

Calculer le réservoir utilisable en eau de sols forestiers à partir de critères déterminés sur le terrain

Dans un contexte de changement climatique, la capacité d'un sol à stocker de l'eau qui soit utilisable par les plantes est un critère important pour la gestion des forêts, et notamment le choix des essences à favoriser localement. Une bonne estimation de la capacité du sol à stocker l'eau est donc importante.

L'eau disponible pour les plantes est l'eau qui reste dans le sol après écoulement par gravité (point de ressuyage nommé capacité au champ) et qui peut être absorbée par les plantes. Les arbres sont capables d'exercer des forces de succion supérieures à 15 bar, correspondant à un pF de 4.2; le pF étant le logarithme décimal de la succion de l'eau (c'est-à-dire de la valeur absolue de la force de rétention de l'eau par le sol) exprimée en cm d'eau. Cependant, on retient, indépendamment de l'espèce, cette limite de pF 4.2 pour déterminer la quantité d'eau restant dans le sol après absorption par la plante (nommé point de flétrissement permanent). La quantité d'eau restant dans le sol après ressuyage rapide est souvent estimée en appliquant une force de succion donnée aux échantillons de sol. Cette force de succion a été longtemps considérée comme étant égale à -330 cm d'eau (pF 2.5), elle serait plus proche de -100 cm d'eau (pF 2). Attention, une estimation du réservoir utilisable en prenant un pF de 2 pour définir la capacité au champ donne une valeur beaucoup plus élevée qu'en prenant un pF de 2.5 (majoritairement utilisé jusqu'à récemment).

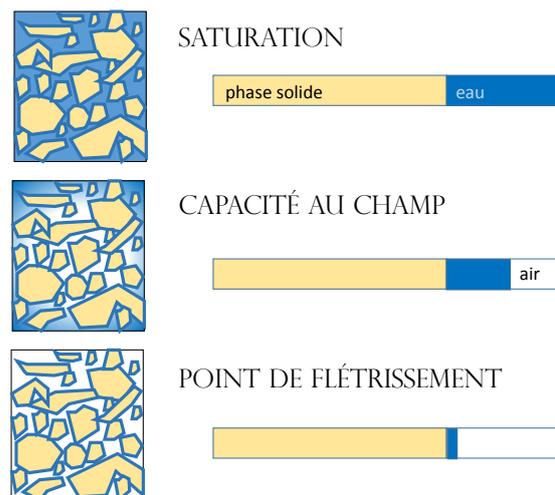


FIGURE 1 – Répartition des phases solide, liquide et gazeuse du sol à 3 niveaux énergétiques caractéristiques.

Définitions (voir figure 1) :

- Teneur en eau à saturation : teneur en eau du sol lorsque la totalité des espaces vides (pores) du sol est occupée par l'eau.
- Teneur en eau à la capacité au champ : teneur en eau d'un sol après ressuyage rapide (écoulement par gravité). Elle est souvent estimée en appliquant une force de succion donnée aux échantillons de sol (entre -330 cm d'eau (pF 2.5) et -100 cm d'eau (pF 2)).
- Teneur en eau au point de flétrissement (permanent) : teneur en eau du sol au-dessous de laquelle la plante n'a plus accès à l'eau, l'eau étant trop liée aux particules solides du sol (forces de succion supérieures à 15 bar, pF de 4.2).
- Profondeur utile : profondeur maximale d'enracinement.

- Réservoir Utilisable (= réserve utile maximale / réservoir en eau utilisable) : réservoir en eau utilisable par la plante sur la profondeur utile.

Attention aux risques de confusions, car le terme réserve utile était et peut encore être utilisé au sens de "réserve utile maximale" (=réservoir utile)

Le volume d'eau retenu par les particules dépend de la somme des surfaces des particules variant avec la taille des particules (texture ou granulométrie) et de l'arrangement des particules entre elles (structure du sol). Pour un même volume de sol, des particules fines ont une surface déployée beaucoup plus grande que des particules grossières, elles sont ainsi capables de retenir plus d'eau après ressuyage. Cependant elles ont également plus d'affinités entre elles créant ainsi des espaces vides plus petits ce qui augmente l'affinité du sol pour l'eau lors du dessèchement.

Dans un premier temps, on considère que les particules plus grosses que les sables (c'est-à-dire > 2mm de diamètre), nommées éléments grossiers, ne retiennent pas d'eau utilisable par les plantes. Cependant, dans le cas d'un sol très caillouteux, même si la quantité d'eau retenue par les éléments grossiers peut paraître négligeable, il est important de la prendre en compte (Tetegán, 2011).

Ainsi, à partir de la texture du sol, de sa profondeur et de sa teneur en éléments grossiers, on peut en estimer le réservoir utilisable (RU) par les plantes. Cette estimation se base sur des fonctions de pédotransfert qui ont été calibrées sur un ensemble d'échantillons donné (correspondant à certains types de sol, de climat, d'usage des sols. . .). Par conséquent, elles ne sont extrapolables en dehors de ces conditions qu'avec prudence. La fonction de pédotransfert la plus pertinente pour les écosystèmes forestiers français est celle d'Al Majou et al. (2008), elle a été utilisée par Piedallu et al., (2011) pour réaliser la cartographie du réservoir utilisable maximal à une résolution de 500m disponible sur le portail [SILVAE](#).

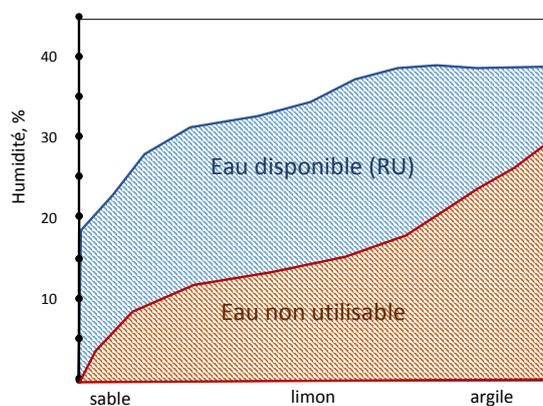


FIGURE 2 – Teneur en eau de la terre fine (<2mm) à différents niveaux de succion (pF 2 pour la capacité au champ en bleu, pF4.2 pour le point de flétrissement permanent en marron) en fonction de la texture du sol.

La figure 2 illustre le fait que plus la texture est fine plus le sol retient d'eau après ressuyage rapide (pF 2) mais plus il retient d'eau au point de flétrissement permanent (pF 4.2). Par conséquent, le réservoir utilisable maximal est plus important pour les classes de texture intermédiaires (limon, limon argileux).

0.1 Méthode de calcul du Réservoir Utilisable

Les tableaux de la page suivante donnent la quantité d'eau utilisable (en mm) par cm de terre fine (particules de sol de diamètre $< 2\text{mm}$) par classe de texture selon deux triangles. Cette quantité d'eau utilisable par la plante par cm de sol (notée ci-après RU_i) doit être calculée par matériau homogène, c'est-à-dire par horizon pédologique. Pour l'ensemble du profil, il suffit d'additionner les RU_i sur l'ensemble des horizons prospectés par les racines (voir formule ci-dessous). Le triangle de texture de l'Aisne à 15 classes est souvent utilisé en France mais le risque d'erreur d'estimation de la classe de texture est plus élevé. Le triangle de texture à 5 classes élaboré dans le cadre du projet INSENSE se base sur le triangle HYPRESS (union Européenne) tout en restant compatible avec celui de l'Aisne. Il est à favoriser pour diminuer le risque de mauvaise estimation de la classe de texture. De plus, l'estimation de la quantité d'eau utilisable par la plante par cm de sol a été créée à partir du triangle HYPRESS (l'estimation donnée ci-après pour les classes de texture du triangle de l'Aisne a été calculée à partir des % de recouvrement des classes de texture entre les deux triangles et de l'expertise d'un pédologue forestier).

Réservoir utilisable pour l'ensemble du profil de sol prospecté par les racines

$$RU = (1 - A_{roc}) \sum_{i=1}^n (1 - EG_i) \times RU_i \times Ep_i \quad (1)$$

Avec :

- RU = réservoir utilisable du profil de sol en mm ;
- A_{roc} = proportion des affleurements rocheux à la surface du sol ;
- i = indice de l'horizon/couche de sol considéré(e) ;
- EG_i = proportion surfacique des éléments grossiers de l'horizon i en cm^2 d'éléments grossiers par cm^2 de sol ;
- Ep_i = épaisseur de l'horizon i en cm.

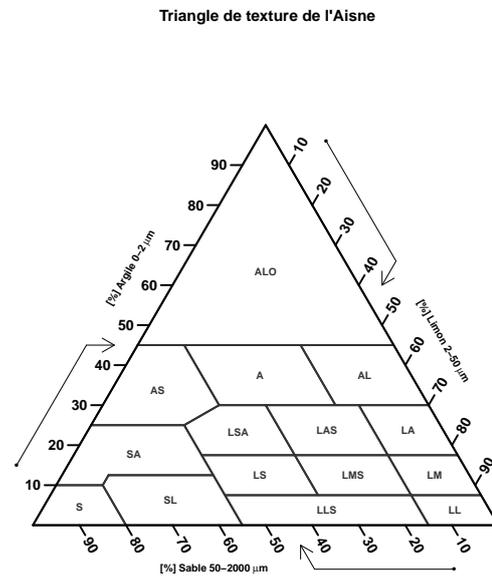
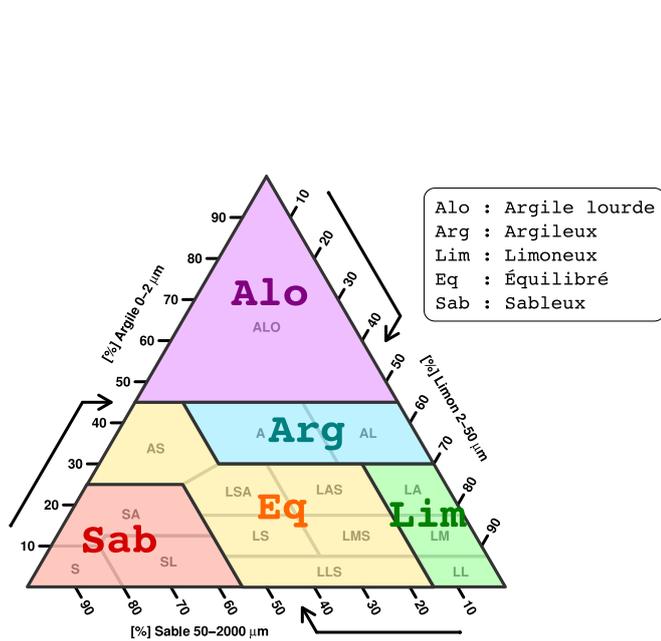
Par exemple, pour un profil sableux de 1 m (sans éléments grossiers ni affleurements rocheux), le réservoir utilisable sera de $10 \times 1.07 + 90 \times 0.88 = 89.9$ mm d'eau, alors que pour un profil limoneux de 1 m (sans éléments grossiers ni affleurements rocheux), le réservoir utilisable sera de $10 \times 1.69 + 90 \times 1.40 = 142.9$ mm.

Références :

- Al Majou, H., Bruand, A., Duval, O., Le Bas, C., Vautier, A., 2008. Prediction of soil water retention properties after stratification by combining texture, bulk density and the type of horizon. *Soil Use and Management*, 24(4) : 383-391.
- Piedallu, C., Gégout, J.-C., Bruand, A., Seynave, I. 2011. Mapping soil water holding capacity over large areas to predict potential production of forest stands. *Geoderma* 160, 355–366.
- Tetegan, M. 2011. Modélisation des propriétés de rétention en eau des sols caillouteux : application à l'estimation spatialisée de la réserve utile. Thèse de doctorat disponible ici : <http://www.theses.fr/20110RLE2025>.

0.2 Coefficients texturaux

Estimation des quantités d'eau utilisables en **mm d'eau par cm de sol** selon Al Majou et al. 2008 adapté.



classe de texture	surface (0-10cm)	profondeur (>10cm)
Alo	1.38	0.95
Arg	1.2	1.09
Lim	1.69	1.4
Eq	1.5	1.31
Sab	1.07	0.88

classe de texture	surface (0-10cm)	profondeur (>10cm)
S	1.07	0.88
SL	1.28	1.09
SA	1.28	1.09
LS	1.5	1.31
LMS	1.5	1.31
LLS	1.5	1.31
LSA	1.5	1.31
LAS	1.5	1.31
LA	1.69	1.4
LL	1.69	1.4
LM	1.69	1.4
AS	1.53	1.24
A	1.53	1.24
AL	1.35	1.2
Alo	1.38	0.95