

INFORMATIQUE ET RECHERCHE FORESTIERE : « RETOMBEES » POUR LA GESTION COURANTE

par

Jacques RONDEUX (1)

Ind. bibl. : 524.4 : 58 : 683

1) Introduction

Il serait sans doute malaisé de déterminer avec précision à quand remontent les premières utilisations de l'informatique en matière de gestion des forêts. C'est cependant après le congrès international de Vienne, en 1970, l'un des premiers consacrés, de manière très spécifique, au traitement électronique de l'information en foresterie, que des réalisations concrètes se développèrent dans plusieurs pays.

Avant cela, et dès 1960, les chercheurs forestiers, plus particulièrement ceux maîtrisant suffisamment bien l'outil mathématique et statistique, avaient déjà expérimenté les techniques de l'informatique dans les domaines tels que l'exploitation, au moyen de programmes statistiques généraux, de données d'inventaires par échantillonnage et de données de cubage.

En Belgique les premières applications concrètes de l'informatique « forestière » virent le jour à la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux qui, après avoir largement utilisé l'ordinateur dans la construction de tarifs de cubage (DAGNELIE *et al.*, 1969), proposa ensuite un système intégré de traitement de données orienté vers la gestion d'une propriété ou d'un ensemble de propriétés boisées (RONDEUX, 1973a, 1974). Depuis lors de nombreuses applications ont été envisagées et certaines d'entre elles ont déjà été transposées dans la pratique.

Dans les lignes qui suivent, pour mieux fixer les idées, nous mettrons l'accent sur quelques applications ponctuelles de la micro-informatique (2), actuellement en pleine expansion, axées sur la construction et la valorisation d'outils destinés à améliorer la gestion des peuplements. Pour illustrer notre propos nous envisagerons successivement : la construction de tarifs de cubage mathématiques (paragraphe 2), l'exploitation de données d'inventaires complets et par échantillonnage (paragraphe 3), la gestion d'un parc à grumes (paragraphe 4), l'automatisation de la récolte de données sur le terrain (paragraphe 5) et la conception d'un modèle de gestion de peuplements équiennes d'épicéa (paragraphe 6). Un dernier paragraphe sera consacré à quelques brèves conclusions (paragraphe 7).

(1) Gestion et Economie forestières et Centre de Recherche et de Promotion Forestières IRSIA (Section « Aménagement et Production »). Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat, 5800 Gembloux (Belgique).

(2) Les applications que nous présentons sont toutes opérationnelles sur micro-ordinateur de type APPLE 2 ou IBM PC utilisant le langage Basic de Microsoft.

2) *La construction de tarifs de cubage mathématiques*

Le tarif de cubage, qui exprime le volume d'arbres en fonction de caractéristiques telles que la circonférence à 1,5 m du sol et la hauteur totale ou marchande, est incontestablement un outil fondamental en gestion forestière et dans la commercialisation des produits de la forêt. Nous avons déjà envisagé la construction de tarifs de cubage par voie mathématique (RONDEUX, 1973b) en faisant largement appel à des programmes de calcul statistique.

Récemment nous avons repensé le problème et nous avons mis au point un système beaucoup plus complet de type interactif (1) s'appuyant sur plusieurs programmes interconnectables et qui permet à n'importe quel gestionnaire de construire son propre tarif adapté à ses besoins ou à ses peuplements. Le processus de construction implique les diverses phases suivantes :

- enregistrement sur disque magnétique de circonférences mesurées à des niveaux de hauteur strictement identifiés (0 m, 0,5 m, 1 m, 1,5 m, 2 m, 3 m,... etc., par exemple) sur arbres abattus et détermination des volumes de ceux-ci par sommation des cubes de billons successifs;
- ajustement d'équations mathématiques aux données récoltées (6 modèles parmi les plus utilisés ont été programmés);
- présentation du tarif sous la forme plus conventionnelle d'un tableau.

Pour fixer les idées, les calculs relatifs à la construction d'un tarif de cubage conçu dans la perspective d'une utilisation locale pour une essence donnée et basée sur le mesurage d'une cinquantaine d'arbres, à raison de 30 données en moyenne par arbre, nécessite, encodage, vérifications et calculs compris, environ 2 à 3 heures de travail.

3) *L'exploitation de données d'inventaires*

De la même manière que pour les tarifs de cubage, nous avons remanié des programmes de calcul mis au point antérieurement aussi bien dans le cadre d'inventaires forestiers complets (2) (RONDEUX, 1972) que par échantillonnage (3) (GRAYET *et al.*, 1979) en vue de rendre leur utilisation plus proche du gestionnaire et des besoins qu'il pourrait rencontrer lors de l'estimation des volumes sur pied ou des accroissements en volume des peuplements.

Dans le cas de l'inventaire complet, le programme nécessite de connaître, pour chaque essence de la zone inventoriée (parcelle, coupe, massif), les nombres de bois répertoriés par catégories de circonférence et éventuellement les hauteurs moyennes qui leur sont associées ou encore les hauteurs dominantes des peuplements selon le type de tarif de cubage utilisé pour estimer les volumes (annexe 1). L'enregistrement des données sur disque magnétique est réalisé en séquence au fur et à

(1) Processus assistant l'opérateur par le truchement de « menus » apparaissant à l'écran du moniteur et indiquant la marche à suivre.

(2) Ce type d'inventaire implique le dénombrement complet de tous les arbres.

(3) Ce type d'inventaire n'envisage que la mesure de tous les arbres situés au sein de « placettes » d'échantillonnage (surfaces limitées à quelques ares) localisées de manière systématique ou aléatoire au sein des peuplements.

mesure de l'occurrence des inventaires et des prélèvements (inventaires relatifs aux arbres exploités). Le programme est conçu de telle manière que plusieurs éclaircies et inventaires successifs puissent être facilement traités et il permet également de gérer et d'exploiter des données issues de parcelles expérimentales de production.

Dans le cas de l'inventaire par échantillonnage, et en particulier systématique (1), l'ordinateur ouvre la voie à de très intéressantes applications. Non seulement il permet d'estimer des nombres de bois, des surfaces terrières et des volumes ramenés à l'hectare et fournis, soit globalement, soit par catégories de grosseur, pour toutes les essences rencontrées, mais il permet aussi de stocker en mémoire un nombre considérable de données de toutes natures récoltées aux différents points de sondage. Les « banques de données » qui en résultent peuvent être exploitées en vue d'étudier les relations qui existent entre diverses variables (variation du volume en fonction de l'âge, par exemple), d'établir des distributions de fréquences (répartition des surfaces boisées par classes d'âge ou par essences, par exemple) ou encore de réaliser des cartographies numériques (annexe 2) d'autant plus fiables que le nombre de points de sondage est élevé.

4) *La gestion d'un parc à grumes*

La fonction principale d'un parc à grumes qui peut, selon les activités que l'on y déploie, prendre l'allure d'un chantier de centralisation ou de conversion, est de rassembler, sur une aire donnée, une quantité importante de grumes afin de les trier et de les découper selon des normes de qualité bien définies. En 1976, en collaboration avec une association de propriétaires forestiers privés (2), nous avons mis au point un système informatisé de gestion d'un parc à grumes feuillues (RON-DEUX, 1976a). Suite à l'expérience acquise, ce système vient d'être assez fondamentalement revu pour être transposé sur un ordinateur IBM PC localisé à proximité du chantier.

La récolte des données suit, dans les grandes lignes, le cheminement suivant :

- identification de toutes les grumes ou de tous les billons justifiant des qualités différentes, au moyen d'un numéro d'ordre;
- identification par grume et par billon, du propriétaire, du lot d'exploitation, de l'essence et de la classe de qualité;
- mesure de la longueur et de la circonférence au milieu de chaque grume ou de chaque billon.

Ces données sont transcrites sur fiche de pointage puis font l'objet d'un nombre très élevé d'opérations présentées sous la forme de menus affichés à l'écran (annexe 3).

Parmi les opérations indispensables à réaliser on citera :

- l'enregistrement des données sur disque magnétique;

(1) Matérialisé sur le terrain par un réseau régulier de points identifiant les centres des unités d'échantillonnage.

(2) Groupement de Gestion S.C. à Filot (Belgique).

- le récapitulatif des arrivées journalières (en m³) de grumes selon les critères de propriétaires, essences, qualités;
- l'établissement de bordereaux de vente;
- le contrôle périodique de l'état de stock en quantités et qualités déterminées de bois;
- la répartition des volumes par propriétaires, essences et qualités.

Dans l'exemple qui vient d'être évoqué, il est intéressant de noter que la rigueur liée à l'utilisation de l'ordinateur a eu des répercussions très positives sur la manière d'organiser le chantier (localisation des aires de stockage, succession des opérations de contrôle, etc...).

5) *La récolte automatisée des données sur le terrain*

La phase d'accès des données forestières à l'ordinateur et plus précisément la succession des opérations de saisie, de transcription sur formulaires ou fiches de terrain, de contrôle puis d'encodage sur support magnétique, est non seulement une source d'erreurs mais aussi, compte tenu de sa lenteur, un frein non négligeable à l'efficacité d'un traitement informatisé. D'où l'intérêt porté depuis une quinzaine d'années à la saisie automatique ou semi-automatique de données en forêt.

Le problème est complexe à résoudre par le fait de la rigueur des conditions de travail à l'extérieur, imposant un matériel adapté, et de la grande variété des données habituellement récoltées. La mesure de diamètres d'arbres se prête en principe bien à une automatisation. C'est la raison pour laquelle des *compas* couplés à des systèmes d'enregistrement mécaniques, sur rubans perforés (AUER et PLEINES, 1976; RONDEUX, 1976b) ou plus récemment électroniques, en mémoire vive (JONSSON, 1982), ont vu le jour. Les premiers sont opérationnels en Suisse et les seconds, malheureusement encore très chers, auraient été expérimentés avec succès en Suède.

A côté de ces appareils très spécifiques et appelés à se perfectionner, on voit, d'année en année, se développer du matériel à priori non destiné à la collecte des données mais qui se révèle, grâce à sa polyvalence, très utile dans nombre d'activités.

Nous pensons aux *encodeurs portables* et aux *micro-ordinateurs de terrain*. Nous avons testé un encodeur portable (RONDEUX et FAGOT, 1984), qui s'apparente à une machine à calculer de poche dotée d'un grand nombre de mémoires, conçu pour être utilisé dans une gamme très large de conditions atmosphériques. Cet appareil permet d'accumuler sans les traiter, des milliers de données de toutes natures, en mémoire vive (1), à partir d'un protocole fixé par l'opérateur. Il a été utilisé dans plusieurs activités telles que : contrôle de placettes de production, enregistrement de données relatives à un parcellaire forestier, gestion d'un parc à grumes (paragraphe 4).

Quant au micro-ordinateur portable, il est de taille équivalente à celle d'une feuille A4, comporte une micro-cassette et éventuellement une micro-imprimante. Son intérêt est de pouvoir cumuler les opérations d'enregistrement et d'exploitation d'un nombre élevé de données sur le

(1) De type CMOS (« Complementary metal — oxide semiconducteur »).

site de leur prélèvement ou à proximité de celui-ci et d'utiliser le même langage de programmation que les ordinateurs de bureau. Le micro-ordinateur a l'avantage d'être polyvalent.

Il peut être utilisé seul ou comme relais d'un ordinateur plus puissant, ce qui le destine, vraisemblablement, à une utilisation grandissante sur le terrain (forêt, entreprise) et au bureau dans des applications aussi variées que : inventaires, martelages de coupes, statistiques forestières, cubages, estimations en valeur, traitements de textes, etc.

6) *La modélisation du traitement sylvicole d'un peuplement*

L'extraordinaire puissance de calcul et la prodigieuse capacité de mémoire des ordinateurs actuels permettent aux chercheurs d'envisager une approche plus scientifique et plus prospective de la gestion des peuplements forestiers. La simulation et diverses méthodes de programmation mathématique sont des outils qu'ils peuvent désormais davantage valoriser.

Pour fixer les idées nous nous référerons à un modèle de gestion et de récolte « à la carte » adapté aux peuplements équiennes d'épicéa. Mis au point sur le plan théorique voici quelques années (RONDEUX et DELVAUX, 1979), ce modèle vient de subir diverses améliorations et a fait l'objet d'un nouveau programme de calcul qui fonctionne depuis peu sur micro-ordinateur en vue d'une utilisation plus large. Pour appliquer ce modèle, le forestier doit fournir à l'ordinateur des paramètres très simples caractérisant le peuplement à gérer : l'âge, le nombre de bois à l'hectare, la hauteur dominante et le diamètre moyen. Il doit ensuite lui fixer un certain nombre de contraintes telles que : l'accroissement individuel moyen ou périodique en diamètre souhaité, la révolution (terme d'exploitabilité) exprimée en âge ou en grosseur moyenne des arbres et la périodicité (rotation) des coupes.

Le programme de calcul permet d'estimer les principales caractéristiques dendrométriques du peuplement avant et après chaque coupe, il informe très rapidement le gestionnaire sur la quantité de bois (nombre, surface terrière) à prélever à chaque éclaircie, eu égard aux contraintes préfixées. L'intérêt de recourir à l'ordinateur est de pouvoir simuler très rapidement les résultats à attendre de modifications des contraintes jusqu'à atteindre les objectifs qui auraient été fixés (1). Par exemple, le modèle peut-il s'accommoder de contraintes telles que planter à 3 x 3 m, éviter la récolte de bois de moins de 40 cm de circonférence en première éclaircie, produire des bois moyens de plus de 100 cm de circonférence à 50-55 ans (DELVAUX et RONDEUX, 1981) ? Comment faut-il traiter un peuplement, en termes d'éclaircies à pratiquer, pour lui imposer un rythme d'accroissement moyen annuel en diamètre constant ou une production accélérée de bois exploitables à larges cernes réguliers ?

7) *Conclusions*

L'informatique « forestière » est devenue une réalité, en témoigne l'abondante littérature internationale qui lui est consacrée et les nombreuses applications qui voient le jour ou qui se dessinent.

(1) Nous sommes disposés à réaliser, pour les gestionnaires et les propriétaires forestiers que pareille démarche intéresserait une ou plusieurs simulations destinées à quantifier les éclaircies à réaliser en fonction d'objectifs qu'ils se seraient fixés ou de problèmes qu'ils souhaiteraient résoudre.

Cependant, si l'ordinateur est de plus en plus appelé à rendre d'innombrables services au gestionnaire de forêts, il faut éviter, de recourir systématiquement à l'informatique, aujourd'hui largement démythifiée, pour sacrifier à une nouvelle mode. Il faut, en effet, relativiser l'importance de cet extraordinaire moyen de travail et réfléchir d'autant plus à ses conditions mêmes d'utilisation que les technologies qui le régissent se développent et se modifient à un rythme infernal.

Le gestionnaire forestier sera de plus en plus confronté à l'obligation de choisir entre plusieurs alternatives (sols, essences, éclaircies, révolutions, produits, rentabilités), très souvent même au cours de la vie d'un peuplement. Ce type d'analyse s'inscrit parfaitement dans les objectifs d'activités de recherche nécessitant le recours à l'informatique. Cela implique toutefois que l'on puisse disposer de nombreuses données de qualité en vue d'approfondir les mécanismes de la production ligneuse et de les intégrer dans des modèles cohérents permettant d'approcher le mieux possible la réalité de l'évolution des peuplements.

Remerciements

Nous tenons à remercier Messieurs A. SERVAIS, ingénieur agronome des Eaux et Forêts et S. DEGACHI, programmeur, qui nous ont aidé, avec beaucoup d'efficacité, respectivement dans l'analyse des problèmes qui ont été exposés et dans leur programmation sur micro-ordinateur.

De plus amples informations relatives aux programmes invoqués, à leur utilisation et à leur éventuelle diffusion ou acquisition, peuvent être obtenus en s'adressant à Monsieur J. RONDEUX, Responsable de l'Unité « Gestion et Economie Forestières », Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat, 5800 Gembloux. Tél. : 081/62.23.20.

BIBLIOGRAPHIE

- AUER L. et PLEINES W.E. (1976). — Inventaire forestier — cubage de grumes avec le bastringue Swissperfo et traitement des données par mini-ordinateur. In: Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. Heft 84, 104 p.
- DAGNELIE P., RONDEUX J., THILL A. (1969). — Etude dendrométrique du frêne commun (*Fraxinus excelsior* L.). Bull. Rech. Agron. Gembloux, IV (3-4), 378-410.
- DELVAUX J. et RONDEUX J. (1981). — Gestion « à la carte » de l'épicéa, un cas d'espèce : planter à l'écartement de 3 m. Bull. Soc. R. For. Belg., 89 (1), 17-28.
- GRAYET J.-P., RONDEUX J., MODAVE J. (1979). — Programme de traitement automatique des données d'inventaires forestiers par échantillonnage. Note technique 79.2 Centre de Recherche et de Promotion Forestières. Section « Aménagement et Production » IRSIA, Gembloux, 13 p. + 3 ann.
- JONSSON B. (1981). — An electronic caliper with automatic data storage. For. Sci. 27 (4), 765-770.
- RONDEUX J. (1972). — A propos de l'automatisation des inventaires forestiers complets. Bull. Soc. R. For. Belg., 79 (4), 237-252.
- RONDEUX J. (1973a). — Contribution à l'utilisation de l'informatique en matière de gestion des peuplements forestiers. Thèse de doctorat. Fac. Sci. Agron. Gembloux, 275 p.
- RONDEUX J. (1973b). — Principes de construction des tarifs de cubage mathématiques et de traitement automatique d'observations dendrométriques. Bull. Soc. R. For. Belg., 80 (4), 165-187.
- RONDEUX J. (1974). — Constitution d'une banque de données forestières en vue de son exploitation par ordinateur. Bull. Rech. Agron. Gembloux, 9 (2), 139-158.
- RONDEUX J. (1976a). — Considérations sur la gestion d'un chantier de conversion de produits ligneux. Bull. Soc. R. For. Belg. 83 (2), 61-70.
- RONDEUX J. (1976b). — About the « Swiss-perfo » caliper in forest inventories. In: Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. Heft 91, 219 p.
- RONDEUX J. et DELVAUX J. (1979). — Tables de gestion et de récolte « à la carte ». Un modèle simple pour l'épicéa commun en Ardenne Belge. Note technique no 79-1. Centre de Recherche et de Promotion Forestières. Section « Aménagement et Production ». IRSIA, Gembloux, 36 p.
- RONDEUX J. et FAGOT J. (1984). — Les encodeurs portables : une nouvelle voie pour l'enregistrement électronique des données en forêt. J. Forestier Suisse, 135 (1), 27-35.

ANNEXE 1 : Inventaire complet. Affichage des données et des résultats
à l'écran de l'ordinateur.

PGM. DE COMPARAISON D'INVENTAIRES

AFFICHAGE D'UN INVENTAIRE OU D'UN PRELEVEMENT

VEUILLEZ ENTREZ CES DIFFERENTES DONNEES, SVP

PROPRIETAIRE 099 ESSENCE CH
PROPRIETE 01 SPEC. INV OU PREL I
COUPE 01 ANNEE (AN-MO) 71 05

L'AFFICHAGE EST-IL CORRECT (Y-N)

Ecran 1

AFFICHAGE D'UN INVENTAIRE

PROPRIETAIRE N°: 99 ESSENCE: CH TARIF: 1
PROPRIETE N°: 1 SURFACE: 33.00 HAUTEUR DOMIN: 0.0
COUPE N°: 1 DATE (AN-MO): 71/05

CIR	NBR	VOLUME	CIR	NBR	VOLUME	CIR	NBR	VOLUME
25	0	0.000	135	9	14.240	245	0	0.000
35	0	0.000	145	14	25.843	255	0	0.000
45	0	0.000	155	8	17.031	265	0	0.000
55	10	1.918	165	11	26.740	275	0	0.000
65	14	4.109	175	5	13.758	285	0	0.000
75	23	9.574	185	8	24.727	295	0	0.000
85	24	13.436	195	6	20.691	305	0	0.000
95	17	12.308	205	3	11.473	315	1	9.085
105	21	19.080	215	1	4.218	325	0	0.000
115	20	22.265	225	3	13.887	335	0	0.000
125	18	24.082	235	0	0.000	345	0	0.000

NOMBRE TOTAL: 216 VOLUME/HA : 8.241 TIGE ST MOY : 124.562
VOLUME TOTAL: 288.464 SURF.TERR./HA: 0.808 TIGE CIR MOY: 116.852
NOMBRE/HA : 6.545 SURF.TERR.MOY: 0.123 TIGE VOL MOY: 1.335

VEUILLEZ ENTRER VOTRE CHOIX, SVP (1= RETOUR MENU AFF. & 2= NOUV. AFFICH.)

Ecran 2

ANNEXE 2 : Inventaire par échantillonnage. Cartographie numérique.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	XX									
Y										
Y										
1				201	146					
Y				19	14					
Y										
2		197	255	161	157	102	109			
Y		20	25	16	16	10	12			
Y										
3		211	70	224	203	216	206			
Y		21	7	22	20	22	20			
Y										
4			124	50	145	224	201	159		
Y			12	4	15	22	19	16		
Y										
5			254	182	168	176	186	203		
Y			24	19	16	18	18	18		
Y										
6			79	176	167	175	152	241		
Y			8	16	16	18	17	23		
Y										
7			263	176	181	111	162	9		
Y			24	17	18	12	16	1		
Y										
8			212	166	62	169	181	0		
Y			20	15	6	17	18	0		
Y										
9			39	232	152	219	54	68		
Y			4	21	15	20	5	7		
Y										
10		114	141	115	135	173	153	180		
Y		11	17	11	14	16	15	18		
Y										
11		150	119	232	91	209	156	128		
Y		15	13	21	10	20	15	12		
Y										
12		222	104	139	119	144	247	21		
Y		21	10	15	12	14	24	2		
Y										

Exemple : Au point de coordonnées x = 1 et y = 4 (x = avec vertical, y = axe horizontal) : le volume en m³/ha = 201 et la surface terrière en m²/ha = 19.

ANNEXE 3 : Gestion d'un parc à grumes
Menu général des opérations et procédure d'enregistrement des données
(code 1).

M E N U D E S O P E R A T I O N S

=====

- 1 INTRODUIRE NOUVEAUX BILLONS
- 2 MODIFIER DES DONNEES
- 3 INSERER NOUVELLES DONNEES
- 4 SUPPRIMER DES BILLONS (VENTE)
- 5 IMPRIMER LISTE EN MEMOIRE
- 6 IMPRIMER RESULTATS VENTE
- 7 CALCUL DE VOLUMES
- 8 LISTE ECRAN-IMPRIMANTE DES DONNEES
- 9 SUPPRESSION OPTIQUE BORDEREAU
- 0 SORTIR DU PROGRAMME

--- QUE DESIREZ-VOUS --- =

Ecran 1

INTRODUCTION DE NOUVEAUX BILLONS

PROPRIETAIRE 1
 LOT 1
 GRUME 10
 ESSENCE 04
 QUALITE 37
 LONGUEUR 1000
CIRCONFERENCE 132
 CORRECT
VOULEZ-VOUS CONTINUER (Y/N)

Ecran 2