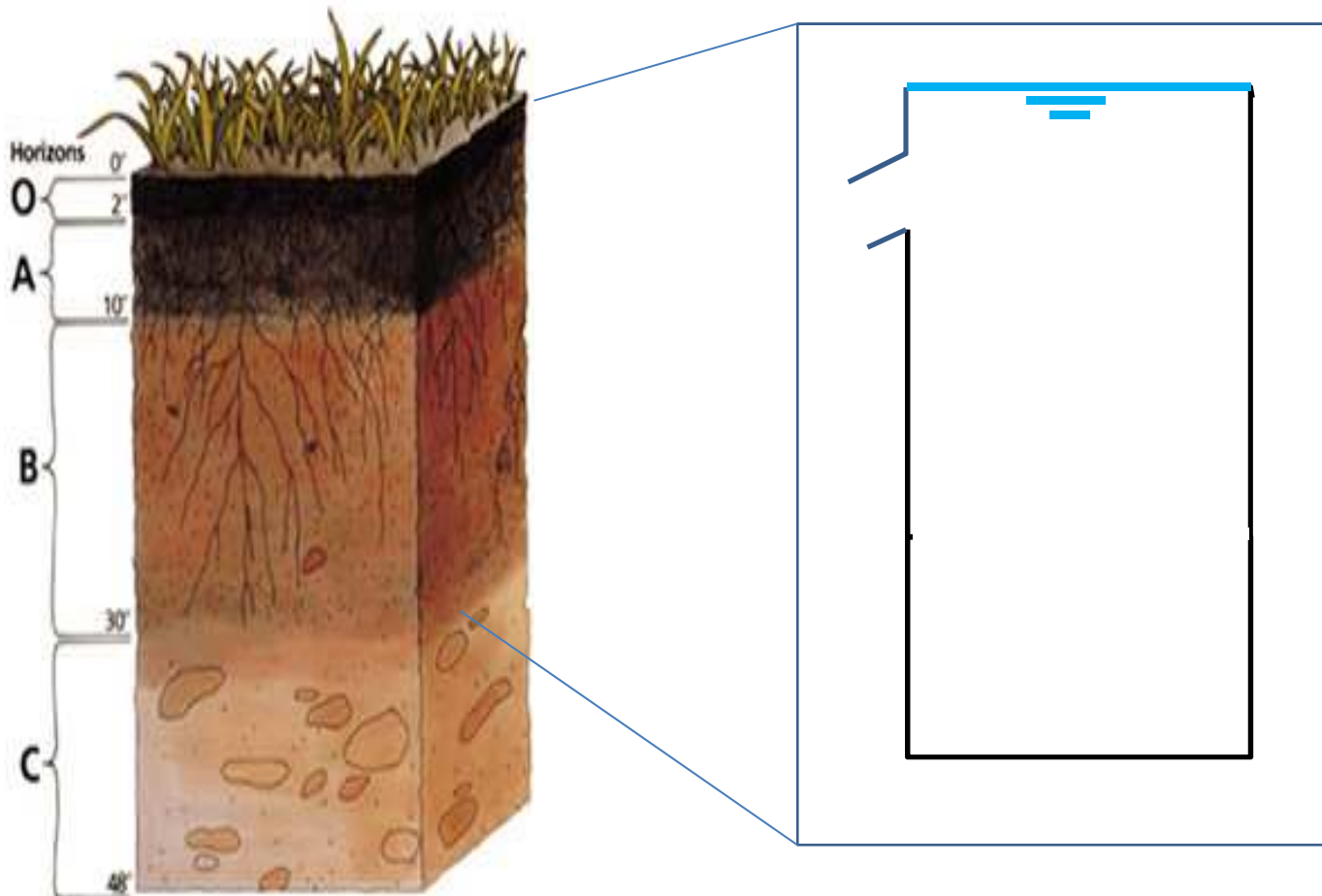
# La Réserve Utile: un concept très utilisé



## La Réserve Utile: un concept simple ... en apparence

**RU** : Quantité d'eau maximale que le sol peut contenir, mobilisable par les plantes pour leur alimentation hydrique et transpiration sur du long terme.

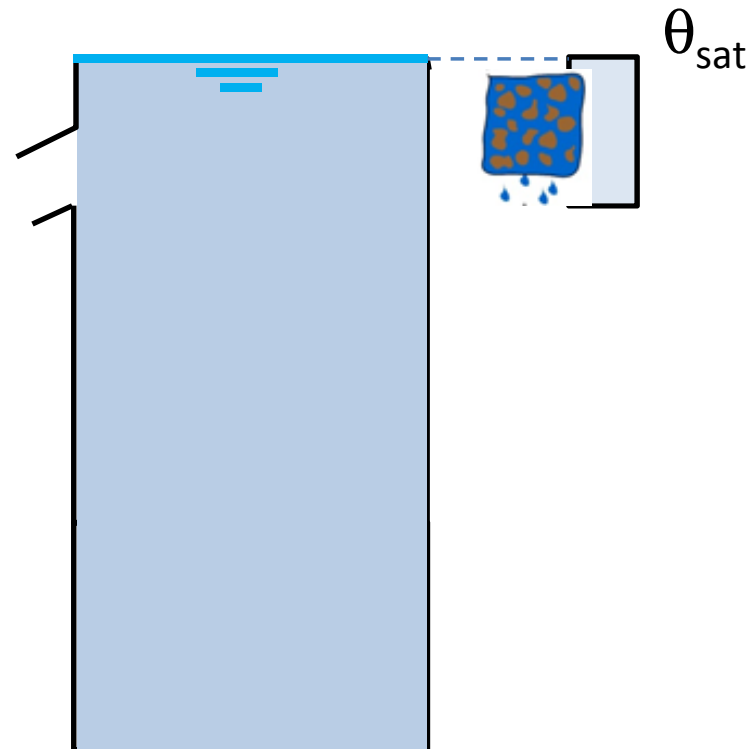
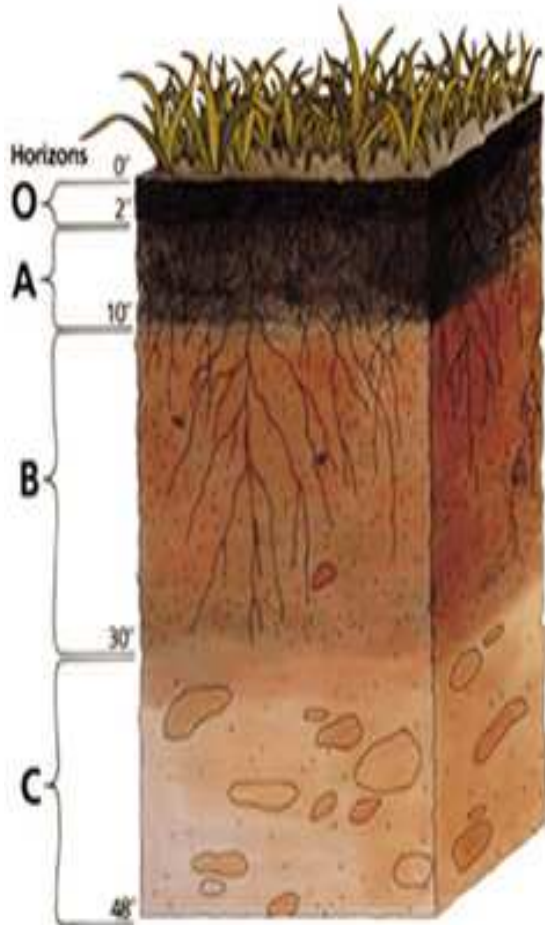
Sol = réservoir d'eau dans lequel puisent les racines allant jusqu'à la profondeur racinaire



## La Réserve Utile: un concept simple ... en apparence

**RU** : Quantité d'eau maximale que le sol peut contenir, mobilisable par les plantes pour leur alimentation hydrique et transpiration sur du long terme.

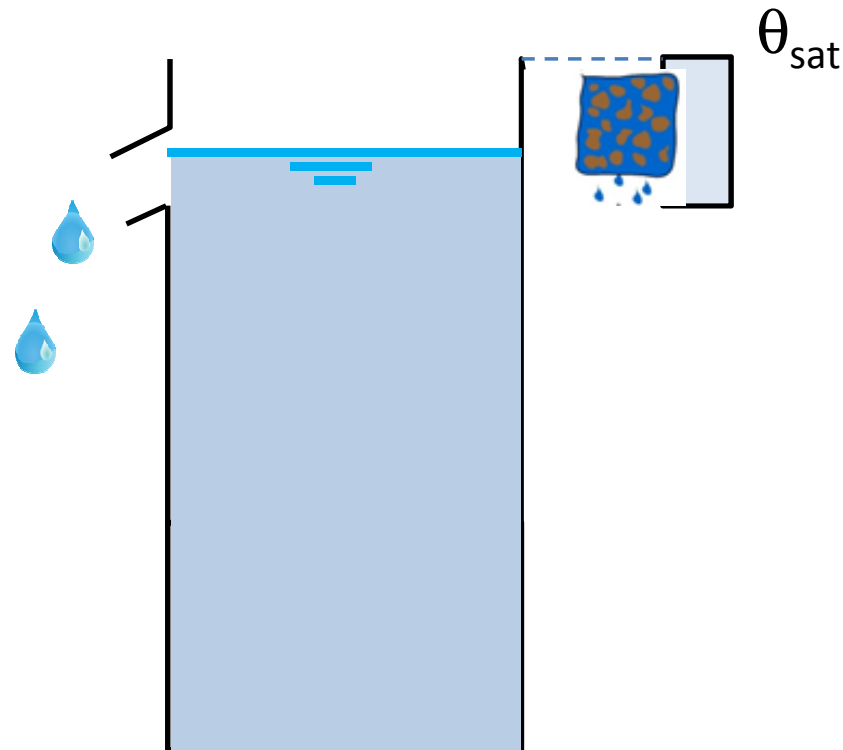
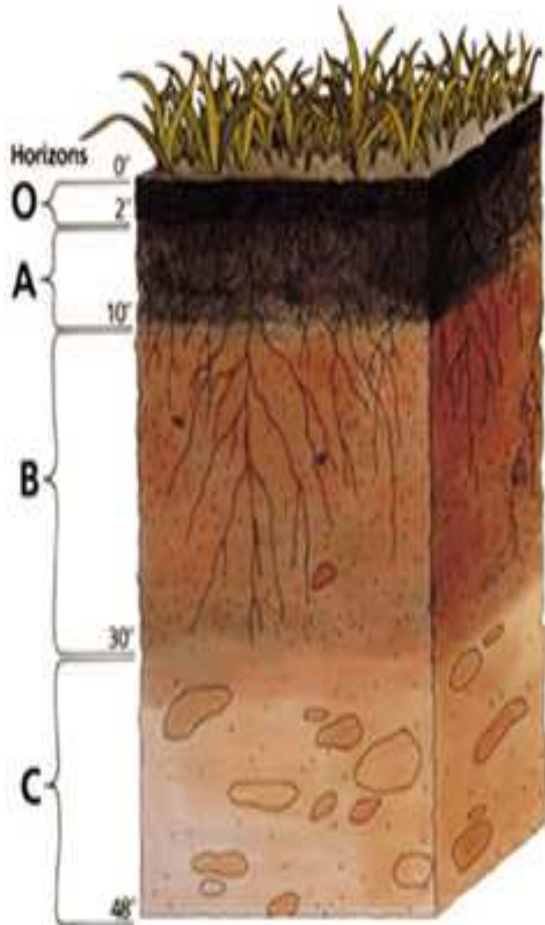
Sol = réservoir d'eau dans lequel puisent les racines allant jusqu'à la profondeur racinaire



## La Réserve Utile: un concept simple ... en apparence

**RU** : Quantité d'eau maximale que le sol peut contenir, mobilisable par les plantes pour leur alimentation hydrique et transpiration sur du long terme.

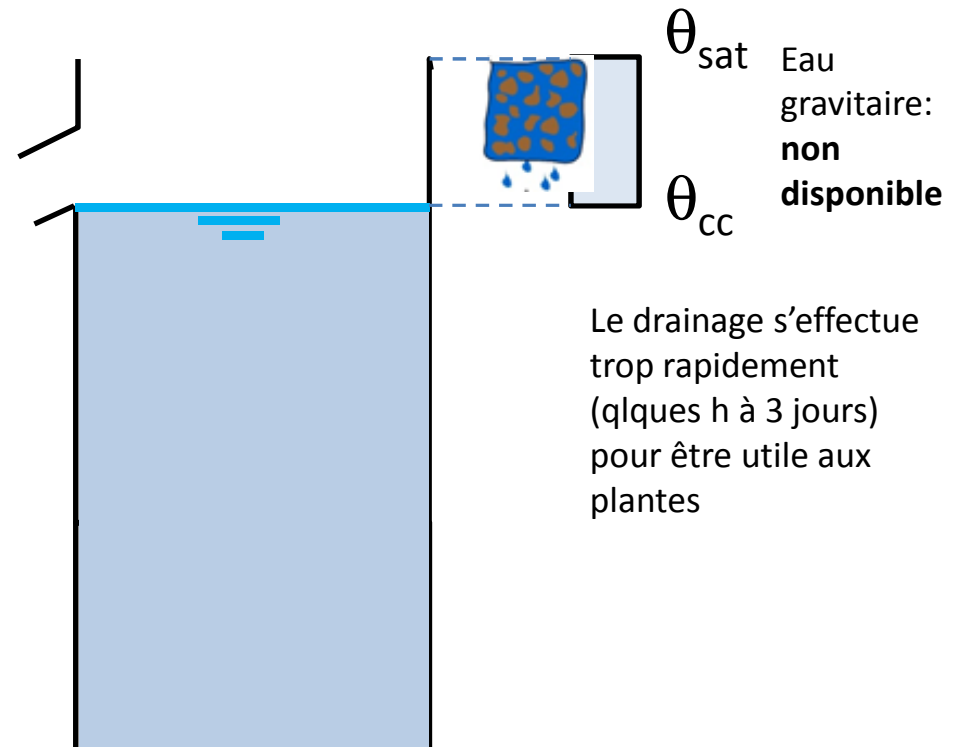
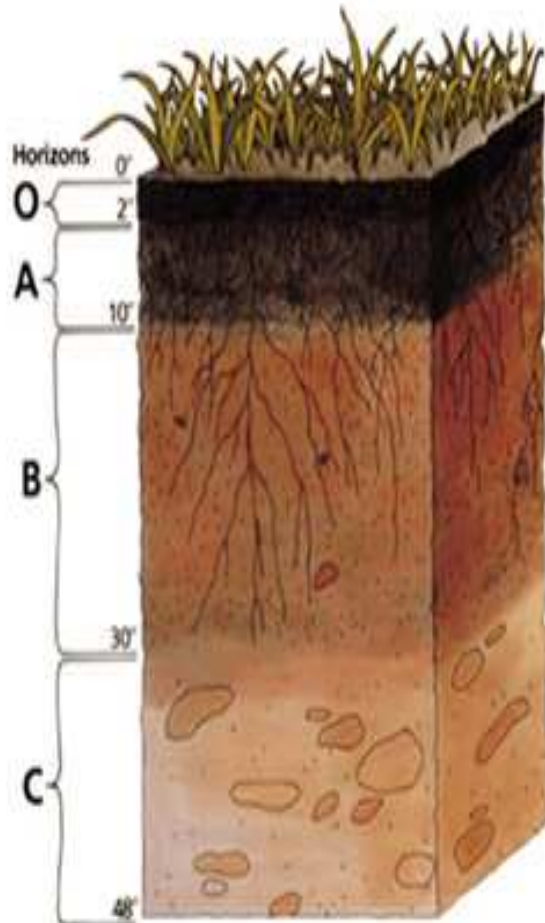
Sol = réservoir d'eau dans lequel puisent les racines allant jusqu'à la profondeur racinaire



## La Réserve Utile: un concept simple ... en apparence

**RU** : Quantité d'eau maximale que le sol peut contenir, mobilisable par les plantes pour leur alimentation hydrique et transpiration sur du long terme.

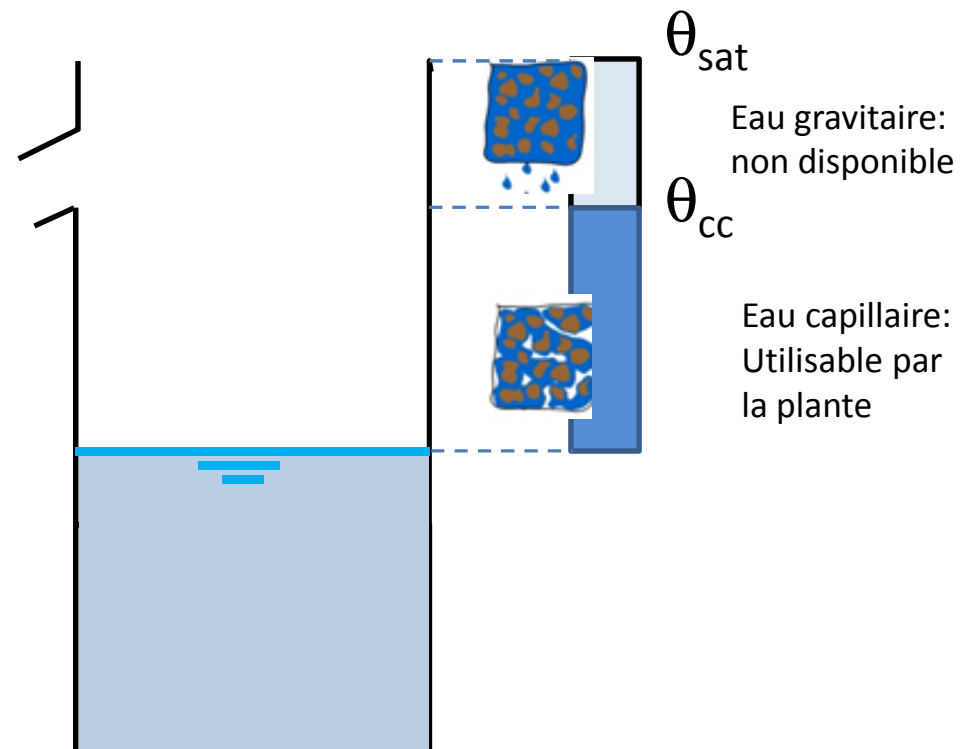
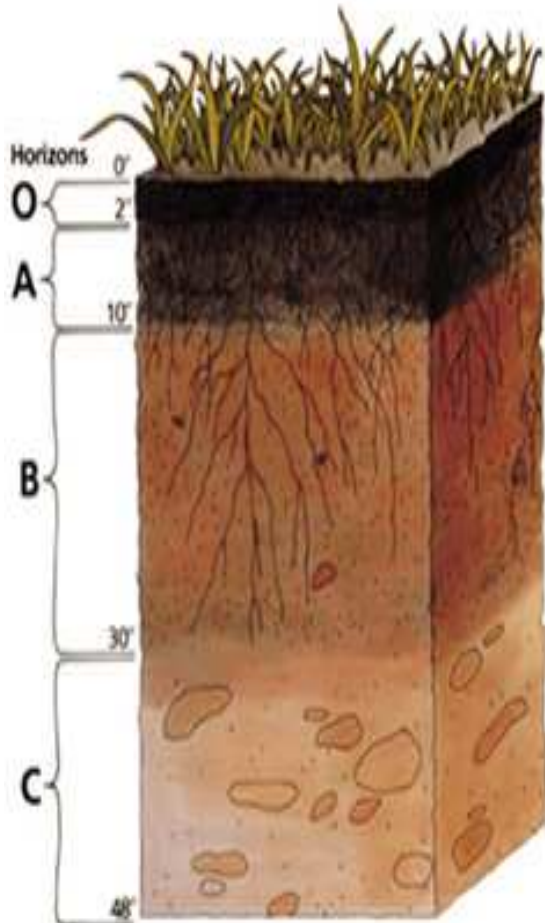
Sol = réservoir d'eau dans lequel puisent les racines allant jusqu'à la profondeur racinaire



## La Réserve Utile: un concept simple ... en apparence

**RU** : Quantité d'eau maximale que le sol peut contenir, mobilisable par les plantes pour leur alimentation hydrique et transpiration sur du long terme.

Sol = réservoir d'eau dans lequel puisent les racines allant jusqu'à la profondeur racinaire

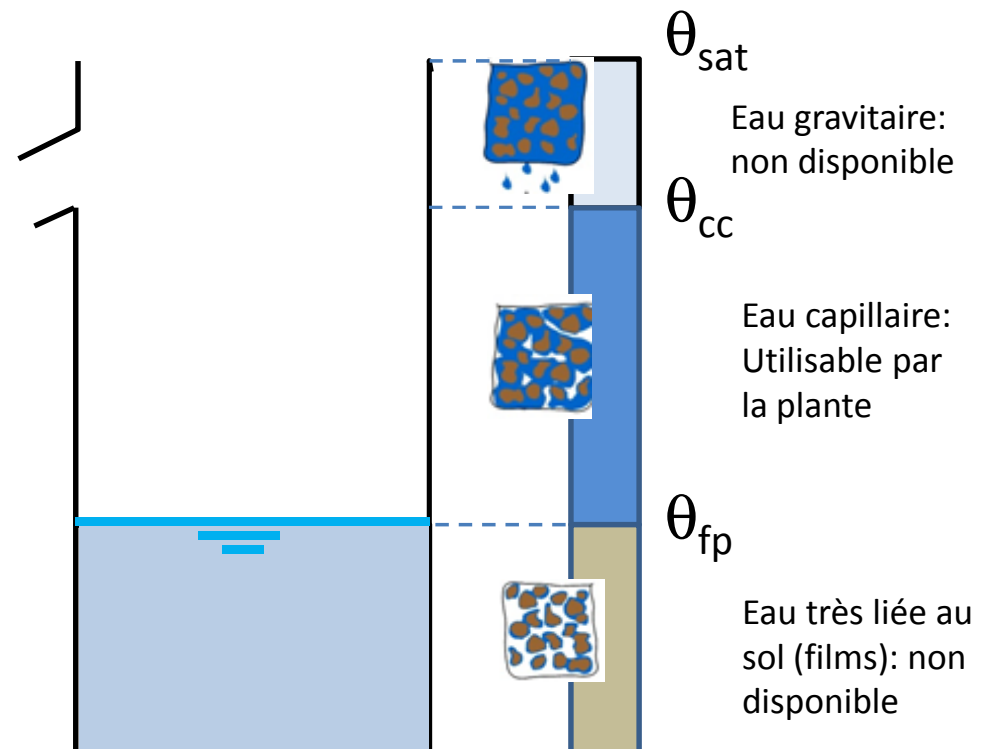
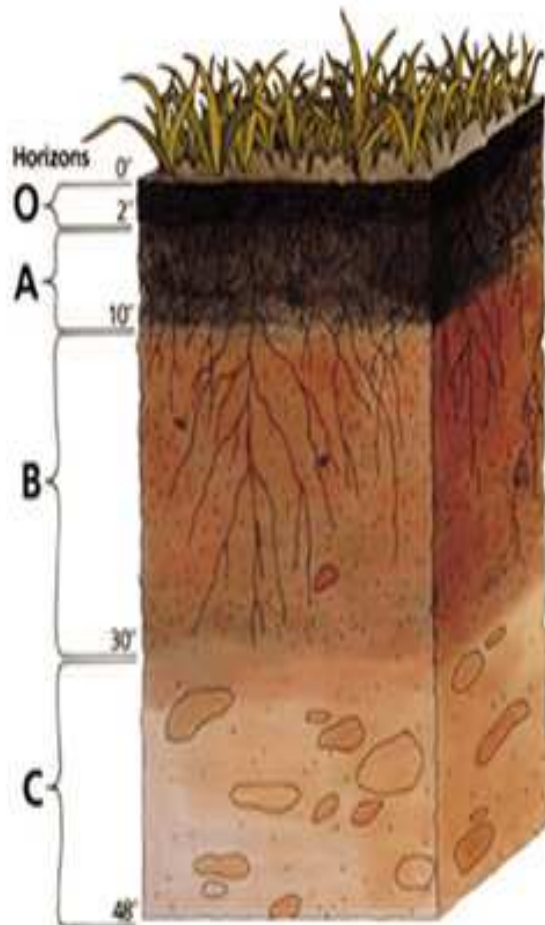




## La Réserve Utile: un concept simple ... en apparence

**RU** : Quantité d'eau maximale que le sol peut contenir, mobilisable par les plantes pour leur alimentation hydrique et transpiration sur du long terme.

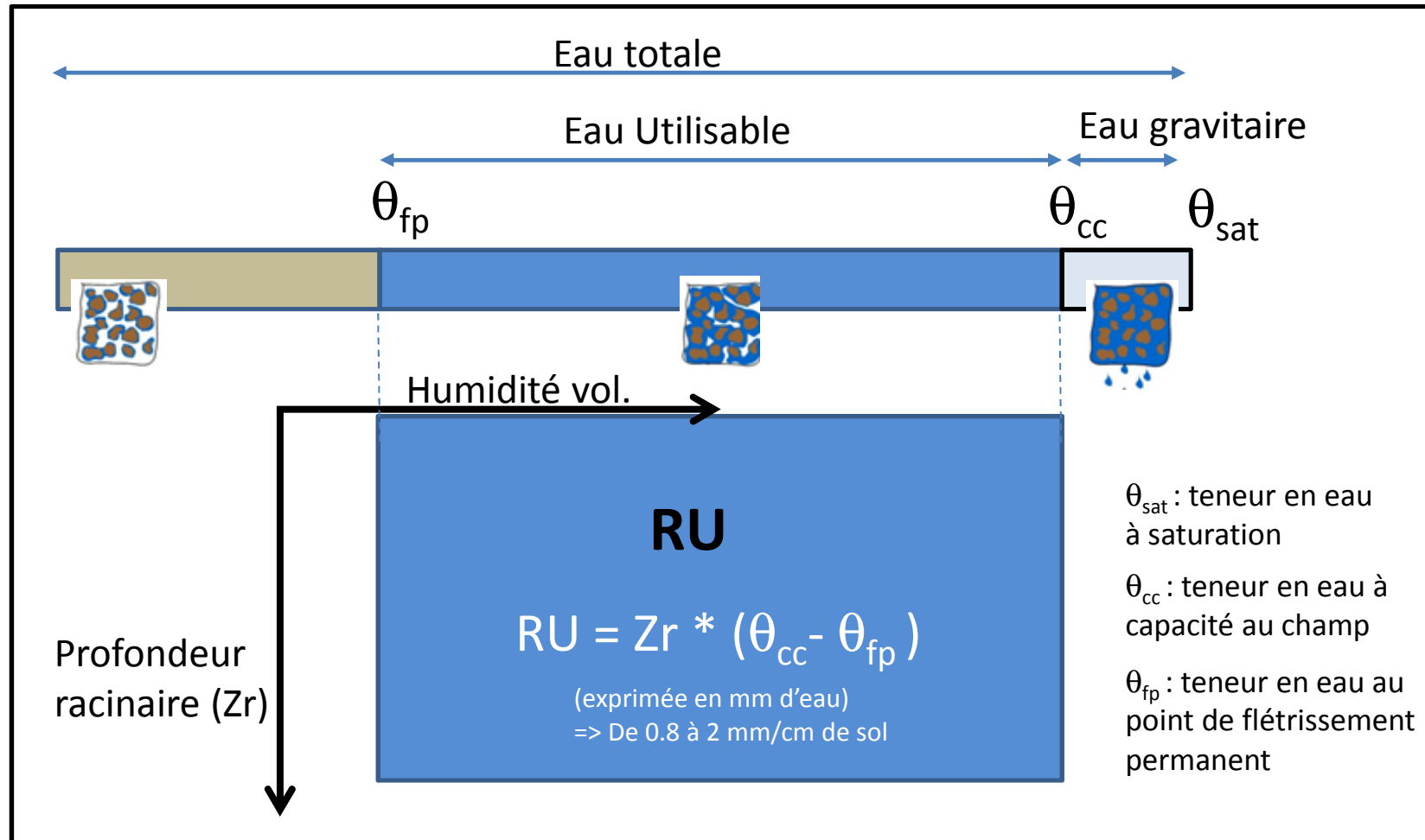
Sol = réservoir d'eau dans lequel puisent les racines allant jusqu'à la profondeur racinaire



Vision 1D verticale des transferts et processus et pas de flux d'eau à la base

## La Réserve Utile: un concept simple ... en apparence

**RU** : Quantité d'eau maximale que le sol peut contenir, mobilisable par les plantes pour leur alimentation hydrique et transpiration sur du long terme.



## La Réserve Utile: un concept ancien ...

C'est un concept ancien sur l'eau: quelle est la quantité d'eau accessible aux plantes avant symptômes marqués de déficit hydrique (Briggs et Shantz, 1912 ; Veihmeyer et Hendrickson, 1927) - souvent des écophysiólogistes qui sont à l'origine des études: point de flétrissement permanent.

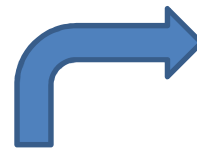
### THE WILTING COEFFICIENT AND ITS INDIRECT DETERMINATION<sup>1</sup>

LYMAN J. BRIGGS AND H. L. SHANTZ

*Botanical Gazette*, 53, 1912



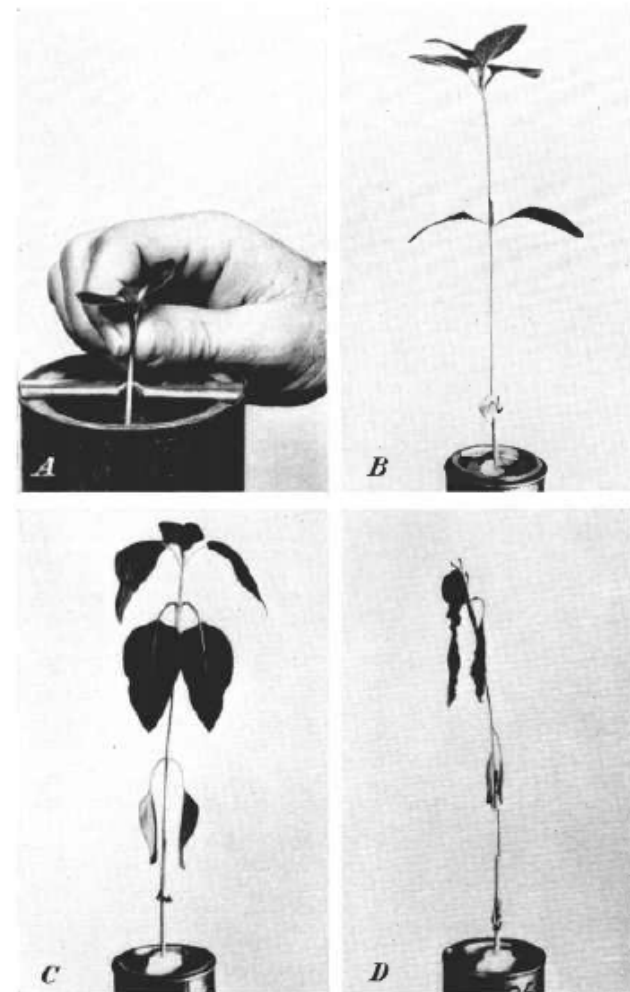
$$\theta_{fp} = \theta_{eq} / 1,84 \quad (\theta_{eq}: \text{centrifugation à } 1000 \text{ g})$$



### RANGE OF SOIL-MOISTURE PERCENTAGES THROUGH WHICH PLANTS UNDERGO PERMANENT WILTING IN SOME SOILS FROM SEMIARID IRRIGATED AREAS<sup>1</sup>

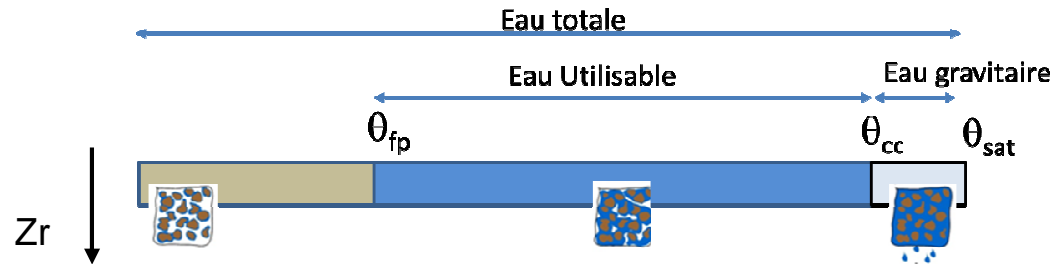
BY J. R. FURR, *physiologist*, and J. O. REEVE, formerly *junior irrigation engineer*,  
Division of Fruit and Vegetable Crops and Diseases, Bureau of Plant Industry, U.S. Department of Agriculture

*Journal of Agricultural Research*, 5, 1945



# La Réserve Utile: un concept simple ...

## Quelques Définitions



**Capacité au champ ( $\theta_{cc}$ )** : Teneur en eau du sol après que l'eau « excédentaire » se soit évacuée par gravité et que le drainage soit « négligeable » (2-3 jours après une pluie).

**Point de flétrissement permanent ( $\theta_{fp}$ )** : Teneur en eau du sol à partir de laquelle la plante ne peut plus récupérer du flétrissement même après passage dans une atmosphère humide (définition biologique, historique).

**$Z_r$  : *min***(profondeur d'enracinement ou profondeur de sol sans obstacle à l'enracinement)



La RU est un concept qui mixe des aspects sol ( $\theta_{cc}$ ), d'interaction sol-plante ( $\theta_{fp}$ ) et typiquement plante ( $Z_r$ )



Visions pouvant être différentes suivant les communautés

Pédologie/hydrologie  
Agronomie  
Ecophysiologie/Écologie

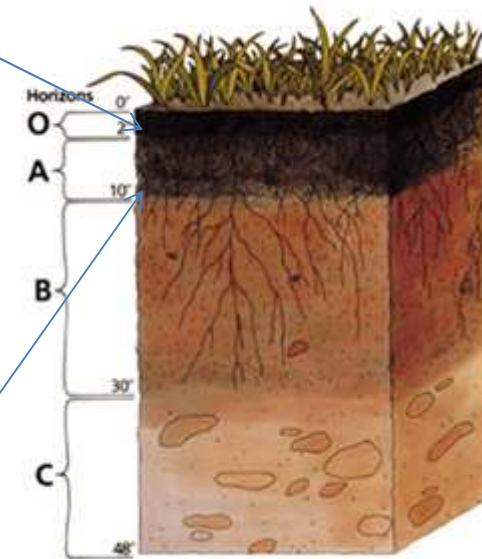
## La Réserve Utile... Vue coté sol

Une définition pour des horizons de sol aux propriétés texturales/structurales différentes

- *Par horizon de sol*

$$RU_i = e_i * DA_i * (H_{CCi} - H_{PFPi}) * \frac{100 - C_i}{100}$$

- *Ru* : Réserve utile de l'horizon en mm
- *e* : épaisseur de l'horizon en mm
- *DA* : masse volumique sèche ( $g.cm^{-3}$ )
- *H<sub>CC</sub>* : humidité pondérale à la capacité au champ ( $g.g^{-1}$ )
- *H<sub>PFP</sub>* : humidité au point de flétrissement ( $g.g^{-1}$ )
- *C* : pourcentage volumique d'éléments grossiers => RU cailloux = 0 !??



- *Ru max totale*

$$RU = \sum_i RU_i \quad \Rightarrow \quad \text{C'est une RU maximale sur enracinement max. ou prof. sol}$$

## La Réserve Utile... Vue coté sol ... Un concept pas si simple

➔ Une définition par horizons de sol aux propriétés texturales/structurales différentes  
Au premier ordre,  $\theta_{cc} = f(\text{structure sol})$  tandis que  $\theta_{fp} = f(\text{texture sol})$

➔ Un questionnement sur les propriétés physique/constitution du sol:

Des questions toujours d'actualité sur  $\theta_{cc}$  : Propriété dépendant de la dynamique de l'eau (flux) et du temps ! Ce n'est pas une propriété intrinsèque du sol => différentes méthodes d'estimation.

↳ Au champ:

- Suivi du ressuyage après pluie ou irrigation abondante (quels temps, ~2j...)
- Suivi des teneur en eau hivernales (périodes stables)
- Submersion d'une zone et suivi stock hydrique, drainage interne sur 48h



Mais ce drainage nécessite l'absence :

- d'horizon imperméable,
- de nappe superficielle (<2 m),
- drainage non vertical et flux latéraux

## La Réserve Utile... Vue coté sol ... Un concept pas si simple

➔ Une définition par horizons de sol aux propriétés texturales/structurales différentes  
Au premier ordre,  $\theta_{cc} = f(\text{structure sol})$  tandis que  $\theta_{fp} = f(\text{texture sol})$

➔ Un questionnement sur les propriétés physique/constitution du sol:

Des questions toujours d'actualité sur  $\theta_{cc}$  : Propriété dépendant de la dynamique de l'eau (flux) et du temps ! Ce n'est pas une propriété intrinsèque du sol => différentes méthodes d'estimation :

↳ Au champ:

- Suivi du ressuyage après pluie ou irrigation abondante (quels temps...)
- Suivi des teneur en eau hivernales (2-3 jours après pluies)
- Submersion d'une zone et suivi stock hydrique, drainage interne sur 48h

↳ En laboratoire :

- Mesure en presses Richards de  $\theta$  pour un potentiel hydrique donné:
- $\theta_{cc}$  à  $\psi = -33$  kPa classiquement (*Colman, 1947*), mais... d'autres valeurs possibles suivant textures:  $\psi = -10$  kPa (*Bruand et al., 2004*), diffère selon pays.



Presses Richards (© UR Sols, INRA Orléans)

## La Réserve Utile... Vue coté sol ... Un concept pas si simple

➔ Une définition par horizons de sol aux propriétés texturales/structurales différentes  
Au premier ordre,  $\theta_{cc} = f(\text{structure sol})$  tandis que  $\theta_{fp} = f(\text{texture sol})$

➔ Un questionnement sur les propriétés physique/constitution du sol:

Des questions toujours d'actualité sur  $\theta_{cc}$  : Propriété dépendant de la dynamique de l'eau (flux) et du temps ! Ce n'est pas une propriété intrinsèque du sol => différentes méthodes d'estimation :

↳ Au champ:

- Suivi du ressuyage après pluie ou irrigation abondante (quels temps...)
- Suivi des teneur en eau hivernales (2-3 jours après pluies)
- Submersion d'une zone et suivi stock hydrique, drainage interne sur 48h

↳ En laboratoire :

- Mesure en presses Richards de  $\theta$  éch. non perturbés pour un potentiel hydrique donné:
- $\theta_{cc}$  à  $\psi = -33$  kPa classiquement (*Colman, 1947*), mais... d'autres valeurs possibles suivant textures:  $\psi = -10$  kPa (*Bruand et al., 2004*), diffère selon pays.

↳ Objectiver ces valeurs sur des bases physiques:

- raisonner sur un flux (par ex.  $q_{fc} = 0.05$  mm/j)  $\theta_{fc} = \left(\frac{q_{fc}}{K_s}\right)^{1/n}$  (*Nachabe, 1998*)
- Drainage limité quand continuité capillaire rompue (*Assouline et Or, 2014*)

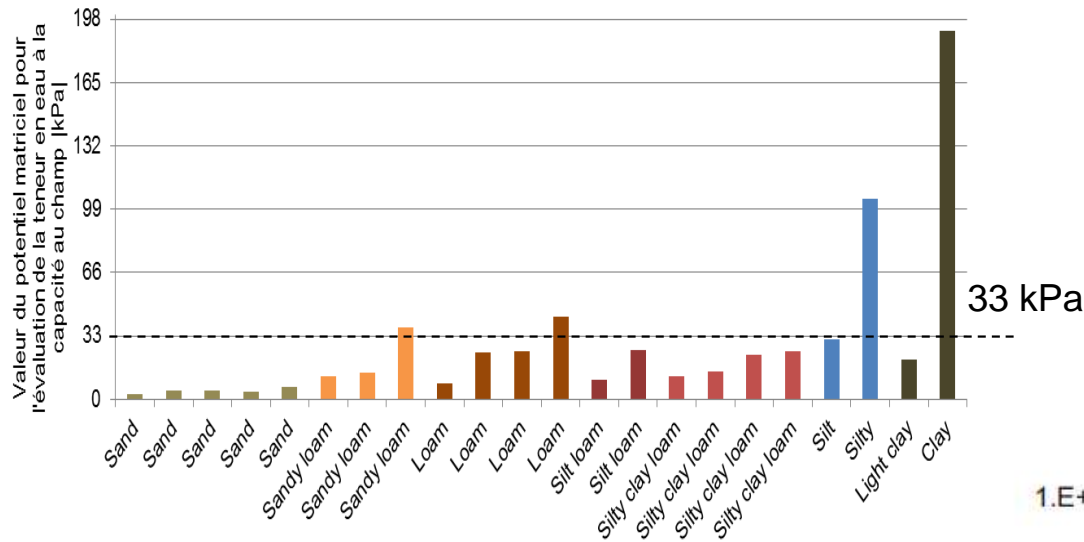
=> Un potentiel hydrique limite  $\psi_{fc} = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{n-1}{n}\right)^{(1-2n)/n}$  et des temps variables...



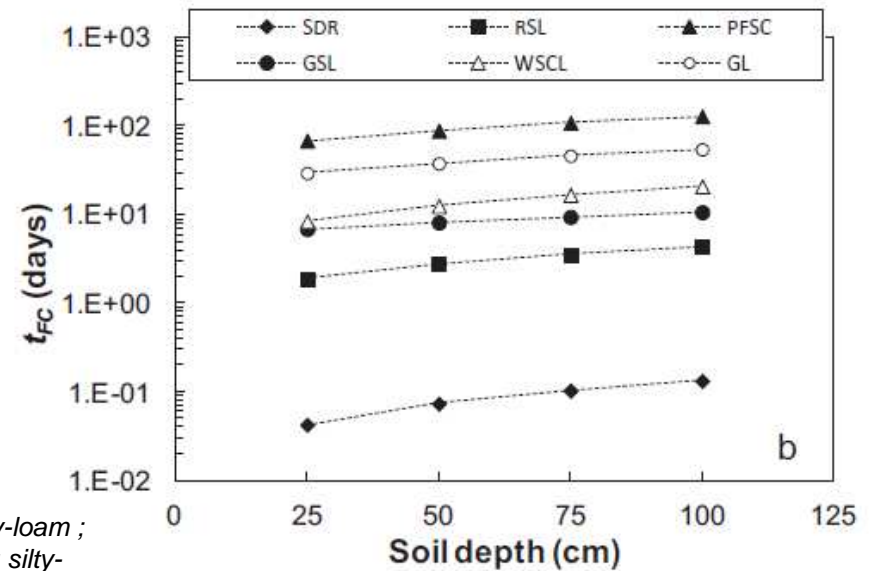
# La Réserve Utile... Vue coté sol ... Un concept pas si simple

Valeur du potentiel matriciel pour estimer CC d'après Assouline et Or (2014):

$$\psi_{FC} = \frac{1}{\alpha} \left( \frac{n-1}{n} \right)^{(1-2n)/n}$$



Temps pour atteindre l'état de capacité au champ pour des sols de textures variées (Assouline et Or, 2014)



RSL : sandy-loam ; GSL : sandy-loam ;  
 PFSC : silty-clay-loam ; WSCL : silty-clay-loam ; GL : loam

## La Réserve Utile... Vue coté sol ... Un concept pas si simple

➔ Une définition par horizons de sol aux propriétés texturales/structurales différentes  
Au premier ordre,  $\theta_{cc} = f(\text{structure sol})$  tandis que  $\theta_{fp} = f(\text{texture sol})$

➔ Un questionnement sur les propriétés physique/constitution du sol:

Des questions toujours d'actualité sur  $\theta_{cc}$  : Propriété dépendant de la dynamique de l'eau (flux) et du temps ! Ce n'est pas une propriété intrinsèque du sol => différentes méthodes d'estimation :

↳ Au champ:

- Suivi du ressuyage après pluie ou irrigation abondante (quels temps...)
- Suivi des teneur en eau hivernales (2-3 jours après pluies)
- Submersion d'une zone et suivi stock hydrique, drainage interne sur 48h

↳ En laboratoire :

- Mesure en presses Richards de  $\theta$  éch. non perturbés pour un potentiel hydrique donné:
- $\theta_{cc}$  à  $\psi = -33$  kPa classiquement (*Colman, 1947*), mais... d'autres valeurs possibles suivant textures:  $\psi = -10$  kPa (*Bruand et al., 2004*), diffère selon pays.

↳ Objectiver ces valeurs sur des bases physiques:

.... Mais nécessité de connaître/mesurer les propriétés hydrodynamiques des sols !

## La Réserve Utile... Vue coté sol ... Un concept pas si simple

➔ Une définition par horizons de sol aux propriétés texturales/structurales différentes  
Au premier ordre,  $\theta_{cc} = f(\text{structure sol})$  tandis que  $\theta_{fp} = f(\text{texture sol})$

➔ Un questionnement sur les propriétés physique/constitution du sol:

**Des questions toujours d'actualité sur  $\theta_{cc}$**  : Propriété dépendant de la dynamique de l'eau et du temps ! Ce n'est pas une propriété intrinsèque du sol => différentes méthodes d'estimation.

**Questionnement moins fort sur  $\theta_{fp}$** , mais des également des problèmes d'estimation:

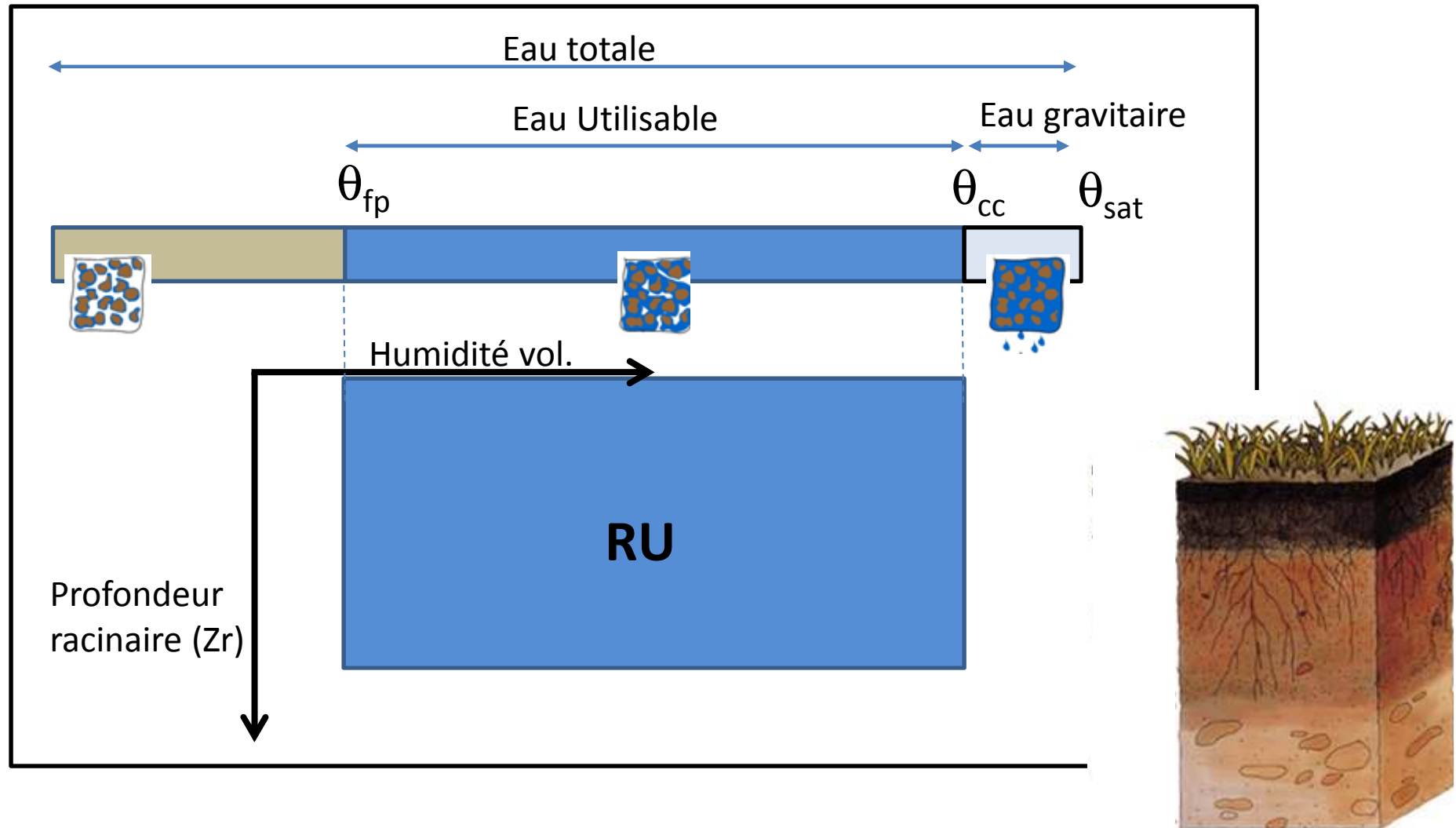
Définition biologique, historique => mesure sur Sol au labo :  $\theta_{fp} = f(\psi_{-15 \text{ bars}})$ ,  
mesure en presse Richards (*Richards et Weaver, 1943*)

- Plus simple ! Mais ...
- Pas toujours en accord avec mesures la mesure bio
- Pas toujours cohérent entre type de métrologie: Presse Richards et Psychometrie (*Montoani et al., 2014*)
- Problème temps d'équilibre, mais aussi de réseau « non percolant » du sol (*Czyz et Dexter, 2012*) en presse Richards

Mesure au champ : Plus petite teneur en eau mesurée après que plantes aient arrêté +/- de prélever et soient sur point de se dessécher ou en dormance (*Ratliff et al, 1983*)..... Cohérence variable avec mesure en laboratoire !

## La Réserve Utile... Vue coté Plante/Agronomie

Quelle est la disponibilité pour la plante de l'eau dans le sol et dans la RU ?

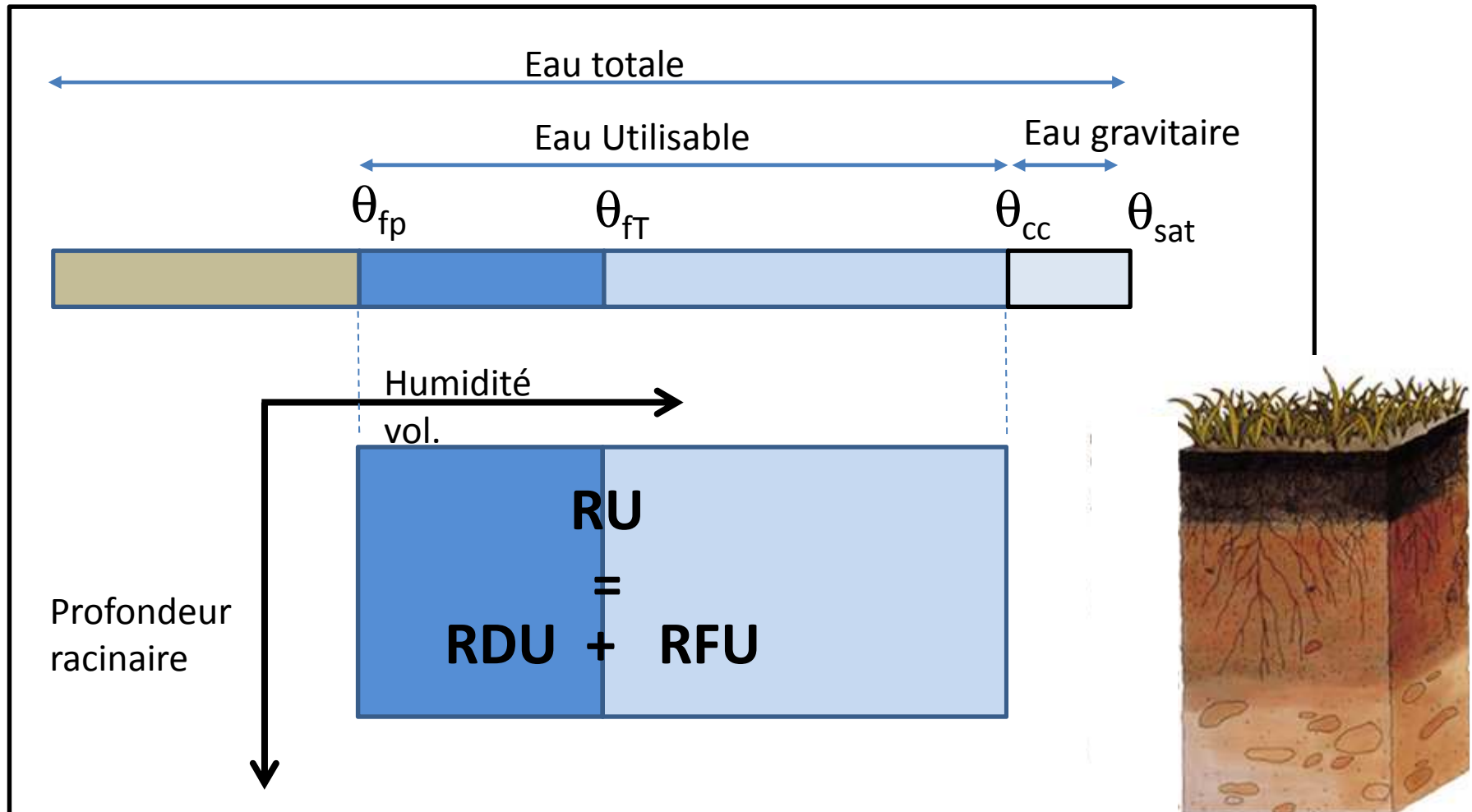


## La Réserve Utile... Vue coté Plante/Agronomie

Quelle est la disponibilité pour la plante de l'eau dans le sol et dans la RU ?

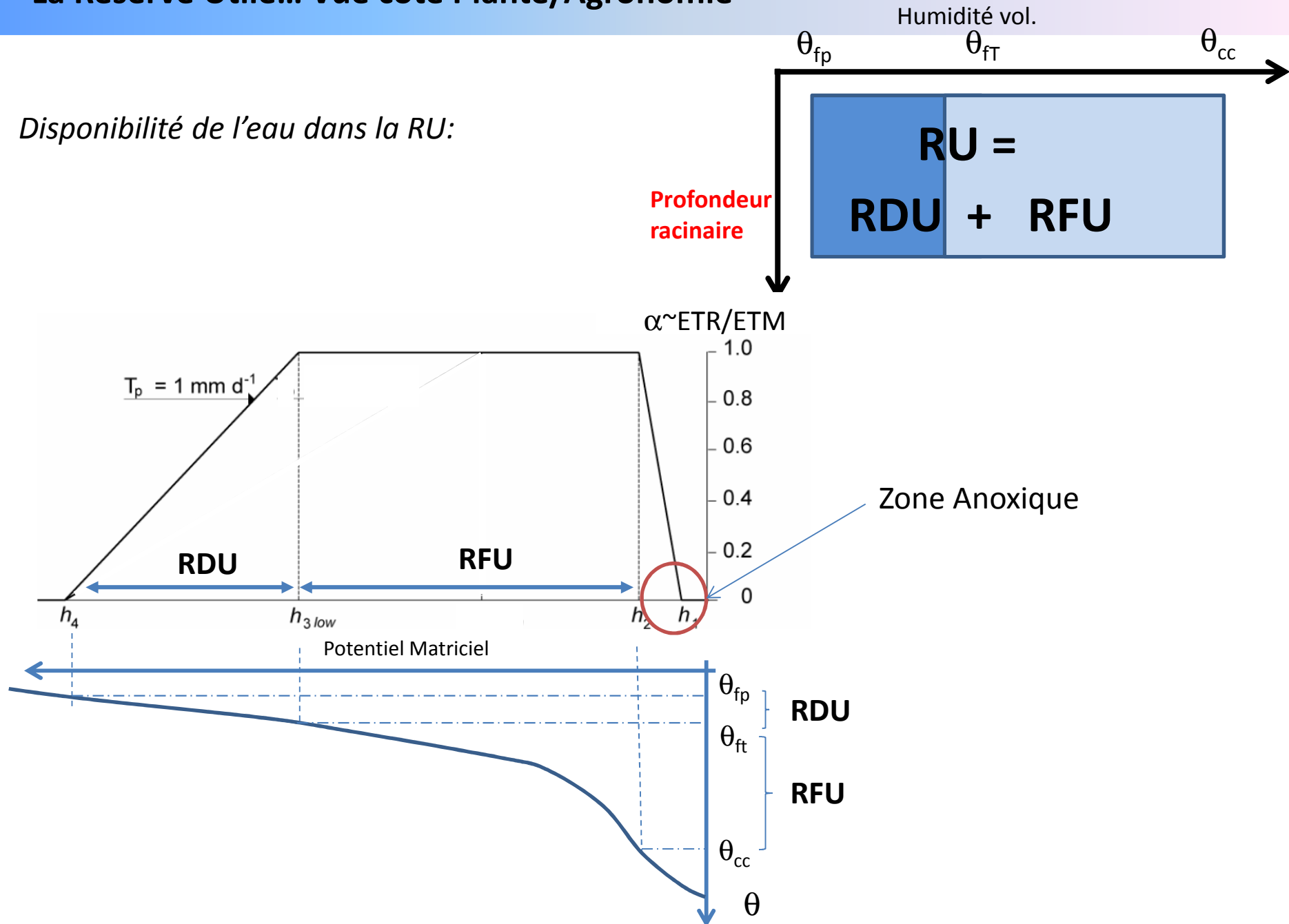
RU = Réserve *facilement* utilisable + Réserve *difficilement* Utilisable

=>  $\theta_{ft}$ : Flétrissement *Temporaire*



# La Réserve Utile... Vue coté Plante/Agronomie

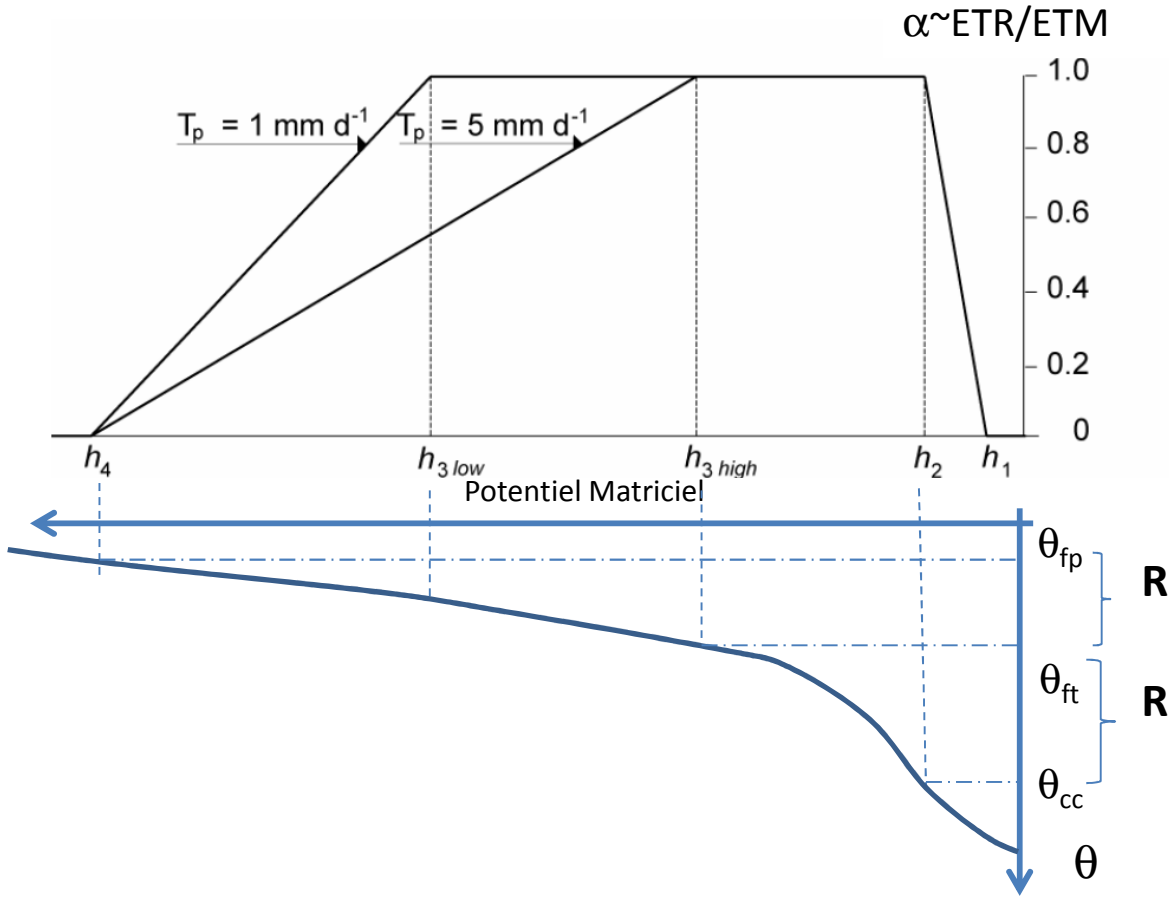
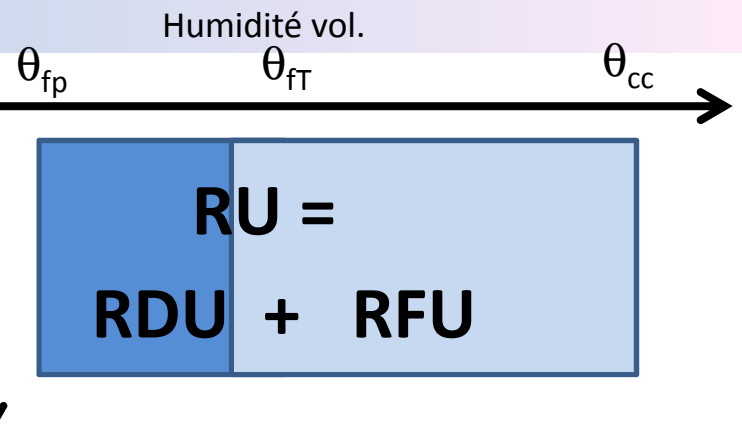
Disponibilité de l'eau dans la RU:



# La Réserve Utile... Vue coté Plante/Agronomie

Disponibilité de l'eau dans la RU:

Profondeur racinaire



La dynamique de l'eau importe !  
(différent de la vision réservoir statique de la RU)

RDU  
RFU

# La Réserve Utile... Vue coté Plante/Agronomie

Humidité vol.

$\theta_{fp}$

$\theta_{fT}$

$\theta_{cc}$

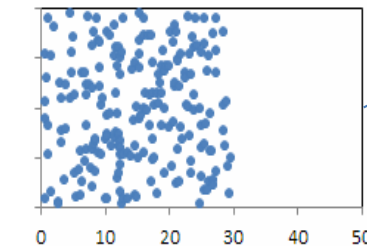
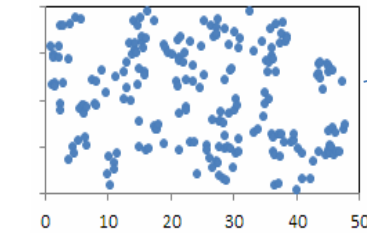
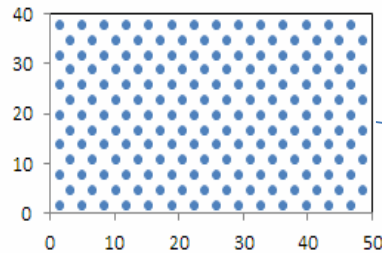
## La dynamique de l'eau importe:

Distribution des racines dans le sol  
=> architecture racinaire

Profondeur racinaire

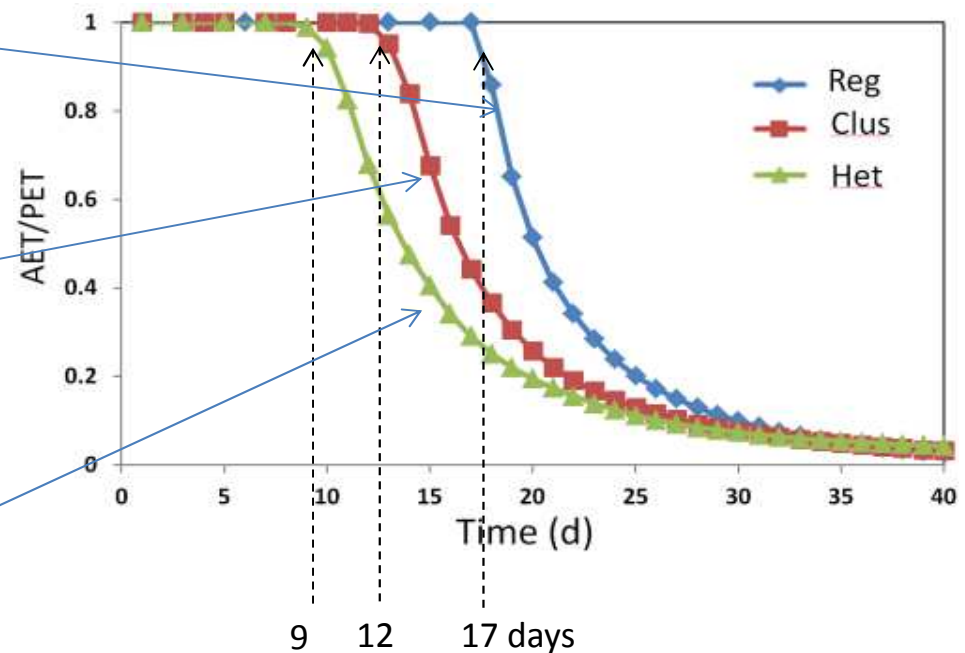
$$RU = RDU + RFU$$

Cartographie d'impacts racinaires horizontale



- Sol Argileux
- RU~40mm
- Profondeur: 40cm
- Même densité racinaire

Transpiration relative au cours du temps





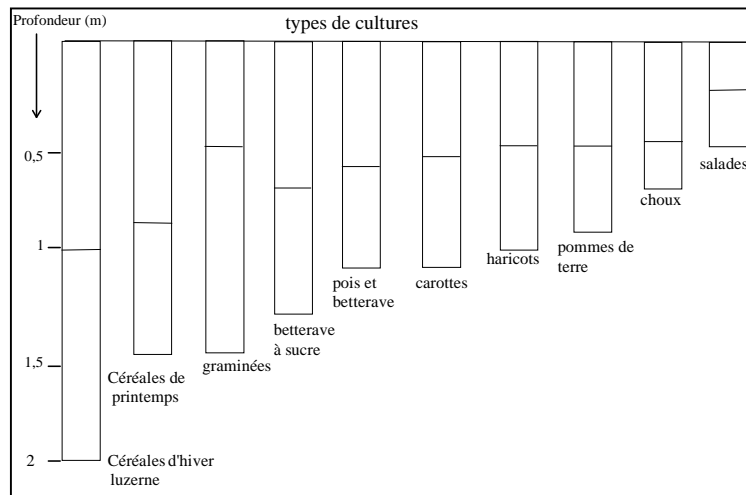
# La Réserve Utile... Vue coté Plante/Agronomie

## Où sont les racines ??

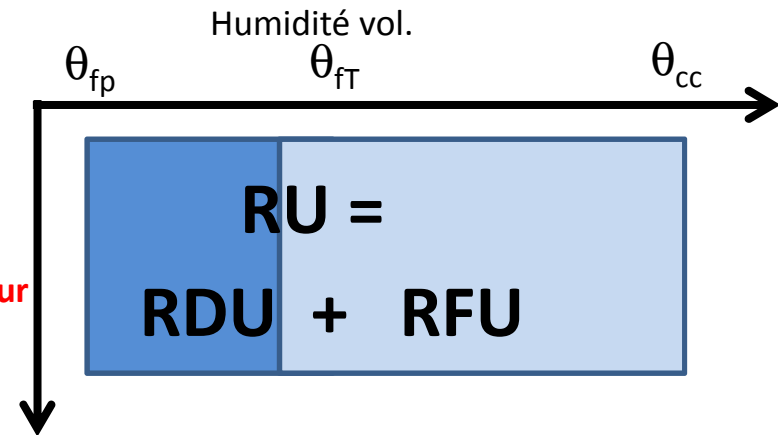
La profondeur racinaire (géométrie) :

1/ Variable suivant :

- les espèces



Profondeur racinaire



- le sol et les obstacles à l'enracinement en sous sol:
  - Obstacles physique (compaction, couches caillouteuses, indurées, température...)
  - Obstacles chimiques (acidité, anaérobiose, excès  $\text{CaCO}_3$  ou éléments toxiques...)

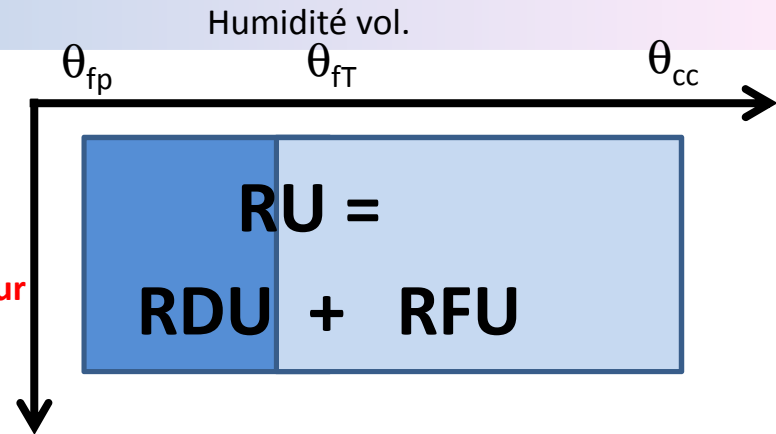
# La Réserve Utile... Vue coté Plante/Agronomie

*Ou sont les racines ??*

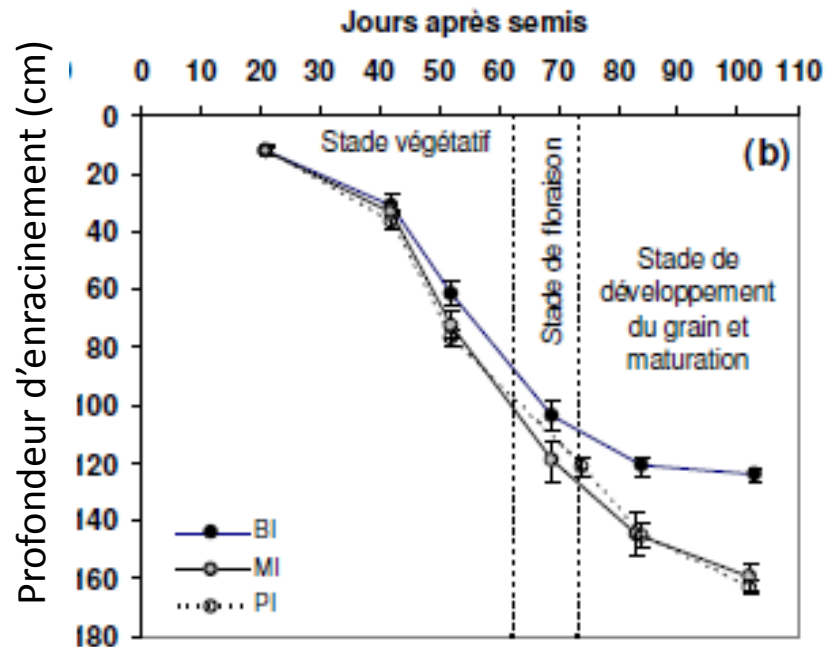
*La profondeur racinaire (géométrie) :*

*2/ Variable dans la temps*

$$Z_{root} = Z_{r0} + \alpha t \quad ??$$



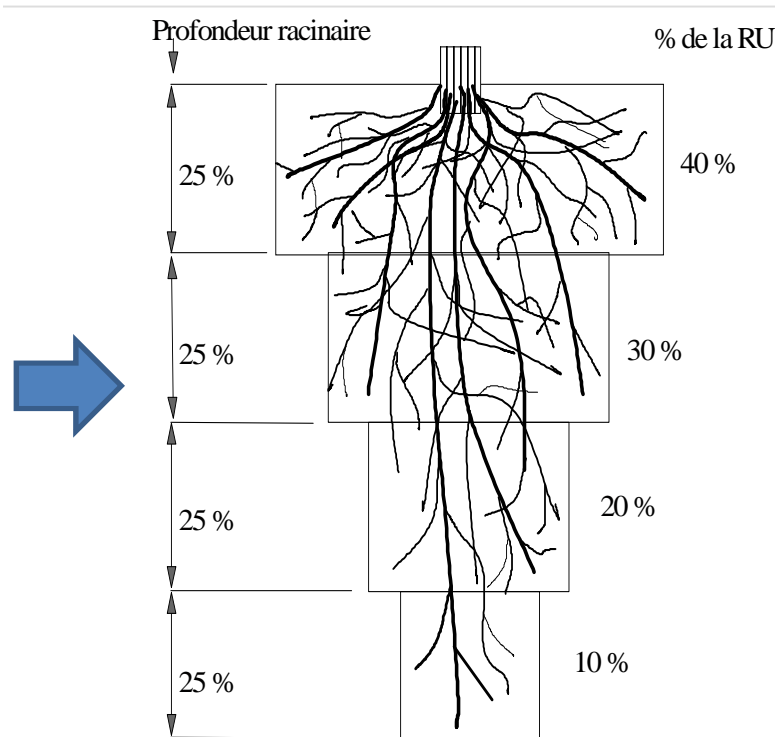
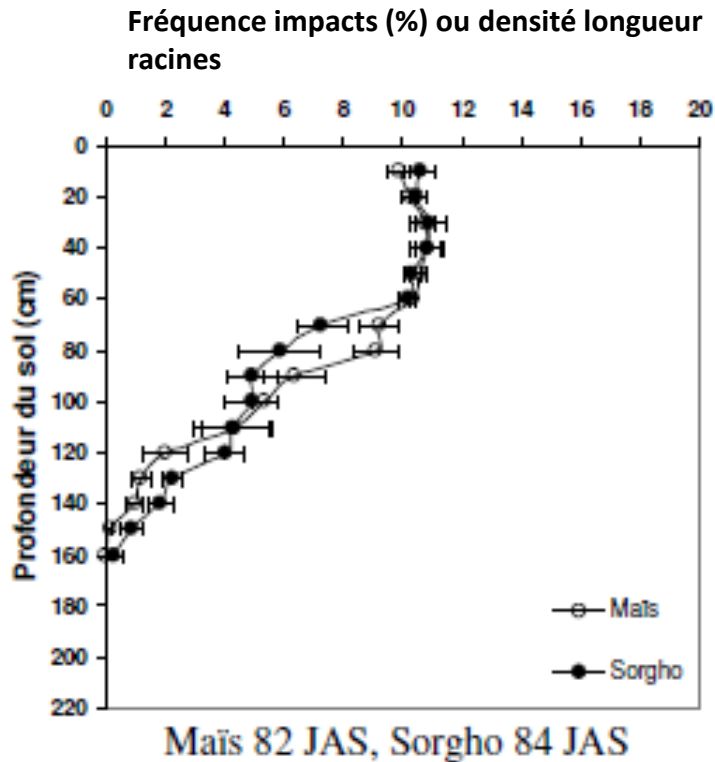
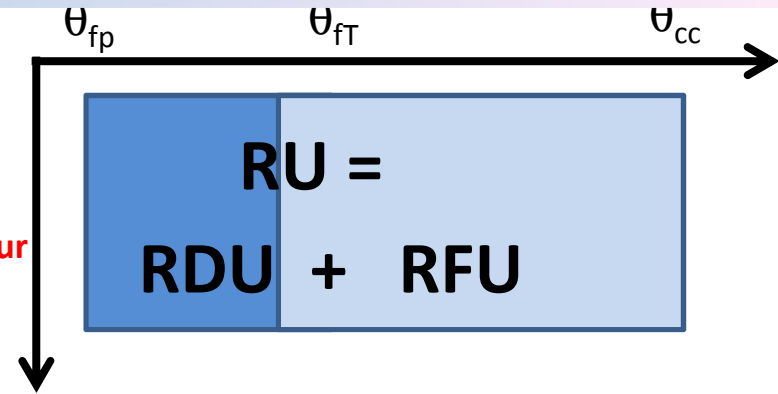
*Profondeur d'enracinement du sorgho avec le temps (profondeur avec 95% des racines)*



# La Réserve Utile... Vue coté Plante/Agronomie

*Ou sont les racines ??*

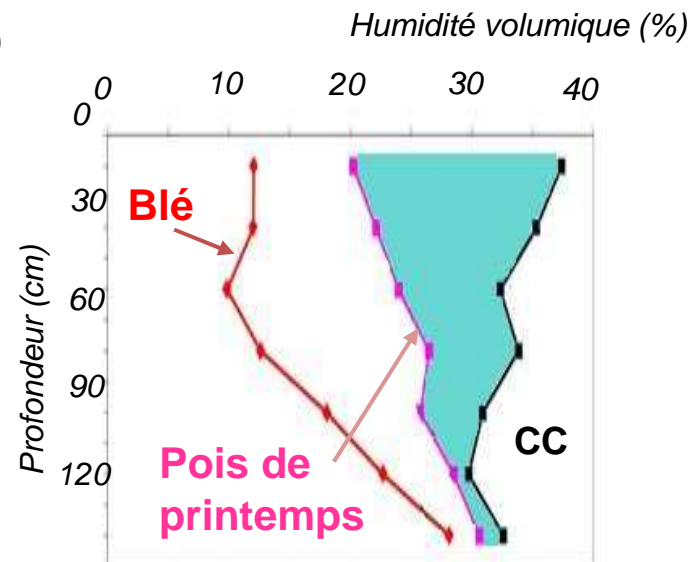
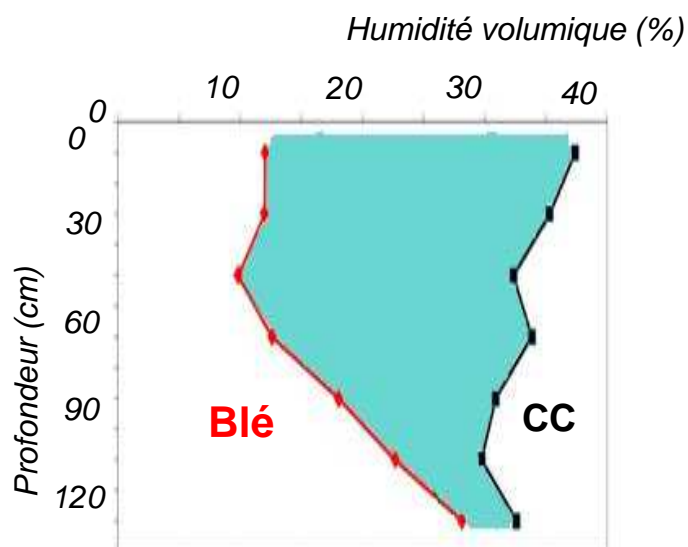
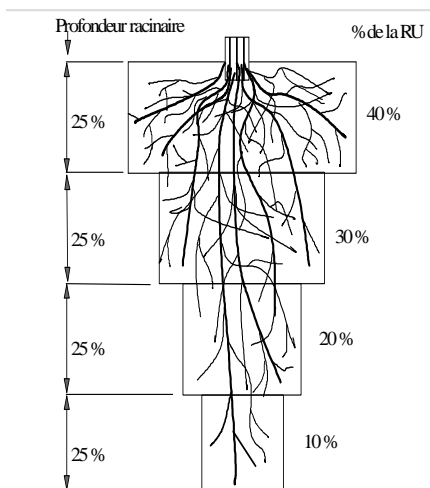
*3/ Distribution des racines dans le sol  
=> profondeur*



# Exemple d'effet lié à l'enracinement: Réserve Utilisable de différentes espèces cultivées, mesurées sur un même type de sol

Effet profondeur et densité d'enracinement

Effet espèce/architecture racinaire



Donnée: ARVALIS (le magneraud)

Espèce	Réserve utilisable (mm)
Blé (semis 17 octobre)	200
Orge de printemps (semis 4 février)	170
Maïs grain (semis 6 avril)	150
Pois de printemps (semis 9 février)	95
Féverole de printemps (semis 9 février)	95

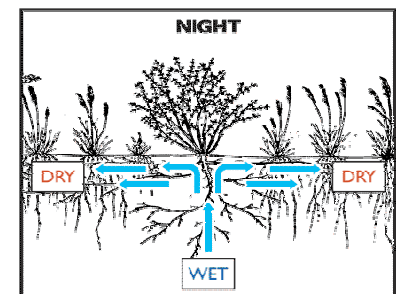
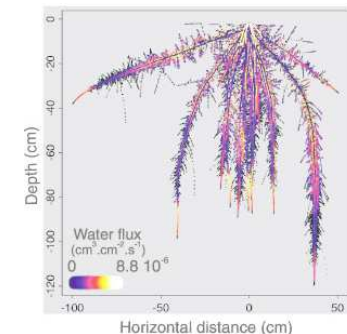
## La Réserve Utile... Vue coté Plante/Agronomie

Mais également un questionnement sur le fonctionnement plante et l'interaction avec le sol:

-  $\theta_{fp}$  n'est pas forcément -15 bars => Résistance/tolérance/évitement de la sécheresse des espèces : jusque -30 bars (blé), -30 à -50 bars (pins ,chênes,buis), jusqu'à -163 bars (*artemesia herba alba*)... En lien avec limite embolisme xylème (résistance cavitation)

- Le Prélèvement dans la RU peut dépendre d'autres facteurs pour la plante:

- physiologie (aquaporines) et l'âge/type des racines qui influe leur conductance hydrique et l'activité des racines (variabilité du fonctionnement racinaire)
- Solutés dans le sol et potentiel osmotique (additif ou multiplicatif avec stress eau)
- L'« hydraulic lift » : ascenseur hydraulique = échanges d'entre couches à travers le système racinaire
- Les exsudats racinaires (mucilages, tensio-actifs... )



## La Réserve Utile... Vue coté Plante/Agronomie

Mais également un questionnement sur le fonctionnement plante et l'interaction avec le sol:

- Exemple d'effet Biologique sol-plante: la rhizosphère (mucilages, exopolysaccharides racinaires, bactériens....) => modification rétention de l'eau



## La Réserve Utile... Une caractéristique stable dans le temps ?

Variation temporelle à petite échelle (plutôt le PFP) : rhizosphère, système racinaire (effet Matière Organique)

=> Temps = cycle de culture

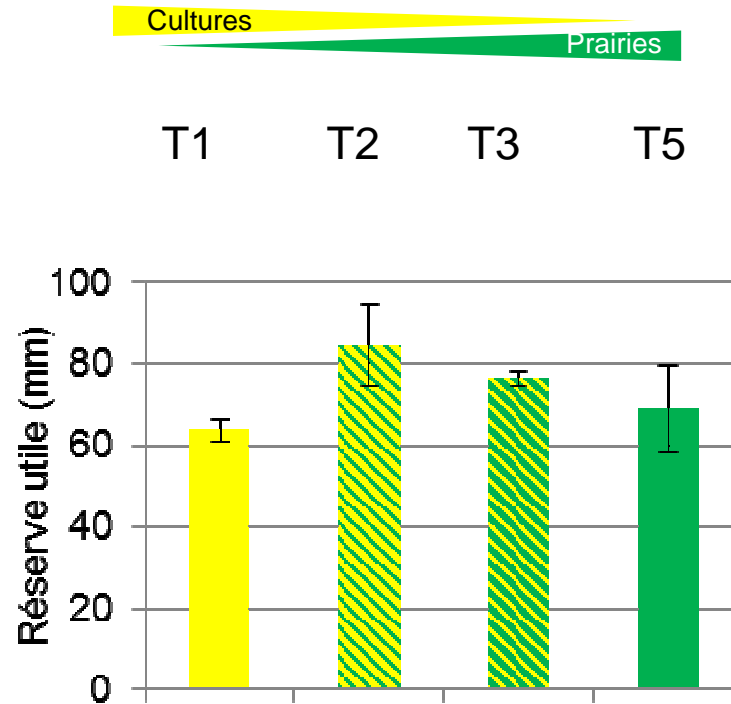
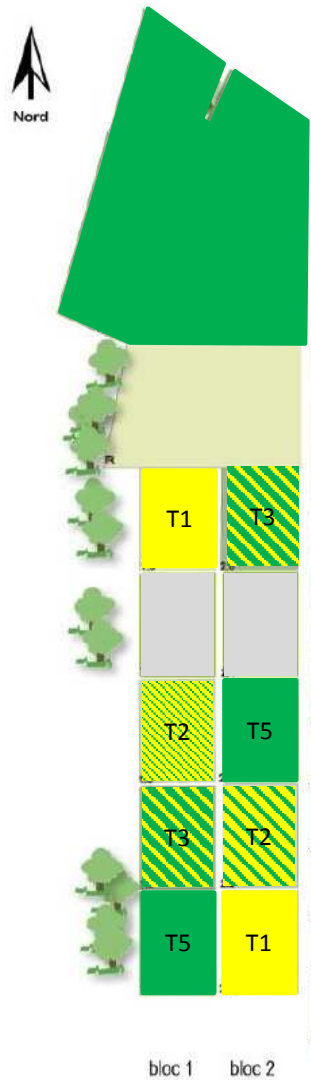


Variation avec l'utilisation du sol : système de culture, transition naturel/cultivé (effet structure, plutôt la CC)

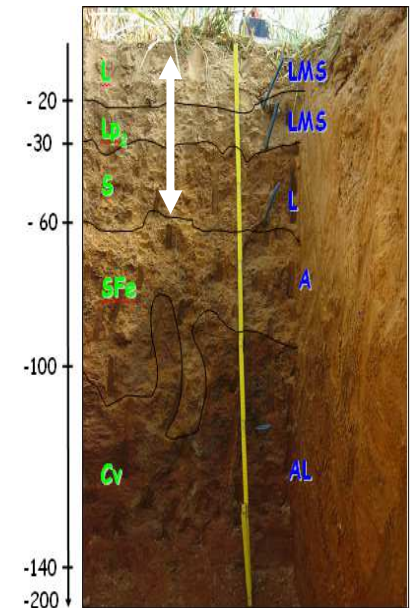
=> Temps = 5- 15 ans

# La Réserve Utile... Une caractéristique stable dans le temps : Exemple

## Caractérisation des sols du SOERE de LUSIGNAN



Evolution de la Réserve Utile dans les deux premiers horizons du sol  
(Cousin, Doussan, 2016)



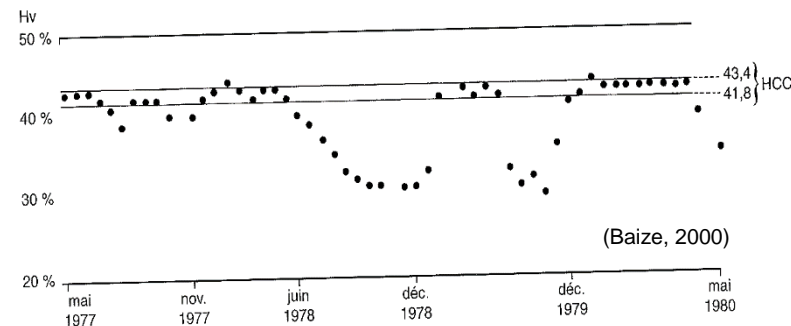
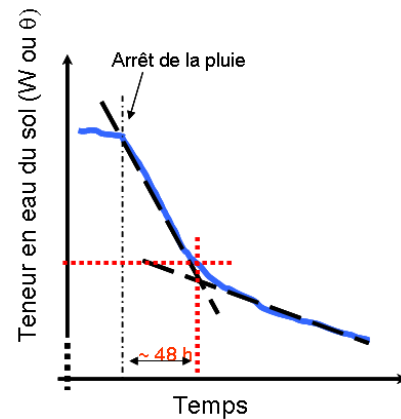
**Les successions culturales modifient, à *moyen terme*, la réserve en eau utile des sols**



# L'estimation de la Réserve Utile

Des approches directes (ponctuelles) :

*Au champ* : Suivi de profil hydrique pour déterminer  $\theta_{cc}$  (ou  $\theta_{fp}$  )



*Au Laboratoire*: Fosses pédologiques + prélèvements + Mesures de teneur en eau des échantillons de sol prélevés (remanié/non-remanié) porté à différents potentiels matriciels

$\theta_{cc}$ : Pas de valeur de potentiel universellement acceptée => -0.05 bar (UK), -0.1 bar (F, Au), -0.33 bar (F,USA) + dépendance texture/MO

$\theta_{fp}$ : en général potentiel retenu= -15 bars



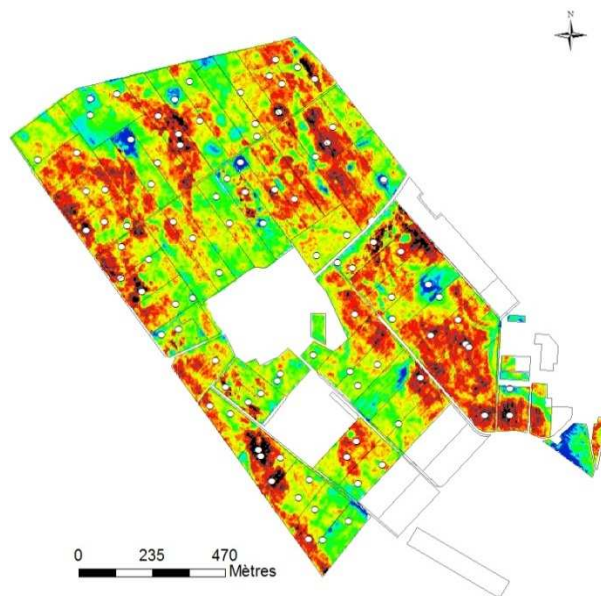
# L'estimation de la Réserve Utile

Des approches indirectes (cartographie parcelle à région):

**Géophysique / Télédétection, nouveaux outils :**

Mise en évidence profondeur de sol, variabilité spatiale, imagerie humidité surface, biomasse, spectrométrie NIRS/UV/VIS...

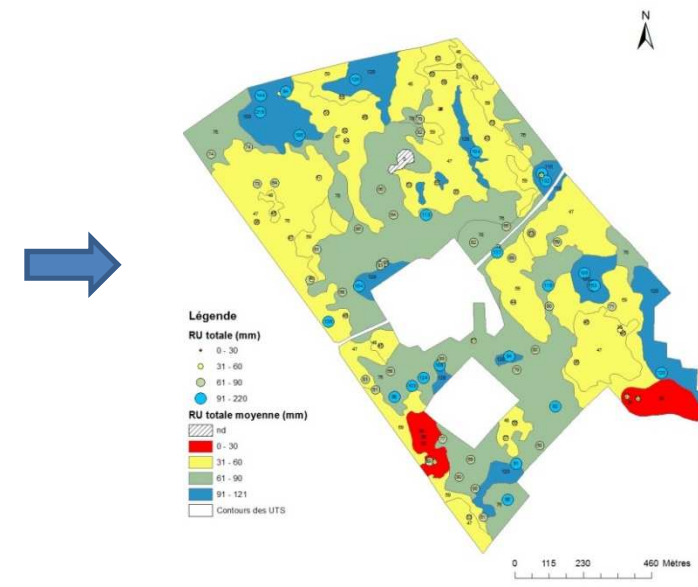
Prospection géophysique (électrique)



Prospection pédologique (fosse, tarière, prélèvements, mesures labo)



Carte de la RU - parcellaire



# L'estimation de la Réserve Utile

Des approches indirectes (parcelle à région):

***Géophysique / Télédétection, nouveaux outils :***

Mise en évidence profondeur de sol, variabilité spatiale, imagerie humidité surface, biomasse, spectrométrie NIRS/UV/VIS ...

Outils embarqués : mesure in situ en continu en profondeur : Spectrométrie/ Da



# L'estimation de la Réserve Utile

## Des approches indirectes (parcelle à région):




### *Géophysique / Télédétection, nouveaux outils :*

Mise en évidence profondeur de sol, variabilité spatiale, imagerie humidité surface, biomasse, spectrométrie NIRS/UV/VIS ...

### *Etablissement de fonctions de pédo-transfert:*

- Formulations semi-empiriques/statistique entre les paramètres désirés ( $\theta_{cc}$ ,  $\theta_{fp}$ ) et variables plus faciles à estimer du sol (texture,  $D_a$ , type horizon...)
- Nécessite une BDD de sols variés, mais dépendance des relations à cette base de donnée...
- Reste la problématique de profondeur du sol et enracinement.

Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

ELSEVIER ScienceDirect COMPTES RENDUS  
C. R. Geoscience 339 (2007) 632–639 <http://france.elsevier.com/direct/CRAS2A/>  
GEOSCIENCE

Surface Geosciences (Pedology)

Variation of the water-retention properties of soils:  
Validity of class-pedotransfer functions

Hassan Al Majou<sup>a</sup>, Ary Bruand<sup>a,\*</sup>, Odile Duval<sup>b</sup>, Isabelle Cousin<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Institut des sciences de la Terre d'Orléans (ISTO), UMR 6113, CNRS, université d'Orléans, 1A, rue de la Férollerie,  
45072 Orléans cedex 2, France

<sup>b</sup> Unité de science du sol, INRA, centre de recherche d'Orléans, BP 20619, 45166 Olivet cedex, France

Received 7 March 2007; accepted after revision 9 July 2007  
Available online 23 August 2007

Presented by Georges Dédreux

# L'estimation de la Réserve Utile

## Des approches indirectes (parcelle à région):

### *Géophysique / Télédétection, nouveaux outils :*

Mise en évidence profondeur de sol, variabilité spatiale, imagerie humidité surface, biomasse, , spectrométrie NIRS/UV/VIS ...

### *Etablissement de fonctions de pédo-transfert:*

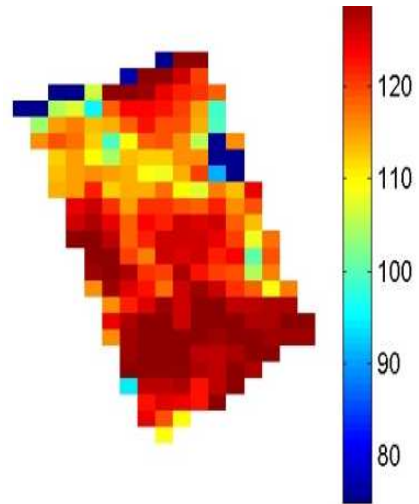
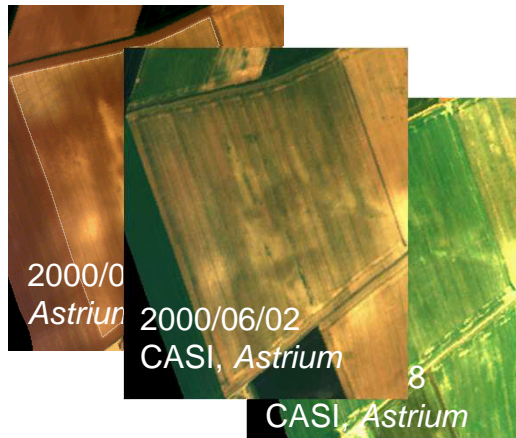
- Formulations semi-empiriques/statistique entre les paramètres désirés ( $\theta_{cc}$ ,  $\theta_{fp}$ ) et variables plus faciles à estimer du sol (texture,  $D_a$ , type horizon...)
- Nécessite une BDD de sols variés, mais dépendance des relations à cette base de donnée...
- Reste la problématique de profondeur du sol et enracinement.

### *Inversion de modèles:*

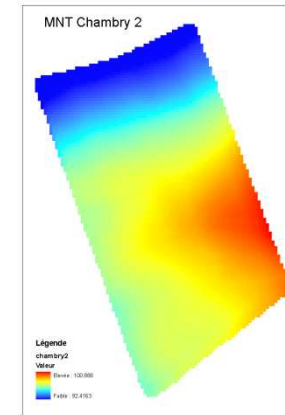
- Confrontation données modélisées – mesurées sur un suivi de la croissance de la végétation (télédétection) + autres variables si disponibles
- Ajustement au mieux de la RU (donnée fixe dans le temps) pour reproduire biomasse / LAI / évapotranspiration..
- => des modèles de culture +/- complexes, des données dans le temps + hypothèses / contraintes à priori...

# Exemple d'applications de détermination RU : mesure directe et inverse + PTF

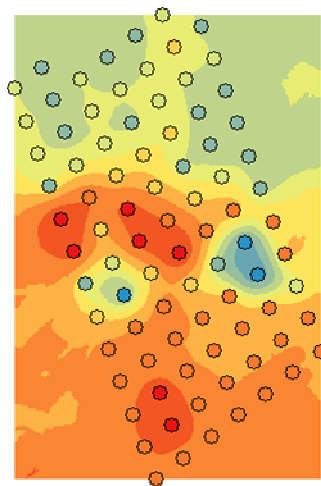
## ③ Carte Inversion blé 2001



## ④ MNT



## ① Carte des sols + PTF locales à partir de mesures labo



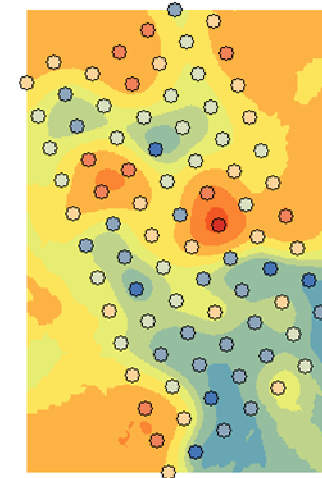
Ru\_grille\_ch2.Ruto

- 110 - 150
- 150 - 190
- 190 - 210
- 210 - 230
- 230 - 275
- > 275

Kriging\_RUtot

- 110 - 142
- 142 - 166
- 166 - 184
- 184 - 198
- 198 - 209
- 209 - 224
- 224 - 242
- 242 - 266
- 266 - 297
- > 297

## ② Carte des sols + PTF locales + obstacle enracinement



calcRUobstarac / <Aucun:

- 60 - 75
- 75 - 97
- 97 - 117
- 117 - 139
- 139 - 167
- 167 - 239

Kriging\_RU\_obstarac

- 60 - 77
- 77 - 89
- 89 - 98
- 98 - 104
- 104 - 113
- 113 - 125
- 125 - 142
- 142 - 164
- 164 - 196
- > 196

## La Réserve Utile... Conclusion : Un concept Utile pas si simple

Nécessite un questionnement sur la détermination et propriété pédologiques et physique du sol, biologiques de la plante:

L'estimation *in situ* et le fonctionnement hydrique dépendent des propriétés des couches sous-jacentes( barrière capillaire ou peu perméable), nappe peu profonde et de la prise ou non en compte de l'hystérésis imbibition/drainage.

RU = vision 1D. Peut dépendre de l'intensité d'apports latéraux ou d'écoulements négligés: écoulements latéraux sur pente, remontées capillaires

L'estimation de RU dépend de l'hétérogénéité : taux de cailloux et leur participation hydrique, mélange zones denses/peu denses, +/- oxydées,

L'estimation de RU dépend de la distinction +/- claire des horizons et de la variabilité spatiale horizontale

Enracinement: profondeur, hétérogénéité de l'enracinement, obstacles physiques/chimiques...

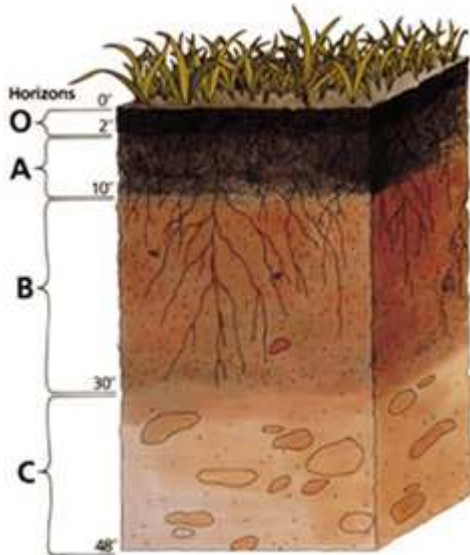
Des effets plantes à mieux prendre en compte: émergence de nouveaux concepts: Least Limiting Water Range => prenant en compte des contraintes au développement racinaire (anaérobiose, résistance à la pénétration...)



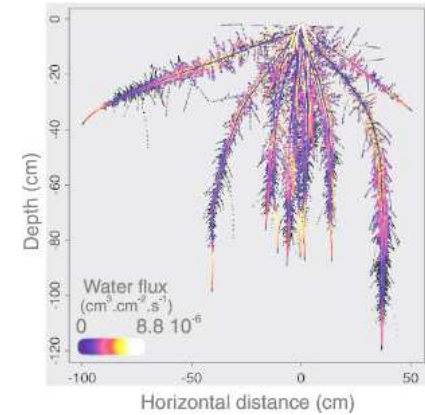
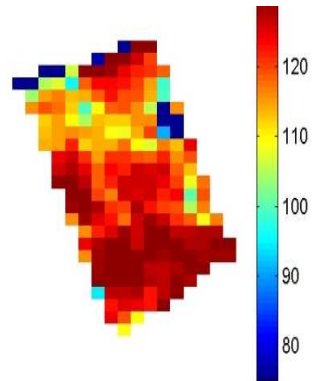
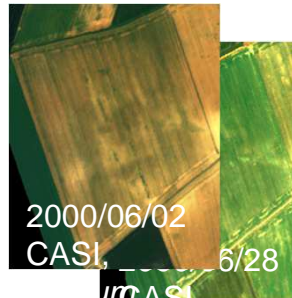
# La Réserve Utile

The end

Merci pour votre attention



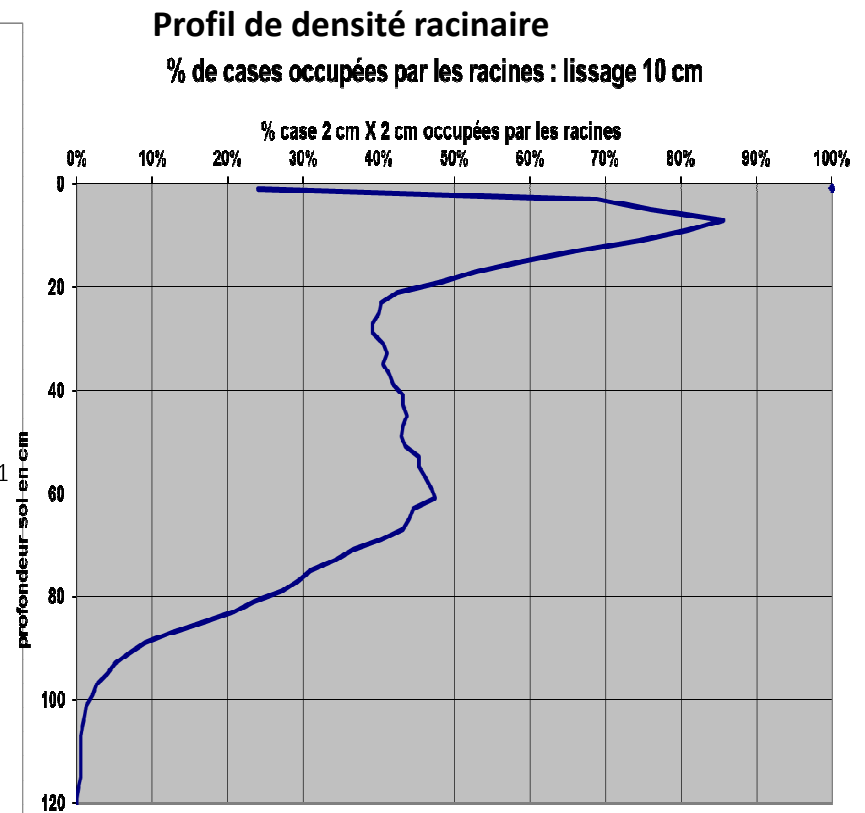
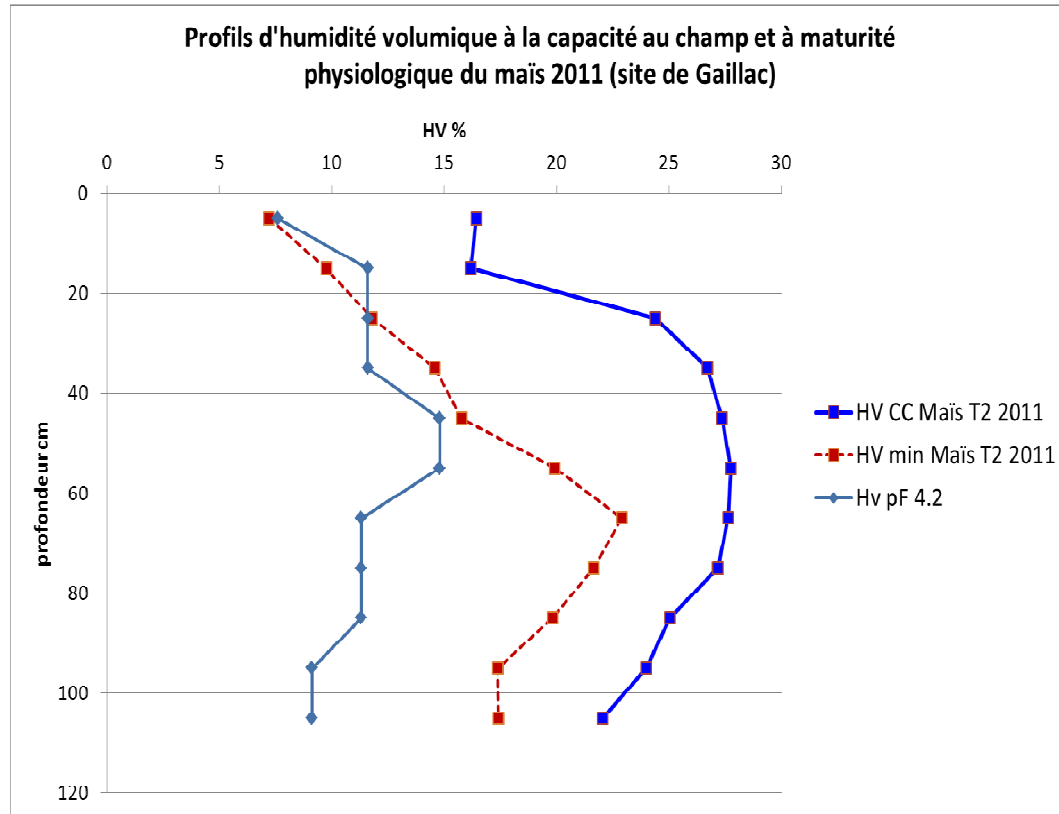
Carte Inversion blé  
2001





# Exemple d'applications de détermination RU : mesure directe

## Exemple mesures profil hydrique / densité Racinaire Arvalis (Gaillac)



On atteint pas forcément le  $\theta_{fp}$  même si déficit hydrique sévère ... Réserve Maximale Utilisée ?!