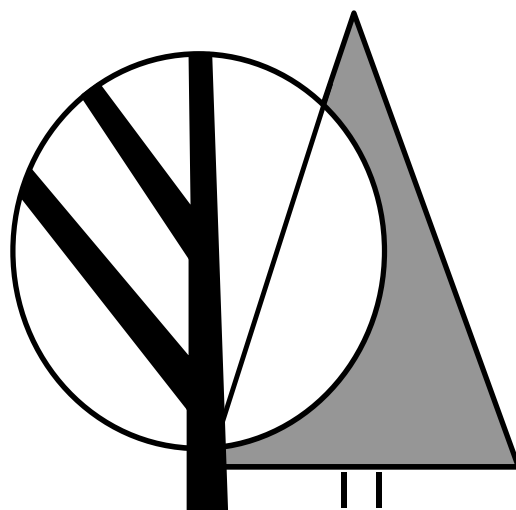


LES CAHIERS FORESTIERS DE GEMBLoux



Inventaires forestiers et biodiversité

N° 28

J. RONDEUX

ISSN : 0777-9992

D/2002/6026/31

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>

INVENTAIRES FORESTIERS ET BIODIVERSITE(*)

Jacques RONDEUX⁽¹⁾

Résumé

Les inventaires forestiers réalisés à l'échelle des unités de gestion ou à une échelle nationale sont généralement destinés à évaluer l'importance quantitative et qualitative du matériel ligneux et de son évolution au cours du temps. De plus en plus, cependant, ils sont conçus de manière intégrée dans une optique plus large de récolte de données à caractère écologique et de données relatives aux ressources non ligneuses. Paramètres relevant du développement durable et de la biodiversité, en particulier, font l'objet d'une grande attention depuis les conférences internationales de 1993. La relative imprécision actuelle du concept de biodiversité ne doit pas empêcher d'adapter les objectifs d'inventaires existants ou de déterminer de nouveaux axes méthodologiques en gardant à l'esprit les quelques points suivants :

- de nombreuses informations sont déjà disponibles ou peuvent être dérivées de données existantes ;
- peu de nouvelles données doivent être récoltées en ce qui concerne, par exemple, l'écosystème forestier et plus particulièrement la distribution et la fréquence d'espèces végétales ou des caractéristiques structurelles de peuplement ;
- les inventaires forestiers traditionnels mériteraient d'être élargis en "intégrant" au plan conceptuel la méthodologie de collecte de données relevant des ressources non ligneuses ;
- il est opportun d'étudier les caractéristiques du territoire à échantillonner via l'utilisation des SIG, par exemple, avant d'engager des inventaires spécifiques ou de nouvelles procédures d'inventaire ;
- des inventaires intégrant une analyse de documents issus de la télédétection et des opérations au sol et procédant d'échantillonnages multi-phases, sont à favoriser ;
- les méthodologies d'inventaire proposées doivent inclure le concept de suivi au cours du temps et donc aussi de permanence.

Forest inventory and biodiversity

Summary

In forestry as well as in other areas we need methods to assess biodiversity in such a way that decision-makers can appreciate biodiversity values. How to measure biodiversity is open to debate and opinion often differ about the definition of this complex concept. It is obvious from the wide definition of biodiversity that it is impossible to monitor all the expected and unexpected variability. Traditional forest inventories have the main objective to provide only information on timber, its amount and the evolution over time. Nowadays the inclusion of non-timber variables in forest inventories is gaining importance. In more and more inventories some environmental variables are considered such as site or vegetation variables. Considering the assessment of biodiversity (for

(*) Texte publié sous version anglaise dans UNASYLVA 50 (196), 1999 sous le titre « Forest inventories and biodiversity ».

⁽¹⁾ Professeur à la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. Unité de Gestion et Economie forestières.

Adresse de contact : Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux.

Passage des Déportés, 2 - B - 5030 Gembloux (Belgique).

Tél./Fax : 32 (81) 62 23 01, E-Mail : rondeux.j@fsagx.ac.be

vegetation point of view) the scope of most forest inventories has to be expanded to include additional variables and the design of the inventories has to be changed.

The objective of this paper is to analyse various aspects of forest surveys with respect to biodiversity issues and to emphasize the current needs for further methodological progress. The attention is put on the assessment and monitoring of the biodiversity in sample based surveys at the forest stand level or at a national level.

Indirect methods might be alternative solutions like studying the relationships between structure of growing stock and other species like ground vegetation, polypore. Field measurement, air and space borne remote sensing should also be other relevant data sources to be taken into account.

If a great number of biodiversity elements can be derived by means of variables measured in forest inventories, other new variables have to be considered. It seems to be realistic to use forest inventories for getting informations upon biodiversity at regional or national levels provided problems of space and scale are not underestimated.

1. INTRODUCTION

Depuis 1992, date à laquelle de très nombreux pays ont adhéré au programme environnemental "*Global Biodiversity Strategy*" à Rio, les politiques nationales et internationales de conservation de la nature s'efforcent de promouvoir la biodiversité, en particulier dans le contexte forestier. La conservation de celle-ci figure parmi les critères les plus importants de développement durable et mérite donc d'être prise en compte dans la fixation des objectifs inhérents à la gestion forestière actuelle et future.

La mesure d'un aspect de tel ou tel critère ("*catégorie de conditions ou de processus par lesquels la gestion forestière durable peut être évaluée*") est exprimée par ce qu'il est convenu d'appeler un indicateur ou un paramètre caractérisé par une ou plusieurs variables qualitatives ou quantitatives capables, par observations périodiques, de préciser l'état ou les tendances de ce critère.

En réalité, la biodiversité, qui peut être définie comme la diversité du monde vivant, se manifeste à plusieurs niveaux : gènes intraspécifiques (diversité génétique), espèces (diversité interspécifique) et écosystèmes (diversité écologique) [LEVEQUE, 1994]. D'où la difficulté qui en résulte de saisir ces divers niveaux dans une "formule" d'inventaire capable de maîtriser à la fois des échelles relatives à l'espace et au temps.

Au sens large, la biodiversité recouvre une série de notions différentes telles que la diversité spécifique, la rareté, le caractère naturel, la fragilité qui suggèrent des mesures de protection à intégrer dans la gestion forestière proprement dite. La diversité spécifique, indicateur le plus courant de la diversité biologique, ne peut à elle seule justifier une action de protection puisqu'elle sera évidemment fort variable en fonction de la géographie forestière (forêt boréale, forêt tempérée, forêt tropicale humide, par exemple). Comme on le voit, la définition du concept même de diversité biologique et son champ d'application restent encore vagues et soumis à de multiples interprétations ; la manière de mesurer la biodiversité reste par conséquent aussi une question ouverte. Il n'y a pas de mesure unique optimale de celle-ci ; en pratique elle dépendra davantage des objectifs que l'on se fixe, ainsi que des études ou des actions que l'on souhaite entreprendre. Compte tenu de la définition très large de la biodiversité, il est impossible de contrôler toute sa variabilité potentielle et il

peut d'ailleurs s'avérer dans le long terme que certains aspects de cette variabilité soient plus importants à considérer que d'autres.

Des informations représentatives et fiables sur l'état et l'évolution ou la dynamique de la diversité biologique forestière sont néanmoins nécessaires dans un souci de gestion durable, ce qui ajoute de nouvelles perspectives aux inventaires forestiers et, selon les échelles concernées, aux méthodologies qui les régissent. A ce titre, il serait opportun, en termes de mesure et de surveillance de l'évolution de la biodiversité, de poser le problème de savoir si celle-ci est considérée sous l'angle d'un "but" vers lequel on tend ou d'une "conséquence" de gestions déterminées des milieux. Cette distinction, pour autant qu'elle se justifie, pourrait se traduire par des nuances quant aux types de variables à récolter et au degré de finesse de l'inventaire qui serait mis en oeuvre. Pour pouvoir prendre des décisions objectives relatives à la gestion même de la biodiversité, il est donc essentiel de disposer d'informations sur l'état actuel des milieux et des ressources et d'informations permettant d'apprécier les conséquences des décisions qui ont été prises. Le choix des variables à récolter mérite d'être enrichi de ce postulat.

Mais précisément, faute de connaître les variables et informations qui devraient être récoltées, hormis le fait qu'elles concernent globalement les espèces et les milieux, est-il vraiment opportun d'étudier la pertinence même d'inventaires forestiers dans le premier cas évoqué, celui de la maîtrise de la biodiversité ?

Très pragmatiquement, il est raisonnable d'analyser quels indicateurs et variables pourraient, dans le cadre de contraintes budgétaires, temporelles et méthodologiques, être prises en charge par un inventaire forestier en dehors d'une logique strictement dévolue à la mesure de la biodiversité et sachant très bien que le gestionnaire forestier ne peut maîtriser la connaissance de dizaines de milliers d'espèces ainsi que la dynamique de leurs populations.

Vouloir appréhender la diversité biologique au travers d'un inventaire forestier intégrant cet objectif peut cependant paraître réducteur par rapport à ce qu'il représente ou que l'on estime qu'il doit représenter. Aussi est-il capital de toujours définir à quel niveau de biodiversité et à quelle échelle on s'adresse. Ce sera d'autant plus fondé si l'on situe la démarche dans le cadre plus large du rôle plurifonctionnel de l'espace forestier. On cherchera dès lors à identifier les indicateurs (variables) de biodiversité présentant un maximum de qualités pour permettre de poser correctement les problèmes liés au développement forestier durable plutôt que de tomber dans le piège de la "récolte pour la récolte" de quantité de données dont le suivi au cours du temps ne serait pas toujours réaliste et dont le type ne se prêterait pas à une interprétation pertinente en regard des objectifs visés.

Pour des raisons de faisabilité on préférera s'en tenir à la diversité végétale et plus particulièrement interspécifique et écologique s'intégrant mieux et plus facilement dans le cadre général des données récoltées au cours d'inventaires forestiers "intégrés" [RONDEUX, 1994] portant aussi bien sur la diversité que sur la richesse spécifique au travers d'observations ou de mesures directes et de variables synthétiques issues de calculs d'indices ou traduites sous forme de classifications.

Dans les lignes qui suivent nous envisagerons, sur un plan général, la manière avec laquelle les processus d'Helsinki (1993) et de Montréal (1993) proposent de caractériser la biodiversité et nous évoquerons à son propos l'importance des

références spatiales et temporelles (paragraphe 2). Nous évoquerons ensuite les grands types d'inventaires forestiers pouvant être mis en oeuvre ainsi que la nature des variables à récolter pour tenter de saisir l'essentiel de la biodiversité [monde animal exclus⁽¹⁾] (paragraphe 3).

Les principales incidences sur les aspects méthodologiques des inventaires seront abordées (paragraphe 4) ainsi que les perspectives de réalisation d'inventaires adaptés (paragraphe 5). Quelques éléments de réflexion seront enfin formulés (paragraphe 6).

2. CARACTERISATION DE LA BIODIVERSITE FORESTIERE ET IMPORTANCE DE LA NOTION ESPACE - TEMPS

2.1. LA BIODIVERSITE VUE PAR LES PROCESSUS D'HELSINKI ET DE MONTREAL

Dans le cadre du processus d'Helsinki portant sur le développement durable, un "critère" (critère 4) est spécifique au maintien, à la conservation et à l'amélioration appropriée de la *diversité biologique* et il concerne les différents concepts que sont : les écosystèmes forestiers représentatifs rares et vulnérables, les espèces menacées et la diversité biologique dans les forêts de production au travers de changements de surfaces, de type de forêts et de peuplements ainsi que de nombres et de proportions d'espèces forestières.

Dans le cadre du processus de Montréal qui vise les pays forestiers tempérés et boréaux non européens, la biodiversité inclut des éléments de diversité des écosystèmes, entre espèces et génétique, exprimés au travers de surfaces occupées, du nombre et du statut d'espèces forestières et de leur évolution au cours du temps.

2.2. L'IMPORTANCE DE LA NOTION ESPACE-TEMPS

Poser le problème de l'analyse et du suivi de la biodiversité en forêt implique non seulement de fixer les limites de l'investigation (au sein du monde végétal, par exemple), mais aussi de situer précisément l'échelle de l'analyse et la fréquence des observations à réaliser. La biodiversité se situe dans un cadre dynamique et évolutif, son processus et sa composition sont en changement constant dû aux facteurs naturels et anthropiques. Dans l'approche même de la biodiversité, il existe des problèmes de variation spatiale et temporelle qui sont en relation avec les processus biosphériques et géosphériques. Les successions biotiques et le développement des sols, supports de la végétation, relèvent de phénomènes écologiques complexes qui sont des intégrations de plusieurs processus biologiques, chimiques et physiques nécessitant des années, parfois même des siècles, pour s'exprimer [JEFFERS, 1996].

L'estimation même de la biodiversité est par conséquent rendue difficile par le fait de ces dynamiques et de phénomènes parmi lesquels il convient de ranger la saisonnalité (influençant les inventaires floristiques, par exemple).

On observera également que la nature même des indicateurs peut varier selon les échelles spatiales et temporelles prises en compte. Selon les cas on cherche à

⁽¹⁾ Nous prendrons surtout en compte la biodiversité végétale ("phytodiversité") au travers de végétaux supérieurs.

obtenir une information générale au niveau régional, national ou continental ou on se limite à des zones ciblées (ayant un statut de réserves, par exemple). En conséquence, il est important de pouvoir disposer d'indicateurs de biodiversité standardisés pour pouvoir entreprendre des comparaisons aussi bien dans l'espace qu'au cours du temps.

De la même manière, plus on élargit le domaine espace-temps sur lequel porte l'analyse, plus la diversité biologique a des chances d'augmenter. D'où le risque évident, sinon l'absurdité, qu'il pourrait y avoir à comparer des indicateurs récoltés sur des domaines différents au moyen de techniques d'échantillonnage différentes.

3. LES TYPES D'INVENTAIRES

A priori les inventaires dits de gestion (complets ou par échantillonnage) portent sur des surfaces déterminées correspondant à des unités de gestion (peuplements, parcelles, massifs) et les inventaires nationaux/régionaux, obligatoirement réalisés par *échantillonnage*, concernent de vastes territoires analysés à partir d'informations ponctuelles [RONDEUX, 1993; RONDEUX *et al.*, 1996]. Ce sont les deux voies qui méritent d'être explorées sachant que l'alternative consistant à étudier un milieu ou un biotope bien déterminé du fait de sa richesse biologique relève plus de la pratique des naturalistes visant à repérer les écosystèmes rares et à comprendre leurs fonctionnements sans nécessairement identifier et connaître tous ceux présents sur un vaste territoire. Ce type d'investigation, davantage lié à une approche "habitat", peut très bien être complémentaire aux types d'inventaire précités.

On peut se demander s'il ne serait pas suffisant d'utiliser les inventaires forestiers existants en vue d'une évaluation de la biodiversité forestière étant entendu que la plupart d'entre eux renferment déjà des éléments la concernant directement mais qu'ils devraient comporter des mesures et observations supplémentaires (nouvelles variables) et qu'ils pourraient aussi, moyennant traitement adéquat de variables déjà récoltées, fournir des indications directes ou indirectes sur la diversité biologique (variables dérivées). Si les inventaires existants peuvent être mis à profit, il est essentiel de les rendre permanents eu égard au souci de contrôler l'évolution même de la biodiversité au cours du temps.

Dans les lignes qui suivent seuls les inventaires de gestion et les inventaires nationaux seront considérés, les premiers étant destinés à identifier la biodiversité au plan local et donc de manière assez fouillée en vue d'en tirer profit en termes de gestion courante, les seconds plus généraux et globaux visant plutôt à fournir une indication sur la diversité biologique et à la contrôler en regard des indicateurs identifiés et recommandés à la suite de conférences internationales.

3.1. INVENTAIRES DE GESTION

Si la biodiversité et son contrôle sont à considérer en relation avec la gestion forestière durable à l'échelle des peuplements constitutifs de massifs forestiers, à l'échelle d'unités paysagères [OLIVIER, 1992] ou encore à l'échelle d'unités de gestion (parcelles de quelques hectares à quelques dizaines d'hectares), les caractéristiques essentielles et éléments-clés utiles à prendre en compte, à intervalles réguliers,

pourraient être, à titre de guides et en ce qui concerne plus concrètement l'échelle du peuplement forestier⁽¹⁾ :

- les diamètres, hauteurs et caractéristiques du couvert de tous les arbres au-dessus d'un diamètre préfixé, de manière à préciser la structure du peuplement ;
- l'indice de fertilité des peuplements en relation avec les conditions stationnelles ;
- les éléments topographiques ;
- les sols et le substrat géologique du peuplement, incluant la nature et la profondeur des horizons humifères ;
- la végétation au sol avec référence particulière à toute espèce rare ou inhabituelle (la présence de champignons, bryophytes, lichens, etc., est également opportune à relater) ;
- la présence et l'importance de la régénération (semis ou arbres n'ayant pas encore atteint un diamètre déterminé) ;
- la nature et la quantité de tout bois mort au sol et sur pied et/ou en décomposition au sein du peuplement ;
- l'influence humaine et l'histoire du peuplement (culture, droits d'usage, éclaircies, coupes, chasse...) ;
- les écotones remarquables et les espèces particulièrement associées aux écosystèmes en contact (interface forêt-agriculture, forêt-terrain ouvert, par exemple).

Pour un certain nombre de ces variables relevant principalement d'objectifs de gestion à l'échelle des peuplements, eu égard à l'étendue moyenne de ceux-ci (de quelques dizaines d'ares à quelques hectares), on peut penser que leur analyse puisse être réalisée en associant plusieurs approches selon le niveau de perception et le degré de précision souhaité : photo-interprétation, inventaires répétés périodiquement et descriptions de parcellaires.

En ce qui concerne plus particulièrement l'inventaire lui-même et ses modalités, compte tenu de la grande variété des éléments susceptibles d'être observés, la méthodologie à proposer pour estimer et contrôler la biodiversité reposera idéalement sur un échantillonnage dans la mesure où il est important de fournir de l'information sur la variabilité spatiale et sur l'hétérogénéité à l'intérieur du peuplement. Une stratification des unités de sondage mériterait d'être entreprise pour être assuré que les étendues à diversité biologique élevée soient correctement représentées dans l'échantillon.

De manière plus pragmatique, des observations devraient prioritairement porter sur les points suivants éventuellement adaptés aux conditions particulières des peuplements :

- la vocation principale du peuplement (production, zones protégées, zones de conservation biologique, sylvicole et génétique) ;
- le passé du peuplement (traitement sylvicole ou situation antérieure, impact humain) ;

⁽¹⁾ L'extension de l'estimation de la biodiversité à l'échelle du paysage ou de régions ne peut se faire sans examen critique des objectifs qui, à l'heure actuelle, sont encore trop vagues pour donner lieu à des méthodes d'investigation efficaces.

- les biotopes remarquables (vieille forêt sauvage, forêt naturelle, géomorphologie particulière, formations végétales rares, ...);
- le paysage (ouvert, fermé, éloigné);
- les conditions sanitaires (pollution atmosphérique, dégâts d'origines diverses, ...);
- la flore herbacée, les fruits et les champignons;
- les lisières (structure, composition, largeur et longueur);
- d'autres aspects particuliers (bois spéciaux, arbres remarquables).

En inventaire forestier classique les variables relatives au milieu sont davantage récoltées en fonction de l'influence qu'elles exercent sur la productivité forestière [PELZ, 1995], ce qui n'exclut cependant pas, de prime abord, d'en faire un autre usage. Il est ainsi souvent possible d'extraire des indicateurs de la diversité structurelle des forêts à partir d'informations a priori facilement disponibles telles que : la distribution des diamètres, la distribution des espèces d'arbres, la hauteur des arbres, la caractérisation des étages du peuplement, la position sociale des arbres, le nombre d'arbres vivants et morts.

Enfin, il est utile de rappeler que les diverses variables relatives aux arbres et à la structure des peuplements sont aussi en étroite corrélation avec les autres composantes de l'écosystème forestier : sol, flore et faune, ce qui justifie que bon nombre de variables déjà récoltées en inventaire axé sur les ressources ligneuses offrent des perspectives d'utilisation plus larges.

3.2. INVENTAIRES FORESTIERS NATIONAUX/REGIONAUX

La plupart, sinon la totalité, des inventaires forestiers nationaux actuels réalisés sur la base d'échantillonnages le plus souvent systématiques et parfois *multi-phases* (associant mesures et observations de terrain et analyse de photos aériennes et/ou images satellitaires) et utilisant des placettes permanentes [POSO *et al.*, 1995] ont pour objectif de fournir des informations sur la production ligneuse des forêts et la disponibilité de celles-ci ; de ce fait, ils renferment *a priori* peu de données relatives à la biodiversité forestière. Cependant, depuis une dizaine d'années, la tendance qui se fait de plus en plus jour est de confier aux inventaires nationaux, en particulier lorsqu'ils font l'objet de révisions méthodologiques, la mission de renfermer des informations relevant de fonctions forestières non exclusivement tournées vers la production ligneuse [LUND, 1986]. Si plusieurs variables relatives au milieu sont déjà présentes dans ces types d'inventaire, certaines peuvent être déduites partiellement ou totalement ; d'autres nécessitent une récolte spécifique, voire le recours à des méthodologies adaptées [LUND, 1993].

1° Variables existantes et dérivées

A l'échelle d'une *unité d'échantillonnage* (ou "placette" de surface réduite), les inventaires récoltent déjà ou peuvent facilement récolter des variables (qui font partie intégrante de la biodiversité) et qui sont liées au sol (profondeur, texture, charge caillouteuse, humus, ...), à la végétation herbacée (plantes indicatrices), à la composition arborée par étages, à l'état sanitaire, aux dégâts.

A l'échelle de *l'individu* (arbre), outre l'espèce, le diamètre, la position sociale, d'autres variables peuvent aussi intervenir ; elles concernent: l'origine, l'épaisseur d'écorce, la hauteur de la couronne verte, les accroissements en diamètre et en hauteur, l'état sanitaire, l'âge.

Diverses informations peuvent également être dérivées de données déjà récoltées ou facilement calculables, aussi bien à l'échelle de l'arbre, du peuplement, ou des diverses strates le constituant [BRASSEL, 1995 ; PELZ, 1995]. Elles concernent la distribution des espèces ligneuses et des diamètres, les types, structures et densités des peuplements, les dommages causés aux arbres et aux plantes par le gibier.

2° Nouvelles variables

En principe, de nouvelles variables permettant de décrire la biodiversité à un niveau de perception restant global peuvent être assez facilement intégrées à un inventaire national dans sa version classique intéressant principalement le matériel ligneux [PELZ, 1995]. A titre d'exemple, on citera :

- caractéristiques des lisières au sens large (longueur, forme, structure, ...) ;
- type de sol (description plus détaillée), y compris variables susceptibles de modifications au cours du temps ;
- description de la végétation composant les strates herbacées, buissonnantes et arborées ;
- effet d'autres utilisations du sol (agriculture) ;
- historique de l'utilisation des sols (pâturage, agriculture, pratiques spéciales) ;
- caractérisation de petits habitats (sources, terrains humides, à haute valeur biologique) ;
- quantités et dimensions d'arbres morts sur pied ou au sol et en décomposition et degré de décomposition ;
- arbres remarquables par leur aspect phénotypique.

Si de nouvelles variables et des mesures supplémentaires sont nécessaires pour tenter d'appréhender un spectre plus large de la biodiversité, cela s'accompagne, dans le cadre d'inventaires à large échelle, de certaines limitations. A titre indicatif, des relevés de végétation, par exemple, demandent beaucoup de temps dans le cadre du travail habituellement dévolu aux inventaires forestiers classiques ; en outre, des habitats et des espèces rares ne peuvent être identifiés de manière très fiable.

En vue d'améliorer l'information fournie par les mesures, il est nécessaire de déterminer les éventuelles relations existant entre les caractéristiques habituelles relatives aux peuplements et aux arbres, d'une part, et les espèces tant végétales qu'animales, d'autre part.

4. INCIDENCES SUR LES ASPECTS METHODOLOGIQUES DES INVENTAIRES

Le concept global de biodiversité en forêt et des inventaires forestiers doit normalement se comprendre dans une approche multi-dimensionnelle allant du niveau de l'espèce à celui de l'écozone. Il convient d'abord de rendre ces concepts opérationnels puis de décider ce qu'il est possible de mesurer au sein des inventaires et de développer comme techniques de mesure et de traitement de l'information pour estimer la biodiversité.

4.1. MODALITES ET CADRE D'APPLICATION DES INVENTAIRES

Si les observations et mesures au sol restent les meilleurs garants d'un inventaire de qualité par rapport à la finesse des variables qu'il conviendra de récolter, le recours à la télédétection spatiale [POSO *et al.*, 1995] sera un outil de plus en plus précieux et dans un futur proche les capteurs aéroportés devraient améliorer de manière drastique la qualité de la télédétection et offrir de toutes nouvelles sources d'information. Pareille technique devrait trouver un champ d'application très large dans la délimitation précise de biotopes et de peuplements forestiers ou de tout autre critère (paysage et diversité de ses formes, groupes végétaux, ...) pour autant que l'on ait préalablement mis au point, voire adapter des typologies adéquates et "reproductibles" (donnant lieu à des identifications similaires par des observateurs différents). Elle pourrait servir de base à une *stratification* à partir de laquelle l'implantation d'échantillonnages au sol serait nettement plus efficace du point de vue de la précision, en garantissant une meilleure perception des niveaux auxquels la diversité biologique s'adresse.

On peut évidemment se poser la question de savoir si la mesure de la biodiversité forestière peut être réalisée par l'intermédiaire des seuls inventaires forestiers par échantillonnage dont la relative rigidité n'est pas toujours compatible avec une observation plus "naturaliste" des milieux à analyser. Cette idée est d'ailleurs corroborée par le souci grandissant d'estimer la diversité biologique à l'échelle de l'habitat. En réalité ces deux approches peuvent être combinées, l'inventaire (systématique, par exemple) permettant de couvrir de manière uniforme la totalité d'un territoire et d'assurer une représentation cartographique des variables récoltées, l'approche "ciblée" permettant, quant à elle, une analyse plus fine et plus riche de la diversité d'un milieu ou habitat déterminé.

Dans les inventaires par échantillonnage courants, des placettes à rayon fixe ou variable font office d'unités d'échantillonnage et on admet donc implicitement que les données récoltées ne reflètent pas forcément les caractéristiques du peuplement. Les zones où les données relevant de la biodiversité sont récoltées ne devraient pas être limitées aux seules surfaces de placettes, mais étendues aux zones voisines (cela est déjà valable pour typer correctement la structure d'un peuplement, par exemple).

Les méthodes d'inventaires auront sans aucun doute à tenir compte des habitats et des caractéristiques du paysage, bases potentielles de stratification. Il sera

également nécessaire d'intégrer aux inventaires forestiers classiques d'autres sources d'informations telles que la cartographie des écosystèmes et des biotopes et de développer des méthodes d'évaluation compatibles avec ces variables.

Parmi les différentes sources de données à exploiter, il convient de retenir: les mesures au sol, la télédétection aérienne et spatiale, les cartes ou documents cartographiques digitalisés [RONDEUX, 1994]. Les données issues de la télédétection peuvent, en principe, fournir une information riche en ce qui concerne, par exemple, la fragmentation des milieux, le paysage et la diversité de ses formes.

Etant donné que toute l'amplitude de la biodiversité ne pourra jamais être enregistrée dans des programmes de taille réaliste, il est important de développer des approches indirectes ; celles-ci se focalisent sur les variables clés et les habitats clés qui permettent de quantifier et qualifier la biodiversité (par exemple, l'étude des relations entre la structure du matériel sur pied et les autres espèces comme la végétation au sol, les insectes, les champignons, les mousses).

4.2. ROLE DES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

Beaucoup de données caractéristiques de la biodiversité sont issues d'études de sites spécifiques, mais elles ne suffisent pas dans la mesure où il est nécessaire de disposer d'un ensemble de données référencées spatialement et constituant un échantillon non biaisé d'une région définie ou d'un pays. Aussi est-il important de récolter des données issues de zones échantillonnées choisies de manière objective de façon à déterminer l'arrangement spatial et la dynamique des composantes de l'écosystème.

Qu'il s'agisse d'indicateurs quantitatifs (surfaces occupées et leur évolution, par exemple) ou qualitatifs (état de santé, par exemple) ou encore socio-économiques (ressource exploitée, infrastructure, type d'occupation des terres, par exemple), il est en effet fondamental de spatialiser l'information de telle manière qu'il soit possible de localiser précisément la distribution d'espèces, la fragmentation des milieux, le type de forêt, etc., en les resituant dans le contexte de leur environnement physique et biologique [POSO *et al.*, 1995].

Il est également fondamental que les informations disponibles sur la biodiversité soient stockées au sein de bases de données à référence géographique si on veut les mobiliser rapidement à des fins de cartographies, d'analyses ou de modélisations. Pour être utilisable de manière efficace, cette information doit aussi idéalement être intégrée à quantité d'autres données sur les milieux, les conditions socio-économiques, les types de ressources naturelles, les risques potentiels de dégradation, ... Les systèmes d'information géographiques (SIG) constituent, à ce titre, les clés de l'intégration d'informations aux échelles de résolution souhaitée [JEFFERS, 1996].

5. PERSPECTIVES

On se trouve à un carrefour entre ce qu'un inventaire forestier récolte habituellement ou conventionnellement et ce qu'il pourrait permettre de récolter au bénéfice d'objectifs plus larges de gestion forestière intégrée incluant la biodiversité par ailleurs aussi, à part entière, élément déterminant dans un contexte de conservation de la richesse de nos écosystèmes. Beaucoup de recherches forestières ont comme source et raison d'être les fondements biologiques bien que pareille information n'ait pas toujours été associée à la sylviculture et aux inventaires forestiers. Un compromis entre ce qui serait mesuré et ce qu'il est possible de mesurer avec les ressources humaines et matérielles disponibles doit être recherché.

En tout état de cause, les inventaires par échantillonnage systématique à intensité de sondage adaptée restent une base solide d'analyse si l'on admet que la mesure de la biodiversité est déjà largement rencontrée, à l'échelle de zones couvertes par des inventaires nationaux/régionaux, par des observations réalisées selon un schéma structuré permettant de maîtriser et de couvrir, de manière aussi homogène que possible, l'entièreté du territoire.

Enfin, il faut garder à l'esprit qu'il est pratiquement impossible de définir un protocole de récolte adapté à tous les éléments de la biodiversité. Il conviendra de restreindre les inventaires à un ensemble bien défini de variables et d'attributs. Par exemple, on ciblera le niveau arbre ou arbrisseau plutôt que de vouloir observer l'ensemble de la biodiversité floristique. Pour s'en convaincre, il suffit de mentionner des problèmes tels que :

- la saisonnalité impliquant que des variables ou attributs ne peuvent être observés qu'à des époques spécifiques bien déterminées ;
- la surface de référence, considérant que certaines variables peuvent être saisies à l'échelle d'une unité d'échantillonnage de quelques ares et que d'autres n'ont de sens qu'à l'échelle de peuplements ou d'étendues relativement grandes.

Si, en vue d'estimations détaillées et plus complètes, des inventaires spécifiques doivent être réalisés pour nombre de variables capables de traduire l'importance quantitative et qualitative de la biodiversité végétale, des inventaires classiquement orientés vers l'estimation de la matière ligneuse comportent généralement aussi beaucoup de données desquelles on peut déduire une information ne concernant pas les seuls produits ligneux [PELZ, 1995]. Des fonctions par exemple relatives à la diversité des espèces et à son évolution au cours du temps pourraient également être calculées.

La photo-interprétation aérienne, les observations réalisées au sol sur des placettes d'échantillonnage et l'analyse des interfaces forêt-non forêt constituent trois sources essentielles de données pour évaluer les principales caractéristiques de diversité.

Le recours à la photo-interprétation combinée à un échantillonnage au sol permet de caractériser les zones boisées (essences, structures, stades de développement, milieux particuliers), pour autant qu'une typologie pertinente et adéquate ait été mise au point, et de fournir de précieuses informations sur la fragmentation et la structuration de la couverture forestière. Outre ces observations à caractère global, la hauteur du couvert, sa fermeture, le stade de développement, la

proportion d'espèces en mélange peut aussi être estimée. En réalité, ces variables permettent de caractériser la diversité "structurelle" des forêts.

Outre les informations classiques qu'elles permettent de récolter, les unités (placettes) d'échantillonnage, en leur sein ou dans leur environnement immédiat, pourraient facilement comporter des observations ou mesures ayant valeur d'indicateurs d'habitats : végétation herbacée, souches, arbres morts ou en décomposition, accumulation de pierres, vides, fossés, tas de branches.

L'analyse ou l'inventaire des zones situées en bordure de forêt ou au contact d'autres occupations de l'espace (prairies, vides, milieux aquatiques...) permet la mise en lumière des conditions spéciales favorables aux plantes, oiseaux et insectes. Au sein de ces zones de transition entre différents éléments du paysage et les habitats, on peut envisager de récolter des informations inhabituelles [BRÄNDLI *et al.*, 1995] telles que : exposition, tracé, structure et densité de la lisière forestière, présence ou non de cordon de buissons et largeur de celui-ci, manteau forestier (arbres de bordure supérieur à un diamètre fixé) et largeur, type d'environnement de la lisière, etc.

Sans doute le meilleur compromis consisterait-il à associer les principes dictant la réalisation des inventaires nationaux/régionaux utilisant des grilles de points et ceux définissant les inventaires de gestion concernant davantage l'analyse de surfaces.

En d'autres termes, il est parfaitement possible d'établir un état des lieux de la biodiversité à l'échelle d'un pays en analysant de manière fouillée des portions de territoire (par exemple carrés d'un kilomètre de côté) centrées sur des points de sondage appartenant à une maille régulière de points définis sur documents cartographiques (photos aériennes et/ou images satellitaires) à partir desquels une stratification basée sur la nature de l'utilisation même de l'espace forestier, par exemple, a pu être établie [BARR *et al.*, 1993].

Il faut enfin veiller à constituer une base de données qui puisse être développée et mise à jour périodiquement. Pour éviter tout gaspillage d'énergie, à l'échelle d'une région ou d'un pays, recourir aux inventaires forestiers classiques enrichis d'informations écologiques appropriées reste une solution à favoriser de telle sorte que l'on crée progressivement les conditions d'organisation d'inventaires intégrés capables de répondre à un nombre très élevé de questions nécessitant la consultation et la mise en relation de données très diverses [MAX *et al.*, 1996 ; RONDEUX, 1994].

6. UN CAS D'APPLICATION

En vue d'assurer le suivi des ressources boisées de la partie méridionale de la Belgique (Région wallonne) un inventaire permanent a vu le jour en 1994 [RONDEUX et LECOMTE, 1996]. Cet inventaire est effectué selon un échantillonnage systématique non stratifié s'appuyant sur 4 unités circulaires concentriques (rayons de 18 m, 9 m, 4,5 m et 2,25 m) installées aux sommets de mailles rectangulaires de 1.000 m x 500 m et couvrant l'entièreté de la superficie forestière (530.000 hectares).

La permanence est assurée par des remesurages effectués à une périodicité de 10 ans, un dixième de l'étendue à inventorier étant parcouru chaque année.

A l'origine il a été conçu, à l'instar d'autres inventaires nationaux, pour maîtriser l'évolution des ressources ligneuses à des fins de valorisation économique et pour contribuer à dégager les lignes directrices d'une nouvelle politique forestière régionale. Les données récoltées relevaient donc de ces types de préoccupations et concernaient de manière non-exhaustive :

- des informations générales et administratives (identification et localisation du point de sondage, statut de propriété, ...),
- les milieux de croissance : topographie, géologie, pédologie et phytosociologie,
- les peuplements : type, structure, qualité, sylviculture, âge, ...,
- les principales caractéristiques dendrométriques : circonférences à hauteur d'homme et à différents niveaux, hauteurs totales, ...

A partir de 1997 il a fait l'objet de divers ajustements méthodologiques destinés à intégrer, de manière aussi complète que possible, la récolte et le traitement de paramètres relevant du développement durable et, en particulier, de la biodiversité végétale comprise au sens de la conférence d'Helsinki [ANONYME, 1996]. A ce titre, plusieurs types de variables ont été identifiées puis la faisabilité de leur récolte a été testée.

Dans le cadre de l'inventaire proprement dit, ont été identifiés comme pouvant être pris en compte des indicateurs issus *d'observations* directes, *d'estimations*, de *déductions* et de *mesures*.

1° Pour les paramètres issus *d'observations* directes relatives aux conditions générales des milieux sont concernés de manière plus fouillée que dans la première version de l'inventaire :

- statut du point de sondage (forêt, lande, inculte, aire protégée, ...),
- situation antérieure (forêt, agriculture, autre(s), ...),
- type de forêt ou de vocation⁽¹⁾,
- description des propriétés physiques du sol et de l'humus,
- région naturelle et territoires écologiques (géologie, climat),
- topographie (relief, exposition, pente, altitude),

et pour ce qui regarde les peuplements une attention particulière est portée à :

- structure (étages, distribution de grosseurs, ...),
- type de peuplement (basé sur la proportion d'essences rencontrées),
- âge,
- qualité phénotypique des arbres,
- conduite sylvicole et traces visibles d'interventions (écartement des plantations, type et intensité d'éclaircies, drains, fossés, ...),
- état sanitaire des arbres (défoliations, attaques parasitaires et autres, ...),
- présence et importance d'arbres à cavités,
- type et importance de la régénération,

(¹) Dans le contexte de la « sectorisation » des forêts publiques du Sud de la Belgique. L'opération, liée à la révision des aménagements forestiers, vise à identifier spatialement des vocations ou à définir des zones prioritairement dévolues à la *production* (ligneuse), à la *protection* (par rapport au sol et à l'eau) et à la *conservation* (sylvicole, biologique, génétique). Ce type de données est récolté pour chaque point de sondage par l'intermédiaire d'un SIG intégrant type de sol, topographie, limites et types de peuplement.

- présence de mises à blanc, vides et lisières (ces derniers milieux potentiellement très riches et contrastés sur le plan végétal impliquant une adaptation de la méthodologie d'inventaire).

Selon leur nature, ces informations sont extraites de documents cartographiques ou récoltées dans les unités d'échantillonnage et leur environnement immédiat jusqu'à 30 m de rayon à partir du point de sondage.

2° Pour les paramètres issus d'*estimations*, sont essentiellement concernés au sein de la placette circulaire d'une surface approximative de 10 ares (18 m de rayon):

- les variables de nature qualitative portant sur les relevés botaniques et devant conduire à la détermination de groupes écologiques ou d'associations végétales exprimant aussi bien richesse que diversité spécifiques,
- les relevés d'espèces ligneuses réparties selon 3 stades de hauteur.

3° Pour les paramètres issus de *mesures*, ils sont essentiellement quantitatifs et déterminés à l'échelle des unités de sondage. Ils concernent:

- les grosseurs (circonférences à 1,5 m),
- les hauteurs des arbres vivants et morts sur pied,
- les grosseurs et longueurs des bois morts couchés.

4° Pour les paramètres *déduits*, ils résultent avant tout du traitement des variables récoltées et sont exprimés sous la forme de moyennes ou de valeurs ramenées à l'hectare. Ils peuvent être mis en relation avec la richesse des habitats et pour certaines variables, intéresser les arbres tant vivants que morts.

Pourront ainsi être calculés et soumis à interprétation quant à la richesse potentielle et à la diversité des milieux inventoriés :

- densité des peuplements exprimée en nombres de tiges et surface terrière à l'hectare (importance du couvert),
- volumes et biomasses ligneuses ramenés à l'hectare (importance du matériel sur pied),
- hauteurs totales moyennes et dominantes (structure verticale),
- circonférences moyenne et dominante (stade de développement),
- indice de productivité (classe de site).

De la même manière le matériel ligneux mort peut être appréhendé via :

- nombre d'arbres morts à l'hectare,
- volume ou quantité de bois mort à l'hectare et époque de la mortalité.

A partir des variables envisagées il s'avère possible de fournir sous forme de tableaux, voire de cartographies, des synthèses relevant de la diversité des espèces et des écosystèmes : composition floristique et répartition géographique, entre autres. L'inventaire forestier régional ainsi enrichi devient le support d'une importante base de données que des traitements judicieux peuvent permettre de valoriser. A cet égard des analyses de corrélation entre les données qu'un inventaire forestier récolte habituellement et celles qu'un inventaire axé sur la seule diversité biologique récolterait sont particulièrement intéressantes à réaliser, par exemple dans une perspective d'évaluation de la qualité des habitats pour des espèces animales ou en vue d'analyses plus fouillées sortant du cadre de l'inventaire et de ses contraintes.

7. CONCLUSIONS

Si l'on demande à un inventaire forestier de remplir d'autres fonctions que celles consistant à évaluer au cours du temps l'importance quantitative et qualitative du matériel ligneux et en particulier de contribuer à mieux connaître et contrôler la biodiversité végétale, il est assez évident que des variables spécifiques doivent être récoltées en regard de contraintes tant spatiales que temporelles.

Considérant, d'une part, les objectifs et les modalités d'exécution de la plupart des inventaires forestiers et, d'autre part, la relative imprécision actuelle du concept de biodiversité, il paraît opportun, dans le cadre de sa plus grande prise en compte dans tout acte de gestion forestière, de porter attention aux quelques éléments de réflexion suivants :

- de nombreuses informations sont déjà disponibles ou peuvent être dérivées de données existantes ;
- peu de nouvelles données doivent être récoltées en ce qui concerne, par exemple, l'écosystème forestier et plus particulièrement la distribution et la fréquence d'espèces végétales ou des caractéristiques structurelles de peuplement ;
- les inventaires forestiers traditionnels mériteraient d'être élargis en "intégrant" au plan conceptuel une méthodologie appropriée de collecte de données relevant des ressources non ligneuses ;
- il est opportun d'étudier les caractéristiques du territoire à échantillonner via l'utilisation des SIG, par exemple, avant d'engager des inventaires spécifiques ou de nouvelles procédures d'inventaire ;
- des inventaires procédant d'échantillonnages multi-phases, intégrant une analyse de documents issus de la télédétection et des opérations au sol, sont à favoriser ;
- les méthodes d'inventaire proposées doivent inclure le concept de suivi au cours du temps et donc aussi de permanence.

Compte tenu de coûts et de durées d'étude a priori prohibitifs, la totalité de la biodiversité ne pourra jamais être évaluée à partir d'inventaires aussi sophistiqués soient-ils. Il conviendra, pour cette raison, de développer des approches indirectes axées, entre autres, sur l'analyse d'éléments clés que sont les habitats, les paysages, la structure des peuplements, la fragmentation des types forestiers, etc. L'opportunité d'envisager des inventaires réalisés à l'échelle des peuplements ou à l'échelle nationale doit évidemment être appréciée en fonction de la nature et de l'ampleur même des objectifs assignés au contrôle de la biodiversité. Face au souci de beaucoup de pays de remplir au plus vite et au mieux les engagements de Rio, ce problème demande d'urgentes clarifications.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANONYME [1996] - Conférence ministérielle sur la Protection des Forêts en Europe. Compte-Rendu de l'évolution des travaux. Ministry of Agriculture, Rural development and Fisheries. Lisbon, Portugal, 62 p.

- BARR C.J., BUNCE R.G.H., CLARKE R.T., FULLER R.M., FURSE M.T., GILLESPIE M.K., GROOM G.B., HALLAM C.J., HORNING M., HOWARD D.C. and NESS M.J. (1993) - *Countryside survey 1990*. Main report. Department of the Environment (Great Britain). Countryside 1990 Series, volume 2, 174 p.
- BRÄNDLI U.B., KAUFMANN E., STIERLIN H.R. (1995) - Survey of biodiversity at the forest margin in the second Swiss NFI. *The Monte Verità Conference on Forest Survey designs. "Simplicity versus efficiency" and assessment of non-timber resources*. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, 141-150.
- BRASSEL P. (1995) - Assessment of non-productive forest functions in the Swiss National forest inventory (NFI). *The Monte Verità Conference on Forest Survey designs. "Simplicity versus efficiency" and assessment of non-timber resources*. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, 78-96.
- BROOKS D.J., GRANT G.E. (1992) - New approach to forest management. *J. For.* **90**, 21-24.
- FAO/CEE (1993) - Meeting of Experts on Global Forest Resources Assessment (Kotka II). The Finnish Forest Research Institute. *Research Paper 469*, 214 p.
- JEFFERS J.N.R. (1996) - Measurement and characterisation of biodiversity in forest ecosystems. New methods and models. *European Forest Institute, EFI Proceedings*, n° 6, 59-67.
- LEVEQUE C. (1994) - *Environnement et diversité du vivant*. Pocket Sciences, Collection Explora, 127 p.
- LUND H.G. (1986) - *A primer on integrating resource inventories*. Gen. Techn. Rept. WO-49, US Department of Agriculture, Forest Service, 64 p.
- LUND H.G. (ed.) (1993) - Integrated ecological and resource inventories. *Proc. National Workshop*, Arizona, Phoenix, April 12-16.
- MAX T.A., SCHREUDER H.T., HAZARD J.W., OSWALD D.D., TEPLY J., ALEGRIA J. (1996) - *The Pacific Northwest Region Vegetation and Inventory monitoring system*. USDA. For. Serv. Res. Pap. PNW-RP-493, 22 p.
- OLIVER C.D. (1992) - A landscape approach: achieving and maintaining biodiversity and economic productivity. *J. For.* **90**, 20-25.
- PELZ D.R. (1995) - Non-timber variables in forest inventories. *The Monte Verità Conference on Forest Survey designs "Simplicity versus efficiency" and assessment of non-timber resources*. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, 103-109.
- POSO S., WAITE M.L., KOIVUNIEMI J. (1995) - Assessment of non-timber functions : remote sensing technologies. *The Monte Verità Conference on Forest Survey designs "Simplicity versus efficiency" and assessment of non-timber resources*. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, 239-245.

- RONDEUX J. (1993) - *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. Gembloux, Presses agronomiques, 521p.
- RONDEUX J. (1994) - Ressources naturelles et inventaires intégrés : la logique du possible. *Cah. For. Gembloux* **12**, 18 p.
- RONDEUX J., LECOMTE H. (1996) - *Inventaire des ressources ligneuses de Wallonie. Guide méthodologique*. Gembloux, Faculté universitaire des Sciences agronomiques, Unité de Gestion et Economie forestières, 208p.
- RONDEUX J., LECOMTE H., FLORKIN P., THIRION M. (1996) - L'inventaire permanent des ressources ligneuses de la Région wallonne : principaux aspects méthodologiques. *Cah. For. Gembloux* **19**, 25 p.

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 sylvicoles
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'aménagement 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 (*Pseudotsuga 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 gestion 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. CLAESSENS
- 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
- N° 26 La gestion forestière durable en Région wallonne, l'apport de l'inventaire permanent
par G. KOESTEL, H. LECOMTE, J. RONDEUX
- N° 27 La gestion forestière durable en Région wallonne, intégration d'indicateurs appropriés à l'inventaire permanent
par H. LECOMTE, G. KOESTEL, 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.