

FORÊT • NATURE

OUTILS POUR UNE GESTION
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS

Tiré à part de la revue **Forêt.Nature**

La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes
et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction

foretnature.be

Rédaction : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marche. info@foretnature.be. T +32 (0)84 22 35 70

Abonnement à la revue Forêt.Nature :
librairie.foretnature.be

Abonnez-vous gratuitement à Forêt.Mail et Forest.News :
foretnature.be

Retrouvez les anciens articles de la revue
et d'autres ressources : **foretnature.be**

LES PERFORMANCES DE QUELQUES GPS PORTABLES EN MILIEU FORESTIER

PHILIPPE LEJEUNE – JACQUES RONDEUX



© FUSAGx

Cinq récepteurs GPS ont été testés afin d'évaluer leur précision dans les conditions particulières du travail en forêt. Si la précision des modèles oscille parfois fortement, elle est à mettre en parallèle, lors de l'acquisition d'un tel appareil, avec son prix d'achat et le type d'utilisation prévue.

Depuis quelques années, les récepteurs GPS (*Global Positioning System*) ont envahi notre vie quotidienne et apparaissent dans de nombreuses applications, principalement dans le domaine du transport. Cette expansion s'explique à la fois par la diminution du prix des équipements et par l'apparition de nombreuses applications informatiques qui exploitent leurs fonctionnalités.

Les forestiers et les naturalistes utilisent de plus en plus l'outil GPS, essentiellement à des fins de cartographie, de recensement ou de recherche sur le terrain d'éléments dont on connaît la position (fonction de navigation).

L'utilisation des récepteurs GPS en conditions forestières reste encore fortement tributaire des problèmes techniques liés à la présence de la canopée ou de conditions topographiques défavorables (fonds de vallées). Ces éléments induisent une diminution plus ou moins importante de leur performance, voire, dans les cas extrêmes, une incapacité complète à fonctionner.



© FUSAGx

DESCRIPTION DU MATÉRIEL

Les récepteurs GPS sont généralement classés en trois catégories : GPS *de topographie*, GPS *de cartographie* et GPS *grand public* (ou GPS *de randonnée*). Les premiers sont capables de positionner un point avec une marge d'erreur d'à peine un centimètre, mais ils ont un coût qui excède bien souvent 20 000 euros, et ils nécessitent une expertise technique importante. En outre, ils sont la plupart du temps inopérants en conditions forestières. Les GPS de cartographie présentent une gamme de précision allant de 1 à 5 mètres en condition optimale de fonctionnement (absence d'obstacle), pour une fourchette de prix allant de 1 500 à 10 000 euros. Leur maniabilité ainsi que leur aptitude à fonctionner sous couvert forestier permettent de les exploiter efficacement dans ce type de milieu.

Les récepteurs GPS dits *grand public*, sont accessibles à des prix allant de 150 à 1 000 euros. Conçus pour des utilisations telles que la randonnée ou la navigation, ils sont généralement compacts, résistants et d'une utilisation très simple. Ils présentent des performances globalement inférieures aux récepteurs des deux autres catégories, tant au point de vue de la précision que des fonctionnalités de saisie et de stockage d'informations.

La simplicité et le prix de ces appareils en font cependant des outils potentiellement intéressants dans le contexte d'activités de gestion en forêt ou en milieux naturels.

L'objet de cet article est de présenter les résultats d'un test comparatif portant sur une série de cinq récepteurs GPS relevant des catégories *cartographie* et *grand public*. Les récepteurs faisant l'objet de cette comparaison ont en commun le fait qu'ils sont très compacts et légers (de 150 à 800 g).

Le test a été réalisé en milieu forestier en considérant différentes situations en termes de présence d'éléments arborés.

Le tableau 1 présente les cinq récepteurs GPS comparés dans cette étude. Le modèle Mobile Mapper (Thalès) a été utilisé selon deux configurations : en utilisant son antenne interne ou complété d'une antenne externe montée sur une canne (figure 1).

PRÉSENTATION DU TEST COMPARATIF

Le dispositif d'essai est constitué d'un parcours de référence d'une longueur de

Figure 1 – Récepteur Mobile Mapper équipé d'une antenne externe.



Récepteur	Catégorie	Prix indicatif (euro)	Poids (gramme)	Autonomie (heure) ¹	Taille de l'écran (pixel)	Encodage d'attributs	Facilité d'utilisation ²	Système WAAS-EGNOS ³
Etrex (Garmin)	randonnée	440	150	32	128 x 64	non	**	non
GPSMap 60c (Garmin)	randonnée	450	150	28	240 x 160	non	*	oui
GPSMap 60csx (Garmin)	randonnée	600	150	25	240 x 160	non	*	oui
Mobile Mapper (Thales)	cartographie	1 800	213	8	120 x 160	oui	***	oui
Mobile Mapper + antenne externe (Thales)	cartographie	2 200	213	8	120 x 160	oui	***	oui
Geo-explorer XT (Trimble)	cartographie	6 500	780	8	240 x 320	oui	***	oui

¹ Valeurs annoncées par le constructeur.
² * : très facile, ** : facile, *** : relativement complexe.
³ Système de correction différentielle accessible gratuitement.

Tableau 1 – Principales caractéristiques des récepteurs GPS testés.

438 mètres et qui comporte douze piquets correspondant aux sommets d'un polygone dont la surface totale est de 1,27 hectare. Ce parcours est situé pour partie sous le couvert d'un taillis sous futaie à réserve de chêne très dense et pour partie dans une jeune plantation de chêne (figures 2 et 3). Les récepteurs GPS ont été testés sur ce circuit en considérant deux modes de fonctionnement : le mode *waypoint* et le mode *trace*. Le mode *waypoint* consiste à enregistrer la position d'un point en gardant le récepteur immobile sur ce point pendant un certain laps de temps. Pour ces essais, la durée d'acquisition pour le mode *waypoint* a été fixée à 5 secondes. La position enregistrée correspond à la moyenne de cinq

positions instantanées consécutives. Le mode *trace* correspond pour sa part à une acquisition instantanée de positions alors que le récepteur est en mouvement. Dans le cas présent, les opérateurs se déplacent suivant les lignes droites qui relient chaque piquet, les positions instantanées étant enregistrées avec une fréquence d'une position toutes les 10 secondes.

Le système de correction EGNOS-WAAS qui permet d'améliorer la précision du positionnement a été activé pour tous les récepteurs capables d'exploiter ce système de correction différentiel (voir tableau 1). La possibilité offerte par les récepteurs Thales et Trimble de procéder à un traite-

ment différentiel des données a posteriori n'a pas été exploitée lors de ces essais.

Tous les récepteurs ont été testés durant les mêmes tranches horaires : de 9 heures à 12 heures et de 13 heures à 16 heures, certains appareils étant testés le 8 septembre 2006 et d'autres le 13 septembre 2006. Les différents appareils ont ainsi été testés dans des conditions comparables en termes de disposition des satellites.

Compte tenu des contraintes techniques liées au fonctionnement des différents récepteurs, le parcours du dispositif a été répété entre vingt-six et trente-trois fois.

Pour évaluer la précision des positions enregistrées par les récepteurs en mode waypoint ou en mode trace, les piquets du dispositif ont été positionnés de manière très précise (écart-type inférieur à 10 cm) à l'aide d'un équipement topographique approprié.

Dans le cas du mode waypoint, les erreurs de positionnement sont exprimées par la distance séparant les positions supposées exactes des piquets des positions estimées par les récepteurs lors des différents passages. Dans le cas du mode trace, l'erreur est calculée en considérant la distance la plus courte entre les positions instantanées saisies par les récepteurs et le côté du polygone sur lequel se trouve l'opérateur au moment de la saisie. Le calcul de l'erreur pour le mode trace est moins précis que dans le cas du mode waypoint. On peut donc s'attendre à ce que les erreurs mises en évidence soient plus faibles que pour le mode waypoint, sans que pour autant on puisse conclure à de meilleures performances des récepteurs en mode trace. Plusieurs statistiques peuvent être utilisées pour syn-



Figure 2 – Site expérimental constitué d'une jeune plantation de chêne (premier plan) et d'un taillis sous futaie de chêne à réserve très dense.

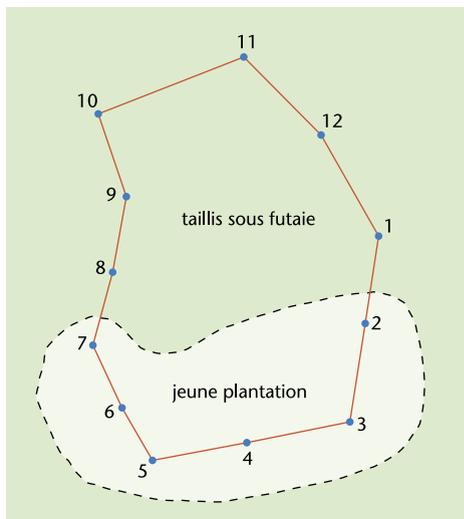


Figure 3 – Représentation du dispositif expérimental constitué d'un polygone à douze sommets (surface = 1,27 hectare, périmètre = 438 mètres) situé pour partie sous couvert forestier dense et pour partie dans une jeune plantation.

thétiser les erreurs ainsi calculées : valeur moyenne, écart-type, intervalle de confiance... Dans le cas du calcul d'erreur associé aux récepteurs GPS, on privilégie souvent

l'estimation d'une erreur à craindre, celle-ci étant exprimée par rapport à un niveau de confiance (ce dernier est fixé par convention à 95 %). À titre d'exemple, une erreur à craindre de 5 mètres signifie que 95 % des mesures réalisées par l'appareil sont assorties d'une erreur inférieure à 5 mètres.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Précision des récepteurs

Les tableaux 2 et 3 présentent la synthèse des résultats obtenus avec les différents récepteurs, respectivement pour le mode waypoint et le mode trace. Ces résultats sont ventilés en fonction de la présence ou non d'un couvert forestier.

Si on analyse les résultats liés au mode waypoint, on peut considérer globalement que les récepteurs de type « cartographique » (Thales et Trimble) sont plus précis que les récepteurs de type « randonnée ». En zone de clairière, les meilleurs résultats sont obtenus avec le Mobile Mapper muni d'une antenne externe (erreur = 3,6 mètres). Trois autres récepteurs affichent une erreur à craindre inférieure ou égale à 10 mètres : le Geoexplorer XT (erreur = 4,7 mètres), le Mobile Mapper sans antenne externe (erreur = 5,7 mètres), et le GPSMap 60csx (erreur = 8,8 mètres). En présence d'un couvert forestier, le Mobile Mapper muni d'une antenne externe reste le récepteur le plus performant avec une erreur à craindre de 9,5 mètres. Dans ces mêmes conditions, seul le GPSMap 60csx présente également une erreur à craindre inférieure ou égale à 10 mètres, celle-ci dépassant 30 mètres pour l'Etrex (erreur = 36,7 mètres).

Les récepteurs de type cartographique sont dotés d'un système de filtrage per-

mettant d'éliminer les positions supposées les moins précises. Ils convient de ce fait de les caractériser par un *taux d'acquisition* correspondant à la proportion de positions effectivement enregistrées par rapport au nombre de positions totales susceptibles d'être enregistrées. On peut noter qu'en zone découverte, ce taux d'acquisition est très proche de 100 % pour tous les récepteurs. Par contre, sous couvert forestier il diminue de manière significative pour le Mobile Mapper sans antenne externe (75,3 %) ainsi que pour le Geoexplorer XT (76,6 %). Pour ces récepteurs, une telle diminution du taux d'acquisition est le prix à payer pour garantir la qualité des positions estimées. D'un point de vue pratique, cela signifie cependant que ces récepteurs se sont révélés inopérants durant 25 % de leur temps d'utilisation sous couvert forestier.

Les différences de performance entre récepteurs cartographiques et récepteurs de randonnées sont moins marquées lorsque l'on analyse les résultats du mode trace (tableau 3).

Les erreurs à craindre les plus faibles sont enregistrées avec le Geoexplorer XT avec des valeurs de 3,6 et 7,0 mètres respectivement en zone de clairière et sous couvert forestier. Les récepteurs de types GPSMap 60csx et GPSMap 60c sont classés en deuxième et troisième position que ce soit en zone découverte (erreurs de 6,0 et 7,0 mètres) ou en zone forestière (erreurs de 9,3 et 10,6 mètres).

Dans le cas des récepteurs munis d'un système de filtre (Thales et Trimble), l'évolution des taux d'acquisition suit la même tendance que pour les prises de mesure de type waypoint.

Récepteur	Clairière		Forêt	
	Erreur à craindre (mètre)	Taux d'acquisition (%)	Erreur à craindre (mètre)	Taux d'acquisition (%)
Etrex (Garmin)	15,7	100,0	36,7	-
GPSMap 60c (Garmin)	10,5	100,0	24,4	-
GPSMap 60csx (Garmin)	8,8	100,0	10,0	-
Mobile Mapper (Thales)	5,7	90,6	17,6	75,3
Mobile Mapper + antenne externe (Thales)	3,6	99,5	9,5	94,5
Geoexplorer XT (Trimble)	4,7	95,2	15,1	76,6

Tableau 2 – Résultats des six récepteurs utilisés en mode waypoint.

Récepteur	Clairière		Forêt	
	Erreur à craindre (mètre)	Taux d'acquisition (%)	Erreur à craindre (mètre)	Taux d'acquisition (%)
Etrex (Garmin)	7,9	100,0	19,9	-
GPSMap 60c (Garmin)	7,0	100,0	10,6	-
GPSMap 60csx (Garmin)	6,0	100,0	9,3	-
Mobile Mapper (Thales)	11,4	84,5	26,1	60,4
Mobile Mapper + antenne externe (Thales)	9,1	98,8	15,1	96,8
Geoexplorer XT (Trimble)	3,6	94,6	7,0	75,6

Tableau 3 – Résultats des six récepteurs utilisés en mode trace.

Globalement, les essais qui ont été réalisés dans cette étude mettent logiquement en évidence la plus grande précision des GPS de type cartographique. Cette conclusion mérite cependant d'être nuancée par les remarques qui suivent :

- le modèle « Mobile Mapper » ne présente de très bons résultats que s'il est équipé d'une antenne externe, ce qui en diminue la maniabilité et le caractère compact ;
- la précision accrue de ce type de récepteurs s'obtient au détriment d'un fonctionnement continu, puisqu'on a pu observer, selon les cas, jusqu'à 25 % d'incapacité à fournir une position sous couvert forestier (taux de réception proche de 75 %) ;
- la gamme de fonctionnalités plus étendue des récepteurs cartographiques se traduit bien souvent par une plus grande complexité d'utilisation. À titre

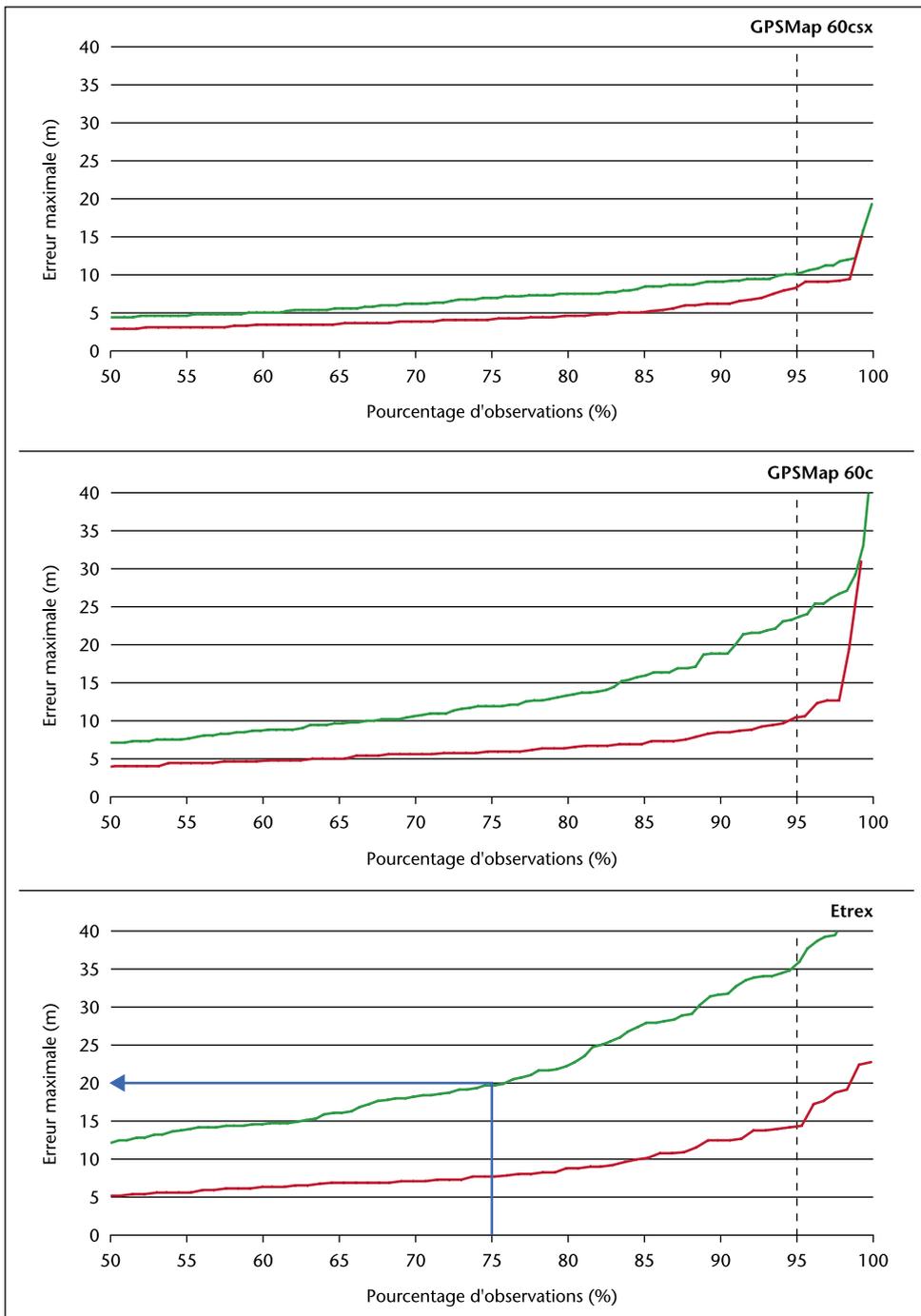


Figure 4 – Distributions de fréquence cumulée des erreurs enregistrées en mode waypoint en fonction du type de milieu (rouge : clairière, vert : forêt) pour les trois récepteurs Garmin. Dans le cas de l'Etrex, 75 % des observations seront réalisées avec une erreur inférieure à 20 mètres (flèche bleue).

d'exemple, le récepteur Geoexplorer XT de Trimble utilise comme interface ArcPad® (ESRI) un logiciel de cartographie fonctionnant sur un ordinateur de poche. Bien que relativement simple d'utilisation pour un opérateur expérimenté, un tel logiciel nécessite un apprentissage technique pour être utilisé de manière correcte. À l'opposé, les interfaces des récepteurs de type randonnée sont très simples et intuitives, ce qui permet à leurs utilisateurs d'être opérationnels après quelques heures de manipulation ;

- le gain de précision global des équipements de type cartographique se traduit par une différence de prix qui peut s'avérer prohibitive. Ainsi, en mode waypoint, si l'on compare le Mobile Mapper avec antenne externe avec le GPSMap 60csx, le gain de précision (respectivement de 5,2 mètres en zone découverte et de 0,5 mètre sous couvert forestier) se traduit par un coût d'équipement multiplié par trois ! Ce dernier élément de comparaison risque très souvent de s'avérer déterminant dans la perspective d'une utilisation occasionnelle d'un GPS.

Les bonnes performances du récepteur GPSMap 60csx s'expliquent très certainement par le fait qu'il est équipé d'un récepteur de nouvelle génération (SiRFstar III) particulièrement performant lorsque les conditions de réception sont mauvaises (forêt, zone urbaine...).

Les résultats obtenus par l'Etrex pourraient supposer que l'utilisation de ce type d'équipement doit être déconseillée. Il convient également de relativiser ce jugement, en rappelant que l'erreur à craindre repose sur une notion statistique. La figure 4 présente pour les trois récepteurs Garmin (Etrex, GPSMap 60c et GPSMap 60csx) une courbe

de distribution de fréquence cumulée des erreurs enregistrées en mode waypoint en fonction du type de milieu.

Le graphique relatif au récepteur Etrex permet de constater par exemple que plus de 60 % des waypoints enregistrés sous couvert forestier présentent une erreur inférieure ou égale à 15 mètres.

Comparaison des autres fonctionnalités

Les récepteurs de randonnée présentent des fonctionnalités informatiques de préparation ou de post-traitement des données peu ou pas développées en comparaison des GPS de cartographie. Ainsi dans le cas des récepteurs Garmin, aucune fonction de base ne permet de transformer les coordonnées dans le système de projection Lambert belge 72. Cette lacune est en grande partie comblée par l'existence d'applications informatiques généralement développées par des utilisateurs et bien souvent accessibles gratuitement sur internet. C'est par exemple le cas de GarBel disponible gratuitement sur le site www.fsagx.ac.be/gf/outilslogiciels et qui permet un transfert des données du GPS vers le PC ou du PC vers le GPS, en assurant une conversion dans un format lisible par la plupart des logiciels de cartographie (shapefile) et dans le système de projection en vigueur en Belgique (Lambert 72).

Un autre élément à signaler en défaveur des récepteurs de type randonnée concerne leur capacité de mémoire limitée. Il est difficile d'évaluer la capacité de mémorisation des GPS de cartographie, dans la mesure où celle-ci dépend non seulement de la taille mémoire du récepteur, mais également des paramètres techniques liés à la campagne de mesure réalisée (réalisation d'un post-traitement, nombre d'attributs à

encoder...). On peut cependant considérer qu'elle correspond à plusieurs milliers de points cartographiés. Dans le cas des récepteurs Garmin le nombre de waypoints mémorisables est de cinq cents dans le cas de l'Étrex et du GPSMap 60c et de mille pour le GPSMap 60csx. Le nombre de points pouvant être stockés en mode trace est de deux mille cinq cents dans le cas de l'Étrex et de dix mille pour les deux autres récepteurs (GPSMap 60c et GPSMap 60csx).

Si l'on considère les possibilités d'encodage de données descriptives, les récepteurs de randonnée présentent également certaines faiblesses. Ainsi le nombre de caractères disponibles pour décrire un waypoint est limité à douze, alors que la description de points collectés en mode trace est tout simplement impossible. Cette limitation impose de recourir à une saisie manuelle des données descriptives (carnet plus crayon) et de procéder à un encodage de ces données au bureau.

CONCLUSIONS

Les récepteurs GPS reposent sur une technologie en constante évolution. Néanmoins, leur mise en œuvre en milieu forestier reste jusqu'à présent synonyme d'une perte de précision plus ou moins importante en fonction de l'importance et de la densité de la canopée. Le marché actuel offre une très grande diversité d'équipements correspondant à des gammes de prix très contrastés (de 150 à plus de 10 000 euros). En fonction des besoins et pour autant que les exigences en matière de précision ne soient pas trop élevées, il est tout à fait possible de trouver des solutions techniques à des prix abordables dans la gamme des GPS dits de randonnée. Un récepteur tel que le GPS-

Map 60csx permet un positionnement en milieu forestier avec une précision de l'ordre de 10 mètres pour un budget d'environ 600 euros. Les récepteurs moins performants (cas de l'Étrex) devraient idéalement être réservés à des conditions d'utilisation pas trop contraignantes en termes de couvert forestier (mises à blanc, peuplements peu denses) à moins d'accepter des erreurs de positionnement pouvant atteindre une trentaine de mètres.

Le recours à l'outil GPS trouve un prolongement logique dans l'utilisation d'outils de cartographie informatisés. Il s'agit également d'un domaine en pleine évolution qui sera abordé lors d'un prochain article. ■

Nous tenons à remercier l'Unité de Mécanique des Fluides et Environnement de la FUSAGx pour la réalisation des levés topographiques et pour le prêt de matériel, ainsi que la Division de la Nature et des Forêts (Région wallonne) et le Centre de Recherche de la Nature des Forêts et du Bois (Région wallonne) pour le prêt de matériel.

PHILIPPE LEJEUNE

lejeune.p@fsagx.ac.be

JACQUES RONDEUX

rondeux.j@fsagx.ac.be

Unité de Gestion des Ressources
forestières et des Milieux naturels,
Faculté universitaire des Sciences
agronomiques de Gembloux

Passage des Déportés, 2
B-5030 Gembloux