

Évaluer la réserve en eau utile des sols forestiers à la tarière hydraulique

Jean-Paul Nebout, CRPF Auvergne *

Pour évaluer la réserve en eau utile maximale, une tarière hydraulique hélicoïdale a été mise au point. Les résultats obtenus avec une fosse pédologique ou une tarière manuelle ont été comparés sur trois unités stationnelles fréquentes pour le chêne dans l'Allier.

Le Réseau mixte technologique Aforce, coordonné par l'Institut pour le développement forestier et soutenu par le ministère de l'Agriculture et de la Pêche vise à mettre rapidement à la disposition des gestionnaires forestiers, des outils opérationnels pour adapter les forêts au changement climatique. Parmi les 4 projets soutenus par le réseau, en 2009, celui du Centre régional de la propriété forestière d'Auvergne et de ses partenaires : l'Inra de Nancy, l'Inventaire forestier national (antenne de Nogent/Vernisson), Vetagro-Sup de Clermont-Ferrand, la Coopérative Unisylva, consiste à développer, auprès des opérateurs économiques, l'évaluation de la RUM (réserve en eau utile maximale) des sols forestiers, paramètre de base de la croissance et de la vitalité des

peuplements. Deux outils permettant d'évaluer la RUM, la tarière hydraulique et la tarière manuelle, ont été comparés à une évaluation témoin réalisée sur fosse pédologique profonde. Dans ce dossier, nous présentons les résultats de l'évaluation obtenus à l'aide de la tarière hydraulique. Un prochain article sera consacré à l'évaluation de la RUM à l'aide de la tarière manuelle.

La réserve en eau utile maximale

La réserve utile d'un sol (schéma ci-dessous) est définie comme la quantité d'eau disponible pour la végétation entre une valeur maximale atteinte à la capacité au champ et une valeur minimale, atteinte lorsque l'on estime que la tranche de sol considérée ne peut plus fournir d'eau à la végétation (point de flétrissement).

Son calcul nécessite de connaître la composition granulométrique du sol et la profondeur prospectée par le système racinaire des arbres.

Généralement, le forestier procède par ouverture de fosses pédologiques ou par sondages superficiels à la tarière manuelle, mais ces techniques sont onéreuses ou pénibles. Aussi, le CRPF d'Auvergne et les entreprises Sylvar⁽¹⁾ et Antec MD⁽²⁾ se sont associés pour mettre au point et tester une tarière pédologique hydraulique.

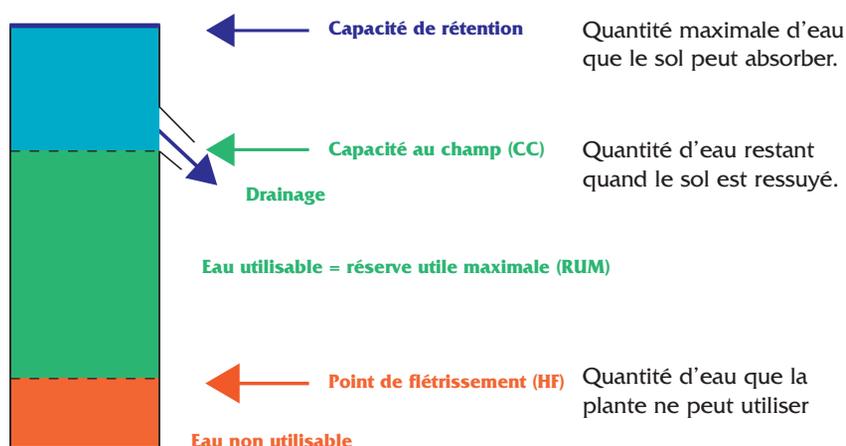
La tarière Antec MD

La tarière hydraulique hélicoïdale, mise au point par la Société Antec MD de Lyon, est constituée d'une hélice en acier de 75 cm de longueur et 15 cm de diamètre, fixée sur un axe de 2 m de longueur. Cette hélice est actionnée par un moteur hydraulique puissant, suspendu au bras d'une chenillette Kubota de 100 CV (voir photo 1 p. 18). L'utilisateur procède par extraction de carottes successives de sol d'environ 50 cm de longueur. Les forages doivent être réalisés à petite vitesse et à une distance d'au moins 2 m de gros arbres pour éviter de bloquer et détériorer l'hélice dans les racines.

Le protocole expérimental

Afin d'évaluer les performances techniques et le rendement de cet outil, de pouvoir ainsi les comparer avec les

figure 1 : schéma de la réserve utile d'un sol



© J.-P. Nebout, CRPF Auvergne



La tarière Antec MD, suspendue au bras d'une chenillette Kubota, équipée à l'avant d'un rouleau landais.

autres méthodes d'évaluation de la RUM, une campagne de sondages a été réalisée d'avril à août 2009, dans 6 massifs forestiers privés⁽³⁾ du département de l'Allier. Ces massifs ont la particularité d'être localisés dans l'aire de validité des catalogues des types de stations de la Sologne et du Bocage bourbonnais et sur un même type de substrat géologique : les sables et argiles du Bourbonnais^(a). Dans chaque massif, 3 unités stationnelles très fréquentes et couvrant de vastes étendues ont été identifiées par un technicien du CRPF et un ingénieur phytoécologue de l'IFN à l'aide de la clé de détermination des catalogues (identification de la flore et des humus), puis sondées (cf. tableau 1).

Dans chaque unité stationnelle, des fosses pédologiques profondes ont été ouvertes et leurs profils décrits de manière détaillée par un technicien forestier avec l'appui d'un pédologue de l'Inra ; des analyses granulométriques de chaque horizon et l'observation de la densité et de la répartition des racines des chênes sessile et pédonculé ont également été réalisées (photo 2). Pour des raisons de coût, le nombre de fosses s'est limité à 3 ou 5 selon la station. On dispose donc d'un petit nombre de placettes avec des couples de mesures fosse/tarière hydraulique et des placettes ou seuls des sondages à la tarière ont été réalisés. À chaque sondage, nous avons procédé à l'extraction de carottes succes-



Fosse pédologique profonde.

© J.-P. Nebout, CRPF Auvergne



Carotte de sondage effectuée à l'aide de la tarière hydraulique.

© J.-P. Nebout, CRPF Auvergne

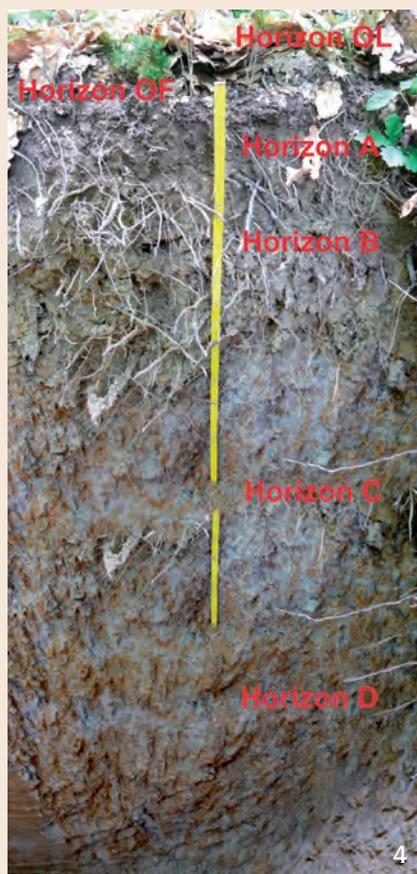
sives de sol d'environ 50 cm de longueur (photo 3). La profondeur maximale prospectée était de 2 mètres, correspondant à l'extraction de 4 carottes. Chaque carotte a été décrite, pour identifier et caractériser les horizons successifs : diagnostic visuel

Tableau 1 : caractéristiques des unités stationnelles étudiées

Nom de la station	Humus	Type de sol référentiel 2008	Appellation courante CPCS	Nombre de sondages à la tarière hydraulique	Nombre de fosses pédologiques
Chênaie charmaie	mesomull	Luvisol rédoxisol	Sol lessivé hydromorphe	30 = 120 carottes	5
Chênaie acidiphile	Dysmoder	Alocrisol rédoxique	Sol brun acide à pseudogley	20 = 80 carottes	3
Chênaie hydromorphe à molinie	Hydromoder	Rédoxisol	Pseudogley	20 = 80 carottes	3

et tactile de la couleur, nature des matériaux (sable, limon, argile), pourcentage d'éléments grossiers. La présence et grosseur des fractions de racines vivantes remontées par la tarière ont été également notées. Ensuite, pour chaque horizon identifié, nous avons calculé la RUM à l'aide de la formule de Jamagne ⁽⁴⁾. Cette méthode fait intervenir l'épaisseur de l'horizon (Ecm), la proportion d'éléments grossiers (E. G %) et la texture de chaque horizon à laquelle correspond une valeur de réservoir utilisable (U) exprimée en mm d'eau par cm d'épaisseur (tableau 2, page 20).

L'épaisseur de sol à prendre en



Densité et répartition des racines dans un profil de sol.

compte correspond à la profondeur prospectée par les racines fines vivantes (< 2 mm) qui jouent un rôle très important dans l'alimentation hydrique des chênes. Nous avons utilisé les enseignements tirés des observations réalisées sur fosses et notamment de la densité et de la répartition des racines dans les horizons argileux profonds. En effet, l'enracinement profond est fortement limité par une argile compacte et les engorgements épisodiques qu'elle induit à 1 mètre. C'est pourquoi un coefficient de réduction de la RUM, variant de 33 à 66 % selon la compacité, la morphologie et la teneur en argile, a été appliqué, à dire d'expert, à chaque valeur de la RUM obtenue (photo ci-contre).

La RUM de chaque sondage a été obtenue en additionnant les RUM de divers horizons. Ces résultats, regroupés par grandes unités stationnelles sont résumés dans le tableau 2, page 20. Les estimations sont données à 1 m ; 1,5 m et 2 m de profondeur.

Les enseignements tirés

La qualité des prélèvements

Pour les 3 stations étudiées, la tarière hydraulique permet à l'opérateur :

- d'identifier un nombre d'horizons semblable à celui observé sur fosses mais surestime systématiquement l'épaisseur des horizons de 20 cm en moyenne (foisonnement du sol),
- de détecter plus précocement la présence d'un horizon compact (argile),
- de restituer convenablement les signes d'hydromorphie (couleurs, nodules) à différentes profondeurs du sol,
- de diagnostiquer la présence/absence

et la grosseur des racines vivantes à différentes profondeurs.

L'utilisation de la tarière hydraulique impose cependant la présence d'une personne expérimentée pour la description, l'interprétation des carottes de sol et le découpage en horizon. À noter également, la difficulté constatée pour qualifier les textures en présence de sables et la nécessité de contrôler, à l'aide d'un mètre, les profondeurs d'apparition des différents horizons.

Valeurs des RUM obtenues à la tarière hydraulique

Selon le type de station prospectée, on constate une surestimation de la RUM de 12 à 18 mm à une profondeur de 1 m et une surestimation de la RUM de 10 à 14 mm à une profondeur de 1,50 m.

Globalement pour des profondeurs prospectées allant de 1 à 2 m, on obtient, à la tarière hydraulique, une surestimation systématique de la RUM pouvant varier de 10 à 18 mm, ce qui représente 6 à 17 % de la valeur de RUM mesurée sur fosse. Cette surestimation reste néanmoins acceptable. Entre les 3 types de station, les valeurs de RUM estimées sur fosses à 1,50 m de profondeur à partir de l'analyse granulométrique, montrent un écart maximal de 40 mm, soulignant un contraste hydrique limité de ces stations.

En Sologne bourbonnaise et dans le Bocage bourbonnais, il est possible, à partir de ce travail, d'obtenir une valeur approchée de la RUM fosse en appliquant à la valeur obtenue à l'aide de la tarière hydraulique, une réduction de 10 % de la valeur totale.

Formule : R.U.M. horizon = valeur de réservoir utilisable x épaisseur de l'horizon en cm
x [(100 - % volumique d'éléments grossiers de l'horizon)/100]

Exemple : RUM d'un horizon limono-sableux de 50 cm d'épaisseur comprenant 10 % d'éléments grossiers :
1,45 x 50 cm x [(100 - 10) / 100] = 65,25 mm

Tableau 2 : valeurs comparées des RUM obtenues par unités stationnelles à l'aide de la tarière hydraulique et sur fosses pédologiques à différentes profondeurs

Unité stationnelle	Chênaie-charmaie				Chênaie acidiphile				Chênaie hydromorphe			
	Même placette (1)		Tarière h seule (2)	Moyenne tarière h.	Même placette (1)		Tarière h seule (2)	Moyenne tarière h.	Même placette (1)		Tarière h seule (2)	Moyenne tarière h.
	Fosse	Tarière h.			Fosse	Tarière h.			Fosse	Tarière h.		
Nombre de sondages	5	5	29	34	3	3	17	20	3	3	15	18
RUM (Jamagne) 1 m	123 mm	125 mm	141 mm	139 mm	103 mm	99 mm	125 mm	121 mm	110 mm	120 mm	122 mm	122 mm
Écart type	11,88	17,47	18,28	18,81	8,44	5,02	16,08	17,63	7,03	6,37	10,87	10,14
Coefficient variation	9,66 %	13,98 %	12,96 %	13,53 %	8,19 %	5,07 %	12,86 %	14,57 %	6,39 %	5,31 %	8,91 %	8,31 %
RUM (Jamagne) 1,50 m	178 mm	175 mm	195 mm	192 mm	137 mm	132 mm	155 mm	151 mm	138 mm	145 mm	148 mm	148 mm
Écart type	10,54	21,01	20,35	21,28	7,25	8,92	17,77	18,43	7,51	6,08	9,93	9,32
Coefficient variation	5,92 %	12 %	10,43 %	11,08 %	5,29 %	6,76 %	11,46 %	12,20 %	5,44 %	4,19 %	6,71 %	6,30 %
RUM (Jamagne) 2 m	229 mm	216 mm	248 mm	243 mm								
Écart type	27,12	19,26	26,19	27,56								
Coefficient variation	11,84 %	8,92 %	10,56 %	11,34 %								

(1) : sondage à la tarière réalisé avant l'ouverture de la fosse pédologique
n = nombre de fosses pédologiques ou sondages à la tarière
 CV = Coefficient de variation : écart type / moyenne en %.

(2) : pas de fosses pédologiques de contrôle de valeur
 ET = Écart type en mm

Cependant hors de ces deux petites régions ou sur des stations différentes, les sondages à la tarière hydraulique devront toujours être accompagnés d'une analyse sur fosses des contraintes à l'enracinement.

Toutefois, en raison même du diamètre du sondage, cette observation de l'enracinement est plus affectée par les fluctuations latérales de l'intensité d'enracinement que celle faite sur une fosse, où le notateur dispose de 5 mètres-linéaires pour faire son évaluation.

Facilités et contraintes de mise en œuvre

- Déplacement lent (5 km/h) et impossible dans les sous-bois denses.

- Risques d'enlèvement sur sols engorgés pendant la période hivernale.

- Tassement des sols très faible car la machine est équipée de chenilles en caoutchouc ; son passage n'endommage pas les jeunes semis issus de régénération naturelle.

- Franchissement des fossés et des zones à morts bois facilité par le rouleau landais installé à l'arrière de la pelle.

- Prospection aisée jusqu'à 2 m de profondeur, même dans les sols engorgés d'eau.

- Mise en œuvre aisée par un seul opérateur possédant une double compétence — période optimale d'utilisation du mi-avril à mi-juillet (pour éviter les périodes trop sèches).

Rendement et coût

En terrain plat et sain et en présence d'un sous-bois clair et pénétrable, il est possible de réaliser en une journée une dizaine de sondages de 2 m de profondeur, déplacement compris d'un point à un autre sur une distance de quelques centaines de mètres. Pour un opérateur expérimenté, il faut compter 15 minutes de temps de forage avec extraction de 4 carottes de 50 cm de longueur et 40 minutes de temps d'observation. Sur la base d'un coût de 600€/jour (chauffeur-observateur + chenillette + tarière hydraulique), le prix de revient d'un sondage s'établit à 60€ et le coût/hectare également à 60€. L'ouverture d'une fosse

Tableau 3 : valeurs de réservoir utilisable en mm d'eau pour 1 cm d'épaisseur de sol

Textures sableuses		mm d'eau/cm	Textures limoneuses		mm d'eau/cm
Sable	S	0,7	Limon léger	LL	1,3
Sable limoneux	SL	1	Limon moyen	LM	
Sable argileux	SA	1,35	Limon argileux	LA	1,95
Textures limono-sableuses			Texture argilo-sableuse		
Limon léger sableux	LLS		Argile sableuse	AS	1,70
Limon sableux	LS	1,45	Textures argileuses		
Limon moyen sableux	LMS		Argile	A	1,75
Limon sablo-argileux	LSA	1,65	Argile limoneuse	AL	
Limon argilo-sableux	LAS	1,75	Texture très argileuse		
			Argile lourde	ALO	1,75

pédologique de 2 m de profondeur et 1 m de largeur et son observation nécessite environ 2 heures et représente un coût de 100 €.

Perspectives

Cette étude a permis de mettre en évidence les atouts et les limites d'utilisation de la tarière hydraulique hélicoïdale Antec MD, en comparaison avec les autres méthodes d'évaluation de la RUM. Les réserves utiles de trois unités stationnelles très répandues en Sologne et Bocage bourbonnais ont pu être caractérisées. Une nouvelle campagne de sondages sur les formations sablo-argileuses et limono-argileuses de l'Allier et des départements limitrophes nous permettra d'étoffer la base de données sur la réserve utile de ces sols et de former un technicien forestier à la conduite de l'outil diagnostique. En effet, la diminution du coût du sondage est un facteur déterminant pour développer ce type de diagnostic et mieux

caractériser et spatialiser la vulnérabilité des peuplements de chênes aux aléas hydriques. La prise en compte des évolutions au cours du temps de la réserve en eau du sol par l'établissement des bilans hydriques est une suite logique à ce travail. ■

* Jean-Paul Nebout, CRPF Auvergne,
10, rue des Fausses Braies, 03 000 Moulins.

Courriel : moulins@crpf.fr

(1) : Entreprise Sylvan, représentée par
Michel Lablé – La Barre – 58110 Rouy

(2) : Entreprise Antec MD, représentée par
Michel Jaffelin, 4, rue Philippe de Lassalle,
69004 Lyon.

(3) : Massifs forestiers : GF des Harcholins ; GF de
Chabet ; GF des Bois Bouleau ; GF des 3
Merlettes ; Propriété d'Hubert Ferron ; Propriété
de Christian du Vivier.

(4) Jamagne Marcel : directeur de recherche à
l'INRA – directeur du service d'étude des sols et
de la carte pédologique de France. Il est à l'origine
des valeurs utilisables en mm d'eau par cm
d'épaisseur de sol. Ces valeurs sont très utilisées
en foresterie.

Bibliographie

(a) Beaufils T, Centre d'études forestières de l'Allier, 1989. Catalogue des types de stations forestières de Sologne bourbonnaise et rapport scientifique. 450 pages.

(a) Beaufils T. CRPF Auvergne, CETEF de l'Allier, ONF. 1991. Bocage bourbonnais – Forêt de Tronçais – Typologie des stations forestières. Catalogue et rapport scientifique. 293 pages.

Pour en savoir plus :

■ Nebout J.-P. 1993. *Le chêne, écologie, économie, histoire, sylviculture*. 504 p., Éditions du Perron.

■ Nebout J.-P. 2004. *Culture des chênaies irrégulières dans les forêts et les parcs*. 360 p., Éditions du Perron.

Résumé

Dans le cadre du RMT AFORCE, le CRPF Auvergne a lancé une campagne d'évaluation de la Réserve en eau Utile Maximale (RUM) des sols forestiers à l'aide de la tarière hydraulique Antec MD. Cette dernière a été testée sur trois unités stationnelles très fréquentes du département de l'Allier, en comparaison avec deux autres méthodes. La précision des résultats, la facilité de mise en œuvre et le coût de prospection plaident en faveur du développement d'un diagnostic pédologique mécanisé.

Mots-clés : économie en eau, réserve utile, enracinement.