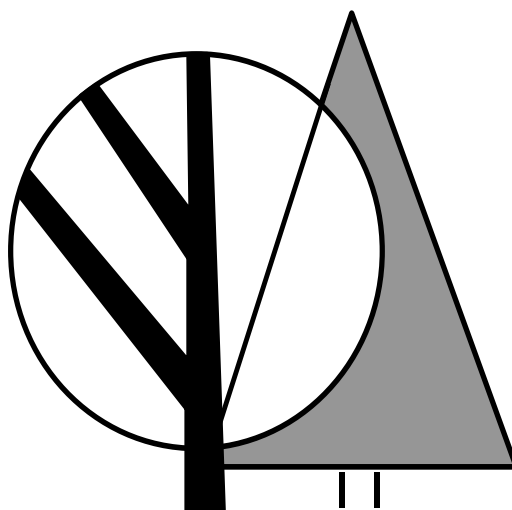


LES CAHIERS FORESTIERS DE GEMBOUX



LA GESTION FORESTIERE DURABLE EN REGION WALLONNE,
INTEGRATION D'INDICATEURS APPROPRIES A L'INVENTAIRE
PERMANENT

N° 27

H. LECOMTE, G. KOESTEL, J. RONDEUX

LES CAHIERS FORESTIERS DE GEMBLoux

visent à faire connaître les travaux (documents techniques, rapports de recherche, publications, articles de vulgarisation) émanant des Unités des Eaux et Forêts de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux et de ses groupes de recherche, financés par des organismes internationaux, nationaux ou régionaux.

Adresse de contact :

Unité de Gestion et Economie forestières
Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux
B - 5030 Gembloux - Belgique

Tél : 32 (81) 62 23 20

Fax : 32 (81) 62 23 01

E-MAIL : rondeux.j@fsagx.ac.be

<http://www.fsagx.ac.be/gf>

LA GESTION FORESTIERE DURABLE EN REGION WALLONNE, INTEGRATION D'INDICATEURS APPROPRIES A L'INVENTAIRE PERMANENT(*)(**)

H. LECOMTE⁽¹⁾, G. KOESTEL⁽²⁾, J. RONDEUX⁽²⁾

Résumé

L'inventaire forestier permanent dont les objectifs initiaux étaient avant tout d'ordre économique et politique, a été adapté pour prendre le mieux possible en compte des critères de gestion durable définis par la Conférence d'Helsinki. Dès sa mise en œuvre il était prévu que l'inventaire récolte déjà un nombre important de variables et de paramètres retenus comme indicateurs de gestion durable : surfaces, volumes, accroissements, considérés globalement ou ventilés selon un large éventail de possibilités. L'intégration de nouvelles variables a principalement concerné le milieu, la biodiversité végétale, la gestion des peuplements, l'évaluation de la biomasse et du stock de carbone ; l'état sanitaire des arbres. Le présent article montre, pour chacun des 6 critères de gestion durable tels que définis par le processus d'Helsinki, comment l'inventaire forestier wallon a pu, suite à diverses adaptations méthodologiques ou observations complémentaires, les prendre en compte.

Mots-clés : inventaire forestier, gestion durable, critères, indicateurs.

Summary : Sustainable forest management, integration of pertinent indicators to the regional forest inventory

The permanent forest inventory used in Wallonie since 1994 has been launched, as many others, to support a regional forest policy and evaluate wood forest products. To take into account criteria and indicators of sustainable forest management, especially proposed by the Helsinki conference, some aspects of the methodology have been adapted and new variables have been collected in the field of ecological parameters (soil, lesser vegetation, ecosystem and species diversity, biomass, global carbon budget, forest health, physical environmental factors). This paper provides some insight into the way used to collect, through a regional permanent forest inventory, a large amount of components dealing with forest sustainability. An important database provides useful baseline information for future management decisions and can be considered as the best achieved tool for monitoring progress toward sustainable forest management at a regional level.

Key-words : regional forest inventory, sustainable forest management, criteria, indicators.

(*) Synthèse réalisée à la suite d'une convention de recherche (financée par la Région wallonne) portant sur le « Suivi scientifique de l'Inventaire permanent des Ressources ligneuses de Wallonie » et confiée à la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux.

(**) Texte publié dans *Silva Belgica* 1999 sous le titre : « La gestion forestière durable en Région wallonne, l'apport de l'inventaire permanent, 2 : intégration des indicateurs à l'inventaire ».

(1) Cellule « Inventaire des Ressources ligneuses », Division « Nature et Forêts », Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement. Ministère de la Région wallonne.

(2) Unité de Gestion et Economie forestières, Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux.

1. Introduction

Dans une étude récente KOESTEL *et al.* [1999], après avoir rappelé les différents critères et indicateurs de gestion forestière durable adoptés à l'échelle internationale, montrent comment, au niveau régional, un inventaire forestier permanent peut, outre les variables et paramètres qu'il traite habituellement, prendre en charge ces indicateurs.

Moyennant quelques ajustements méthodologiques, il s'est avéré dans le cas de la Région Wallonne, que l'Inventaire des Ressources ligneuses pouvait, grâce aux techniques d'échantillonnage qu'il met en œuvre, constituer un outil pertinent pour dresser un état des lieux du développement durable en milieu forestier. En outre, du fait de son caractère permanent, il permet d'assurer le suivi de l'évolution des critères et indicateurs au cours du temps.

Nous rappellerons très brièvement les bases méthodologiques de l'inventaire forestier régional (paragraphe 2) et les résultats de l'étude qui était destinée à lui faire prendre en compte des indicateurs de gestion durable (paragraphe 3). Nous nous attacherons à montrer comment ces indicateurs sont concrètement, selon les cas, observés, mesurés, calculés et traités (paragraphe 4), puis nous tirerons les quelques conclusions qui paraissent s'imposer (paragraphe 5).

2. Bref rappel de la méthodologie de l'inventaire

En cours depuis février 1994, l'Inventaire permanent des Ressources ligneuses de Wallonie est réalisé selon un échantillonnage systématique monophasé non stratifié [RONDEUX et LECOMTE, 1994]. Il s'appuie sur une grille de points à maille rectangulaire de 1.000 m x 500 m orientée d'Est en Ouest, de sorte que chaque point de sondage est l'image de 50 ha. Cette grille est appliquée sur toutes les cartes topographiques (échelle 1/25.000^e) couvrant le territoire de la Wallonie. Environ 11.000 points situés en zones forestières sont ainsi identifiés et installés sur une période de 10 ans et un dixième d'entre eux, répartis uniformément à travers toute la Wallonie, est inventorié annuellement. Cette modalité d'exécution garantit des résultats toujours disponibles à l'échelle régionale avec une précision accrue au fil des années⁽¹⁾.

En chacun des points on installe une unité d'échantillonnage constituée de quatre placettes circulaires concentriques dont la plus grande couvre une surface de 10 ares. Sur chaque unité d'échantillonnage sont récoltées diverses observations, informations et mesures conventionnellement réparties en : données générales et administratives, relevés relatifs au milieu et mesures dendrométriques des arbres vivants et morts. Une description du peuplement environnant (réalisée dans un cercle de 30 m de rayon autour du centre de l'unité d'échantillonnage) complète l'analyse en matière de gestion du peuplement et de divers paramètres le caractérisant. Des informations complémentaires sont aussi recueillies sur les cartes topographiques ou thématiques (cartes des sols, des secteurs écologiques, ...). Les unités d'échantillonnage sont permanentes, ce qui rend possible les remesurages des individus ainsi que le suivi de l'évolution du peuplement et des conditions stationnelles.

(1) C'est à partir de 2004 qu'un second inventaire revisitant les mêmes points sera organisé.

Toutes les données sont transcrites sur des fiches spécifiques, contrôlées et encodées dans une base de données relationnelle. Après traitement, elles sont stockées avant d'être exploitées en fonction des demandes et des besoins de résultats [LECOMTE *et al.*, 1997].

3. Etude de l'intégration d'indicateurs de gestion durable à l'inventaire

Dans le cadre de l'ouverture de l'inventaire aux indicateurs⁽¹⁾ de gestion durable, des contraintes inhérentes aux bases méthodologiques peuvent être incompatibles avec l'intégration de ces nouveaux paramètres. En effet, les objectifs de l'inventaire forestier permanent étaient à l'origine essentiellement d'ordres économique et politique [RONDEUX, 1978, 1994]. Néanmoins, si l'on raisonne en termes d'efficacité vis-à-vis des objectifs élargis à satisfaire, cet inventaire réalise un bon compromis entre contraintes et avantages.

Sur le plan des principales *contraintes* déjà évoquées par KOESTEL *et al.* [1999], on retiendra principalement : récolte d'informations sur des zones très limitées (points de sondage et environnement immédiat), techniques d'inventaire (modalités de sélection) spécifiques aux végétaux supérieurs, période d'inventaire pas toujours compatible avec des relevés de végétation.

Sur le plan des *avantages*, il convient de mettre l'accent sur plusieurs points tels que : la mise en œuvre d'une méthode éprouvée en matières scientifique et statistique, la collecte structurée d'informations à partir d'une couverture complète et homogène de la forêt wallonne, la permanence des unités de sondage.

En fonction des critères de gestion durable définis par la Conférence d'Helsinki, nous avons démontré la faisabilité d'intégrer à l'inventaire régional un maximum d'indicateurs les caractérisant [KOESTEL *et al.*, 1999]. Ces derniers ont été ventilés en plusieurs types selon la nature des variables utilisées :

- *variable initiale* : variable déjà disponible dans la "version de départ" de l'inventaire (variable observée, mesurée ou calculée) ;
- *variable dérivée* : variable nouvelle obtenue par le traitement ou la transformation de variables brutes déjà récoltées mais inutilisées dans l'optique initiale de l'inventaire ;
- *variable nouvelle* : variable dont la récolte n'était pas prévue avant l'élargissement des objectifs de l'inventaire et qui ne pouvait être obtenue que par observation ou mesure sur le terrain ;
- *variable sans objet (rejet)* : variable qui ne peut être prise en compte par l'inventaire eu égard à sa nature (indicateur socio-économique).

(¹) Un *critère* est une catégorie de conditions ou de processus essentiels par lesquels la gestion durable peut être évaluée. Un *indicateur* est une variable ou un paramètre observé, mesuré ou calculé qui caractérise un critère en termes de degré de réalisation et/ou d'évolution dans le temps.

4. Intégration des indicateurs de gestion durable à l'inventaire

La prise en compte d'indicateurs de gestion durable par l'inventaire forestier wallon est opérationnelle depuis juin 1997. Nous passerons en revue, l'un après l'autre, les six critères de gestion durable tels qu'ils ont été définis par le processus d'Helsinki ; pour chacun d'eux, à l'aide d'un tableau récapitulatif, nous classerons tous les indicateurs qui leur sont associés en fonction des variables retenues initiales, dérivées ou nouvelles, et décrirons les modalités de leur estimation. Quelques commentaires préciseront si nécessaire certains éléments spécifiques aux critères et indicateurs étudiés.

4.1. Critère 1 : Conservation et amélioration appropriées des ressources forestières et de leur contribution aux cycles mondiaux du carbone.

La plupart des indicateurs de ce critère sont pris en compte depuis le début de l'inventaire ; c'est le cas des surfaces et volumes qui comptent parmi les résultats "classiques" d'un inventaire forestier.

Les surfaces sont estimées par la méthode de comptage de points (BOUCHON, 1985) et peuvent être déclinées selon un large éventail de possibilités : type forestier (structure et type de peuplement), type de végétation (forêt, fagnes, incultes, ...), nature du propriétaire, classe d'âge,

A ces ventilations s'est ajoutée la faculté de classer les peuplements forestiers selon leur antécédent cultural (occupation du sol avant le peuplement en place : sol agricole, forêt feuillue, friche, ...) et leur origine (plantation ou semis par l'homme, semis naturel, ...).

Tableau 1. - Indicateurs du premier critère de gestion durable.

Indicateur	V. initiale	V. dérivée	V. nouvelle	Rejet	Estimation à partir de :
SF par type forestier	X				Mesures et comptages de points
SF par type de végétation	X				Observations et comptages de points
SF par propriétaire	X				Analyse de cartes et comptages de points
SF par classe d'âge	X				Mesures et comptages de points
SF par origine			X		Observations et comptages de points
VHA par type forestier	X				Mesures et traitements
VHA par type de végétation	X				Mesures, observations et traitements
VHA par propriétaire	X				Analyses de cartes et traitements
VHA par classe de site	X				Traitements
VHA par classe d'âge	X				Mesures et traitements
C. strate arborée		X			Traitements
C. sol		X	X		Traitements

SF = surface forestière ; VHA = volume à l'hectare ; C = stock de carbone.

Les volumes sont également disponibles selon les mêmes clés de répartition ; les mesures de la circonférence à 1,5 m et éventuellement des hauteurs dominantes ou totales correspondant à autant « d'entrées » dans des équations de cubage construites à partir de plusieurs milliers d'arbres et intéressant une douzaine d'essences [DAGNELIE *et al.*, 1985] permettent d'estimer de nombreux types de volumes pour les arbres vivants⁽¹⁾ : bois fort tige, bois fort branche (feuillus uniquement), bois fort total, volumes à différentes découpes en circonférence, en hauteur ou en qualité (feuillus). Ces volumes sont disponibles sur ou sous écorce, ramenés à l'hectare de peuplement ou globalisés pour un territoire considéré. Dans le cas des arbres morts sur pied et du bois mort sur le sol, seuls les volumes totaux ramenés à l'hectare sont déterminés.

Les quantités de carbone immobilisées en forêt (nouvel indicateur intégré à l'inventaire) sont estimées, en ce qui concerne la strate arborée, à partir de la biomasse ligneuse aérienne, bois vivants et morts à laquelle on applique des coefficients appropriés (Anonyme, 1995).

Pour le calcul du stock de carbone au sol, il est tenu compte des volumes de bois mort à terre et abandonnés en forêt.

4.2. Critère 2 : Maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers

Tableau 2. - Indicateurs du second critère de gestion durable.

Indicateur	V. initiale	V. dérivée	V. nouvelle	Rejet	Estimation à partir de :
Dépôts de polluants				X	-
Insectes et maladies	X				Observations et traitements
Pertes de croissance/mortalité		X	X		Mesures et traitements
Dégâts de tempêtes	X				Observations, mesures et traitements
Incendies			X		Observations et comptages de points
Régénération / dégâts de gibier	X				Observations et traitements
pH ; C.E.C.			X		Analyses et traitements

C.E.C. = capacité d'échange cationique.

L'estimation des quantités de polluants déposées ne peut être effectuée dans le cadre de l'inventaire. Les résultats relatifs aux autres indicateurs s'expriment en termes de surfaces, de volumes ou encore de fréquences (valeurs absolues ou relatives).

⁽¹⁾ L'inventaire forestier wallon est sans doute un des plus sophistiqués à cet égard car il permet de fournir des estimations de volumes correspondant à une large gamme de définitions.

1° *L'état sanitaire*

Une estimation globale de l'état sanitaire est réalisée au niveau du peuplement. Le degré de vitalité du peuplement est déterminé en fonction du nombre d'arbres présentant des symptômes de maladie ; l'origine de la maladie est identifiée, dans la mesure du possible, parmi neuf causes proposées. Au niveau de la parcelle, chaque arbre de l'échantillon est étudié et sa vitalité est notée selon une échelle comportant quatre degrés.

A terme, il est prévu de compléter ces observations par des relevés effectués sur un sous-échantillon de points, durant les mois d'été, selon les conventions de travail de l'inventaire phytosanitaire européen.

2° *Les pertes de croissance et la mortalité*

Les pertes de croissance éventuelles ne pourront être estimées qu'à la suite d'un remesurage ultérieur, et par rapport à une valeur d'accroissement théorique (tables de production, par exemple). Le taux de mortalité des arbres est déduit de la mesure des arbres morts sur pied. La cause de la mortalité est déterminée parmi plusieurs causes possibles (insectes, dépérissement, compétition, ...).

3° *Les dégâts de tempêtes*

Qu'ils se présentent sous la forme de chablis isolés, de vides de quelques ares ou de perturbations beaucoup plus étendues, les dégâts de tempête sont décrits par les observations suivantes : âge, intensité (proportion d'arbres cassés ou déracinés), surface, structure, essence principale et âge du peuplement affecté.

4° *Les dégâts d'incendie*

Ce nouvel indicateur, presque sans objet en Région wallonne, est, le cas échéant, observé quant à l'époque de l'incendie, à la surface ravagée par le feu, à la structure, au type et à l'âge du peuplement incendié.

5° *Les dégâts de gibier*

Les dégâts de gibier sur le peuplement adulte et sur la régénération éventuelle (qu'elle soit naturelle ou artificielle) font l'objet de 2 relevés distincts. L'essence la plus attaquée est identifiée ; les dégâts sont décrits quant à leur intensité, leur âge, leur gravité et leur nature. La gravité du dégât affectant éventuellement chaque arbre de l'échantillon est estimée selon une échelle comportant trois niveaux basés sur la taille des plaies. Les éventuelles mesures de protection mises en œuvre sont prises en compte.

6° *Le sol*

L'étude du sol réalisée sur base d'un sondage à la tarière le décrit en termes d'humus, de profil, de texture, de drainage, de charge caillouteuse (nature et abondance) et de profondeur.

Au-delà de cette étude, il est prévu qu'un protocole de prélèvement d'échantillons de sol (réalisé sur un sous-échantillon de points) soit effectué à des fins d'analyses en laboratoire : détermination du pH, de la capacité totale et d'échange pour les principaux éléments minéraux du sol.

4.3. Critère 3 : Maintien et encouragement des fonctions de production de la forêt (bois et non-bois).

Tableau 3. – Indicateurs du troisième critère de gestion durable.

Indicateur	V. initiale	V. dérivée	V. nouvelle	Rejet	Estimation à partir de :
Equilibre croissance - récolte	X		X		Mesures et traitements
Principes de gestion	X				Observations, mesures et traitements
Produits hors-bois				X	-

Les productions de baies, champignons, gibier (productions hors-bois) doivent être prises en considération par d'autres sources (statistiques diverses, autres échantillonnages éventuels, ...) et sont donc actuellement sans objet pour l'inventaire forestier (bien que leur intégration à l'inventaire puisse être étudiée).

Les variables observées, mesurées ou calculées dans le cadre de ce critère de gestion durable traduisent l'existence ou l'absence de principes de gestion ; ils ne peuvent mettre en évidence le suivi d'un plan de gestion, par exemple, que par la comparaison d'inventaires successifs et l'observation de pratiques sylvicoles.

1° L'indicateur « *équilibre de la croissance et de la récolte* » est un paramètre calculé à partir d'un ensemble de variables mesurées sur le terrain (circonférence, hauteur totale, présence d'une flache de martelage, ...) ou obtenues par traitement de celles-ci. Le calcul de l'accroissement et l'évaluation du volume prélevé en coupe (actuellement réalisé à partir des mesures des souches) seront à l'avenir obtenus par la comparaison d'inventaires successifs.

2° L'indicateur « *principes de gestion* » recouvre une large gamme d'informations. Nous citerons :

- des observations relatives au peuplement : structure, type, relevés spécifiques aux vides et mises à blanc, étude de la régénération (naturelle ou plantation), présence de drains, régularité du peuplement, ... ;
- des informations sur les pratiques sylviculturales : travaux de base réalisés, soins culturels d'amélioration de la qualité du peuplement, modalités de pratique des éclaircies ;
- des indices dendrométriques calculés à partir des mesures réalisées sur l'unité d'échantillonnage : nombre de tiges, surface terrière et volume à l'hectare, circonférences dominante et moyenne, hauteurs dominante et moyenne, pourcentage de chaque essence en surface terrière.

4.4. Critère 4 : Maintien, conservation et amélioration appropriée de la diversité biologique dans les écosystèmes forestiers.

Les indicateurs concernant les réserves forestières, les ressources génétiques et les espèces en danger sont disponibles à partir d'autres sources indépendantes de l'inventaire forestier.

Ce critère aborde l'aspect "biodiversité" en milieu forestier. Dans le cadre de l'inventaire, des relevés de végétation (concernant les végétaux supérieurs uniquement) sont effectués au niveau des différentes strates végétatives : chaque espèce présente (ligneuse ou herbacée) est affectée d'un coefficient d'abondance-dominance.

Ces relevés sont destinés à établir un état des lieux de la diversité des forêts et de leur composition en espèces végétales (biodiversité spécifique) à l'époque des inventaires successifs. Ils permettent donc de concevoir la distribution de cette diversité dans l'espace et son évolution au cours du temps. Ils sont utilisés pour la typologie de la station (association végétale, groupe écologique).

Dans ce contexte, l'étude des lisières est importante par le fait de la richesse des interfaces qu'elles constituent, témoins de la "mosaïque" des peuplements forestiers et de la variété des milieux. Elles sont décrites sous plusieurs aspects : typologie, longueur, forme, orientation, ...

Tableau 4. - Indicateurs du quatrième critère de gestion durable.

Indicateur	V. initiale	V. dérivée	V. nouvelle	Rejet	Estimation à partir de :
SF forêts naturelles et semi-naturelles	X		X		Observations, mesures et comptages de points
SF réserves forestières				X	-
SF régime de gestion spéciale			X		Observations et comptages de points
Ressources génétiques				X	-
Nombre d'espèces en danger				X	-
SF mélange 2-3 espèces	X				Mesures et traitements
% régénération naturelle	X				Mesures et traitements

1° Les surfaces occupées par les *formations naturelles et semi-naturelles* sont identifiables par les données relatives à la structure et au type de peuplement, complétées par des relevés de végétation.

2° Les surfaces forestières soumises à un *régime de gestion spéciale* sont estimées grâce à l'identification, à l'échelle du peuplement, de sa vocation forestière prioritaire à savoir : production, conservation, protection (sol et/ou eau), récréation, chasse, ...

3° L'estimation des surfaces des peuplements purs en une essence, mélangés à 2, 3 ou davantage d'espèces est extrapolée à partir de la surface terrière de chaque es-

sence au sein des placettes. Les relevés botaniques peuvent aussi être utilisés dans ce but.

4° La diversité au niveau de la *régénération naturelle* est mise en évidence par les relevés spécifiques à la régénération ; ils concernent les ligneux n'ayant pas atteint le seuil de mesure, ceux-ci étant classés en semis, fourrés ou gaulis selon leur stade de développement.

4.5. Critère 5 : Maintien et amélioration appropriée des fonctions de protection dans la gestion des forêts (notamment sol et eau).

Tableau 5. - Indicateurs du cinquième critère de gestion durable.

Indicateur	V. initiale	V. dérivée	V. nouvelle	Rejet	Estimation à partir de :
Protection du sol			X		Observations, mesures et comptages de points
Protection de l'eau			X		Observations, mesures et comptages de points

Sur base des données de la topographie (relief, pente, exposition) et du *type de sol* (profil, texture, drainage, ...), l'inventaire identifie les zones potentiellement sensibles telles qu'elles sont définies par la circulaire relative aux aménagements dans les bois soumis au régime forestier (DNF, 1997) et pour lesquelles des contraintes de gestion sont imposées dans le cadre du développement durable.

Les indicateurs récoltés ou obtenus par traitement sont :

- pour la protection des sols : le relief (versant, abrupt, crête, dôme, ...), la pente, le type de sol et sa texture, le drainage, la profondeur, la présence de drains et d'ornières, ...
- pour la protection des zones humides : la présence d'une source ou d'un filet d'eau, le relief, le drainage, la présence de drains, ...

Au-delà de la caractérisation des surfaces à protéger, l'inventaire est en mesure de fournir des informations sur les peuplements en place à ces endroits, en relation avec le sol et l'économie en eau.

4.6. Critère 6 : Maintien d'autres bénéfiques et conditions socio-économiques.

Tableau 6. - Indicateurs du sixième critère de gestion durable.

Indicateur	V. initiale	V. dérivée	V. nouvelle	Rejet	Estimation à partir de :
Part du secteur forestier dans le PNB				X	-
Services de récréation			X		Observations
Emploi				X	-

Les indicateurs propres à ce critère ne peuvent être appréhendés par l'inventaire forestier (part du secteur forestier dans le Produit National Brut, emploi, ...) tant ils sont étrangers aux objectifs qu'il poursuit.

L'indicateur « *services de récréation* » est intégré dans la rubrique « fonction du peuplement » ; la fonction forestière « *loisirs* » est identifiable par l'observation de

certaines indices en forêt : présence de barbecues, aires de repos, de bancs, de parcours santé, ... dans les environs immédiats de l'unité d'échantillonnage. On pourrait y adjoindre d'autres aspects récréatifs tels que la promenade et la cueillette de champignons, baies, fruits, ...

5. Conclusions

L'Inventaire Permanent des Ressources ligneuses de Wallonie, opérationnel depuis février 1994, poursuivait, à l'origine, des objectifs d'ordres économique et politique : état des lieux de la forêt wallonne, estimation de la disponibilité de la ressource pour les industries transformatrices, relevé d'informations pertinentes pour la politique forestière en Wallonie, amélioration globale de la gestion des massifs forestiers.

Dans le contexte du développement durable de la forêt et des engagements pris par la Région wallonne dans cette perspective est apparue la nécessité de disposer d'un outil performant apte à contrôler l'application à nos forêts des principes de pareille gestion et à en suivre l'évolution au cours du temps.

En raison de l'échantillonnage fouillé qu'il met en œuvre et de sa permanence, il s'avère que, malgré certaines contraintes et moyennant quelques modifications et compléments méthodologiques, l'inventaire forestier wallon permet d'atteindre ces objectifs.

La présente étude a passé en revue, de façon analytique, les six critères de gestion durable d'Helsinki ainsi que les indicateurs destinés à les caractériser. Dès le début, il était prévu que l'inventaire récolte et/ou calcule déjà un nombre important de variables et de paramètres retenus comme indicateurs de gestion durable : surfaces, volumes, accroissements, considérés globalement ou ventilés selon un large éventail de possibilités. L'intégration de nouveaux critères a principalement concerné le milieu, la biodiversité végétale, la gestion des peuplements et l'évaluation de la biomasse (détermination du stock de carbone). La figure 1 illustre l'échelle spatiale des données récoltées par l'inventaire : les observations et mesures relatives au milieu (M), au peuplement (P) et aux individus (I) y sont rattachés à la surface de référence. Le tableau 7 indique quant à lui pour quel(s) critère(s) de gestion durable chaque paramètre récolté ou calculé par l'inventaire sert en premier lieu d'indicateur, de nombreuses variables pouvant toutefois être considérées comme indicateurs « indirects » de plusieurs critères.

Ces variables supplémentaires et les nouvelles possibilités de consultation de l'information ont nécessité une refonte approfondie de la base de données et de son système d'exploitation.

L'inventaire des ressources ligneuses de Wallonie, comme beaucoup d'autres inventaires régionaux et nationaux, a été fort heureusement conçu dans une perspective évolutive sans négliger pour autant ses objectifs initiaux. Il a pu être remodelé en vue de rencontrer les objectifs du suivi de gestion durable au sens où les États s'y sont engagés.

M1 : Typologie	type de point
M2 : Topographie	relief, exposition, pente, altitude
M3 : Pédologie	description du sol et de l'humus, prélèvement d'échantillons
M4 : Action sur le sol	drains et ornières
M5 : Diversité végétale	relevé botanique des espèces ligneuses et herbacées
P1 : Historique du peuplement	antécédent cultural et origine du peuplement
P2 : Description du peuplement	structure et type de peuplement
P3 : Etat du peuplement	état sanitaire et qualité des bois
P4 : Atteintes au peuplement	dégâts de gibier, d'insectes, tempêtes et incendies
P5 : Gestion du peuplement	travaux sylvicoles, conduite du peuplement
P6 : Devenir du peuplement	description de la régénération
P7 : Fonctions de la forêt	fonctions autres que production
P8 : Zones non boisées	mises à blanc et clairières
P9 : Ecotones	observation des lisières et interfaces
I1 : Arbres vivants	mesures et observations
I2 : Régénération	quantification, composition
I3 : Arbres morts	mesures
I4 : Bois morts au sol	mesures et observations
I5 : Houppiers abandonnés	mesures
I6 : Souches	mesures

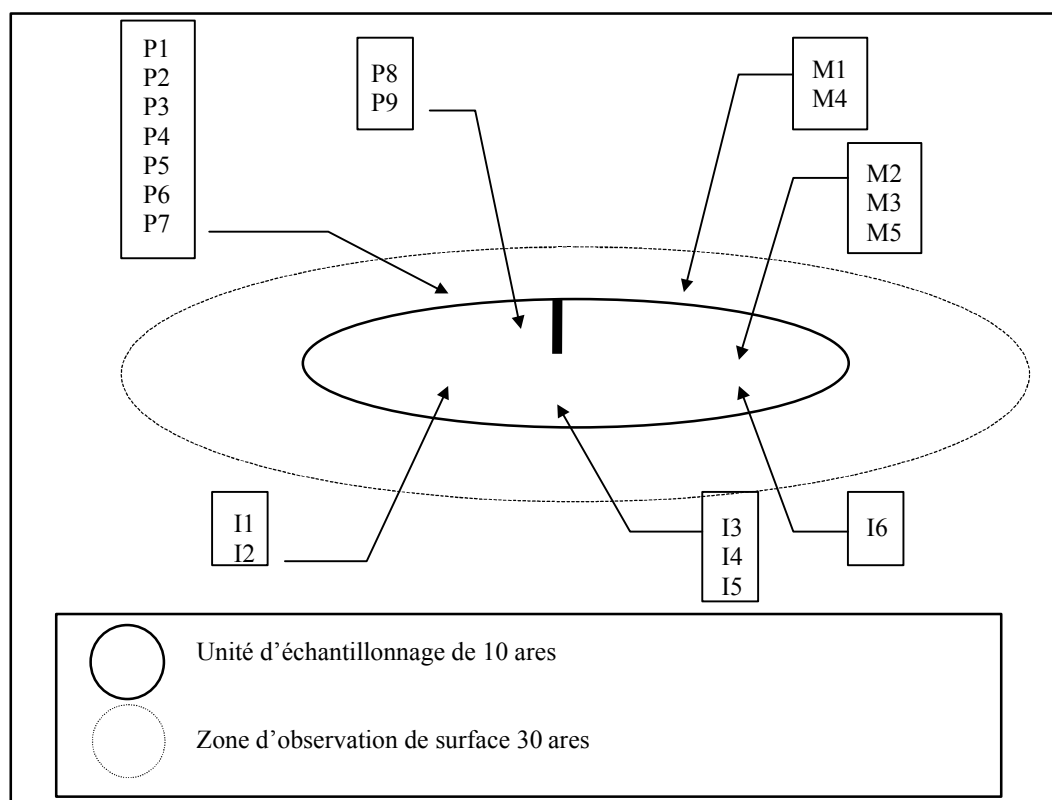


Figure 1. - Localisation des diverses mesures et observations de terrain effectuées par l'Inventaire Forestier Wallon.

Tableau 7. – Indicateurs de gestion durable récoltés ou calculés par l'Inventaire des Ressources ligneuses de Wallonie.

Variables récoltées par l'inventaire	Critères de gestion durable					
	1	2	3	4	5	6
1. Données générales et administratives						
- taille du massif	x					
- nature du propriétaire	x					
- diverses unités territoriales (province, cantonnement, ...)	x					
- classification du point (forêts productives, non-productives, ...)	x			x	x	x
- étude des lisières	x			x		
2. Données relatives au milieu						
- topographie : pente, altitude, relief, exposition		x			x	
- étude du sol : humus, description et analyse de sol		x			x	
- relevés botaniques : espèces ligneuses et herbacées				x	x	
3. Données descriptives du peuplement						
- structure et type	x			x	x	
- antécédent cultural et origine du peuplement	x					
- présence de vides et de mises à blanc	x		x	x	x	
- mode de régénération			x	x	x	
- fonctions de la forêt				x	x	x
- présence de drains et d'ornières					x	
- dégâts de tempêtes, d'incendies et de gibier		x	x			
- travaux sylviculturaux de base et d'amélioration			x			
- éclaircies et régularité du peuplement			x			
- état sanitaire et qualité du peuplement		x				
4. Mesures dendrométriques et observations individuelles						
- circonférence à hauteur d'homme (arbres vivants)	x		x			
- hauteurs à différents niveaux (arbres vivants)	x		x			
- qualités et défauts des arbres	x		x			
- présence de dégâts de gibier		x				
- présence d'une marque de martelage			x			
- état sanitaire		x				
- mesure des arbres morts (circonférence, hauteur)	x	x	x	x		
- mesure des bois abandonnés en forêt (longueur, circonférence)	x			x		
- mesure des houppiers abandonnés en forêt	x			x		
- mesure des souches d'arbres exploités			x			
Variables calculées par l'inventaire						
- étendues occupées	x	x			x	x
- volumes globaux sur pied (différents types)	x	x	x			x
- biomasse	x	x	x			
- stock de carbone en forêt	x					
- paramètres dendrométriques à l'hectare (nombre de tiges, surface terrière, volume)			x			
- circonférences et hauteurs dominantes et moyennes	x		x			
- indices de fertilité	x	x				
- classes d'âge (amplitude au choix)	x					
- répartition de ces paramètres selon de nombreuses possibilités	x	x	x			
- accroissements et disponibilités			x			

Critère 1 = Ressources forestières

Critère 2 = Santé et vitalité

Critère 3 = Fonctions de production

Critère 4 = Diversité biologique

Critère 5 = Protection sol / eau

Critère 6 = Fonctions socio-économiques

Bibliographie

- ANONYME [1995] - *Interim report on the Follow-up of the Second Ministerial Conference*. Rapport provisoire sur le suivi de la 2^{ème} conférence ministérielle. Ministerial Conference on the protection of forest in Europe, 16-17 June 1993, Helsinki, 255 p.
- ANONYME [1995] - *Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises*. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Direction de l'espace rural et de la forêt, 49 p.
- BOUCHON J. [1985] - Précisions des mesures de superficie par comptage de points. *Ann. Sci. For.* 32(2), 131-134.
- DAGNELIE P., PALM R., RONDEUX J., THILL A. [1985] - *Tables de cubage des arbres et des peuplements forestiers*. Gembloux, Presses agronomiques de Gembloux, 146 p.
- Division de la Nature et des Forêts [1997] - *Circulaire n° 2619 du 22/9/97 relative aux aménagements dans les bois soumis au régime forestier*. Ministère de la Région wallonne, Division de la Nature et des Forêts, Jambes, 112 p.
- KOESTEL G., LECOMTE H., RONDEUX J. [1999]- La gestion forestière durable en région wallonne : l'apport de l'inventaire permanent ; Partie 1 : concepts généraux et étude de faisabilité. *Silva Belgica* 106(1), 9-15.
- LAURENT Ch. [1996] - *La gestion durable de la forêt en Wallonie*. Ministère de la Région Wallonne, Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement, Division de la Nature et des Forêts, Avenue Prince de Liège, 15, Jambes, 56 p.
- LECOMTE H., RONDEUX J. [1991] - Les inventaires forestiers nationaux en Europe. Tentative de synthèse. *Silva Belgica* 98(4), 13-19 et 98(6), 41-50.
- RONDEUX J. [1978] - L'estimation des ressources forestières en Belgique : méthodes et perspectives. In : *Inventaire Forestier National*. Joint meeting of IUFRO group S4.02 and S4.04. Institutul de Cercetari si Amenageri Silvice, Bucuresti (Romania), 655 p.
- RONDEUX J., LECOMTE H. [1994] - L'inventaire forestier régional wallon : brève présentation méthodologique. *Silva Belgica* 101(6), 9-16.

Dans la même collection

- N° 1 La forêt et les forestiers : réalités, nouvelles approches et défis
par J. RONDEUX
- N° 2 Pour une production ligneuse de qualité : impératifs écologiques et syl-
vicoles
par Ph. BAIX, M. DETHIOUX et J. RONDEUX
- N° 3 Construction d'une table de production pour le douglas [*Pseudotsuga*
menziesii (MIRB.) FRANCO] en Belgique
par J. RONDEUX, C. LAURENT et A. THIBAUT
- N° 4 Nouveaux développements dans l'usage de l'informatique dans l'amé-
nagement forestier
par J. RONDEUX
- N° 5 Les inventaires forestiers en Europe : Tentative de synthèse
par H. LECOMTE et J. RONDEUX
- N° 6 Technique d'inventaire d'alignements forestiers : Application aux brise-
vent situés dans le nord du Sénégal
par J. HEBERT, S. VANWIJNSBERGHE, J. RONDEUX et A.
TOUSSAINT
- N° 7 Etablissement de courbes de productivité pour les peuplements de frêne
(*Fraxinus excelsior* L.) en région limono-calcaire du Condroz et de l'Entre-
Sambre-et-Meuse
par A. THIBAUT, H. CLAESSENS, J. RONDEUX
- N° 8 Essai d'amélioration de la pisciculture de l'Ombre commun [*Thymallus*
thymallus L.]
par B. LAFFINEUR, W. DELVINGT, A. LAMOTTE
- N° 9 Le "Programme de développement de la Région Nord" en République
Centrafricaine. L'expérience de la zone pilote de Sangba
par T. d'ESPINEY, J. TELLO, W. DELVINGT
- N° 10 Management information systems : emerging tools for integrated forest
planning
par J. RONDEUX
- N° 11 Facteurs écologiques de production du frêne (*Fraxinus excelsior* L.) en
Condroz et productivité des stations potentielles
par H. CLAESSENS, A. THIBAUT, J. RONDEUX
- HS1 Etre ingénieur agronome forestier
par J. RONDEUX
- N° 12 Ressources naturelles et inventaires intégrés : la logique du possible
par J. RONDEUX
- N° 13 Modèles de croissance et gestion des forêts : une étroite complémentarité
par J. RONDEUX
- N° 14 Geo-referenced forest information for Belgium
par J. RONDEUX
- N° 15 L'inventaire forestier wallon : un outil de développement régional
par J. RONDEUX
- HS2 Quelle stratégie pour le développement rural dans la structuration de
l'espace régional ?
par J. RONDEUX
- N° 16 Indices et courbes de fertilité pour les peuplements de douglas (*Pseudot-*
suga menziesii (MIRB.) FRANCO) en Belgique
par A. THIBAUT, J. RONDEUX, H. CLAESSENS
- N° 17 Classement d'aspect appliqué aux sciages d'épicéa commun (*Picea abies*
(L.) KARST) d'Ardenne
par F. BAILLY, H. LECOMTE, L. FRAIPONT
- N° 18 Evolution des principaux types d'aides à la décision en matière de ges-
tion forestière
par P. LEJEUNE, J. RONDEUX, J. HEBERT
- N° 19 L'inventaire permanent des ressources ligneuses de la Région wallonne :
principaux aspects méthodologiques
par J. RONDEUX, H. LECOMTE, P. FLORKIN, M. THIRION

- HS3 1897 - 1997. Répertoire des thèses de fin d'études des Ingénieurs agronomes - orientation "Eaux et Forêts" issus de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux
- N° 20 Itinéraires sylvicoles pour la production de frêne de qualité
par H. CLAËSENS
- N° 21 Quelques données inédites sur l'accroissement des peuplements de hêtre en Région wallonne
par J. RONDEUX, H. LECOMTE, P. FLORKIN, M. THIRION, J. HEBERT
- N° 22 Forestry curricula at the Gembloux Agricultural University
par J. RONDEUX
- N° 23 Tarifs de cubage pour les petits bois de mélèze (*Larix* sp.) en Ardenne
par D. PAUWELS, J. RONDEUX
- N° 24 Un modèle de gestion informatisé pour les plantations d'épicéa commun en Ardenne Belge
par P. LEJEUNE, A. THIBAUT, D. PAUWELS
- N° 25 La forêt et les forestiers dans notre société : défis et enjeux pour demain
par J.P. SCHÜTZ
- N26 La gestion forestière durable en Région wallonne, l'apport de l'inventaire permanent
par G. KOESTEL, H. LECOMTE, J. RONDEUX

Ce document a pu être réalisé grâce à l'appui d'un programme PRIME accordé par le Ministère de l'Emploi pour la Région Wallonne.