

Tiré à part article Forêt.Nature

Merci pour votre participation à ce numéro de Forêt.Nature.

La version électronique de votre article est fournie uniquement à usage personnel et ne peut être diffusé largement sans l'autorisation préalable de la rédaction.

En cas d'archivage sur serveur informatique, merci d'indiquer la source originale de la publication comme ceci : « Article paru dans Forêt.Nature : www.foretwallonne.be ».

Abonnez-vous gratuitement au **Forêt-MAIL** sur notre site
www.foretwallonne.be

Bénéficiez d'une réduction sur votre abonnement à **Forêt.Nature**
pour la première année
et abonnez vos **étudiants** au tarif spécial qui leur est réservé



Inventaires forestiers d'aménagement : retour de formation

Laureline Claessens¹ | Sébastien Petit² | Philippe Lejeune¹

¹ Gestion des ressources forestières (GxABT-ULg)

² Forêt Wallonne asbl

Le logiciel « IFA » est un outil d'aide à la réalisation des aménagements forestiers. La formation dispensée par l'asbl Forêt Wallonne durant le premier semestre 2017 fut l'occasion soulever les difficultés à sa mise en œuvre ou les incompréhensions restant à lever.

RÉSUMÉ

Les inventaires forestiers d'aménagement sont des outils indispensables pour une gestion durable des forêts. Ils permettent de quantifier la ressource d'une propriété ou d'un massif et d'en planifier l'exploitation, mais aussi d'en suivre l'évolution. Dans l'optique de la mise au point d'un plan d'aménagement forestier, le recours à des inventaires par échantillonnage permet de dresser l'état initial de la forêt.

L'application informatique IFA (pour inventaire forestier d'aménagement) a été conçue pour faciliter la mise en

place et l'utilisation de tels inventaires. Une session de formation a eu lieu l'hiver passé sur la phase de récolte des données « terrain » dans le cadre de l'utilisation d'IFA. Les éléments importants tels que la conception du plan d'échantillonnage, la collecte des différentes données et l'information qu'elles apportent, le rendement journalier, les outils techniques utilisés, etc., sont abordés sous l'angle des questions fréquemment posées lors des formations. En fin d'article, trois cas de figure couramment rencontrés en Wallonie sont traités en exemple pour mieux appréhender les possibilités d'utilisation d'IFA.

Voici

quelques années, l'unité de Gestion des Ressources Forestières de Gembloux

Agro-Bio Tech a mis au point une application informatique permettant de faciliter la mise en place d'inventaires par échantillonnage dans le cadre de la révision des aménagements². La collecte des données suit alors une méthodologie standardisée, permettant la récolte d'informations sur la dendrométrie, la composition et la structure des peuplements, mais également sur la régénération, l'état sanitaire, la qualité des bois, la quantité de bois mort...

Forêt Wallonne a proposé une première série de formations aux inventaires forestiers d'aménagement, portant principalement sur la phase de terrain. Différents points de vue ont été échangés et plusieurs débats et questionnements ont vu le jour parmi les participants. L'objectif de cet article est de rassembler ces retours, parfois récurrents, et de proposer des balises pour faciliter la prise de décision lors de la mise en place des inventaires d'aménagement. Il s'agit donc d'apporter des réponses aux questions fréquemment posées lors de la réalisation de ce type d'inventaire. Les informations de base pour la mise en place d'un inventaire forestier d'aménagement sont disponibles dans le support de formation.

À quelle échelle travaille-t-on pour un inventaire forestier d'aménagement ?

L'inventaire forestier d'aménagement vise à obtenir une connaissance globale de la forêt à l'échelle de la propriété ou de l'unité d'aménagement. Son but est de fournir des informations sur la forêt qui seront utiles pour l'aménagement (matériel sur pied, composition, structure, dynamique de croissance et de régénération...). Ces données permettront d'une part à l'aménagiste de fixer les objectifs de l'aménagement au moment de sa révision sur une base quantitative et d'autre part au gestionnaire de contrôler, en cours d'aménagement, l'état des peuplements par rapport à la situation de départ.

Vu les surfaces importantes qui sont concernées (de quelques centaines à quelques milliers d'hectares), la maille de cet inventaire par échantillonnage peut varier de un point par hectare à un point tous les 16 hectares, de sorte à limiter l'effort d'échantillonnage à moins de 10 % de la surface. Par conséquent, l'utilisation des données de ce type d'inventaire n'est plus pertinente pour des surfaces restreintes (parcelle ou compartiment) vu le faible nombre de placettes concernées et l'erreur d'échantillonnage im-

portante qui en découle. Pour de plus petites surfaces (quelques dizaines d'hectares), on aura plutôt recours à des inventaires typologiques ou complets.

Quel est l'apport des outils préconisés (vertex et GPS de terrain) par rapport aux outils traditionnels ?

Le cheminement entre les placettes est facilité par l'utilisation d'un simple GPS de randonnée. L'application informatique prévoit en effet la création d'un fichier au format « .gpx » à partir des coordonnées de la grille d'inventaire qui peut être directement transférée sur l'appareil. D'autre part, l'utilisation de différents récepteurs GPS pour rallier les points d'échantillonnage a été comparée au cheminement classique (topofil et boussole). Les résultats montrent dans l'ensemble que le cheminement au GPS permet un temps de parcours plus court sur une journée de terrain associé à une meilleure précision du positionnement (au topofil, l'écart par rapport à la cible est inférieur à 5 mètres dans seulement 15 % des cas)³.

Les mesures de distance (rayon de placette, distance des arbres par rapport au centre) se font à l'aide du Vertex. Par rapport à une mesure à la chevillière suédoise ou au topofil, on gagne en confort et en rapidité de mesure : il ne faut plus faire des allers-retours entre le centre de la placette et les arbres, la mesure s'obtient instantanément en une pression de bouton. Il faut cependant veiller à calibrer l'appareil régulièrement pour garantir une prise de mesure précise, l'idéal étant de le faire au début de chaque journée de terrain.

Combien de placettes faut-il installer et à quelle distance les unes des autres ?

Le nombre de placettes à installer dépend tout d'abord de l'erreur d'échantillonnage que l'on est prêt à concéder. L'hétérogénéité du peuplement intervient également, appréhendée sous l'angle du coefficient de variation de la surface terrière du peuplement estimé sur des placettes de 10 ares, à savoir que plus elle est importante, plus il faudra échantillonner pour capter cette variabilité. Le nombre de placettes à installer se calcule alors par la formule suivante⁵ :

$$n = (4 \times cv^2) / e^2$$

Avec n , le nombre de placettes à installer ; cv , le coefficient de variation (en pourcent) de la surface terrière du peuplement ; et e , l'erreur d'échantillonnage souhaitée (en pourcent).



Encart 1. Valeurs clé

Coefficient de variation

Pour une futaie feuillue ardennaise, le coefficient de variation est d'environ 40 à 50 %, tandis que pour une jeune plantation résineuse il se situe plutôt vers 25 %⁵.

Erreur d'échantillonnage

Pour une précision comparable à celle d'un inventaire complet, on peut viser entre 5 et 10 % d'erreur.

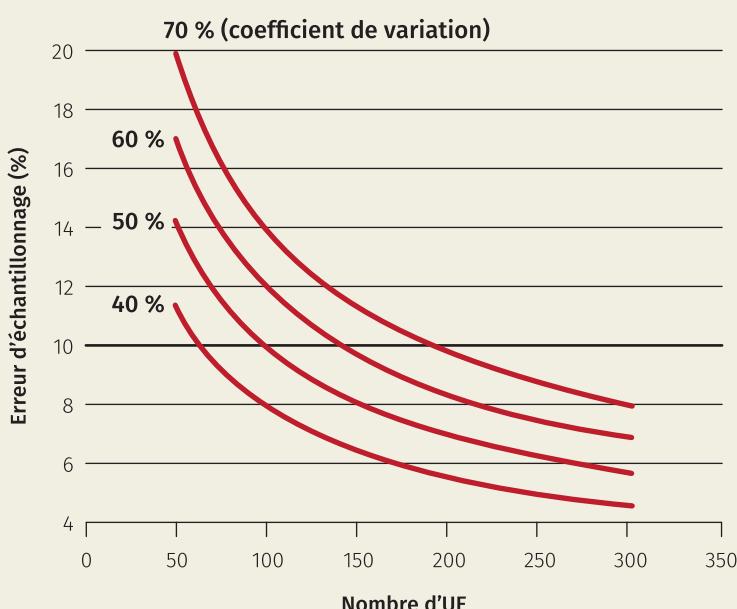


Figure 1. Erreur d'échantillonnage en fonction du nombre de placettes pour différents coefficients de variation.

Encart 2. Exemple simple

Prenons le cas d'un massif exclusivement feuillu ($cv = 50\%$) de 1000 ha que l'on souhaite inventorier avec une précision comparable à celle d'un inventaire total, soit 5 à 10 %.

Il faudra donc installer entre $n = (4 \times 50^2) / 10^2 = 100$ et $n = (4 \times 50^2) / 5^2 = 400$ placettes sur la propriété.

On remarque ici que pour diviser l'erreur d'échantillonnage par deux, il faut multiplier le nombre de placettes par quatre.

On a donc le choix entre plusieurs mailles :

Points par hectare	Nombre de placettes	Maille	Erreur
1 par 4 ha	250	Carrée, 200 m de côté	6,32 %
1 par 8 ha	125	Rectangulaire, 200 m x 400 m	8,94 %

En règle générale, il est recommandé de disposer d'au moins 50 unités d'échantillonnage pour obtenir un résultat pertinent. La figure 1 montre l'évolution de l'erreur d'échantillonnage en fonction du nombre de placettes installées, pour différents niveaux de variabilité du peuplement.

Si l'on souhaite obtenir des informations à une échelle plus locale (subdivision des résultats par compartiment, par coupe...), il faudra alors prévoir d'installer plus de placettes (par l'utilisation d'une maille plus fine), de manière à disposer d'un nombre suffisant de données pour caractériser ces entités de manière fiable (encart 2).

Pour diminuer le plus possible l'erreur d'échantillonnage et ainsi augmenter la fiabilité de l'inventaire, une stratégie possible est de stratifier l'inventaire en zones présentant les caractéristiques les plus homogènes possibles en termes de matériel sur pied. Par exemple, on peut imaginer de scinder les coupes récemment exploitées des plus anciennes, de sorte à conserver une meilleure homogénéité des peuplements inventoriés.

Le choix de la maille devra alors permettre l'installation d'un nombre de placettes suffisant au sein de l'ensemble de la surface à inventorier pour rester sous le seuil d'erreur accepté et en lien avec les moyens disponibles (temps, argent, main d'œuvre...). Une grille de référence couvrant l'ensemble de la Wallonie existe et est disponible au service cartographie du DNF. Cette grille peut aisément être découpée selon les limites administratives du DNF. Dans la foulée, les unités d'échantillonnage peuvent se voir attribuer les informations contenues dans la couche parcellaire, ce qui permettra, par la suite, un traitement ciblé des résultats de l'inventaire (récapitulatif par propriété, coupe, triage, type de peuplement...).

La grille de référence permet d'autre part de sélectionner les points correspondant à différentes tailles de maille : d'un point par hectare à un point par 16 hectares, avec variantes rectangulaires horizontales ou verticales.

Quel est le rendement journalier sur le terrain et par quoi est-il influencé ?

Une équipe de deux opérateurs équipés de matériel adéquat et performant (GPS et Vertex en ordre de fonctionnement) peut réaliser de 8 à 15 placettes par jour. La vitesse d'avancement dépendra principalement de la maille choisie, qui conditionne les temps

grilleRW																		
FID	Shape *	OBJECTID	x	y	GR2haH	GR2haV	GR4ha	GR8haH	GR8haV	GR16ha	EA	UA	PROP	COMP	IL	PA	ANN_PLANT	
0	Point	1	15545	6955	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	Point	2	15555	6955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Point	3	15565	6955	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	Point	4	15575	6955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Point	5	15535	6965	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	Point	6	15545	6965	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	Point	7	15555	6965	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	Point	8	15565	6965	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	Point	9	15575	6965	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	Point	10	15585	6965	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figure 2. Aperçu de la table attributaire de la grille de référence.

de déplacement entre les placettes, de la topographie et de la densité de peuplement, qui influencent l'accessibilité des placettes, et enfin du nombre de données à collecter.

Les postes les plus chronophages parmi les mesures sont :

- le relevé dendrométrique, avec un léger supplément si l'on relève tous les critères de conformation, état sanitaire et dégâts,
- les mesures de hauteur totale à l'aide du Vertex (rubriques « Htot » et « Hdom »),
- le relevé de la position des arbres par rapport au centre de placette (distance et azimut) pour les placettes permanentes. Ce dernier représente un temps supplémentaire par rapport à l'utilisation de placettes temporaires. Cependant, cette étape n'est à faire que lors de l'installation et permet lors du remesurage de retrouver avec certitude les arbres de la placette ou leur souche, en évitant d'avoir recours à la peinture (ce qui engendre un coût supplémentaire et une apparence artificialisée des peuplements et a, de plus, une durabilité incertaine).

Le choix méthodologique d'installer des placettes à nombre de bois minimum et rayon maximum permet de répartir également l'effort de mesure entre les placettes : de la sorte, quelle que soit la densité du peuplement, on mesure toujours (à peu près) le même nombre d'arbres et le relevé dendrométrique, qui constitue la mesure principale, prend alors un temps équivalent dans chaque placette.

Quelle stratégie adopter pour le choix du rayon de la placette ?

Relevé dendrométrique

La méthodologie IFA est assez souple à ce niveau. En effet, le logiciel est capable de prendre en charge plusieurs stratégies de mise en place.

Placette à nombre de bois minimum et rayon maximum
Le rayon de placette est variable selon la densité du peuplement. Cette manière de faire permet d'obtenir un effort de mesure relativement constant entre les

placettes, ce qui représente un gain de temps non négligeable dans les zones très denses.

Le choix du nombre minimum de tiges à mesurer est à choisir au préalable. L'application propose un menu déroulant avec des paramètres déjà utilisés dans le cadre d'inventaires d'aménagement, mais il est possible également d'encoder une nouvelle valeur. Pour une information statistique de qualité, on peut raisonnablement choisir un minimum de 10 à 15 arbres par placette en fonction de la variabilité des peuplements, ce qui en principe permet d'avoir suffisamment d'observations par placette au remesurage, même après une éclaircie ultérieure.

Au niveau du rayon maximal, on accepte communément 18 mètres de rayon, correspondant à une surface de 10 ares. Au-delà, on perd du temps à couvrir une surface importante pour un gain d'information qui va en diminuant. D'autre part, cette distance maximale correspond à la gamme de distances de transmission optimale des ultrasons du Vertex positionné sur son pied (jusque 20 voire 30 mètres dans de bonnes conditions). Rien n'empêche cependant de diminuer ce rayon maximal si l'on sait que, dans l'ensemble, les peuplements à inventorier sont plutôt denses.

Placette à nombre de bois fixe

Comme pour la placette à nombre de bois minimum et rayon maximum, cette manière de faire présente l'avantage d'un effort de mesure constant, avec le gain de temps qui lui est associé. Le nombre de bois est à fixer au départ, et l'on peut encore une fois compter sur 10 à 15 pieds par placette (selon la variabilité des peuplements) pour obtenir un résultat fiable.

Concrètement, il s'agit de mesurer les x bois les plus proches du centre de l'unité d'échantillonnage. Le rayon, variable d'une placette à l'autre, sera égal à la moyenne des distances des deux arbres les plus éloignés du centre de la placette. Le principal inconvénient de cette méthode est qu'il faut progresser en spirale à partir du centre pour relever les x arbres les plus proches du centre, et seulement eux, ce qui en pratique n'est pas toujours aisé.



Placette à rayon fixe

La placette à rayon fixe est sans doute la plus facile à mettre en œuvre. Il s'agit simplement de mesurer tous les arbres compris dans un rayon défini au départ et identique pour toutes les placettes. Ce rayon fixe devra être réfléchi de sorte à avoir, en moyenne, suffisamment d'arbres par placette. Cela dépendra notamment de la densité des peuplements et de leur variabilité. Le tableau 1 reprend une estimation du rayon de la placette en fonction du nombre de tiges moyen par hectare et du nombre minimum de tiges souhaité par placette. Pour ce type de placette, le gros inconvénient est que l'effort de mesure est très variable d'une placette à l'autre.

Relevé de régénération

L'évaluation de la régénération se fait sur un rayon fixe, qui pourra donc dans la plupart des cas être différent du rayon de la placette dendrométrique, notamment si l'on a recours à des placettes dendrométriques à rayon variable. Dans cette dernière situation, pour faciliter le travail des opérateurs, l'idéal serait de choisir un rayon qui, dans la majorité des cas, n'excèdera pas celui de la placette dendrométrique. De la sorte, au cours des déplacements entre les arbres à mesurer, les opérateurs pourront déjà repérer les différentes essences rencontrées, sans devoir prospecter un « anneau » supplémentaire par rapport à la placette dendrométrique. Comme il s'agit d'une estimation de recouvrement avec des classes assez larges (coefficients de Braun-Blanquet), le rayon utilisé pour la régénération n'influencera pas tellement le temps passé pour le relevé mais bien son

exhaustivité. Enfin, l'avis des agents de terrain sur la surface qui leur semble adéquate peut également apporter un élément de réponse.

Autres relevés

L'application informatique demande également de fixer un rayon pour le relevé du bois mort, et pour la note de présence des différentes strates verticales du peuplement. A priori, il n'y a pas de stratégie particulière pour ces relevés. Dans une idée de simplicité du protocole de récolte des données, il sera plus facile, une fois le rayon maximum de placette dendrométrique et le rayon pour la régénération fixés, de choisir une de ces deux valeurs, afin de ne pas multiplier les chiffres à retenir pour la mise en place sur le terrain.

Quel est l'apport des différentes mesures récoltées dans une logique de révision d'aménagement ?

Le relevé dendrométrique dans sa forme la plus simple (essence, circonférence, statut) permet déjà de quantifier la ressource disponible à l'échelle de la propriété (composition, structure, capital sur pied...), et ainsi de dresser l'état initial. Lorsqu'il est complété par la collecte d'informations sur l'état sanitaire, les défauts de conformation, la qualité et les dégâts occasionnés aux arbres, cet état initial peut être mis en perspective par rapport à la qualité et donc la valeur des grumes sorties du massif. En filigrane, on obtient également une information sur le soin

Tableau 1. Choix du rayon de la placette en fonction du nombre de tiges moyen par hectare et du nombre minimum de tiges souhaité par placette.

Nombre de tiges par hectare	RAYON	
	Placette de 10 arbres (peuplement homogène)	Placette de 15 arbres (peuplement diversifié)
100	17,8	21,9
150	14,6	17,8
200	12,6	15,5
250	11,3	13,8
300	10,3	12,6
350	9,5	11,7
400	8,9	10,9
450	8,4	10,3
500	8,0	9,8
550	7,6	9,3
600	7,3	8,9

des exploitations forestières et sur la pression de la faune.

L'estimation de la régénération donne quant à elle une idée de la diversité et de la qualité du semis ainsi que de la dynamique de renouvellement en place dans les peuplements. En plus, elle permet de mettre en lumière les possibilités de diversification des peuplements et les blocages éventuels (absence de semis ou semis ne parvenant pas à s'installer ou à se développer).

Dans une logique d'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels ou de certification de la forêt, la donnée « bois mort » peut être un atout et permet de positionner la propriété par rapport aux objectifs à atteindre (Natura 2000, circulaire biodiversité...).

La hauteur dominante peut indiquer le niveau de fertilité des stations et la hauteur de cime renseigne sur le degré de stabilité des peuplements résineux.

Enfin, le recensement des « autres occupations » permet d'avoir une information qualitative de différentes situations : enherbement gênant (ronce, fougère aigle, molinie...), cours d'eau, quais de chargement, nourrissages... qu'il peut être intéressant de recenser pour avoir une connaissance globale de la forêt au moment de sa description.

Après un remesurage, les accroissements mesurés permettront de calculer la possibilité au plus juste,

en prenant en compte la croissance réellement observée dans les peuplements, dépendant notamment des atouts et des faiblesses de la propriété. Ainsi, l'aménagiste pourra estimer au mieux les volumes de bois produits et les recettes générées par la forêt. Les prélèvements effectués et la mortalité naturelle (maladie, chablis) entre les deux passages en inventaire seront également quantifiés et pourront être comparés aux accroissements. Cela permettra de dégager d'éventuelles tendances concernant la (dé-)capitalisation et de les corriger pour la suite pour correspondre à la capacité de production de la forêt.

Par comparaison des résultats d'inventaires successifs, on pourra suivre l'évolution de la qualité des peuplements (défauts et dégâts) suite aux martelages qui ont eu lieu entre temps. L'état sanitaire global de la propriété pourra également être suivi régulièrement. En cas de suspicion de crise sanitaire, un relevé dans l'année de l'état du peuplement peut être facilement réalisé sur les placettes de l'inventaire. En suivant la proportion d'arbres touchés par les dégâts (gibier, exploitation...), on pourra suivre l'évolution de la pression de gibier et celle de la qualité des exploitations. Au niveau de la régénération, on pourra lier son développement aux politiques mises en œuvre au sein de la propriété pour la favoriser ou la diversifier, par exemple.

Le tableau 2 synthétise l'apport de chaque critère relevé dans le contexte d'une révision de plan d'aménagement.





Donnée	Premier mesurage	Après remesurage
Essence*, circonférence*	État initial de la forêt : structure, composition, capital sur pied	Calcul de possibilités sur base des accroissements et du passage à la futaie, évolution de la structure et de la composition : permet de contrôler l'efficacité de la gestion par rapport aux objectifs de l'aménagement
Statut*	Quantité d'arbres réservés	Calcul du prélèvement et de la mortalité naturelle (chablis, maladie)
État sanitaire (tronc et houppiers)	Proportion d'arbres sains	Suivi de l'état sanitaire (amélioration ou non) sous l'effet des politiques de gestion menées
Défauts de conformation	Proportion d'arbres affectés par les différents défauts, idée de la qualité génétique des peuplements	Évolution de la qualité génétique du peuplement suite à l'action des martelages successifs
Dégâts	Proportion des arbres présentant des dégâts d'exploitation, de gibier... : aperçu du soin des exploitations et indicateur de pression de gibier	Suivi de la qualité des exploitations, efficacité des plans de tir
Hauteur dominante	Indicateur de fertilité de la station	
Hauteur de cime	Indicateur de stabilité des peuplements (en résineux)	
Régénération	Diversité, qualité et importance du semis, permet d'envisager les possibilités de diversification, de quantifier les besoins en plantation	Suivi de la régénération au cours du temps : évolution en composition, développement ou blocage de certains stades
Bois mort	Indicateur de biodiversité, positionnement par rapport au code forestier, à Natura 2000...	Évolution de la ressource en bois mort dans le temps
Autres occupations	Description de la propriété, signalement de la ronce et de la fougère qui peuvent être mises en lien avec un éventuel blocage de la régénération	

* Données collectées d'office dans la méthodologie IFA

Tableau 2. Apport de chaque critère relevé dans le contexte d'une révision de plan d'aménagement.

Cinq mesures de hauteurs proposées.

Laquelle choisir et pourquoi ?

L'application informatique propose le relevé des hauteurs totale, de recoupe, de culée ou de cime pour chaque arbre, ainsi que la mesure de la hauteur dominante sur la placette. Bien sûr, s'atteler à les relever toutes systématiquement sur le terrain n'est pas une solution à envisager. La pertinence des informations procurées par ces différentes hauteurs dépendra principalement des types de peuplements inventoriés et des attentes du gestionnaire par rapport à l'inventaire (tableau 3).

Enfin, les équations de cubage du logiciel sont celles de DAGNELIE *et al.*¹, lequel précise d'ailleurs explicitement que par convention, toutes les hauteurs sont estimée à partir du niveau du sol et non de la section d'abattage.

Comment définir la zone à inventorier ?

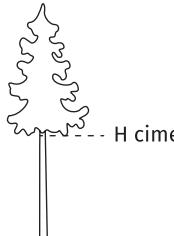
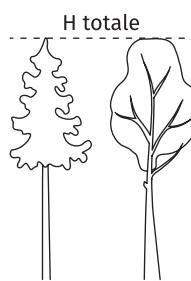
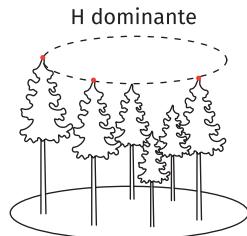
Avant de lancer un inventaire, il est important de se demander quelle sera sa zone d'application. Tout en gardant à l'esprit que le but premier est d'apporter

un support quantitatif pour la rédaction d'un plan d'aménagement, différentes possibilités s'offrent au gestionnaire. Il pourra, par exemple, se concentrer sur une propriété ou une unité d'aménagement dans son ensemble, ou cibler les séries-objectif productives uniquement, mais il est aussi envisageable de découpler l'analyse (peuplements feuillus séparés des résineux, analyse par région naturelle, distinction des zones de basse et haute altitude...) à l'aide de plusieurs inventaires distincts, pour lesquels on pourra définir des plans d'échantillonnage différents pour coller le plus possible avec la réalité du terrain (den-

sité de la maille, paramètres à récolter, stratégie de rayon de placette...).

Enfin, avant de lancer la campagne d'inventaire sur le terrain, il est important de bien se mettre d'accord sur ce qui sera considéré comme les limites de la zone d'inventaire, par exemple : les voiries, gagnages, milieux ouverts... sont-ils inclus dedans ? L'attitude à adopter quand on se trouve dans ce genre de cas particuliers doit également être définie a priori, de sorte que toutes les équipes de terrain agissent de la même manière dans ces situations.

Tableau 3. Type de hauteur et intérêt dans le cadre de l'inventaire.

	Hauteur de cime Hauteur à laquelle commence le houppier (branches vertes)	Pertinence en feuillus, surtout dans le cadre d'une exploitation séparée des grumes et des houppiers. Dans ce cas précis, le code forestier prévoit que la hauteur de recoupe corresponde à la hauteur de la section dont la circonférence vaut la moitié de la C_{150} .
	Hauteur totale Hauteur séparant le sol du bourgeon terminal	Employée en résineux pour donner une idée de la proportion de cime vivante (indice de stabilité).
	Hauteur dominante Hauteur moyenne des 100 plus gros bois à l'hectare dans le peuplement	Utilisable tant en résineux qu'en feuillus.
		Permet de faire le lien avec la fertilité de la station en peuplements équiennes dont l'âge est connu (calcul du site index).



Situations particulières

La placette tombe dans un blanc-étoc.

Faut-il la mesurer ?

Oui. Ce genre de placettes donnera d'un côté une information sur la surface relative de blanc-étoc dans la propriété. D'un autre côté, dans une optique de renouvellement des peuplements par voie naturelle, le relevé de la régénération permettra d'orienter le gestionnaire vers les différentes essences en régénération dans ces zones.

Comment estimer la régénération dans une jeune plantation ?

Le relevé de la régénération permet de distinguer le recrû naturel de la régénération artificielle. L'essence, le stade de développement et l'écartement de la plantation pourront être renseignés.

Comment envisager l'installation de la placette dans un jeune peuplement avant éclaircie, ou dans un taillis mûr sous futaie pour avoir un nombre suffisant d'arbres à mesurer au prochain passage ?

Dans le cas d'un inventaire avec des placettes à rayon fixe, ce genre de cas ne pose en principe pas de problème pour autant que le rayon ait été correctement choisi au départ en fonction de la densité moyenne et de l'hétérogénéité des peuplements.

Le problème principal d'un inventaire en taillis sous futaie réside dans le fait qu'il y a du chevauchement

entre la circonference d'exploitabilité des brins et le seuil d'inventaire, souvent fixé à 40 cm de circonference (C_{150}). Dans les peuplements où le taillis est (presque) mûr, il suffit alors de quelques cépées dans un faible périmètre pour avoir le nombre de bois minimum. Dans ce cas de figure, en général, peu d'arbres de la futaie sont représentés, et après éclaircie du taillis, la placette ne comporte plus que quelques tiges, ce qui ne garantit pas une fiabilité statistique à toute épreuve.

Pour éviter tant que possible ce genre de situations, on peut imaginer de se fixer un rayon minimum, quitte à mesurer un peu plus de bois à l'installation, de relever légèrement le seuil d'inventaire de sorte à rencontrer moins de brins de taillis mature ou encore de prendre un nombre minimum de bois un peu plus élevé, par exemple 15 bois minimum, ou une combinaison de plusieurs de ces trois solutions.

L'année de l'installation, le nombre de pieds à mesurer sera un peu plus grand à ces endroits et cela prendra un peu plus de temps. Tant que l'on respecte le minimum de tiges et le rayon maximum, tout se passera bien du côté informatique.

Exemples généraux

Pour terminer, trois exemples typiques de planifications d'inventaire sont présentés, avec comme objectif principal la connaissance de la ressource sur pied, et différents objectifs secondaires selon les cas. Les différents choix à poser pour chacun sont expliqués.



Inventaire en hêtre ardennoise

Caractéristiques

- Inventaire permanent
- Surface à inventorier : 300 hectares
- Structure irrégulière (coefficient de variation ≈ 50 %)
- NHA : 450 tiges à l'hectare
- Erreur maximale acceptée : < 10 %
- Objectif particulier : obtenir un aperçu de l'état sanitaire des peuplements

Planification

Le nombre minimum de placettes à installer est de 100. La **maille de 100 sur 200 mètres** (1 point par 2 hectares) permettra d'en installer 150. Vu la structure irrégulière du peuplement, la placette à nombre de bois minimum et rayon maximum est privilégiée pour garder un effort d'échantillonnage constant entre les zones à gros bois et les zones plus denses. Les valeurs de **12 arbres minimum et 18 mètres maximum** permettront respectivement d'observer suffisamment d'arbres dans la placette pour en capter l'hétérogénéité locale (structure irrégulière) en se donnant une marge de manœuvre dans les zones plus claires (12 bois sur 18 mètres de rayon équivalent à un NHA de 120 bois par hectare).

Pour le rayon du relevé de **régénération**, **9 mètres** devraient permettre, en moyenne, de rester en dessous du rayon de la placette dendrométrique, de sorte à ne pas devoir parcourir un anneau supplémentaire par rapport au relevé des arbres (le NHA moyen est de 450 tiges par hectare, ce qui correspond à un rayon de placette moyen de 10,3 mètres). Dans un souci de facilité pour les opérateurs de terrain, les données collectées dans les rubriques **bois mort et strates** le seront également sur un rayon de **9 mètres**.

Lors du relevé, on prévoit de récolter **pour chaque arbre** les paramètres suivants :

- la distance et l'azimut par rapport au centre de placette, définissant la position de chaque arbre. S'agissant d'un inventaire permanent, cela permettra par la suite de retrouver tous les bois au remesurage,
- la hauteur de recoupe,
- l'état sanitaire du tronc et du houppier (objectif particulier).

Puisqu'il s'agit d'un inventaire permanent, la rubrique **arbres témoins** est également cochée pour renseigner les trois arbres témoins de la placette qui seront marqués durablement (griffe et peinture).

Inventaire en taillis sous futaie de chêne et charme

Caractéristiques

- Inventaire permanent
- Surface à inventorier : 450 hectares

- Structure à deux étages (coefficient de variation ≈ 50 %)
- NHA : 250 tiges à l'hectare
- Erreur maximale acceptée : < 10 %
- Objectifs particuliers : 1) la zone à inventorier est à cheval sur deux régions naturelles (250 hectares et 200 ha) et l'on souhaite mettre en évidence une éventuelle différence de productivité et 2) on souhaite avoir une idée de la qualité des bois sur pied

Planification

Le nombre de placettes minimum à installer est de 100. La maille de 200 sur 200 mètres permettra d'en avoir 112. Si l'on veut pouvoir analyser séparément les peuplements des deux régions naturelles, il faudrait avoir plus de points pour pouvoir tirer des conclusions valables. On peut dans ce cas envisager la **maille de 100 sur 200 mètres**, qui permettra d'avoir 225 points au total (125 et 100 points), ce qui permettra d'avoir suffisamment de points pour subdiviser le jeu de données avec une erreur acceptable.

Pour traiter la question de l'inventaire en taillis sous futaie, on pourra :

- se fixer un rayon minimum de 10 mètres (à 250 tiges par hectare, le rayon moyen de placette fait 14 mètres, donc 10 mètres permet d'avoir une fourchette de rayons de 10 à 18 mètres, centrée sur la moyenne de 14 mètres),
- relever le seuil d'inventaire à 50 cm,
- Prendre 15 bois minimum.

Les placettes dendrométriques seront donc de **15 arbres minimum et 18 mètres maximum**, avec un **rayon minimum de 10 mètres** et un **seuil d'inventaire de 50 cm**.

Pour le rayon du relevé de **régénération**, dans la même optique que précédemment pour la hêtre ardennoise, 10 mètres devraient suffire et permettront de rester cohérent avec le rayon minimum fixé ci-dessus. Encore une fois, pour ne pas embrouiller inutilement les opérateurs, les rayons pour le **bois mort et les strates** seront **calqués sur le rayon de la régénération**.

Lors du relevé, on prévoit de récolter **pour chaque arbre** les paramètres suivants :

- la distance et l'azimut par rapport au centre de placette, définissant la position de chaque arbre,
- la hauteur de recoupe,
- éventuellement la hauteur de culée si les chênes sont de bonne qualité,
- les défauts de conformation,
- la présence de dégâts,
- la qualité de la grume (uniquement pour les bois de plus de 100 cm de circonférence (C_{100})).



POINTS-CLEFS

- ▶ Le recours à des inventaires forestiers d'aménagement (IFA) permet d'acquérir une connaissance globale de la propriété ou du massif qui pourra servir de base pour la rédaction du plan d'aménagement.
- ▶ Le plan d'échantillonnage doit être conçu en fonction des besoins et des moyens (temps, finances, personnel) du gestionnaire.
- ▶ Les outils préconisés (GPS, Vertex) facilitent et accélèrent la prise de mesure sur le terrain.
- ▶ L'application IFA simplifie la planification, l'encodage et le traitement des inventaires d'aménagement et offre une grande souplesse d'utilisation : relevé de données personnalisable, du plus simple au plus complet.

Les arbres témoins seront également renseignés pour le remesurage ultérieur.

Inventaire en peuplements résineux purs équiennes

Caractéristiques

- Inventaire permanent
- Surface à inventorier : 300 hectares
- Structure régulière (coefficient de variation ≈ 25 %)
- NHA : 650 tiges à l'hectare
- Erreur maximale acceptée : < 10 %
- Objectif particulier : avoir une idée de la stabilité des peuplements

Planification

Le nombre de placettes minimum à installer est de 25. La **maille de 400 sur 200 mètres** permettra d'en avoir 37. Dans ce type de peuplement très homogène, on peut se permettre d'installer des **placettes à rayon fixe** pour simplifier les opérations. Pour avoir, en moyenne, 12 arbres par unité d'échantillonnage, le rayon de placette est de 7,66 mètres. On peut donc arrondir à **8 mètres de rayon** pour simplifier les choses. Le rayon du relevé de régénération peut également être fixé à cette valeur.

Lors du relevé dendrométrique, on prévoit de récolter **pour chaque arbre** les paramètres suivants :

- la distance et l'azimut par rapport au centre de placette, définissant la position de chaque arbre,
- la hauteur de cime, qui comparée à la hauteur dominante du peuplement permettra d'avoir une proportion de houppier vert, indicatrice de la stabilité des peuplements (objectif particulier).

Les données sur le bois mort ou sur la présence des différentes strates de hauteur auraient peu de sens dans ce type de peuplement. La rubrique hauteur dominante est par contre sélectionnée et mesurée à l'échelle de la placette.

Conclusion

Les inventaires forestiers d'aménagement, et plus encore l'outil de traitement développé au sein de l'Axe Gestion des ressources forestières de Gembloux Agro-Bio Tech (ULg), permettent une prise de données sur le terrain et un traitement efficace des relevés, tout en gardant une certaine plasticité pour s'adapter aux différentes situations rencontrées en forêt. Il faut néanmoins prendre le temps de planifier ces opérations avant leur mise en œuvre.

La méthodologie IFA implique d'appréhender la diversité des situations rencontrées et surtout les besoins des gestionnaires forestiers ainsi que la finalité des informations. Il faut par ailleurs les mettre en rapport avec la dépense en temps et en énergie nécessaire à la réalisation de ce type d'inventaires. ■

Bibliographie

- ¹ Dagnelie P., Palm R., Rondeux J. (2013). *Cubage des arbres et des peuplements forestiers : tables et équations*. Presses Agronomiques de Gembloux, 176 p.
- ² De Thier O., Lisein J., Lejeune P. (2014). IFA : un logiciel simple pour la réalisation et le traitement d'inventaires forestiers d'aménagement. *Forêt Wallonne* 129 : 44-45. 
- ³ Gaudin S., Pont S., Gantillon M. (2006). Le GPS : un outil efficace pour se diriger en forêt. *Revue Forestière Française* 58 : 141-154. 
- ⁴ Rondeux J. (1999). La mesure des arbres et des peuplements forestiers. *Presses Agronomiques de Gembloux*, 521 p.
- ⁵ Verrou V. (2001). *Les inventaires de gestion dans les plantations résineuses*. Note Technique Forestière de Gembloux 2, 13 p. 

Crédits photos. S. Petit (p. 40, 45 et 48).

Laureline Claessens¹

Sébastien Petit²

Philippe Lejeune¹

l.claessens@ulg.ac.be

¹ Axe Gestion des ressources forestières (ULg-GxABT)
Passage des Déportés 2 | B-5030 Gembloux

² Forêt Wallonne asbl
Rue Nanon 98 | B-5000 Namur



ACCORD-CADRE RECHERCHES ET VULGARISATION FORESTIÈRES

