

# Comment évaluer simplement la Réserve Utile d'un sol ?

Confrontation de modèles d'estimation des teneurs en eau des 2 bornes de la RU utilisant des caractéristiques du sol couramment mesurées

Avril—Septembre 2016

Aya Labidi  
Alain Bouthier  
Isabelle Cousin

**La Réserve en eau Utile des sols (RU) - quantité d'eau que le sol peut stocker et restituer aux plantes pour leurs besoins physiologiques - est une caractéristique majeure du fonctionnement du système sol-plante-atmosphère. C'est le paramètre essentiel des modèles de bilan hydrique, utilisé aussi bien dans des modèles de croissance de culture que dans des outils d'aide à la décision en irrigation, par exemple. Son évaluation est cependant coûteuse, et c'est pourquoi il est nécessaire, d'une part, de capitaliser les données mesurées au sein de bases de données partagées, et, d'autre part, de développer des outils permettant son évaluation à partir d'informations sur les sols plus faciles à obtenir et moins onéreuses. Ce sont les ambitions de cette étude, financée par le GIS GCHP2E et l'ANR, dans le cadre du projet RUEdesSOLS).**

## Introduction

Dans un contexte où les exigences économiques, environnementales, qualitatives envers les productions agricoles se multiplient, la définition de stratégies culturales optimisant l'utilisation de l'eau disponible constitue un enjeu de premier plan, d'autant plus que la production agricole se situe actuellement dans un contexte de variabilité climatique interannuelle croissante en termes de pluviométrie et de températures extrêmes. Dans ce cadre, la connaissance des propriétés hydriques du sol est un élément-clé pour une gestion raisonnée des sols. En particulier, l'évaluation de la **Réserve Utile (RU)** du sol (voir encadré page suivante) est essentielle pour traiter de nombreuses questions agricoles et/ou environnementales telles que le pilotage de l'irrigation, l'évaluation du déficit hydrique, l'estimation d'un potentiel de production, le calcul du drainage. En pratique, l'évaluation de la quantité d'eau retenue par le sol passe par des mesures réelles directes au champ (via des sondes à neutrons ou des sondes TDR, par exemple) mais la lourdeur et le coût de ces mesures représentent un véri-

table défi. C'est pour cette raison que, depuis plusieurs décennies, des fonctions ont été développées permettant d'estimer la RU à partir de données sur les constituants des sols plus aisément accessibles, telles que la texture ou la teneur en matière organique. Ces outils d'estimation, qualifiés de **fonctions de pédotransfert (FPT)** décrivent les relations qui lient des caractéristiques du sol aisément accessibles à des propriétés du sol difficilement accessibles telles que les teneurs en eau aux bornes de la RU. La littérature nationale et internationale abonde en FPT, et l'utilisateur est souvent démuné pour opérer un choix raisonné de la FPT ad-hoc en fonction de ses attentes. Ainsi cette étude se fixe comme objectif d'évaluer et de comparer les performances des FPT françaises et européennes les plus utilisées et de proposer à l'utilisateur un guide de choix. Elle s'appuie sur une base de données créée dans le cadre de ce projet et capitalisant des données recueillies par l'Inra, Arvalis-Institut du Végétal, Terres Inovia et le Geves.



## Capitalisation des données mesurées par les organismes partenaires

La base de données créée contient des données sur 761 horizons de sol, données collectées par les organismes partenaires du projet (Inra, Arvalis-Institut du Végétal, Terres Inovia, Geves), entre 1985 et 2016. Parmi ces horizons, 308 ont été prélevés « en surface » (soit pour une profondeur de 0 à 30 cm) et 453 ont été prélevés « en profondeur » (soit pour une profondeur supérieure à 30 cm). On distingue ainsi l'horizon travaillé en contact avec l'atmosphère, dont la structure évolue constamment au cours de l'année culturale en lien avec le climat et le travail du sol, des horizons profonds dont la dynamique structurale est plutôt pluri-annuelle. Les sols échantillonnés sont situés dans leur grande majorité dans le Bassin Parisien et secondairement dans le Sud-Ouest. Ils sont développés dans différents types de matériaux parentaux : des formations sédimentaires argileuses, des alluvions de textures très variées, des colluvions, des formations superficielles limoneuses.

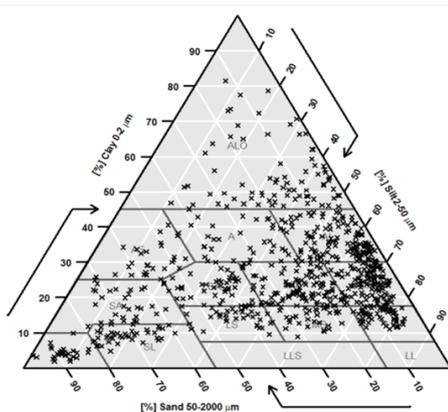
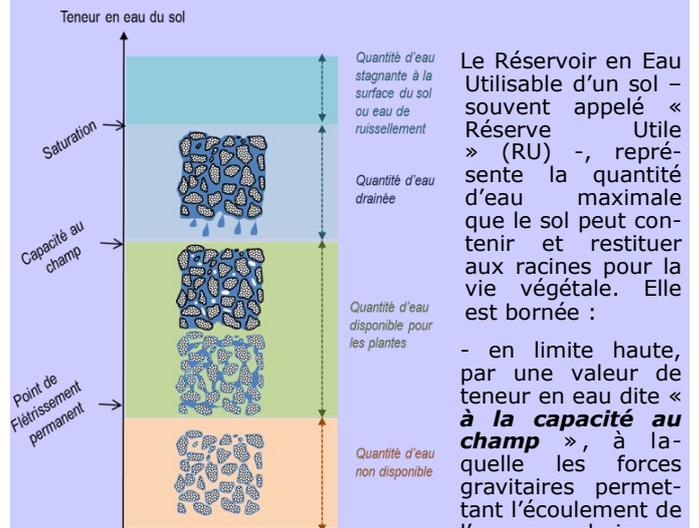


Figure 1 : Texture des horizons rassemblés dans la base de données, selon le triangle de texture de l'Aisne.

Pour chacun des horizons de la base nouvellement constituée, on dispose des données suivantes : profondeur de l'horizon, type de sol, composition granulométrique avec et sans décarbonation pour les horizons calcaires, type et texture du sol selon le triangle de l'Aisne, masse volumique apparente, teneur en carbonates, et teneur en carbone organique. La gamme de variation de texture couvre l'ensemble des classes de texture du triangle de l'Aisne, à l'exception des limons légers et des limons sableux (Figure 1) Des valeurs d'humidité pondérale à différentes valeurs de potentiel hydrique, déterminées en laboratoire sur des mottes de sol non perturbées, sont également disponibles et permettront de déterminer la RU.

Les fonctions de pédotransfert qui ont été sélectionnées sont de deux types : d'une part, nous avons retenu des FPT dites « en classes », c'est-à-dire que, pour une valeur de potentiel hydrique donnée, les

## Qu'est-ce que la RU ?



- en limite haute, par une valeur de teneur en eau dite « **à la capacité au champ** », à laquelle les forces gravitaires permettant l'écoulement de l'eau par drainage, et les forces capillaires permettant la rétention de l'eau dans le sol, s'équilibrent ; c'est une propriété physique du sol, dépendant fortement de sa texture et de sa structure, deux paramètres fortement influencés par la distribution de taille des particules, la teneur en carbone organique, et la masse volumique du sol. En moyenne, on considère qu'elle correspond à la quantité d'eau qui peut être retenue par le sol pour une succion de -10 kPa (dite communément « pF2 »).

- en limite basse, par une valeur de teneur en eau dite « **au point de flétrissement permanent** », retenue dans le sol avec une énergie supérieure à celle que les plantes peuvent exercer sur le sol pour en extraire de l'eau. Cette valeur dépend à la fois de la texture du sol, mais également des caractéristiques physiologiques de la plante. En milieu tempéré et pour des grandes cultures, on considère qu'elle correspond en moyenne à la quantité d'eau qui peut être retenue par le sol pour une succion de -1580 kPa (dite communément « pF4,2 »).

## Stratégie de choix des fonctions de pédotransfert

Les auteurs proposent une valeur unique de teneur en eau, pour une classe de texture, ou pour une classe de texture et une gamme de masse volumique apparente. Les classes de texture diffèrent selon les fonctions, certaines s'appuyant sur le triangle de l'Aisne (15 classes) et d'autres sur le triangle de texture de la FAO (5 classes). D'autre part, nous avons retenu des FPT dites « continues » : elles permettent d'évaluer de façon continue la courbe de rétention en eau des sols en proposant des évaluations des paramètres caractéristiques du formalisme employé pour décrire la courbe de rétention en eau.

La sélection des fonctions retenues a été guidée à la fois par leur popularité auprès des utilisateurs, leur échelle potentielle d'utilisation (régionale, nationale ou internationale, selon les jeux de données sur lesquelles elles ont été mises au point), et leur niveau de complexité d'utilisation. Ce niveau de complexité est

évalué grâce à un arbre logique que nous avons proposé dans cette étude, et qui décrit le degré de connaissance que nous pouvons avoir sur un horizon de sol, et son coût associé (Figure 2). Nous considérons en effet qu'il est peu coûteux de connaître la place de l'horizon dans le profil (horizon de surface vs horizon profond) ; il est plus coûteux de connaître sa texture, soit qu'elle est déterminée sur le terrain grâce à un

expert-pédologue, soit qu'elle est déterminée au laboratoire par analyse granulométrique ; il est enfin encore plus coûteux d'avoir une information quantitative sur sa structure, définie classiquement par la masse volumique que l'on doit mesurer sur le terrain en prélevant un échantillon de sol non perturbé, c'est-à-dire, pour les horizons profonds, après avoir creusé une fosse.

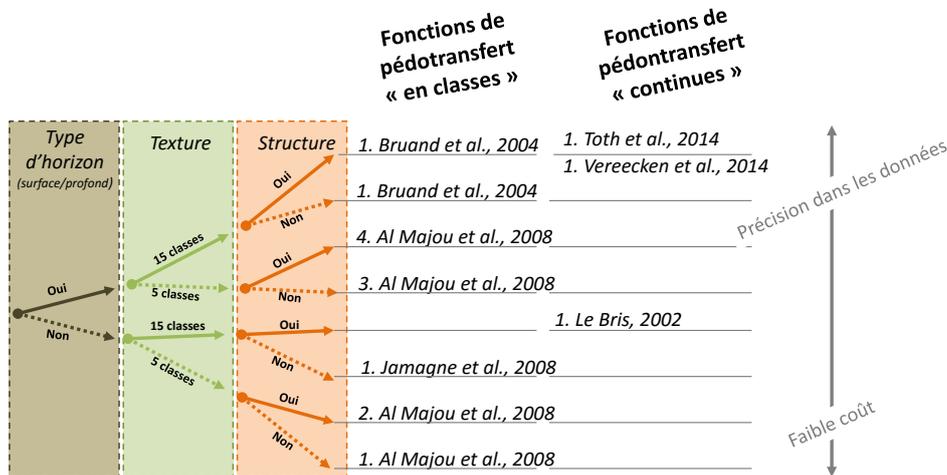


Figure 2 : Arbre de décision permettant le choix d'une fonction de pédotransfert en fonction des données disponibles

## Confrontation des fonctions de pédotransfert

Pour chaque fonction sélectionnée, la teneur en eau à -10 kPa et la teneur en eau à -1580 kPa ont été évaluées et confrontées aux valeurs mesurées disponibles dans la base de données. La figure 3 présente l'exemple des résultats obtenus pour la teneur en eau à -10 kPa. Les enseignements que l'on peut tirer de cette analyse sont les suivants :

-> Les fonctions de pédotransfert « continues » présentent généralement des biais faibles et des efficacités acceptables, mais l'écart quadratique moyen peut être élevé. La fonction de Toth et al. (2014), bien que moins biaisée que les fonctions de Le Bris (2002) et Vereecken et al. (1989), est cependant moins précise. On a relevé également une grande disparité de performances de ces différentes fonctions selon les textures.

-> Les fonctions de pédotransfert « en classe », qui sont d'une utilisation plus simple pour des agriculteurs et des conseillers agricoles car elles ne nécessitent pas la manipulation de modèles de teneurs en eau, donnent, en général, des résultats acceptables.

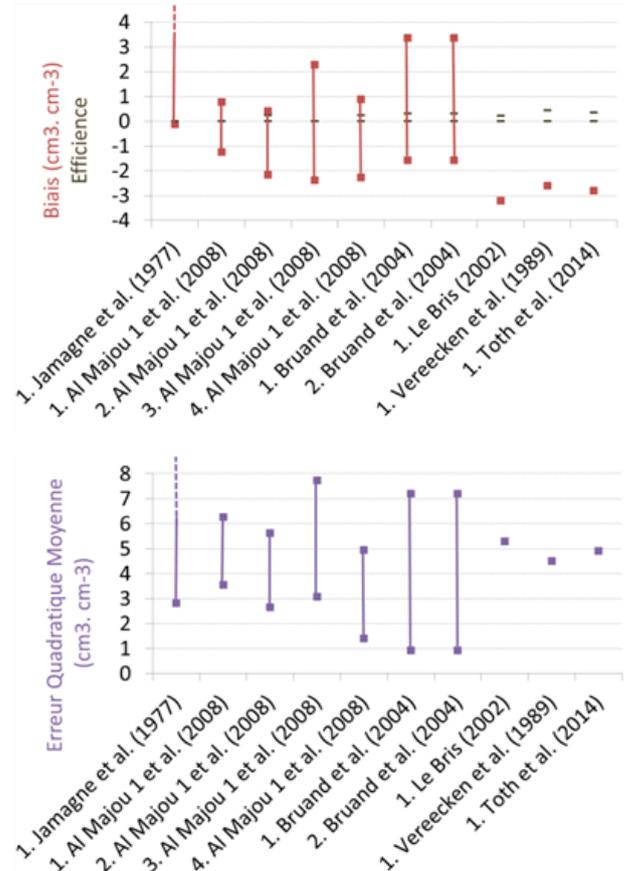


Figure 3 : Comparaison des fonction de pédotransfert pour l'évaluation de la teneur en eau à -10kPa. Pour les FPT « en classes », on renseigne ici les extrêmes du biais et de l'erreur quadratique moyenne.

On retiendra cependant que les fonctions de Jamagne et al. (1977), très largement utilisées encore à l'heure actuelle par les bureaux d'étude, sont généralement moins performantes que les fonctions de Bruand et al. (2004) et Al Majou et al. (2008). On retiendra également que la prise en compte de la masse volumique apparente permet une amélioration significative de l'évaluation des teneurs en eau caractéristiques, notamment pour les horizons profonds de texture argileuse. Au final, la fonction de Al Majou et al. (2008), basée sur un triangle de texture en 5 classes et la connaissance de la masse volumique apparente, semble être le meilleur compromis entre coût et précision.

## Conclusion

Ce travail de fin d'étude a permis une évaluation statistique de fonctions de pédotransfert permettant d'estimer la RU des sols, pour différents niveaux de connaissance. L'étude réalisée constitue un travail original dans la mesure où aucune évaluation aussi complète de ces fonctions n'a été réalisée jusqu'à maintenant. Il a mis en évidence que les fonctions de pédotransfert « en classe », plus facilement utilisables que les fonctions de pédotransfert « continues », offrent des niveaux de précision acceptables et sont à conseiller dans des actions de valorisation. On gardera cependant à l'esprit que, dans des situations très particulières de texture ou de masse volumique, elles peuvent conduire à des évaluations erronées et devront être corrigées. Les fonctions de pédotransfert « continues » sont à privilégier pour le paramétrage de modèles destinés à des outils d'aide à la décision.

Ce travail a également permis la constitution d'une base de données inter-organismes rassemblant des données mesurées de teneur en eau dans les sols à différents potentiels hydriques, pour évaluer la RU, voire la courbe de rétention en eau des sols. C'est un outil riche et unique, utilisable par les contributeurs de la base. Il sera remobilisé prochainement dans le cadre d'un stage financé par le GIS GCHP2E, pour comparer et hiérarchiser des méthodologies d'évaluation de la masse volumique apparente - ce paramètre étant fondamental dans l'évaluation des stocks de matières dans les sols—et compléter l'évaluation des FPT RU prenant en compte la masse volumique apparente.

## Les auteurs



**Alain Bouthier** est ingénieur agronome au département recherche développement de l'ITCF puis d'ARVALIS depuis 1987, spécialiste des thématiques sols, irrigation et fertilisation, en charge de la thématique sols à ARVALIS.



**Aya Labidi** est ingénieur agronome de l'Institut Supérieur Agronomique ISA Chott Mariem en Tunisie. Ce travail de fin d'étude s'est inscrit dans son cursus de M2 de l'Institut Supérieur Agronomique de Tunis.



**Isabelle Cousin** est directrice de recherche à l'INRA. Ses travaux concernent les relations entre la structure des sols et le fonctionnement hydrique des sols, avec un focus particulier sur l'évaluation de la RU des sols.

## Remerciements

Ce stage a été possible grâce à l'implication constante du comité de pilotage de ce projet, qui a fourni les données nécessaires et supervisé le traitement des données. Nous remercions ainsi M.H. Bernicot (GEVES), L. Champolivier (TerresInovia), X. Le Bris et P. Bessard Duparc (Arvalis-Institut du Végétal).

## Soutien financier

Ce travail a été possible grâce au soutien financier octroyé par le GIS GC HP2E aux actions du groupe « Gestion durable des sols » et grâce au projet RUEdesSOLS financé par l'ANR.



## En savoir plus

- Al Majou H., Bruand A., Duval O., 2008. Soil Use and Management, Canadian Journal of Soil Science, 88 (4), 533-541.
- Bruand A., Duval O., Cousin I., 2004. Etude et Gestion des Sols, 11(3), 323-332.
- Jamagne M., Bétrémieux R., Bégon J.C., Mori A., 1977. Bull. Tech. Inf. 324-325, 627-641
- Le Bris, 2002. Arvalis, document interne.
- Toth B., Weynants M., Nemes A., Mako A., Bilas G., Toth G., 2014. European Journal Of Soil Science, 66(1), 226-238.
- Vereecken H., Maes J., Feyen J., Darius P., 1989. Soil Science, 148, 389- 403.