

Du nouveau dans les dendromètres

par Michel Chartier¹⁾, Bruno Jacquet et Jérôme Rosa²⁾

Comment choisir un dendromètre ? Des tests comparatifs de terrain détaillent les avantages et inconvénients des récents appareils dendrométriques ?



© Michel Chartier, IDF © CNPF

Photo des instruments de haut en bas et de gauche à droite : Trupulse 200 L, Trupulse 200, Disto D5, HEC2, Vertex IV, Critérium LD 1000.

1) CNPF-IDF

2) CNPF-CRPF Île de France-Centre.

Depuis quelques années, les catalogues de matériel forestier fourmillent de nouveautés en matière de dendromètres. Certains de ces outils utilisent la technologie laser, cela permet de se passer d'une mire et donc évite les déplacements au pied de l'arbre avant la mesure. D'autres bénéficient des dernières techniques de miniaturisation, ils sont plus facilement transportables. Les prix ont également évolué rendant plus accessibles certaines technologies.

L'IDF et le CRPF Île de France-Centre ont eu l'opportunité de tester la précision des mesures de hauteur d'appareils prêtés par la société SDMO. Cet article présente les points clés de ce comparatif.

Matériel testé et descriptif

L'objectif principal est de comparer la mesure de hauteur effectuée par des appareils, utilisant différents procédés de mise à distance. Six appareils sont évalués, avec notamment l'occasion de tester des outils peu onéreux.

Deux appareils légers et peu coûteux :

> HEC2 de la société Haglöf : petit appareil mesurant des hauteurs à des distances définies. Il est intéressant d'évaluer le potentiel d'un tel appareil.

> Disto D5 de la société Leica : télémètre laser mesurant de petites distances et permettant des mesures de hauteur. Ce matériel n'est pas répertorié comme dendromètre dans les catalogues (plutôt à la rubrique télémètre).

Un appareil dendrométrique multi-usage :

> Critérium LD 1000 de la société Laser Technology : cet appareil permet de mesurer des hauteurs, diamètres et surfaces terrières à partir d'une distance définie à mesurer avec un autre appareil ou un ruban. Seule la fonction « mesure de hauteur » sera testée dans cette étude.

Des télémètres utilisant le laser pour la mise à distance :

> Trupulse 200 de la société Laser Technology : ce télémètre laser permet la mesure de hauteur. Double classement dans les catalogues (télémètre et dendromètre),

> Trupulse 200L de la société Laser Technology : ce télémètre, à la différence du modèle précédent, annonce une mesure au métrique.

Un dendromètre mixte pour la mise à distance :

> Vertex IV ultrason & laser de la société Haglöf : ce dendromètre permet de réaliser une mise à distance soit *via* les ultrasons soit par la technologie laser. Les deux techniques sont testées et différenciées dans le comparatif.

Protocole et choix du site

Afin de rendre ce test plus concret, notamment pour les conditions de visibilité à une distance importante de la cible, ce test est réalisé en milieu forestier.

La recherche du site s'est donc portée sur un peuplement de peuplier ou de résineux connu pour sa bonne rectitude et prévu en exploitation dans l'année 2014. Le site d'expérimentation de peuplier situé sur la commune de Clion (36) et suivi par le CETEF de l'Indre a ainsi été retenu. L'absence de sous-étage dans le peuplement était, pour ce test, un plus, amenant des conditions idéales de mesure.

Pour évaluer la précision des appareils, 15 arbres ont été choisis et plusieurs hauteurs

sont mesurées sur un même arbre : hauteur du bourgeon terminal (environ 20-25 m), 15 m, 10 m et 5 m. La hauteur de référence, à l'apex, est issue des moyennes de l'ensemble des mesures. Les autres hauteurs sont matérialisées grâce à une perche de mesure.

Sachant qu'il est conseillé dans le *Guide de l'expérimentation forestière* (Rosa et al., 2011) d'être de 1 à 1,5 fois la hauteur de l'arbre, plusieurs mises à distance sont testées : 0,5, 1 et 1,5 fois la hauteur de l'arbre.

135 mesures sont ainsi réalisées par appareil. Les mesures eurent lieu en mai par beau temps, les arbres furent exploités en juillet 2014.

Résultats comparatifs

Prise en main

De part son système de visée, le télémètre laser Leica ne semble pas pouvoir servir de dendromètre. En effet dès que l'on s'éloigne de plus de 5 mètres de la cible, le pointeur laser n'est plus visible et la visée par la caméra est inadaptée. C'est pour ces raisons qu'il fut rapidement abandonné et qu'il n'apparaît pas dans les résultats.

L'appareil HEC2 est facile de prise en main. Il est léger et peu encombrant. Néanmoins, ses caractéristiques le rendent peu ergonomique pour les personnes aux doigts forts. Tout comme les dendromètres Suunto (Rondeux, 1978) et Blum Leiss non testés ici mais déjà référencés dans la littérature, la visée nécessite l'emploi des deux yeux. Le viseur de l'appareil ne laisse entrevoir que la mesure. Il faut rappeler que la mesure de la distance nécessite un autre dispositif précis.

Le Critérian est un appareil multifonction de dendrométrie, nécessitant un paramétrage spécifique selon le résultat souhaité (mesure de hauteur, mesure de diamètre, etc.). Il est donc conseillé de lire le mode d'emploi ou un guide. Le système de visée permet une lecture directe de la mesure. Cet appareil offre un niveau de zoom optionnel, son ergonomie assure une bonne stabilité de mesure, mais il reste encombrant au regard de la taille des autres appareils. Comme le modèle précédent, il ne permet pas la prise de distance.

Les Trupulse 200 et 200L sont similaires ergonomiquement et dans leurs fonctionnements. La prise en main nécessite la notice,

cependant ils sont utilisables rapidement. Le Trupulse 200 offre un meilleur zoom, qui rend la mesure plus confortable, surtout à grande distance. Le Trupulse 200L est plus léger et un peu moins grand que le 200. L'affichage digital dans le viseur de l'appareil est suffisamment visible, même par temps clair. Les boutons de configuration sont assez sensibles et peuvent amener des changements de configuration par erreur lors de déplacements.

Le Vertex IV laser peut être équipé du système ultrason (les deux étant vendus également séparément). L'avantage de les combiner réside dans le libre choix de la méthode à utiliser selon les conditions de peuplement¹⁾. La prise en main des appareils et le choix de la méthode nécessitent la lecture de la notice. L'ergonomie de ces dendromètres permet une bonne stabilité dans la mesure. Le Vertex est le seul appareil qui ne valide la mesure qu'en condition de prise stable, et qui mémorise les prises successives de hauteurs. La lecture de la mesure s'effectue sur le côté de l'appareil.

Laser ou ultrason

La mise à distance est évaluée pour les dendromètres Trupulse (200 et 200L) et Vertex IV (laser et ultrason). Les calculs d'erreur, qui en découlent, se font à partir d'une distance de référence matérialisée préalablement par un ruban (15, 30 et 45 m).

La méthode par laser offre l'avantage de ne pas exiger de mire (donc gain de temps). Le calcul de la distance se réalise à partir du rebond du signal sur le tronc. L'usage de l'ultrason nécessite, quant à lui, de fixer préalablement un transpondeur sur la cible à une hauteur déterminée et configurée dans l'appareil (ici 1,3 m).

Concernant la précision, les différences sont ténues. Les résultats sont meilleurs pour le Trupulse 200 (erreur absolue moyenne de 9 cm), suivi ensuite du Vertex ultrason, du Vertex laser pour terminer par le Trupulse 200L (voir tableau 1).

On observe que le Trupulse 200 a l'écart type le plus faible (erreur la plus importante de 0,3 m), ceci met en avant son homogénéité dans la prise de mesure. Sur ce point, les Vertex laser et ultrason ont un écart-type quasi similaire avec une erreur maximale de 1 m.

Le Trupulse 200L, de par son résultat tronqué, amène une étendue importante des erreurs allant jusqu'à 2 m.

1) Gaudin et Richard, 2014



© Michel Chartier IDF © CNPF

Mesure à l'aide du Vertex.

D'une manière générale, plus on s'éloigne de la cible plus l'erreur augmente.

Notons, dans cette étude, une différence liée à la technologie utilisée pour la mise à distance : le laser engendre une sous-estimation de la distance, à l'inverse la technologie ultrason la surestime.

Soulignons également que les conditions d'emploi du laser étaient optimales puisque aucun obstacle ne venait perturber le signal. De ce point de vue, le laser devient vulnérable et oblige rapidement à l'emploi d'une mire et d'un filtre dès que le sous-étage est présent et occulte la visibilité pour la mise à distance. On perd ainsi un des avantages du laser résidant dans la non-utilisation de mire.

Tableau 1 - Erreurs sur les mesures de distances (en mètre)

Modèle	Biais	Erreur absolue	Écart-type sur l'erreur absolue	Erreur maximale
Trupulse 200	-0,02	0,09	0,09	0,30
Trupulse 200L	-0,31	0,31	0,51	2,00
Vertex 4 laser	-0,28	0,32	0,24	1,00
Vertex 4 ultrason	0,15	0,25	0,23	1,00

Erreurs sur les hauteurs

Pour chaque dendromètre, les hauteurs 5 m, 10 m, 15 m et la hauteur totale sont mesurées et ceci sur quinze arbres numérotés.

Sur l'ensemble des mesures, les meilleurs résultats sont obtenus par le Vertex tant avec la technologie laser qu'avec celle de l'ultrason. Sur ce matériel, c'est la technologie laser qui assure les meilleurs résultats.

Les deux Trupulse viennent en seconde position avec une erreur moyenne quasi identique. Précisons que ce résultat est à nuancer car le Trupulse 200L ne donne que des mesures au

mètre près.

Vient ensuite le Critérium qui avec, une erreur moyenne de 0,65 m, se rapproche des modèles Trupulse.

Le HEC2 se classe dernier avec une moyenne de 0,80 m. C'est également l'appareil qui amène la plus grande variabilité dans les données avec un écart-type de 0,96 m.

Concernant l'erreur maximale : précisons que les erreurs les plus importantes sont observées lors de la mesure de la hauteur totale, jusqu'au bourgeon terminal. C'est sur cette mesure que le maximum d'erreurs se cumule :

- > référence fixée à partir de la moyenne obtenue avec l'ensemble des appareils, problème de visibilité,
- > risque de choix d'une autre branche dans le même houppier...

Il est intéressant de constater que le risque de sur-estimation est plus important sur la majorité des outils. Cela est sans doute dû aux problèmes de visée ou à un effet opérateur, et non aux caractéristiques technologiques des appareils.

L'erreur liée à la mise à distance

Afin d'évaluer l'impact de la mise à distance, nous avons analysé l'erreur en fonction d'un ratio hauteur mesurée/mise à distance.

Globalement, plus on s'éloigne de l'objet mesuré, meilleure est la précision. Pour autant et dans nos situations forestières, il est parfois difficile de visualiser la hauteur à mesurer lorsque la densité augmente et le couvert se ferme.

Cette amélioration générée par l'éloignement de la cible est fortement observée en passant de 0,5 fois la hauteur à une mise à distance de 1 fois cette hauteur.

Tableau 2 - Erreurs absolues (en mètre) sur les mesures de hauteurs

Modèle	Erreur absolue	Erreur à craindre (à 95%)	Écart-type sur l'erreur absolue	Erreur minimale	Erreur maximale
Criterion	0,65	0,76	0,76	-1,90	3,29
Haglöf	0,80	0,94	0,96	-0,60	3,92
Trupulse 200	0,60	0,71	0,74	-0,60	3,18
Trupulse 200L	0,59	0,71	0,85	-1,00	3,36
Vertex 4 laser	0,42	0,49	0,50	-0,90	2,09
Vertex 4 ultrason	0,48	0,56	0,56	-0,40	2,39

Synthèse comparative

	Critérien RD 1000	Haglöf HEC2	Trupulse 200	Trupulse 200L	Vertex IV laser	Vertes IV ultrason
Technique de mise à distance	autre outil indispensable	autre outil indispensable	laser	laser	laser	ultrason
Facilité de prise en main	++	++++	+++	+++	+++	+++
Ergonomie de mesure	+++	++	+++	+++	++++	++++
Précision de mise à distance	-	-	++++	++	++	+++
Précision sur la hauteur	+++	++	+++	+++ ¹	++++	++++
Utilisation conseillée	mesures multiples et variées sur les mêmes arbres (notamment calcul de défilement)	estimation rapides de hauteurs	estimation précise de hauteurs et distances en absence de sous-étage dense.	estimation précise de hauteurs et distances en absence de sous-étage dense.	estimation précise de hauteurs et distances (NB : mesure < 10 m impossible) Absence de sous-étage dense.	estimation précise de hauteurs et distances
Prix indicatif en €	1 500	200	650	500	1 400/2 200 ²	1 250/2 200 ²

- Fonction non proposée ; + Faible ; ++ Moyen ; +++ Bon ; ++++ Très bon

¹ Mesure métrique.

² Possibilité d'acheter le Vertex cumulant le laser et l'ultrason.

Limites de l'étude

Cette étude, réalisée en milieu forestier, a permis d'intégrer les erreurs de visée, principalement celles liées à la prise de la hauteur totale de l'arbre. Elle met en évidence la nécessité de s'éloigner de la cible mesurée d'au moins 1 fois la hauteur mesurée.

Initialement, il était envisagé de mesurer les longueurs de l'ensemble des tiges après exploitation. Malheureusement, cette dernière ayant débuté trop tôt, seuls 7 arbres ont pu être mesurés. Cela ne permet pas d'utiliser cette donnée de référence qui, par ailleurs, présentait également des biais. La hauteur de référence a donc été calculée à partir des différentes mesures réalisées.

La question de la mise à distance avec sous étage n'a pas été abordée et nécessiterait une étude complémentaire.

Conclusion

Pour les mesures de hauteurs totales, la mise à distance maximale, en conservant de bonne condition de visibilité de la cime, est conseillée. Cela correspond le plus souvent à une fois la hauteur de l'arbre

Les comparaisons d'utilisation et de précision des outils permettent de résumer leurs principales caractéristiques :

> le Vertex 4 reste la référence tant par la technologie laser que par l'ultrason ;

> le Trupulse 200 donne accès à un dendromètre complet et fiable, même s'il est un peu moins précis. Le 200L ne permet quant à lui d'obtenir qu'une précision métrique (insuffisant pour des mesures sur des dispositifs expérimentaux) ;

> le Critérien ne permet pas la mesure de distance, mais il offre l'avantage de la mesure des diamètres à différentes hauteurs (utile pour des cubages précis sur pied), voire des surfaces terrières ;

> le HEC2 permet de disposer d'un appareil électronique à faible coût (même s'il est moins précis que ses homologues), mais il nécessite un autre dispositif pour la mise à distance. ■

Remerciements :

Le propriétaire pour l'accès à la parcelle, le CETEF 36, la société SDMO Quiniou pour le prêt de matériel, l'entreprise de travaux forestiers pour avoir accepté les contraintes d'exploitation.

Résumé

Un test sur le terrain des récents appareils de mesures dendrométriques aboutit à un comparatif de leurs précisions et de leurs facilités d'utilisation. Un tableau récapitule l'ergonomie, l'usage, les avantages et inconvénients de chaque appareil ainsi que leurs coûts.

Mots-clés : appareils de mesures dendrométriques, test comparatif.

Bibliographie

- Gaudin S. et Richard J.-B., 2014. – *Comparaison des dendromètres Vertex III et TruPulse 200B pour la mesure de la hauteur totale des arbres*. Revue Forestière Française, sous presse.
- Rondeux J. et Pauwels D., 1998. *Le Forestor Vertex: une nouvelle génération de dendromètres*. Revue Forestière Française, vol. 50, n° 1, pp. 59-63.
- Rondeux, J., 1978. *Le dendromètre suunto*. Revue Forestière Française, 30(5), pp. 387-391.
- Rosa J., Riou-Nivert P. et Paillassa E., 2011. *Guide de l'expérimentation forestière*, CNPF-IDF, Paris, 224 p.