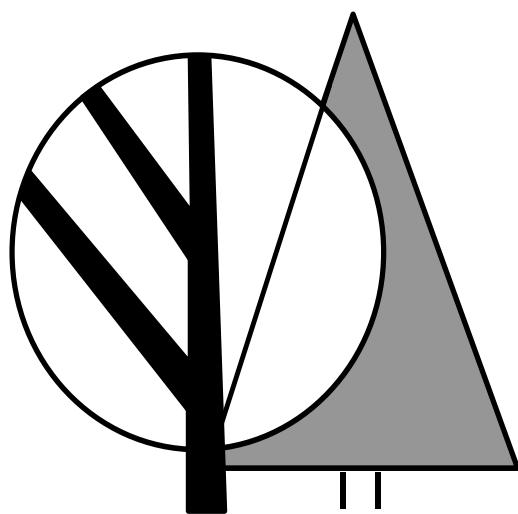


LES CAHIERS FORESTIERS DE GEMBLOUX



LES INVENTAIRES FORESTIERS NATIONAUX EN EUROPE :
TENTATIVE DE SYNTHESE

N° 5

H. LECOMTE, 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>

LES INVENTAIRES FORESTIERS NATIONAUX EN EUROPE : TENTATIVE DE SYNTHESE (*)

H. LECOMTE⁽¹⁾ et J. RONDEUX⁽²⁾

Résumé

De plus en plus, suite à une meilleure prise de conscience du caractère non forcément renouvelable des ressources forestières, la connaissance et la gestion suivies de celles-ci constituent un préalable à l'utilisation rationnelle des produits de la forêt et à l'établissement de politiques forestières plus cohérentes. Dans ce but, la plupart des pays européens réalisent un inventaire forestier national permanent, parfois depuis plusieurs dizaines d'années. Cette brève étude fait le point sur les différentes techniques et modalités d'inventaire utilisées dans douze pays européens.

Les principaux objectifs d'un inventaire forestier national sont d'abord définis et les différentes modalités d'échantillonnage sont passées en revue, de l'inventaire systématique simple à l'inventaire multiphasé. L'analyse porte ensuite sur l'intégration des documents aériens et spatiaux dans la méthodologie de l'échantillonnage. Les leviers au sol sont décrits quant à la forme des placettes, à leurs dimensions et aux différentes techniques utilisées pour sélectionner les arbres-échantillons (placettes à surface définie, placettes à surface non définie, etc...). L'étude montre que les données récoltées sont d'ordre administratif, géographique, écologique et pédologique, mais qu'elles concernent surtout le peuplement (structure, composition, couvert, ...) et les arbres (circonférence, hauteurs, qualité, état sanitaire). Enfin, elle aborde le traitement et l'exploitation des données ainsi que la présentation des résultats (surfaces, volumes, accroissements, disponibilités) sous forme cartographique et statistique. D'autres aspects généraux (permanence et organisation proprement dite des inventaires) ou particuliers (méthodologies spécifiques à certains pays) sont également présentés avant de brosser un tableau de la situation en Belgique.

Mots clés : inventaire forestier, techniques d'échantillonnage, placettes d'échantillonnage, cartographie, base de données.

(*) Recherche financée par la Région Wallonne (Ministère de l'Emploi, de la Rénovation rurale, de la Conservation de la Nature et des Zones industrielles).

(1) Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux. Département des Eaux et Forêts. Projet de recherche "Inventaire forestier wallon".

(2) Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux. Département des Eaux et Forêts. Unité de Gestion et Economie forestières.

National forest inventories in Europe : a synthesis attempt

Abstract :

To better manage the forest resources and to define a national forest policy, one needs objective information about the growing timber, the quantity and the quality of wood volume and how this volume changes with time. To fulfill this type of needs, many european countries are getting together reliable information through permanent forest inventory.

This study describes the inventory systems used in twelve european countries. Special attention is paid to the sampling designs, the field measurements, the type of collected data, the implementation of new technologies such as remote sensing, the electronic data processing and the presentation of the inventory results.

Other general aspects as the general organization of the inventory and the way used to make it permanent are also presented. The situation which is now observed in Belgium is briefly analyzed too.

Key words : forest inventory, sampling methods, plots, mapping, data bases.

1. Introduction

Dans de nombreux pays, la forêt est une ressource naturelle importante et au niveau mondial, les problèmes d'approvisionnement en bois se posent avec de plus en plus d'acuité.

Le développement des populations et l'augmentation de leurs besoins en bois ont mis en exergue la nécessité de gérer les ressources boisées de façon responsable, sous peine de les voir s'appauvrir ou même disparaître dans des proportions inquiétantes. Assez paradoxalement, ce sont les pays riches en "or vert" qui ont innové dans ce domaine (*Suède, Finlande, Canada, ...*). Mais comment gérer une ressource aussi étendue et diversifiée sans se doter des moyens de la connaître ? A ce titre, un inventaire réalisé à l'échelle des nations est devenu indispensable.

Dans les lignes qui suivent nous tenterons de faire le point sur les principales approches méthodologiques relatives aux inventaires forestiers nationaux (ou régionaux) et nous évoquerons différentes réalisations concrètes actuellement en vigueur dans plusieurs pays, principalement ceux à tradition forestière bien implantée.

Plutôt que de procéder à une analyse exhaustive des modalités et des conditions d'application des inventaires existants, nous avons préféré mettre en exergue les expériences les plus significatives de quelques pays européens. Pour cette raison, nous avons réalisé une étude bibliographique fouillée et nous avons mis à profit aussi bien notre participation à des réunions internationales que les nombreux contacts noués avec des responsables de la réalisation d'inventaires nationaux.

Nous préciserons d'abord ce qu'il convient d'entendre par inventaire forestier (paragraphe 2) avant de décrire les objectifs généralement assignés à des inventaires nationaux (paragraphe 3). Nous analyserons les différentes modalités d'échantillonnage qui leur sont associées (paragraphe 4) et développerons diverses considérations sur les unités de sondage (paragraphe 5). Nous traiterons également de la nature des données récoltées (paragraphe 6), de leur traitement et de leur

exploitation (paragraphe 7) ainsi que de la publication des résultats qu'ils permettent d'obtenir (paragraphe 8).

Nous aborderons enfin la permanence des inventaires forestiers nationaux (paragraphe 9), avant d'évoquer deux conceptions particulières d'inventaire (paragraphe 10) et de faire le point sur la situation en Belgique (paragraphe 11). Le dernier paragraphe (paragraphe 12) sera consacré à quelques conclusions et réflexions que suggère l'état des lieux que nous avons réalisé.

2. La notion d'inventaire forestier

De manière générale on distingue deux grands types d'inventaires forestiers : les inventaires de gestion (ou d'aménagement) et les inventaires nationaux ou régionaux, eux-mêmes répartis, selon leurs objectifs, en inventaires de reconnaissance, d'exploitation, d'approvisionnement, etc. Ils se différencient par le fait des quelques caractéristiques fondamentales suivantes :

- *l'étendue* à laquelle ils se réfèrent : l'inventaire de gestion concerne des étendues relativement restreintes, quelques hectares à quelques centaines d'hectares et se limite à la propriété. L'inventaire national ou régional, par contre, couvre des milliers, voire des millions d'hectares et s'adresse aussi bien à des propriétés privées qu'à des propriétés appartenant à des collectivités ;
- *les objectifs* qu'ils cherchent à atteindre : dans le premier cas (inventaire de gestion), seuls les intérêts du propriétaire sont visés, ils impliquent l'estimation du matériel sur pied et l'établissement de plans de gestion ; dans le second cas (inventaire forestier national), c'est l'ensemble des forêts qui est considéré comme un tout constituant les ressources forestières de la nation. A cette échelle, l'inventaire forestier peut être réalisé seul, il concerne alors uniquement les forêts, ou il peut être intégré dans un inventaire plus général⁽¹⁾ s'adressant à l'ensemble des ressources naturelles du pays comme c'est le cas en Suède, en Finlande, ou encore dans plusieurs états américains ;
- *les méthodes utilisées* pour la réalisation du travail d'inventaire : si l'inventaire complet peut être suggéré dans le cadre d'un inventaire de gestion, il est irréaliste d'y avoir recours pour l'inventaire national. L'inventaire par échantillonnage, utilisable tant en inventaire de gestion (du moins à partir d'une certaine surface) qu'en inventaire national, se basera sur un taux d'échantillonnage beaucoup plus intensif au niveau des propriétés ou des massifs qu'au niveau régional.

S'il est théoriquement possible d'organiser un inventaire national par simple fusion d'inventaires de gestion, une telle démarche serait le plus souvent vouée à l'échec par manque d'homogénéité entre inventaires, comme le soulignent SCHMIDT-HAAS et WULLSCHLEGER (1978).

Rien n'empêche cependant d'affiner et de compléter les données d'un inventaire national, basé sur un taux d'échantillonnage réduit, par des données récoltées au cours d'inventaires de gestion à taux d'échantillonnage plus intensifs,

⁽¹⁾ C'est la tendance qui prévaut de plus en plus aujourd'hui dans la manière de concevoir des inventaires visant plusieurs objectifs (LUND, 1991).

l'idée étant, par exemple, de superposer à un maillage général, des sous-maillages plus spécifiques (ZÖHRER, 1978).

3. Les principaux objectifs d'un inventaire forestier national

Les inventaires forestiers nationaux doivent, en ordre principal, fournir des données telles que :

- surfaces occupées par la forêt : réparties par propriétaires, par types de peuplement, par classes d'âge, par essences, ... ;
- caractéristiques dendrométriques des peuplements : nombres de tiges, surfaces terrières, volumes (selon différentes découpes, hauteurs ou qualités), niveaux de productivité, compositions des peuplements ;
- qualités et formes des arbres, classements par catégories de grosseur marchandes, etc.

En plus de ces données relatives au matériel sur pied présent à l'époque des mesures, les inventaires forestiers doivent également permettre d'estimer la disponibilité des ressources en bois, tant du point de vue qualitatif que quantitatif. Cette détermination des disponibilités est en quelque sorte la finalité de l'observation et de l'étude du matériel sur pied, de l'accroissement et des coupes réalisées. Elle peut cependant aussi, à défaut de disposer de données pertinentes, être approchée par simulation au départ d'hypothèses relatives aux sylvicultures pratiquées et/ou aux objectifs poursuivis.

Les résultats issus de l'exploitation de l'ensemble de ces données permettent d'atteindre les objectifs principaux de l'inventaire forestier national qui se situent à trois niveaux :

- *la politique forestière nationale* : grâce aux renseignements fournis, les responsables techniques et politiques peuvent orienter globalement la gestion forestière nationale ou régionale (modification des termes d'exploitabilité, des intensités d'éclaircies, encouragement à la plantation de telle ou telle espèce) et élaboration des textes législatifs et réglementaires, des programmes d'actions ;
- *l'industrie* : les industriels sont parmi les principaux utilisateurs des résultats de l'inventaire forestier national : surfaces, volumes, disponibilités actuelles et futures des produits de la forêt et répartition géographique des différentes essences constituent des renseignements fondamentaux pour la première transformation du bois, notamment en tant que critères d'investissements, de création et de localisation de nouvelles unités, ou encore d'extension des capacités de transformation ou d'adaptation des outils aux produits fournis par la forêt ;
- *la définition des potentialités forestières* : les données dendrométriques récoltées simultanément avec les données du milieu peuvent servir de base à une utilisation optimale des sols, à l'identification des surfaces dont le potentiel n'est pas totalement utilisé, à l'amélioration des peuplements, au retour des sols à l'agriculture ou au processus inverse (BRENAC, 1980).

L'intérêt pour un inventaire national ou régional est donc justifié et il est d'autant plus marqué que la surface boisée appartenant à des propriétaires privés est étendue ; dans les pays où la forêt est propriété de l'Etat ou des collectivités, la planification d'ensemble et l'homogénéité des aménagements permettent une actualisation régulière des données (KLEPAC, 1978).

4. Inventaire forestier national et échantillonnage

Les inventaires forestiers nationaux reposent bien évidemment sur des techniques d'échantillonnage. Selon les cas, cet échantillonnage peut prendre diverses formes : aléatoire et simple, systématique, avec ou sans stratification, monophase ou bi(multi)phase.

Des critères propres à chaque pays (étendue boisée, morcellement, topographie, durée d'exécution et budgets disponibles) justifient le choix de l'une ou l'autre méthode.

4.1. L'échantillonnage aléatoire et l'échantillonnage systématique

L'échantillonnage *aléatoire et simple* se caractérise par une probabilité égale de sélection de toutes les unités d'échantillonnage, choisies au hasard et indépendamment les unes des autres. Statistiquement, il présente des avantages importants (estimation non biaisée de la moyenne de la population, calcul aisément de l'erreur d'échantillonnage) mais en pratique, il est peu utilisé (du moins dans des inventaires à une seule phase), principalement pour des raisons de mise en œuvre (les pertes de temps consécutives à la dispersion des échantillons).

L'échantillonnage *systématique*, par contre, est largement utilisé dans les inventaires nationaux ; les unités de récolte des données sont, dans ce cas, choisies selon un schéma rigide du type grilles (carrées ou rectangulaires). Si les avantages pratiques sont bien connus (répartition régulière des points de sondage et facilités qui en découlent du point de vue des repérages et des déplacements), il faut être attentif au calcul de l'erreur d'échantillonnage et il convient d'éviter les biais qui pourraient affecter la moyenne, notamment dans les cas où il existe une périodicité marquée dans la population à inventorier ou une auto-corrélation entre points de sondage très proches.

Sur ces deux types fondamentaux d'échantillonnage peut venir se greffer une *stratification* dont l'objectif est de décomposer un ensemble complexe hétérogène (la forêt) en unités plus petites (*strates*) homogènes par rapport à un critère déterminé (le type de peuplement, par exemple) afin de limiter le plus possible la variabilité des caractéristiques à estimer. La stratification peut se faire *a priori* : à partir de photos aériennes, de renseignements antérieurs à l'inventaire (statistiques) ou *a posteriori*, à partir des résultats de l'inventaire lui-même. La distinction de différentes strates permet d'adapter à chacune d'elles le taux de sondage adéquat (échantillonnage à fraction sondée variable) et de déterminer la méthode de récolte des échantillons la plus appropriée. Par contre, dans le cas d'un inventaire permanent, les limites géographiques des strates peuvent évoluer, des placettes permanentes peuvent

changer de strates et le traitement des données est sensiblement plus compliqué (CUNIA, 1978).

Une forme de stratification "administrative" ou "géographique" se rencontre en *Allemagne*, où le taux d'échantillonnage varie d'un "länd" à l'autre : le côté de la maille est de 2, 2,8 ou 4 km. En *Finlande*, les unités d'échantillonnage sont distantes entre elles de 8 km dans le Sud du pays et de 9 km dans le Nord. La *Suède* est divisée en 5 régions ; dans quatre d'entre elles, 10 km séparent les points de sondage, dans la cinquième région (l'extrême Sud du pays), cette distance est réduite de moitié.

4.2. L'échantillonnage à une ou plusieurs phases

L'inventaire à *une phase* (encore appelé monophase) peut être simple ou stratifié. Il est simple lorsqu'il s'adresse de la même manière à toute la population : la grille de points (dans le cas d'une implantation systématique des unités) est posée sur le document de travail (photo, carte, ou autre document) et l'échantillonnage se fait "à travers tout" sans distinction de strates. L'inventaire à une seule phase se base sur le seul travail au sol (dans nos régions du moins).

Parmi les pays qui utilisent cette forme d'échantillonnage, pratiquement toujours basée sur une maille carrée, on trouve l'*Italie* (maille de 3 km x 3 km), l'*Autriche* (2,75 km x 2,75 km) et la *Suisse* (1 km x 1 km).

L'inventaire à *deux ou plusieurs phases* envisage la récolte des données en deux ou plusieurs étapes. Généralement, le nombre de phases se limite à deux ; elles peuvent être indépendantes mais en pratique elles se complètent : en quelque sorte, la première étape "dégrossit" le travail avec comme corollaire une simplification et un allégement de la seconde phase.

A l'heure actuelle la télédétection spatiale (réalisée à partir des images-satellites) ou aérienne (réalisée à partir des photos aériennes) constitue très souvent la première phase : la description synthétique des peuplements et la délimitation des différents types aboutissent à une cartographie ou à une stratification. Le travail au sol (récolte des données) caractérise la seconde phase de l'inventaire.

Une illustration de l'inventaire à deux phases est fournie par l'inventaire forestier des *Pays-Bas* où l'étude de photos stéréoscopiques permet de délimiter les différentes vocations forestières des peuplements (loisirs, protection, production, ...) et ensuite d'adapter le travail de terrain à chaque type de vocation. Mais le meilleur exemple de l'inventaire à plusieurs phases reste sans doute l'*Inventaire forestier national français* (IFN). La première phase consiste en l'étude stéréoscopique de photos infra-rouge couleur (échelle 1/18.000ème environ). De grands types de peuplements sont définis et délimités sur les photos et ensuite reportés sur les cartes militaires correspondantes, dans le but d'éditer une cartographie des peuplements forestiers (via une digitalisation). Une grille de points est placée sur les photos et suivant l'importance des peuplements, un certain nombre de points à mesurer en forêt sont tirés au sort. La seconde phase consiste en un contrôle au sol de la photo-interprétation et dans la pratique, elle se confond toujours avec la troisième phase (récolte des données en forêt) réalisée sur les points désignés de façon aléatoire.

4.3. Le taux d'échantillonnage

Le taux d'échantillonnage adopté dans un inventaire forestier national résulte généralement d'un compromis entre la précision recherchée et les contraintes de budget et de temps. Ainsi, le taux d'échantillonnage varie de 0,1 % (*Inventaire forestier italien*) à 1 % (*Inventaire forestier néerlandais*) en passant par 0,4 % (*Inventaire forestier suédois*) et 0,5 % (*Inventaire forestier français*).

5. Les unités d'échantillonnage ou placettes

Les unités d'échantillonnage installées au sol s'identifient à des surfaces de quelques ares définies ou non et sont communément appelées "*placettes d'échantillonnage*". Celles-ci se distinguent par leur forme, le mode de sélection des arbres-échantillons, leur indépendance ou leur intégration à une "*grappe*" ou "*trakt*".

5.1. La forme des placettes

Théoriquement, les placettes d'échantillonnage peuvent présenter plusieurs formes géométriques mais la plus utilisée dans les inventaires forestiers est incontestablement le cercle. La forme circulaire présente en effet plusieurs avantages :

- elle est facile à installer, du moins si sa surface n'est pas trop étendue et le relief pas trop accidenté,
- elle ne présente aucune direction préférentielle,
- elle possède le plus petit périmètre, à surface égale, de toutes les formes géométriques existantes, ce qui limite les risques d'erreur (cas de l'appartenance ou non d'arbres limites à la placette).

D'autres formes sont parfois utilisées mais dans des cas spécifiques, comme l'inventaire des haies et des alignements où les unités de sondage se réduisent à des éléments de droites (*France*).

5.2. Les différents types de placettes et leur installation

Deux grands types de placettes sont utilisés : celles que nous qualifierons de placettes "à surface définie" et celles à "surface non définie" utilisant le principe de sélection imaginé par BITTERLICH.

5.2.1. Les placettes à surface définie

Dans ce cas, l'échantillonnage s'appuie sur une surface connue de quelques ares, matérialisable au sol, à l'intérieur de laquelle se trouvent tous les arbres-échantillons, pour lesquels la probabilité de sélection est égale et proportionnelle à la fréquence.

On rencontre plusieurs variantes de ce type de placettes : les placettes à surface (ou rayon) fixe, quel que soit le peuplement, et les placettes à surface (ou

rayon) variable en fonction de la densité des peuplements dont elles relèvent. Cette faculté de changer le rayon (ou la surface) en fonction de la densité des peuplements permet de rester proche du nombre souhaitable de bois à mesurer (de dix à quinze selon les auteurs). Cette technique est utilisée par l'*Inventaire forestier italien* où les placettes peuvent avoir des surfaces de 6, 4 voire 2 ares si la densité des peuplements le justifie. Le même principe est d'application aux *Pays-Bas*. Dans les pays où les forêts sont uniformément peu denses, comme en *Suède*, un seul rayon peut être appliqué partout (10 m en l'occurrence).

Dans d'autres pays où la surface de la placette est fixée indépendamment de la densité du peuplement, pour limiter le nombre d'arbres-échantillons on procède à l'installation de deux ou plusieurs placettes concentriques : les inventaires *suisse* et *français* en sont les meilleurs exemples. En *Suisse*, on utilise trois placettes concentriques : la première est caractérisée par un rayon de 3 m (0,28 ares environ) et les deux autres ont des surfaces imposées respectivement égales à 2 et à 5 ares. L'échantillonnage au sol de l'*Inventaire forestier français* repose sur trois placettes concentriques de rayons correspondant à 6, 9 et 15 m, s'adressant aux petits, moyens et gros bois. Chaque catégorie de produits est ainsi représentée équitablement, notamment dans les taillis sous futaie et les peuplements à deux étages.

Les placettes à surface définie sont généralement délimitées à l'aide d'un décamètre ou d'un ruban métallique à enrouleur automatique. Elles ne posent aucun problème en matière de calcul du taux d'échantillonnage et leur implantation en lisière ou à la limite de plusieurs peuplements n'entraîne aucune difficulté.

5.2.2. Les placettes à surface non définie

Dans ce type de placette, encore appelé "placette BITTERLICH", la probabilité de sélection des arbres est proportionnelle à leur surface terrière (RONDEUX, 1983a). Sont sélectionnés les arbres dont le diamètre à 1,3 m est supérieur à la projection d'un angle critique sur leur tronc à ce même niveau. Cet angle peut être matérialisé par une jauge d'angle, un prisme relascopique ou par le relascope ou télérelascope de BITTERLICH. Le nombre de bois sélectionnés étant généralement peu élevé si l'angle critique a été judicieusement choisi, l'installation de ces points de sondage est rapide, sauf si les conditions de visibilité sont mauvaises ou si l'on se trouve en bordure ou en limite de peuplements, ce qui implique alors le recours à des artifices techniques. Un avantage de la méthode est lié à la probabilité de sélection elle-même, par le fait que les gros arbres, ceux-là même qui présentent la plus forte valeur économique, ont le plus de chance de faire partie de l'échantillon.

En *Finlande*, c'est le facteur de surface terrière 2 qui est utilisé⁽¹⁾. Les inventaires *allemand* (*BWI*) et *autrichien* (*OFI*) emploient le facteur de surface terrière 4, mais seulement pour les arbres d'un diamètre à 1,3 m supérieur à 10 cm (*BWI*) ou 10,4 cm (*OFI*). Les bois plus petits sont inventoriés grâce à une placette de 4 m de rayon (*BWI*) ou de 2,6 m de rayon (*OFI*).

5.3. Les associations de placettes

⁽¹⁾ Facteur de surface terrière = valeur par laquelle il faut multiplier le nombre d'arbres comptés en un tour d'horizon pour obtenir une estimation ponctuelle de la surface terrière à l'hectare.

En principe, à chaque point de sondage en forêt est associée une unité d'échantillonnage. Elle peut être simple, constituée d'une seule placette ou de plusieurs placettes concentriques, ou par contre être formée de plusieurs placettes. Dans ce cas, on parle de "grappes" de placettes ou encore de "trakts" (appellations utilisées dans les pays germaniques et nordiques), le long desquels sont réparties les placettes de sondage.

Les placettes simples, utilisées dans les inventaires *français, néerlandais, italien et suisse* constituent des unités indépendantes les unes des autres.

Dans les groupes de placettes, chaque placette peut être considérée, lors de la présentation des résultats, comme une unité propre de sondage, ou par contre, les données provenant de chaque placette constitutive du "trakt" peuvent être traitées comme si elles avaient été récoltées sur une seule et même placette. Il faut veiller à ne pas concentrer l'information sur des étendues restreintes et à ne pas oublier de vastes zones entre les trakts ; de même, la distance entre placettes doit être suffisamment grande pour éviter de trop fortes corrélations entre les données.

Le recours aux groupes de placettes concerne les pays où les forêts sont vastes et d'accès malaisé. Chaque trakt correspond de la sorte à une demi-journée ou à une journée de travail pour une équipe, le point de départ du périmètre du trakt en constituant aussi le point d'arrivée. Il semble cependant que le trakt soit difficile à installer en zone montagneuse ou dans les forêts morcelées.

La configuration d'un "trakt" varie d'un pays à l'autre : les trakts utilisés dans les inventaires *allemand* et *autrichien* correspondent à des carrés de 150 m et 200 m de côté, mais ils peuvent prendre des dimensions beaucoup plus grandes, notamment en *Suède* et en *Finlande*.

5.4. La matérialisation des unités d'échantillonnage

Dans tous les pays étudiés, même dans ceux où la permanence de l'inventaire n'a pas encore été décidée (*Allemagne, Suisse*), des conventions sont respectées afin de rendre les placettes permanentes et donc de pouvoir les retrouver lors d'un éventuel autre cycle d'inventaire.

La matérialisation de la placette, très discrète pour ne pas influencer le gestionnaire dans ses décisions ou opérations sylvicoles, comporte le marquage du centre et le repérage des arbres-échantillons. Le centre est identifié au moyen d'un piquet (le plus souvent métallique) dépassant légèrement le niveau du sol ; les arbres sont repérés par l'angle de visée sous lequel ils sont vus à partir du centre et par la distance qui les sépare du piquet. Un léger trait de griffe horizontal peut indiquer le niveau de mesure du diamètre ou de la circonférence (considéré à 1,30 m).

6. La nature et la récolte des données

Plusieurs types de données sont récoltées lors de la visite sur le terrain en complément des informations extraites de documents cartographiques, photographiques ou encore administratifs ; elles concernent la localisation du

peuplement, le milieu (conditions de croissance), le peuplement lui-même et les arbres qui le composent.

6.1. Les données relatives à la situation administrative et géographique

Il s'agit principalement de données administratives (localité, région forestière, province, subdivisions diverses) et éventuellement de données relatives à la propriété (étendue propre, dimensions du massif l'incluant) ou à l'accès au massif : largeur, pente maximale et revêtement des chemins sont des informations collectées par l'*Inventaire forestier allemand*, par exemple.

Complétées par les renseignements relatifs à la topographie et au sol (paragraphe 6.2), ces informations décrivent les conditions d'exploitation du peuplement.

6.2. Les données relatives au milieu

Les conditions topographiques sont parmi les premières informations recueillies : altitude, pente, exposition, type topographique. Un relevé de la végétation est effectué le plus souvent sur la placette, avec une attention particulière pour la flore indicatrice. Un sondage pédologique, réalisé en un ou plusieurs endroits, complète les observations décrivant le milieu de croissance du peuplement. L'intérêt de tels renseignements se justifie par l'étude des interactions entre le peuplement (caractérisé par son état actuel et son accroissement) et les conditions écologiques dans lesquelles il se développe. D'autres données plus spécifiques aux régions étudiées peuvent aussi être récoltées : la *Suisse*, par exemple, relève les couloirs d'avalanche, les zones de ravine ou encore les zones de pâturage pour le bétail.

Dans le cadre d'un inventaire "intégré" encore appelé multi-ressources (tel est le cas en *Finlande*), diverses informations spécifiques à d'autres domaines que la forêt sont récoltées : exploitation de tourbes, gisements de roches. En *Suisse*, un inventaire de l'état sanitaire des forêts est réalisé à partir de l'échantillonnage mis en œuvre pour l'inventaire forestier national (projet Sanasilva). Cela mérite d'être souligné comme exemple d'efficacité, comparé à l'absence de coordination entre les méthodes en vigueur dans d'autres pays !

6.3. Les données relatives au peuplement

Elles sont recueillies sur une surface généralement supérieure à la placette d'échantillonnage et concernent avant tout les dimensions, le morcellement et la vocation des massifs boisés ; sont également étudiées la composition du peuplement (essences présentes et degré de mélange), sa structure, son couvert absolu et relatif (éventuellement pour chaque étage de végétation), son stade de développement, son âge et son état sanitaire global. Toutes ces informations (hormis l'âge en peuplements équiennes) correspondent à des estimations. Elles ne se basent donc pas sur des mesures dendrométriques. Complémentairement, certains pays (la *Suisse*, la *Suède*, la *Finlande*) donnent une appréciation sur le mode de traitement appliqué et sur l'opportunité d'une éventuelle opération culturelle (éclaircie, régénération, voire drainage) dans un proche avenir.

6.4. Les données relatives aux arbres

Chaque arbre échantillon est classé selon l'essence ; il fait alors l'objet de mesures et de relevés dont les principaux sont : circonférence au niveau d'abattage, diamètre (ou circonférence) à hauteur d'homme, diamètre à un ou plusieurs niveaux supérieurs, hauteur totale, recoupes diverses, épaisseur de l'écorce, accroissements radiaux des cinq (ou dix) dernières années, accroissement en hauteur (estimé en *France* et en *Finlande*), largeur et longueur du houppier (mesurées en *Suisse*), position sociale de l'arbre dans le peuplement (évaluée en *Suisse*), quantité de cônes (relevée en *Suède*).

Parmi ces données, seul le diamètre à hauteur d'homme est systématiquement mesuré sur tous les arbres ; les autres mesures ou observations sont la plupart du temps pratiquées sur un sous-échantillon de tiges choisies en fonction de leur grosseur ou de leur hauteur. Cette méthode est employée en *Finlande* et en *Suède* tandis que la *Suisse* choisit le sous-échantillon dans un secteur déterminé de la placette.

Les inventaires *français*, *allemand* et *autrichien*, entre autres, récoltent des informations concernant la qualité des grumes de façon très précise, via des mesures de diamètres et de hauteurs de billons successifs ; la *Suisse* va même jusqu'à renseigner la nature du défaut ou du dégât justifiant le (dé)classement. D'autres pays (notamment les *pays scandinaves*) classent l'arbre entier selon les catégories d'utilisation : sciage, pilot, trituration sans autre distinction.

Des observations sont également réalisées sur la régénération (brins de diamètre inférieur au seuil de mesure), à l'aide de placettes de surface réduite installées par exemple en *France* et en *Allemagne*. Elles sont simples ou composées, concentriques ou réparties à l'intérieur de la grande placette. On y dénombre les brins globalement ou on les répertorie parmi diverses catégories de grosseur (inventaire *suisse*). Les trakts *suédois* et *finlandais* incluent des placettes destinées uniquement à l'étude de la régénération.

6.5. La saisie des données

Traditionnellement, les données, qu'elles soient qualitatives ou quantitatives, sont transcrrites manuellement sur formulaires. Les différents pays ont mis au point des fiches de pointage pouvant servir directement à l'encodage des données au bureau. Le nombre élevé de données à enregistrer reste cependant un obstacle à l'emploi des encodeurs portables, mais la *Suède* joue un rôle de précurseur dans ce domaine puisque ce pays utilise cette technique depuis une dizaine d'années. Les encodeurs portables⁽¹⁾, pour autant qu'ils soient convenablement programmés sont avantageux à deux points de vue : d'abord ils permettent d'effectuer un contrôle direct de la validité des informations recueillies sur le terrain au moment même de leur collecte ; ensuite, ils suppriment la phase d'encodage manuel sur le système

⁽¹⁾ Une réunion internationale de l'IUFRO (Groupe S4.02.04 "Management and geographic information system") a été organisée sur ce thème à Gembloux en 1989 (ADLARD et RONDEUX, 1990).

chargé du traitement puisque le transfert des données peut se faire directement vers l'ordinateur.

La technique de saisie adoptée a une indéniable répercussion sur l'organisation du travail : constitution et organisation des équipes de travail sur le terrain (trois ou quatre personnes généralement dont un chef d'équipe), réduction du personnel de bureau (vérificateurs, encodeurs).

Chaque inventaire prévoit également des contrôles du travail des équipes de terrain : dans le cas de la *Suède*, 5 % des placettes sont remesurées par deux équipes spécialement affectées à cette tâche.

7. Le traitement et l'exploitation des données.

A ce stade du cheminement des données, l'abondance et la diversité des informations imposent le recours à l'outil informatique. Chaque inventaire forestier dispose de son centre de traitement indépendant dont l'évolution a suivi le développement rapide des techniques de l'informatique.

Le matériel doit être complet : ordinateur doté d'une unité centrale à grande rapidité de travail et d'une mémoire importante, unités de disquettes et disques amovibles pour le stockage des données, imprimante, et autant que possible table graphique.

Un personnel qualifié en programmation et formé aux techniques de l'inventaire est chargé de l'utilisation du matériel et des logiciels statistiques. Il doit également mettre au point l'ensemble des programmes nécessaires au traitement et à l'exploitation des données et en assurer l'interprétation statistique.

Nous ferons une distinction entre contrôle des données d'une part et traitement et exploitation des données d'autre part, encore que les notions mêmes de "traitement" et "d'exploitation" soient beaucoup plus affaire de nuances.

7.1. Le contrôle des données

Au bureau, les données recueillies font l'objet d'un ensemble d'opérations et de tests qui les préparent à l'étape suivante : le traitement proprement dit.

Dans la filière classique - saisie des données sur formulaires - les données sont contrôlées une première fois afin de détecter les oubli et les erreurs grossières. Les formulaires litigieux doivent alors être corrigés et un retour sur le terrain à l'endroit des mesures est parfois nécessaire . Les formulaires correctement remplis sont encodés par un opérateur soit sur disque souple, soit à un terminal de l'ordinateur central. Cet encodage, même s'il fait appel à un programme de contrôle, doit faire l'objet d'une vérification dont le but est d'éliminer les erreurs non-détectables. Toutes les données ainsi "purifiées" sont alors prêtes au traitement proprement dit. Cette filière est contraignante et absorbe beaucoup de temps et de travail. Elle reste cependant largement utilisée en raison du nombre important et de la diversité des données récoltées.

Dans le cas de l'utilisation d'un encodeur portable, le transfert automatique des données vers l'unité de stockage et de traitement allège et accélère considérablement ce processus, tout en garantissant la fiabilité de l'information récoltée puisqu'un contrôle direct a été réalisé par l'appareil sur le terrain et qu'un second test est effectué après ce transfert. Il faut cependant admettre que cette filière n'est pas encore assez répandue pour pouvoir porter un jugement définitif sur son efficacité.

7.2. Le traitement des données

Le traitement consiste à opérer des réductions de données, des tris ou divers calculs à partir des banques de données constituées sur fichiers magnétiques.

Parmi les opérations de base il convient de citer la détermination des volumes, l'estimation des accroissements et des surfaces occupées.

La détermination des volumes est incontestablement l'un des objectifs fondamentaux de l'inventaire forestier. Il faut savoir que de nombreux inventaires ne recourent pas à l'utilisation de tables de cubage : soit pour la simple raison qu'elles n'existaient pas au moment où l'inventaire a débuté, soit que les conditions de validité des tarifs ne sont pas remplies sur l'ensemble du territoire inventorisé, ou encore que l'on souhaite travailler avec une plus grande précision individuelle à l'échelle locale. Dès lors, les responsables des inventaires de nombreux pays ont prévu la récolte de données destinées non seulement à calculer le volume des arbres mesurés mais aussi à créer des tarifs de cubage ou encore des fonctions de défilement permettant l'estimation de volumes de natures très diverses. Les inventaires *allemand*, *autrichien*, *suisse* et *français* mesurent dans ce but les diamètres à différentes hauteurs. Les volumes sont exprimés à différentes découpes, sur ou sous écorce.

L'estimation de l'accroissement courant des peuplements permet de chiffrer la potentialité des stations forestières et sert de base à la prévision des disponibilités futures du matériel sur pied.

Si l'on ne dispose que de placettes temporaires, il est impératif de recourir au sondage à la tarière de PRESSLER pour estimer la valeur de l'accroissement à partir des mesures des accroissements radiaux portant sur les 5 ou 10 dernières années. La plupart des pays (*France*, *Autriche*, *Suède*, ...) sondent les arbres à hauteur d'homme, même en placettes permanentes, mais d'autres, comme la *Suisse*, préfèrent calculer l'accroissement par différence d'inventaires successifs.

La détermination des surfaces occupées est envisagée différemment dans les pays selon que l'inventaire préconisé recourt ou non à la photo-interprétation.

Le premier cas est illustré par la *France* où, à partir de la cartographie "réelle", on détermine par planimétrage (via digitalisation) les surfaces de chaque unité cartographiée (type de peuplement par exemple).

Dans le second cas, lorsque l'inventaire est basé sur un échantillonnage systématique notamment en *Suisse* et en *Italie*, les surfaces sont obtenues par comptage de points, chacun d'entre eux étant considéré comme l'image de la surface de la forêt qu'il est censé représenter (LECOMTE *et al.*, 1984). Les volumes, accroissements et surfaces, calculés pour une placette, sont alors extrapolés à cette même étendue.

7.3. L'exploitation des données

Le traitement a transformé les données brutes en données élaborées directement utilisables et publiables sous la forme de résultats dont les plus connus ont déjà été cités lors de la présentation des objectifs d'un inventaire national.

Dans l'ensemble, il s'agit donc de fournir des informations concernant le matériel sur pied : volumes sur ou sous écorce, à différentes découpes, répartis par essences, par catégories de produits (dimension ou qualité), par classes d'âge (résineux). Il convient de préciser la composition des peuplements et les surfaces qu'ils occupent à diverses échelles, administratives, d'approvisionnement, etc. Ces résultats sont de la plus grande utilité pour les industries du bois, les responsables de la politique forestière, les gestionnaires.

Certains pays, grâce à la diversité des informations qu'ils ont enregistrées, fournissent des résultats pertinents. En voici deux exemples qui illustrent mieux notre propos :

- *l'Inventaire forestier suisse* classe les peuplements en fonction de leur stabilité : selon les facteurs d'élancement, le développement des cimes, la nature du sol. Il en répartit les surfaces en regard des distances et des difficultés d'exploitation. Les volumes (résineux et feuillus) sont ventilés par classes de qualité et la fréquence des défauts est calculée selon les essences, les types de peuplements, les régions, ...
- *l'Inventaire forestier néerlandais* fournit, région par région, les surfaces des peuplements répartis par vocation : forêts de production, bois de ferme, boqueteaux, forêts de protection, à vocation touristique ou encore forêts naturelles. Les surfaces sont également ventilées selon la taille des massifs forestiers.

A partir de l'analyse que nous avons menée, deux préoccupations essentielles semblent se faire jour chez les responsables d'inventaires nationaux : la présentation sous forme cartographique des résultats et l'exploitation optimale de toute l'information recueillie en vue de chiffrer la disponibilité future en matière ligneuse.

La représentation cartographique peut se concevoir de deux manières liées dans une certaine mesure à la récolte des données : la cartographie "réelle" et la cartographie "a posteriori".

La cartographie réelle est une représentation cartographique, sur fond topographique ou non, à petite ou à grande échelle, de la réalité physique des peuplements avec leurs contours, identifiés par un code symbolisant les caractéristiques des massifs (essence principale, volume à l'hectare, ...). Elle est réalisée à partir de l'étude stéréoscopique de photos aériennes à une échelle proche du 1/20.000ème. *L'Inventaire forestier néerlandais* ainsi que *l'Inventaire forestier national français* utilisent pareille approche.

La cartographie "a posteriori" n'est réalisable que si les résultats de l'inventaire sont connus. Très bien adaptée à l'inventaire systématique simple, elle représente, à l'aide de symboles codés, les résultats obtenus pour chaque unité d'échantillonnage,

par exemple en termes de densité ou de volume à l'hectare, d'essence prépondérante, de structure. La *Suisse* et l'*Italie* présentent des cartes réalisées selon cette méthode.

Ces deux types de cartographie, bien que fondamentalement différents dans leurs principes, ne s'excluent pas (les *Pays-Bas* proposent l'un et l'autre) et ont le même objectif : localiser, dans l'espace, les résultats de l'inventaire forestier tout en permettant de comparer, par exemple, l'évolution des surfaces des types de forêts d'un inventaire à l'autre.

L'estimation de la disponibilité, c'est-à-dire de la quantité de bois disponible à moyen terme, est un des objectifs normalement assignés à un inventaire, encore ne faut-il pas confondre, comme c'est si souvent le cas, accroissement et coupe annuelle, cette dernière étant beaucoup plus difficilement maîtrisable (décisions du gestionnaire, accidents, ...) mais pouvant être fixée par rapport à l'accroissement. Cette notion de disponibilité implique souvent l'estimation du matériel prélevé au cours d'un nombre fixé d'années parmi les dernières. Pareille estimation ne peut se faire que par l'observation de souches récentes (moins de 5 ans), la mesure de leur circonférence et la datation de la coupe ; le volume des arbres exploités est, par exemple, estimé par application à ces arbres des relations calculées entre la circonférence de la souche et le volume d'arbres toujours vivants.

On obtient ainsi une image des prélèvements effectués en conditions "normales" dans les différents types de peuplements et on peut se faire une idée de la sylviculture pratiquée.

A condition de connaître aussi les accroissements présumés, rien n'empêche de tester l'impact de diverses sylvicultures sur la disponibilité future.

C'est dans ce contexte qu'a été créée en *France*, au sein de l'*Inventaire forestier national*, la cellule "Evaluation de la Ressource Forestière" dont le but est d'assurer une exploitation maximale des données de l'inventaire, notamment par la mise au point de programmes destinés à répondre à des demandes particulières de certains utilisateurs et par la création de modèles de simulation (évolution des peuplements, estimation des disponibilités futures).

8. La publication des résultats

Les résultats généraux sont édités régulièrement par les services d'inventaires après chaque cycle de mesures en cas d'inventaire permanent. Il s'agit toujours de statistiques assez fastidieuses qui se présentent sous la forme de chiffres répartis dans des tableaux, habillés de commentaires et quelquefois de figures. La qualité de la présentation dépend largement du budget alloué ; ces ouvrages généraux assurent la vulgarisation des résultats largement diffusés et généralement gratuits. L'*Inventaire forestier français* édite à chaque cycle d'inventaire, deux tomes de résultats par département, avec une présentation des régimes forestiers du département, des tableaux, des analyses assez laconiques et une cartographie des forêts recensées. La *Suisse* publie ses résultats dans un luxueux volume surprenant par le nombre et la diversité des résultats accompagnés d'un ensemble de figures explicatives et de cartes thématiques.

D'autres informations ne sont pas publiées mais sont accessibles à la demande. Il s'agit de résultats plus particuliers s'adressant à des utilisateurs tels que des

industriels, des gestionnaires ou des économistes. Ces résultats nécessitent souvent une exploitation spécifique des données, voire la création de programmes. Ils sont rétribuables et restent dès lors la propriété des demandeurs.

Un nouveau mode de diffusion des résultats se développe en *France* où tout abonné au réseau Minitel peut consulter, quand il le désire, les résultats de l'*IFN*.

9. La permanence de l'inventaire

Le concept de permanence de l'inventaire est concrétisé de diverses façons dans les pays où il est pratiqué (*France, Suède, Finlande, Autriche, ...*).

Il peut s'appuyer sur des placettes temporaires : à chaque cycle d'inventaire, de nouvelles parcelles sont installées, sans matérialisation. A l'origine, la *France* a travaillé selon cette méthode avant de rendre ses placettes réellement permanentes.

L'inventaire permanent peut également se concevoir à partir de placettes permanentes, matérialisées de telle manière qu'elles soient aisément réidentifiées. La *Suisse* et l'*Allemagne* ont opté pour ce système bien que la permanence de l'inventaire n'y soit pas encore décidée. Ces placettes servent de base de travail dans la méthode du Continuous Forest Inventory (CFI) (CUNIA, 1965, 1978) où tout l'échantillon est remesuré à chaque cycle, pour estimer avec précision les évolutions intervenues entre inventaires. Cette méthode étant relativement coûteuse, CUNIA et CHEVROU (1969) ont proposé la méthode du SPR (Sampling with Partial Replacement) qui, grâce au remesurage d'une certaine proportion de l'échantillon, engendre une réduction des coûts et un accroissement de l'efficacité. Utilisée par la *Suède* (50 % des trakts temporaires et 50 % de trakts permanents), cette méthode, en raison de sa complexité, est cependant difficile à mettre en pratique.

Concrètement, deux schémas de travail peuvent se défendre selon les moyens mis en œuvre. Si le cycle d'inventaire est de 10 ans, un dixième du territoire doit être parcouru chaque année. La *France* travaille par département, au rythme annuel de 8 à 9 départements. La *Suède* (comme l'*Autriche*), par contre, préfère parcourir l'ensemble du territoire, en procédant chaque année à l'inventaire d'un dizième des trakts répartis sur tout le pays, de sorte que d'année en année, les résultats, valables dès le départ pour tout le pays, s'étendent progressivement au niveau des régions et des sous-régions.

10. Quelques points particuliers

La conception même des méthodologies d'inventaire peut parfois être assez fondamentalement différente de ce qui a été décrit jusqu'à présent.

En *Grande-Bretagne*, l'inventaire, bien que périodique (cycle de 15 ans) ne répond, formellement, à aucune des méthodes explicitées précédemment. A chaque inventaire, la "Forestry Commission" qui est chargée de son exécution, réalise les photos aériennes nécessaires à la cartographie et à la délimitation des unités de travail en "compartiments", répartis sur cartes et éventuellement divisés en "quartiers". Cette méthode, facilitée par la prépondérance des peuplements artificiels, comprend également une récolte de données sur le terrain : pour chaque "quartier", on relève les essences présentes et éventuellement leur degré de mélange, l'âge et la

hauteur dominante. Cette dernière, nécessaire au calcul de l'indice de productivité est la moyenne de la hauteur des six plus gros arbres de six placettes d'un are disposées aléatoirement dans le "quartier". Les diamètres de ces arbres sont également mesurés. Entre les inventaires, des enquêtes sont réalisées auprès des propriétaires privés afin de déterminer les étendues des plantations, coupes rases et chablis. On notera aussi que le recours aux remarquables tables de production et de récolte mises au point par la Forestry Commission (HAMILTON et CHRISTIE, 1971) fournissent une base de travail solide et largement éprouvée.

Au *Grand-Duché de Luxembourg*, l'inventaire des forêts soumises au Régime forestier est réalisé à partir des données récoltées au sein de chaque parcelle forestière par le Service des Aménagements. Les informations obtenues sur photos aériennes et cartes sont complétées par les données récoltées au cours de l'inventaire sur le terrain (complet ou par échantillonnage en fonction de l'étendue du massif). Les données sont regroupées en 10 rubriques dont les principales sont relatives à la situation administrative, la topographie, le sol et le peuplement.

Les informations relatives aux forêts privées sont moins précises (il n'y a pas de travail au sol) et concernent uniquement une partie des rubriques précédentes. Les relations hauteurs/âges/volumes établies dans les peuplements mesurés servent de base aux estimations quantitatives des massifs non mesurés.

11. La situation en Belgique

On pourrait dire globalement que la *Belgique* accuse un retard considérable dans le domaine de la connaissance permanente de ses ressources forestières. Seul document officiel, les Statistiques Décennales complètes n'ont plus été éditées depuis 1970. Elles ne s'appuient que sur des estimations très grossières réalisées "à distance" et ne semblent pas poursuivre d'objectifs précis.

La situation a cependant changé suite à la prise de conscience des pouvoirs régionaux, encore qu'aucune mesure visant à créer une cellule permanente d'inventaire, par exemple, n'ait encore été prise. Les moyens mis en œuvre pour contrôler l'importance des ressources boisées sont sensiblement différents selon qu'il s'agit de la partie septentrionale (*Flandre*) ou méridionale (*Wallonie*) du pays.

La *Flandre* réalise depuis 1984 une cartographie complète de ses forêts à partir de documents aériens infra-rouge couleur (photos et orthophotoplans). Sur la base de cette étude, plusieurs cartes thématiques sont éditées [cartes de base, cartes des types de peuplement (composition, stades de développement, vocation de la forêt), cartes des propriétés].

Entre 1979 et 1983, à l'initiative de la Région Wallonne, un inventaire forestier⁽¹⁾ a été réalisé sur l'ensemble de la *Wallonie*; son objectif était de fournir une "image" de la forêt wallonne à cette époque grâce à des informations telles que : essences, surfaces, volumes, sans préoccupation de l'accroissement et des disponibilités futures.

Cet inventaire à une phase (travail au sol) fait appel à l'échantillonnage systématique simple : une grille de points placée sur les cartes IGN (échelle

⁽¹⁾ L'exécution de cet inventaire a été confiée à la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux.

1/25.000ème) fixe l'emplacement des unités de sondage distantes de 1.000 m dans le sens Est-Ouest et 500 m dans l'axe Nord-Sud. Chaque intersection de la maille comporte une placette unique (futaie, taillis) ou deux placettes concentriques (taillis sous futaie), de surface définie, variable selon la densité du peuplement échantillonné, la placette devant inclure 15 à 20 bois mesurables (surfaces maximales de 7 ares en résineux, 10 ares en feuillus et 2 ares en taillis).

Tous les arbres de plus de 22 cm de circonférence à 1,5 m en résineux et 40 cm en feuillus (22 cm pour les brins de taillis) sont répertoriés par essence et numérotés ; leur circonférence à 1,5 m est mesurée ainsi que la hauteur des dominants (un arbre par are en résineux, un par 2,5 ares en feuillus) ; l'âge des peuplements résineux est lu sur une carotte prélevée à 30 cm du sol. Seules les unités de sondage implantées dans les forêts soumises au régime forestier sont matérialisées de manière permanente, par un trait de griffe horizontal à 1,5 m et un numéro d'ordre peints à la couleur.

L'estimation des surfaces étant réalisée par le comptage des points de la grille, des règles très strictes sont respectées quant à l'implantation des placettes en lisière de massif ou à la limite de deux ou plusieurs peuplements.

Les volumes sont calculés à partir de tarifs de cubage existants et valables pour la Région Wallonne : tarif à une entrée gradué en fonction de la hauteur dominante dans la mesure du possible, tarif à une entrée simple pour les feuillus en feuilles, le taillis et les jeunes résineux en peuplements très serrés.

L'objectif de l'inventaire étant d'avoir un cliché aussi précis que possible des massifs boisés à un moment donné, aucune mesure de souches (pour l'estimation des coupes) ni d'accroissements (pour l'étude de la production des peuplements et des disponibilités) n'est réalisée (RONDEUX, 1983b).

Les résultats obtenus, en termes de surfaces et de volumes (à différentes découpes) sont disponibles par entité administrative (région, province, inspection, cantonnement, région forestière, intercommunale, ...), par structure et type de peuplements, par classe d'âge (pour les résineux) ou, à la demande, selon de nombreux critères (exposition, altitude, pente, rayon d'approvisionnement autour d'un point, ...). Des simulations de disponibilités ont été réalisées pour l'épicéa commun.

Aucune actualisation de l'inventaire forestier régional n'est prévue pour l'instant, mais une importante étude, financée par la Région Wallonne, est en cours depuis 1989 pour jeter les bases d'un inventaire permanent.

12. Conclusions

Cette brève revue des inventaires forestiers nationaux réalisés dans plusieurs pays européens est évidemment loin d'être complète. Dans le cadre économique et politique de l'Europe de 1993, il convient que les pays européens, aussi petits soient-ils, aient conscience de l'importance de leur patrimoine boisé, et qu'ils puissent, en connaissance de cause, organiser la planification de leurs ressources ligneuses et inscrire leurs décisions de gestion dans une politique globale. Dans ce contexte, un inventaire forestier national tient une place importante. Il nous a donc paru utile d'analyser ce qui se fait actuellement en Europe dans ce domaine, afin de dégager, entre autres, pour les besoins de la Wallonie, une méthode qui ne soit pas trop discordante de celles utilisées par les autres partenaires de la Communauté Européenne pour pouvoir, à la demande, fournir des informations similaires aux leurs (statistiques européennes, disponibilités à l'échelle de la communauté, politique commune (?), ...).

Même si l'entreprise est périlleuse et sans doute perfectible faute d'avoir une connaissance approfondie de "l'esprit" de toutes les méthodes d'inventaire, nous avons enfin voulu dégager les principaux traits caractéristiques des inventaires sur lesquels nous avons porté notre attention (tableau 1) :

- l'inventaire est le plus souvent de type systématique simple à maille carrée, à une phase ; une cartographie est fréquemment réalisée ;

Tableau 1. - Principales caractéristiques de quelques inventaires forestiers nationaux européens.
Main characteristics of some european forest inventories

	Wallonie	France	Allemagne (RFA)	Pays-Bas	Italie	Autriche	Suisse	Suède	Finlande
Surface forestière (ha) Taux de boisement (%)	540.000 32	14.000.000 26	7.500.000 30	300.000 9	6.450.000 20	3.750.000 45	1.200.000 24	24.700.000 55	20.100.000 65
Type d'inventaires et de placettes									
Utilisation photos aériennes	non	échant. + localisation	localisation	échant. + localisation	localisation	non	localisation	localisation	localisation
Nombre de phases	1	3	1	2	1	1	1	1	1 (2)
Stratification	non	oui	non	oui	non	non	non	non	non (oui)
Echantillonnage	systématique	systématique + aléatoire	systématique	systématique + aléatoire	systématique	systématique	systématique	systématique	systématique
Forme de la maille	rectangulaire	(carrée)	carrée	(carrée)	carrée	carrée	carrée	carrée	carrée
Dimensions des côtés	0,5 km x 1 km	variable	2; 2,8 ou 4 km	variable	3 km	2,75 km	1 km	5 à 10 km	8 à 9 km
Taux d'échantillonnage (en %)	1	0,5	?	1	0,1	?	0,5	0,2	?
Groupement de placettes (trakts)	non	non	carrés	non	non.	carrés	non	carrés	demi-carrés
Nombre de placettes concentriques	1 (2)	3	4	2	1	3	3	1	1

Tableau 1. - Principales caractéristiques de quelques inventaires forestiers nationaux européens (suite).

Main characteristics of some european forest inventories (continued).

	Wallonie	France	Allemagne (RFA)	Pays-Bas	Italie	Autriche	Suisse	Suède	Finlande
Surface des placettes	variable	fixe	fixe + variable	variable	variable	fixe + variable	fixe	fixe	variable
Délimitation ruban	mètre ruban + Bitterlich	mètre	relascope	mètre ruban Bitterlich	mètre ruban	relascope	mètre ruban Bitterlich	mètre ruban	relascope
Permanence de l'inventaire	non	oui	?	oui	?	oui	?	oui	oui
Relevés									
Dendrométriques : obser- vations à plusieurs niveaux	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Observations sur le	non	oui	oui	oui	oui particulière	oui particulière	placette	placette	oui peuplement
Observations du milieu (topo, pédo, végét.)	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Qualités et défauts des grumes (dégâts)	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Repérage des arbres azimut	distance + azimut	distance + azimut	distance + azimut	distance + azimut	distance + azimut	distance + azimut	distance + azimut	distance	distance +

- les unités d'échantillonnage diffèrent d'un pays à l'autre : elles sont isolées ou regroupées en "trakts", uniques ou multiples et concentriques, à surface définie ou à rayon variable ;
- les données récoltées sont souvent très complètes et concernent la situation de la placette, le milieu (topographie, sol, végétation), le peuplement (composition, aspect, couvert, état sanitaire, ...), les arbres (diamètres à différents niveaux, hauteurs, forme du houppier, épaisseur d'écorce, ...), les qualités des grumes, les accroissements, les coupes ;
- la permanence de l'inventaire est un fait acquis dans de nombreux pays.

On constate que de nombreuses divergences existent principalement au niveau de la conception des unités d'échantillonnage. Il semble bien que les techniques d'inventaire retenues par chaque pays soient avant tout fonction de critères tels que l'étendue des forêts, leur morcellement, leur composition, leur accessibilité ou encore de contraintes comme le délai d'obtention des résultats, la précision souhaitée et le budget disponible.

Dès lors, ainsi que le souligne judicieusement BRENAC (1980), les inventaires forestiers nationaux ou régionaux exigent de plus en plus la mise en œuvre de techniques complexes nécessitant le recours à des équipes de spécialistes qualifiés. L'élargissement de plus en plus fréquent et souhaité de l'inventaire forestier à un inventaire intégré des ressources accroît cette nécessité et explique le fait que de nombreux pays aient confié la responsabilité de la conception et de la réalisation de leurs inventaires forestiers nationaux ou régionaux à leurs institutions universitaires de recherche (*Suède, Finlande, Suisse, Italie, ...*) travaillant en étroite collaboration avec les services de gestion forestière, à l'écoute permanente des utilisateurs potentiels.

Bibliographie

- ADLARD P. et RONDEUX J. [Eds.] (1990) - Forest Growth Data : Capture, retrieval and dissemination. *Bull. Rech. Agron. Gembloux* **25**, 167 p.
- BRENAC L. (1980) - Les inventaires forestiers régionaux et nationaux d'après la réunion internationale IUFRO de juin 1978 à Bucarest. *Rev. For. Fr.* **32**, 12-33.
- CUNIA T. (1965) - Continuous Forest Inventory, partial replacement samples and multiple regression. *For. Sci.* **11**, 480-502.
- CUNIA T. et CHEVROU R.B. (1969) - Sampling with partial replacement on three and more occasions. *For. Sci.* **15**, 204-224.
- CUNIA T. (1978) - On the objectives and methodology of National Forest Inventories, *National Forest Inventory*. In : Proceedings of the joint meeting of IUFRO Groups S4.02 and S4.04. Institutul de Cercetari si Amenajari Silvice, Bucuresti (Romania), XI - XXVIII.
- HAMILTON G.J. and CHRISTIE J.M. (1971) - *Forest management tables (metric)*. Her Majesty's Stationery Office. London, 201 p.

- KLEPAC D. (1978) - Is a National Forest Inventory necessary in countries with a forest management tradition ? *National Forest Inventory*. In : Proceedings of the joint meeting of IUFRO Groups S4.02 and S4.04. Institutul de Cercetari si Amenajari Silvice, Bucuresti (Romania), 572-576.
- LECOMTE H., RONDEUX J. et LAURENT C. (1984) - Estimation de la surface forestière wallonne par comptage de points. *Bull. Soc. R. For. Belg.* **91**, 150-158.
- LUND H.G. (1991) - *Present and prospective knowledge on usable forest resources. "Forests, a heritage for the future"*. In : Proceedings **6**, 10th World Forestry Congress , Paris, 1991, 45-53.
- RONDEUX J. (1983a) - La méthode de l'angle critique : une conception particulière de l'échantillonnage appliquée aux inventaires forestiers. *Ann. Gembloux*. **89**, 183-200.
- RONDEUX J. [Ed.] (1983b) - *Inventaire des ressources forestières wallonnes. Guide méthodologique*. Fac. Sci. Agron. Gembloux, 183 p.
- SCHMIDT-HAAS P. and WULLSCHLEGER E. (1978) - Plans for a Swiss National Inventory. *National Forest Inventory*. In : Proceeding of the joint meeting of IUFRO Groups S4.02 and S4.04. Institutul de Cercetari si Amenajari Silvice, Bucuresti (Romania), 534-544.
- ZÖHRER F. (1978) - National Forest Inventory : goals, concepts, changes. *National Forest Inventory*. In : Proceeding of the joint meeting of IUFRO Groups S4.02 and S4.04. Institutul de Cercetari si Amenajari Silvice, Bucuresti (Romania), 447-454.

OUVRAGES CONSULTES

Articles ou guides méthodologiques traitant d'inventaires forestiers nationaux

Belgique (Région flamande) _____

COPPIN P., GOOSSENS R. and DEWISPELAERE W. (1986) - Thematic mapping of the Flemish forest cover using aerial photography. *Silva Gandavensis* **51**, 123-149.

GULINCK H. et WELLENS E. (1982) - Carte généralisée des forêts en Flandre, basée sur des données numériques LANDSAT MSS, *Revue de l'Agriculture*, **5**, 2951-2960.

LEYSEN M. (1988) - De boskartering van het Vlaams Gewest. Laboratorium voor Teledetectie en Bosbeheersregeling. R. Univ. Gent, 14 p.

Belgique (Région wallonne) _____

LECOMTE H. et RONDEUX J. (1985) - Quelques considérations chiffrées sur la forêt feuillue wallonne. *Ann. Gembloux* **92**, 111-125.

RONDEUX J. (1983) - Un inventaire forestier au service de la Région Wallonne. *Wallonie* **10**, 41-50.

- RONDEUX J. [Ed.] (1984) - Inventaire des Ressources Forestières Wallonnes. Principaux résultats relatifs aux massifs forestiers de la région wallonne. Fac. Sci. Agron. Gembloux, 66 p.
- RONDEUX J., LECOMTE H. et TOUSSAINT A. (1984) - La pessière wallonne en chiffres. *Bull. Soc. R. For. Belg.* **91**, 89-98.
- RONDEUX J. et LAURENT C. (1985) - L'épicéa en Wallonie : état de la ressource, perspectives de production et qualité du bois. *Bull. Soc. R. For. Belg.* **92**, 14-24.
- RONDEUX J., LECOMTE H., FAGOT J., LAURENT C. et TOUSSAINT A. (1986) - Quelques données statistiques récentes sur la Forêt wallonne. *Bull. Soc. R. For. Belg.* **93**, 1-22.

Allemagne _____

- ALLGEMEINE FORST ZEITSCHRIFT (1986) - *Bundeswaldinventuur* n° 32/1986, 781-808.
- BUNDESWALD INVENTUUR (1986) - Instruktion für die Traktaufnahme, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 60 p. + annexes.
- KIRSCHHOFF J., HESS P., ZÖHRER F. und FORSTER H. (1985) - Einführung in die Bundeswaldinventuur (BWI-schulung). Deutsche Forstinvestur-Service GmbH (DFS). Feldkirchen, 34 p.
- KIRSCHHOFF J., HESS P., ZÖHRER F. und FORSTER H. (1986) - Entwicklung eines Schulungskonzeptes und Durchführung der Schulungen für die Bundeswaldinventuur. Deutsche Forstinvestur-Service GmbH DFS/BWI Bericht nr 9, Feldkirchen, 56 p. + annexes.

Autriche _____

- ÖSTERREICHISCHE FORSTINVENTUR (1969) - Methodik der Auswertung und Standardfehler - Berechnung. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt. Wien, **84**, 62 p.
- ÖSTERREICHISCHE FORSTINVENTUR (1981) - Instruktion für die Feldarbeit der Österreichischen Forstinvestur. 1981-1985. - Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt. Wien, 173 p.
- ÖSTERREICHISCHE FORSTINVENTUR (1985) - *Zehnjahresergebnis ; Inventurgespräck*. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt. Wien, **154**, 319 p.

Finlande _____

- KUUSELA K. (1966) - *A basal Area-mean tree method in forest inventory*. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae. Helsinki, **61**, 30 p.
- KUUSELA K. and SALMINEN S. (1969) - *The 5th National Forest Inventory in Finland*. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae. Helsinki, **69**, 72 p.

NYYSSÖNEN A., KILKKI P. and MIKKOLA E. (1967) - *On the precision of some methods of forest inventory.* Acta Forestalia Fennica. Helsinki, **81**, 60 p.

France

CHEVROU R.B. [Ed.] (1988) - Utilisation des résultats et des données brutes de l'Inventaire Forestier National. Ministère de l'Agriculture, Direction de l'Espace Rural et de la Forêt, Service de l'Inventaire Forestier National, Antenne Recherches, Montpellier, 183 p.

INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL FRANÇAIS (1982) - Manuel d'instruction pour l'échantillonnage sur photographies. Ministère de l'Agriculture, Inventaire Forestier National. Paris, 84 p. + annexes.

INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL FRANÇAIS (1982) - Manuel du Chef d'Equipe. Ministère de l'Agriculture, Inventaire Forestier National. Paris, 186 p.

INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL FRANÇAIS (1985) - Buts et méthodes de l'Inventaire Forestier National. Ministère de l'Agriculture, Service des Forêts, Inventaire Forestier National. Paris, 67 p.

Italie

INVENTARIO FORESTALE NAZIONALE ITALIANO (1983) - Istruzioni per le squadre di rilevamento. Ministero dell' Agricoltura e delle Foreste, Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura. Trento, 172 p.

INVENTARIO FORESTALE NAZIONALE ITALIANO (1983) - Progetto operativo. Ministero dell' Agricoltura e delle Foreste, Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura. Trento, 272 p.

INVENTARIO FORESTALE NAZIONALE ITALIANO (1984) - Tavole di cubatura a doppia entrata. Ministero dell' Agricoltura e delle Foreste, Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura. Trento, 115 p.

INVENTARIO FORESTALE NAZIONALE ITALIANO (1985) - Sintesi Metodologica e Risultati. Ministero dell' Agricoltura e delle Foreste, Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura. Trento, 463 p.

Luxembourg

SCHRAM P. (1985) - Forstinventur in Luxemburg. *Nationale Forstinventuren in Europa.* In : Mitteilungen der Abteilung für forstliche Biometrie **85**, 328 p.

SCHRAM P. (1989) - La banque de données. Un outil indispensable à l'aménagement forestier."New Technologies in Forest Management Planning Remote Sensing - Geographic Information Systems". In : Proceedings IUFRO Symposium. CEPS/INSTEAD. Wallfordange (Luxembourg), 202 p.

Pays-Bas

CENTRAAL BUREAU VAN DE STATISTIEK (1985) - De Nederlandse Bosstatistiek deel 1 de oppervlakte bos 1980-1983. Staatsbosbeheer, Centraal Bureau voor de Statistiek, 82 p.

STUURMAN F.J. (1987) - Bosstatistieken in Nederland. Een schets van de geschiedenis van de bosstatistiek, toegespitst op de totstandkoming en de

resultaten van de Vierde Nederlandse Bosstatistiek. Rapport 1987-14. Staatsbosbeheer Sector Bosbouw Afdeling Statistiek, 17 p. + annexes.

VIERDE NEDERLANDSE BOSTATISTIEK (1988). - Instructie veldopname. Staatsbosbeheer, Sector Bosbouw, Afdeling Statistiek. Rapport nr 1988-22, 332 p.

Suède

RANNEBY B. et al. (1987) - *Designing a new national forest survey for Sweden*. Studia Forestalia Suecica **177**, 29 p.

Suisse

SCHLAEPPER R. (1985) - Les inventaires forestiers en Suisse. *Rev. For. Fr.*, **37**, 251-261.

SCHMID-HAAS P., WERNER J., BAUMANN E. (1978) - *Instructions pour l'inventaire de contrôle par échantillonnage*. Institut fédéral de recherches forestières. Birmensdorf **186**, 56 p.

SCHWEIZERISCHES LANDESFORSTINVENTAR (1988) - *Anleitung für die Erstaufnahme 1982-1986*. Institut fédéral de recherches forestières, Birmensdorf **304**, 134 p.

SCHWEIZERISCHES LANDESFORSTINVENTAR (1988) - *Ergebnisse der Erstaufnahme 1982-1986*. Institut fédéral de recherches forestières, Birmensdorf **305**, 375 p. + annexes.

STIERLIN H.R. et WALTHER G. (1988) - Inventaire terrestre des dégâts aux forêts. Manuel d'instruction. 3^e éd. Institut fédéral de recherches forestières, Birmensdorf, 57 p.

Ouvrages et publications diverses

AVERY T.E. (1977) - *Interpretation of aerial photographs*. 3^d ed., Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota, 392 p.

DUPLAT P. et PERROTTE G. (1981) - *Inventaire et estimation de l'accroissement des peuplements forestiers*. Office National des Forêts, Section Technique, 432 p.

LOETSCH F. and HALLER K.E. (1973) - *Forest inventory*. Vol. 1, 2^d ed., BLV Verlagsgesellschaft, München, 439 p.

PARDE J. et BOUCHON J. (1988) - *Dendrométrie*. 2^e éd. Ec. Natl. Génie rural des Eaux et Forêts, Nancy, 328 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

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