Université Catholique de Louvain
Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale
Unité des Eaux et Forêts

CONTRIBUTION À L'ÉLABORATION D'UN OUTIL D'APPRENTISSAGE DU MARTELAGE EN FUTAIE IRRÉGULIÈRE

- LE MARTELOSCOPE DU BOIS DE LAUZELLE -

Promoteur : M. Quentin PONETTE
Lecteurs : M. François BAAR
M. Philippe BLÉROT
M. Carlos DE WASSEIGE

BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES EXACTES
3, Place des Sciences
1348 LOUVAIN-LA-NEUVE - Belgium

Mémoire présenté par Olivier BAUDRY
en vue de l'obtention du titre de bio-ingénieur
en sciences et technologies de l'environnement,
Nature, eaux et forêts

Année académique 2005-2006
Juin 2006

Rédigé sous LaTeX 2_ε

"J'eus le sentiment que cet arbre venait d'entendre
les pesantes questions qui me tourmentaient
et s'amusait d'elles, allègrement".

Henri GOUGAUD *(1992)*



Fig. 1 Une lutte pour la lumière

Remerciements

Un mémoire, cela se construit mais cela se vit ! Si la construction est personnelle, son vécu ne l'est pas. Je me dois de remercier ici toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à son élaboration.

Mon Promoteur et Professeur tout d'abord, Monsieur Quentin PONETTE. Après m'avoir fait découvrir, en tant qu'étudiant, le marteloscope, il m'a guidé sur les chemins de son amélioration. Merci de votre accueil et disponibilité tout au long de ces mois de travail !

Monsieur François HERMAN ensuite. Grâce à tes conseils et résolutions rapides, j'ai entrouvert les multiples portes de la gestion des bases de données. Ce document est aussi ton fruit, merci !

Monsieur Julien RADOUX et Monsieur Pierre LHOIR respectivement pour les conseils de traitement cartographique ainsi que l'histoire du marteloscope. Pascal BALLEUX et les étudiants de $4^{ème}$ année pour leur perception didactique du marteloscope.

L'ensemble des membres de l'unité EFOR pour leur convivialité et leur accueil.

Mon entourage proche, ma famille et mes amis pour leur soutien et les nombreuses remarques constructives de correction.

Terminé à Haine-Saint-Pierre,
le 5 juin 2006.

Résumé

La gestion de la futaie irrégulière continue et proche de la nature se base sur un ensemble de fonctions attribuées à chacun des arbres composant le peuplement. Lors de la coupe de jardinage, le martelage exige de considérer simultanément l'ensemble de ces fonctions, ce qui implique un apprentissage. Des dispositifs didactiques participent à la formation des marteleurs, ce sont les marteloscopes.

Dans le Bois de Lauzelle, un marteloscope a été implanté en 2003. Situé dans un peuplement irrégulier (en structure et en mélange), ce marteloscope permet une analyse du martelage effectué par les étudiants lors de leurs exercices. Notre travail consiste à perfectionner ce dispositif en examinant deux aspects : apprentissage pour les étudiants et gestion par le responsable.

Nous avons contribué à la construction d'outils didactiques d'aide à la décision et les avons intégrés dans un logiciel d'analyse du martelage. Au travers de la qualité des arbres, de leur potentiel (qualitatif ou de croissance), ou du calcul de leur valeur économique potentielle, les outils fournis entraînent le marteleur dans une multitude de questions de sylviculture. En outre, les raisons qui conduisent au maintien ou à la délivrance d'un arbre sont étudiées en détail. Nous examinons enfin l'accroissement des arbres et du peuplement.

Grâce à des cartes thématiques, nous avons doté le marteleur d'outils d'analyse originaux. Celui-ci dispose ainsi aujourd'hui de graphes, de tables, de cartes et de grandeurs caractéristiques explicitant le peuplement irrégulier. La représentation de l'impact du martelage est améliorée.

Le gestionnaire du dispositif possède dès à présent de nouveaux instruments de gestion ; l'inventaire est facilité, les composantes de l'accroissement du peuplement sont individualisées, les cartes permettant de retrouver un arbre particulier sont disponibles.

Par la diversité des thèmes abordés, ce travail aborde le cadre complet de la gestion en futaie irrégulière sous des angles variés et complémentaires. Outil exceptionnel pour suivre et décrire un peuplement, le marteloscope du Bois de Lauzelle est aussi un dispositif idéal pour tout marteleur désirant pratiquer le martelage, comprendre et adapter sa technique de coupe à des objectifs spécifiques.

Table des matières

I L'existant 3

1 Un cadre, la futaie irrégulière 5
- 1.1 Définissons la futaie irrégulière . . . 5
  - 1.1.1 Histoire d'une définition . . . 6
  - 1.1.2 La futaie irrégulière, continue et proche de la nature . . . 7
- 1.2 Les caractéristiques et spécificités de la futaie irrégulière . . . 8
  - 1.2.1 Principes . . . 8
  - 1.2.2 Fonctionnalité . . . 8
  - 1.2.3 Sous-étage . . . 9
  - 1.2.4 Structure . . . 9
  - 1.2.5 Traitement . . . 10
  - 1.2.6 Accroissement . . . 12
- 1.3 La qualité en futaie irrégulière . . . 13
- 1.4 En résumé . . . 14

2 Le marteloscope 16
- 2.1 Origine . . . 17
- 2.2 Situation et description . . . 17
  - 2.2.1 Installation . . . 18
  - 2.2.2 Site . . . 20
  - 2.2.3 Peuplement . . . 23

3 Logiciel MarteLauzelle 29
- 3.1 Choix du support et des outils informatiques . . . 30
- 3.2 Installation des versions de MarteLauzelle . . . 30
- 3.3 Présentation de MarteLauzelle 1.0 . . . 30
  - 3.3.1 Conception . . . 30
  - 3.3.2 Abattage . . . 30
  - 3.3.3 Inventaire . . . 31
  - 3.3.4 Martelage . . . 31
- 3.4 Limites de la version 1.0 . . . 32
- 3.5 Contenu et fonctionnement de MarteLauzelle 2.0 . . . 33
  - 3.5.1 L'entrée utilisateur . . . 35
  - 3.5.2 L'entrée gestionnaire . . . 42
- 3.6 Les versions de MarteLauzelle . . . 44

II Les constructions didactiques 45

4 Qualité, amélioration 47
- 4.1 Qualité des arbres . . . 49

4.1.1 Qualité et état sanitaire . . . 49
4.1.2 Un indicateur pour la qualité . . . 49
4.1.3 Intégration dans MarteLauzelle 2.0 . . . 52
4.2 Potentiel des tiges . . . 53
4.3 Etat sanitaire . . . 55
4.4 Arbres d'avenir . . . 57
4.4.1 Généralités . . . 57
4.4.2 La sélection des tiges . . . 57
4.4.3 Intégration dans MarteLauzelle 2.0 . . . 59

5 Maintien de l'arbre **62**
5.1 Maintenir ou délivrer une tige . . . 63
5.2 Démarche de choix . . . 63
5.3 Les coefficients de couvert . . . 66
5.4 Intégration dans MarteLauzelle 2.0 . . . 66

6 Aspects économiques **70**
6.1 Volumes . . . 71
6.1.1 Tarifs de cubage . . . 71
6.1.2 Volumes sur pied et prélevés . . . 71
6.2 Valeur sur pied . . . 71
6.2.1 Valeur de consommation, VC . . . 71
6.2.2 Mercuriale des prix . . . 71
6.2.3 Hypothèses . . . 72
6.3 Gain . . . 73
6.4 Valeur potentielle, VP . . . 75

7 Aspects spatiaux **76**
7.1 Les bases du travail . . . 76
7.2 Réalisation des cartes . . . 77
7.3 Cartes . . . 77
7.3.1 Localisation . . . 77
7.3.2 Site . . . 77
7.3.3 Peuplement . . . 77
7.3.4 Les arbres d'avenir . . . 79
7.4 La sélection interactive . . . 79

8 Approches pédagogiques **92**
8.1 Suivi d'une séance de martelage . . . 92
8.2 Document introductif . . . 93
8.3 Martelages-types . . . 94
8.4 Données sur le comportement des essences . . . 95
8.4.1 Le hêtre . . . 95
8.4.2 Les chênes sessile et pédonculé . . . 96
8.4.3 Les autres feuillus . . . 96
8.5 Modèles de stratégie de martelage . . . 96

III Les constructions pour la gestion **98**

9 Outils de gestion du dispositif **100**
9.1 Gestion courante . . . 101
9.2 Accroissements . . . 102

9.2.1 Méthodes de calcul 102
9.2.2 Intérêts et limites des deux méthodes 107
9.3 Archivage des martelages 108
9.4 Utilisation à long terme des données d'inventaire 108
9.5 L'avenir du marteloscope 108

IV Pour terminer **109**

10 Conclusion et perspectives **110**

Index **114**

Bibliographie **116**

V Annexes **117**

Liste des tableaux

2.1 Essences présentes dans le marteloscope 23
2.2 Délimitation des classes de bois 25
2.3 Distribution de la surface terrière par groupes d'essences (2003) 27

3.1 Comparaison des deux versions de MarteLauzelle 44

4.1 Critères de qualité adoptés pour le classement des bois de circonférence $\geq$ à 90 cm 50
4.2 Classement qualitatif du hêtre sur pied [Ameels et Lheureux, 1993] 51
4.3 Classement qualitatif du chêne sur pied [Ameels et Lheureux, 1993] 51
4.4 Classement qualitatif du frêne sur pied [Ameels et Lheureux, 1993] 51
4.5 Défauts rédhibitoires et significatifs 53
4.6 Augmentation des prix en % pour des bois élagués de qualité par rapport à des bois non élagués [Baar et al., 2004] 57
4.7 Espacements moyens, d'après [Allegrini, 2002] et [Balleux, 2002] 59

5.1 Comparaison des raisons conduisant au maintien ou à l'enlèvement d'un arbre . 63
5.2 Les raisons du maintien d'un arbre 64
5.3 Les raisons de l'enlèvement d'un arbre 64

8.1 Etude de satisfaction de la journée de martelage du 23 décembre 94
8.2 Tempérament, hauteur adulte et couvert des essences du marteloscope 97

9.1 Localisation et calcul des promotions [Rondeux, 1993] 104
9.2 Changements de statuts entre deux inventaires 107

10.1 Tarifs de cubages de MarteLauzelle 119

Table des figures

1 Une lutte pour la lumière ii
2 Vue sur le marteloscope (décembre 2005) 2
3 Exemple de numérotation 4

1.1 Les différents modes de traitements [Janssen, 2000] 6
1.2 Vue sur l'irrégularité du marteloscope 7
1.3 Exemples de structures irrégulière et jardinée 9
1.4 Promotion des tiges pour une classe i 12
1.5 Proposition de trois structures de peuplements jardinés en équilibre 13
1.6 Courbes d'accroissements sur le diamètre associées à l'équilibre des structures de la figure 1.5 14
1.7 L'irrégularité du marteloscope 15

2.1 Localisation du marteloscope dans le Bois de Lauzelle 17
2.2 Localisation du marteloscope dans le compartiment 5 sur fond d'image aérienne 18
2.3 Exemple de numérotation et de limite, novembre 2005 19
2.4 La même limite en mai 2006 19
2.5 Carte topographique du marteloscope 20
2.6 Diagramme ombrothermique de Louvain-la-Neuve 21
2.7 Carte des sols du marteloscope 22
2.8 Adaptation des essences principales aux stations 22
2.9 Distribution du nombre de tiges du marteloscope par classe de circonférence (2003) 24
2.10 Distribution des effectifs de chaque groupe d'essences par classe de circonférence (2003) 25
2.11 Variabilité des structures dans l'espace 26
2.12 Contribution (pourcentage du nombre de tiges) de chaque groupe d'essences par classe de circonférence (2003) 27
2.13 Distribution de la surface terrière du marteloscope par classe de circonférence (2003) 28

3.1 Menu d'accueil dans MarteLauzelle 1.0 31
3.2 Menu de martelage dans MarteLauzelle 1.0 31
3.3 Exemple de sortie graphique sous MarteLauzelle 1.0 32
3.4 Méthode de visualisation du code VBA à partir d'un bouton de commande 32
3.5 Encodage informatique du martelage dans MarteLauzelle 1.0 33
3.6 Structure de la base de données de MarteLauzelle 2.0 33
3.7 Menu d'accueil dans MarteLauzelle 2.0 34
3.8 Menu principal de l'entrée utilisateur dans MarteLauzelle 2.0 34
3.9 Encodage informatique du martelage dans dans MarteLauzelle 2.0 36
3.10 Caractérisation du marteloscope avant martelage 37
3.11 Caractérisation du martelage 38
3.12 Comparaison des caractéristiques avant/après martelage 39

3.13 Désignation d'un arbre d'avenir dans MarteLauzelle 2.0 40
3.14 Sélection des travaux d'amélioration dans MarteLauzelle 2.0 40
3.15 Fraction de l'onglet "Avenir" dans MarteLauzelle.xls 41
3.16 Commandes de la rubrique "accroissement" dans MarteLauzelle 2.0 41
3.17 Menu principal de l'entrée gestionnaire dans MarteLauzelle 2.0 42
3.18 Encodage informatique d'un inventaire dans MarteLauzelle 2.0 43

4.1 Vers la lumière 48
4.2 Répartition de la qualité par classe d'essences, 2006 (en pourcentage du nombre de tiges) 52
4.3 Clef de qualification du potentiel des tiges 53
4.4 Répartition du potentiel des tiges, 2006 (en pourcentage du nombre de tiges) . . 54
4.5 Tables comparatives de désignation sur l'onglet "avenir" 55
4.6 Ventilation des effectifs selon les états sanitaires et les qualités (2003) 56
4.7 Ventilation de l'état sanitaire (bon, moyen, mauvais) selon la qualité (en effectifs) 56
4.8 Localisation des arbres désignables en relation avec le couvert 60

5.1 Organigramme de raisonnement pour le maintien et la coupe d'un arbre 65
5.2 Relation entre la surface de projection du houppier et la surface terrière individuelle (2006) 67
5.3 Relation entre les coefficients de couvert et la circonférence à 1,3 m de hauteur pour le hêtre et les chênes 68
5.4 Distribution des tiges selon les raisons de délivrance 68
5.5 Exemple d'analyses portant sur les arbres maintenus 69
5.6 Tableaux analysant les raisons du maintien 69

6.1 Synthèse des volumes et valeurs du peuplement sur pied 72
6.2 Ventilation des valeurs de consommation des bois sur pied par essence 72
6.3 Gains calculés et accroissements en circonférence pour l'érable 74
6.4 Gains calculés et accroissements en circonférence pour le frêne 74
6.5 L'irrégularité du marteloscope 75

7.1 Méthode de mesure de la surface de projection du houppier 78
7.2 Sélection interactive, les histogrammes de sélection 91

8.1 Martelage du groupe 1 93
8.2 Martelage du groupe 2 93

9.1 Organigramme de dispatching des tiges dans les différentes tables lors de la saisie d'inventaire 101
9.2 Table de promotion 103
9.3 Commandes MarteLauzelle 2.0 pour l'accroissement via la méthode des promotions 105
9.4 Promotions et accroissements annuels moyens en circonférence par classe de grosseur 106

10.1 Premier fascicule introductif (martelage du 23/12/2005), recto 129
10.2 Premier fascicule introductif (martelage du 23/12/2005), verso 130

Liste des cartes

7.1 Le marteloscope dans le Bois de Lauzelle 80
7.2 Le marteloscope sur fond d'image aérienne 81
7.3 La topographie du marteloscope 82
7.4 La carte des sols 83
7.5 Localisation des souches et tiges 84
7.6 Adaptation des essences à la station 85
7.7 Les classes de grosseur des bois 86
7.8 Le couvert du marteloscope 87
7.9 Couverture du marteloscope 88
7.10 Les arbres désignables du marteloscope 89
7.11 Structure spatiale du marteloscope 91

Introduction

Intervention cruciale pour la gestion des peuplements, le martelage est une opération dont l'apprentissage nécessite de la pratique. En effet, si l'apport théorique fonde la décision, la pratique est toujours le moment d'assimiler sa complexité. De plus, le temps est bien souvent limitant. Le marteleur n'est jamais certain d'être présent lors du suivi des peuplements, il n'a ainsi pas toujours les moyens de visualiser les conséquences de ses décisions et des actes qui en découleront. De plus, chaque marteleur a son propre regard sur le martelage ; il perçoit les qualités actuelles et futures du peuplement avec ses particularités propres. Pourtant, le martelage se base sur l'analyse de critères précis qui permettent au peuplement d'atteindre des objectifs fixés. Nous décrirons ici un dispositif permettant d'améliorer l'apprentissage : le marteloscope.

Autant mettre les bons mots sur les bonnes définitions ; deux termes sont souvent employés pour désigner les dispositifs d'apprentissage du martelage : "martelodrome" (ou "martellodrome") et "marteloscope". La nuance entre les deux doit être établie. Si le martelodrome est considéré comme l'aire de martelage proprement dite (où l'ensemble des tiges sont repérées, caractérisées, ...), le marteloscope est quant à lui à la fois l'aire de martelage et le dispositif permettant de visualiser l'effet de son martelage sous la forme de graphes ou de tables synthétiques par exemple.

Dans notre cas, il s'agit bien d'un "marteloscope" ; il est destiné particulièrement à l'apprentissage du martelage en futaie irrégulière feuillue. Grâce à la connaissance préalable de tous les arbres du dispositif, de leur circonférence à leur localisation, le marteloscope permet un martelage virtuel répondant à des objectifs prédéfinis.

Ce mémoire est pour nous une synthèse de nos cours de sylviculture. Parlant de la qualité des arbres, de la désignation d'arbres d'avenir, d'adaptation des essences à leur station et de martelage évidemment, nous avons parcouru bon nombre de domaines, cherchant à fournir les outils les plus variés et les plus complets.

C'est la principale richesse d'un tel dispositif : fournir des outils d'aide à la décision pour le martelage. Tous les outils créés et mis en place l'ont été pour complémenter la réflexion et la discussion dans les grands débats de la futaie irrégulière.

Différentes lignes directrices furent suivies. La première, plus générale, fut d'améliorer la perception de l'impact du martelage. Grâce à des indicateurs, des graphes ou des tables de suivi, le marteleur dispose d'outils d'analyse indiquant l'état des peuplements. Il a dès lors l'occasion de relever les caractéristiques de son martelage et peut de ce fait comparer ses actes avec une série d'objectifs fixés au préalable.

Ensuite, nous avons dirigé ce mémoire vers l'apport de nouveaux outils de martelage, concernant notamment le maintien d'un arbre, son accroissement, la désignation des tiges d'avenir, la gestion de la qualité et enfin les aspects économiques. Une autre grande thématique fut l'approche didactique : anticiper les difficultés rencontrées par les "étudiants-marteleurs" et y répondre par des instruments adaptés guida notre démarche tout au long de ces mois de travail.

*****

Le document que vous tenez en main se compose de trois grandes parties. La première concerne la description de l'existant ; de la caractérisation du site à celle du logiciel "MarteLauzelle" et aux notions sur la futaie irrégulière, cette partie se veut la base de l'approche du marteloscope.

Dans la seconde partie, nous décrirons les outils développés à des fins didactiques. Nous discuterons de la qualité des arbres, de leur potentiel, des raisons du maintien d'un arbre et calculerons la valeur potentielle des tiges. La mise en place d'instruments d'aide à la décision par la cartographie du marteloscope sera décrite. Enfin, nous terminerons cette deuxième partie par l'approche pédagogique du marteloscope.

La troisième partie du mémoire consistera en la description des apports pour le gestionnaire du dispositif : il s'agit principalement de l'acquisition et de la maintenance des données d'inventaires ainsi que des méthodes de calcul de l'accroissement.

Nous concluerons et poserons finalement la question de l'avenir du marteloscope et de ses usages futurs.

Partons maintenant à la découverte du marteloscope, direction ... le Bois de Lauzelle.



Fig. 2 Vue sur le marteloscope (décembre 2005)

Première partie

L'existant

Dans cette partie, nous nous attarderons à décrire le cadre du travail. Celui-ci traite en particulier du martelage en futaie irrégulière ; il nous paraît par conséquent important d'effectuer un rappel de ce qu'est la futaie irrégulière et des spécificités qu'entraîne ce type de traitement sylvicole sur le martelage.

Ensuite, nous décrirons le dispositif d'apprentissage du martelage : le marteloscope. Nous analyserons le site et le peuplement afin de donner au marteleur un ensemble de données aidant à la prise de décision.

Enfin, dans un troisième chapitre, le logiciel de traitement de l'information sera étudié en insistant sur les nouveautés apportées dans la seconde version du logiciel MarteLauzelle.



Fig. 3 Exemple de numérotation

Un cadre, la futaie irrégulière

1

Sommaire

1.1 Définissons la futaie irrégulière 5
1.1.1 Histoire d'une définition 6
1.1.2 La futaie irrégulière, continue et proche de la nature 7
1.2 Les caractéristiques et spécificités de la futaie irrégulière 8
1.2.1 Principes 8
1.2.2 Fonctionnalité 8
1.2.3 Sous-étage 9
1.2.4 Structure 9
1.2.5 Traitement 10
1.2.6 Accroissement 12
1.3 La qualité en futaie irrégulière 13
1.4 En résumé 14

Ce premier chapitre a pour objet de situer le cadre de la futaie irrégulière. Après avoir parcouru les nombreuses définitions de la futaie irrégulière et après en avoir adopté une, nous décrivons les principes de gestion qui y sont valables. Ensuite, nous précisons les recommandations particulières nécessaires à l'approche du martelage en futaie irrégulière.

1.1 Définissons la futaie irrégulière

Les définitions de la futaie irrégulière sont nombreuses. Selon l'époque, la région géographique ou bien l'auteur considéré, la signification du terme de "futaie irrégulière" varie énormément. Passant par les vocables de "futaie jardinée", "forêt durable", "forêt économique conforme à la nature" ou "gestion forestière proche de la nature" jusqu'aux termes de "sylviculture invisible" chez les Italiens, chacune des locutions est spécifique à une situation, se construisant dans son contexte.

Derrière chacune de ces définitions se trouve une justification d'usage. Comment en effet parler de "forêt économique conforme à la nature" lorsque l'on sait que dès que l'homme voit en la forêt un intérêt économique, la conformité à la nature semble éloignée ? Pourtant, cette définition a le mérite d'exprimer deux volontés : celle de la justification économique de la forêt mais aussi de le désir pour ses gestionnaires d'appliquer des pratiques proches de la continuité naturelle.

C'est qu'il est facile d'établir une définition lorsque l'on a en vue un objectif précis. Cependant, et c'est une des particularités, la gestion de la futaie irrégulière cherche à remplir conjointement plusieurs objectifs.

Notre conception de la futaie irrégulière se veut proche de la nature en assurant les continuités et évolutions naturelles. La littérature n'est pas unanime sur cette définition ; selon DUBOURDIEU (1997), toute structure de futaie qui n'est ni régulière, ni jardinée, est irrégulière. Concrètement pour DUBOURDIEU, lorsque l'éventail des âges sur l'unité de gestion excède la moitié de l'âge optimal d'exploitabilité de l'essence principale et lorsque certaines classes d'âges font défaut, on parle de futaie irrégulière. Nous comprendrons plus loin dans le texte pourquoi nous n'utilisons pas cette définition quand nous évoquerons la problématique de l'âge en futaie irrégulière.

1.1.1 Histoire d'une définition

BRUNIG et MAYER (1980) proposent une sylviculture proche de la nature ; pour eux, la régénération, les travaux et récoltes des peuplements doivent être effectués d'une manière proche de celle se passant dans les conditions naturelles en utilisant au mieux l'*automation biologique*[1] .

Douze années plus tard, HUSS (1992) expose "la sylviculture sur bases écologiques". Celle-ci répond à l'adaptation à la station, tient compte des exigences des essences et est adaptative. HUSS (1992) souhaite que la sylviculture examine les objectifs de protection de la nature, de production de bois ainsi que le délassement du public. THOMASIUS (1992) renforce la même année la volonté de HUSS en précisant l'état d'écosystème forestier utilisant au mieux les lois écologiques naturelles et s'inscrivant dans un développement durable.

Enfin, D'HARCOURT (1995) et JANSSEN (2000) lient la futaie irrégulière à une gestion PRO SILVA. Quant à JANSSEN, il distingue les différentes sylvicultures selon leur degré de naturalité[2] (voir figure 1.1) [Janssen, 2000].

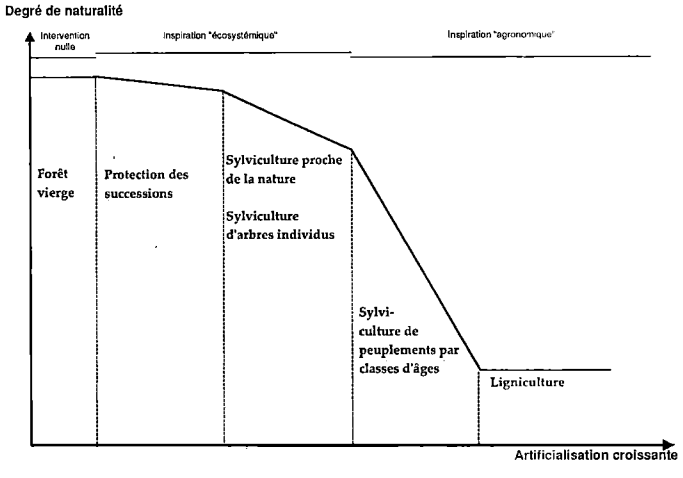


Fig. 1.1 Les différents modes de traitements [Janssen, 2000]

[1]Automation qui se fonde sur les processus évolutifs naturels et leurs effets en fonction des utilités recherchées [Schütz et Oldeman, 1996].

[2]La naturalité se définit en observant les types de sylvigenèse rencontrés dans les forêts vierges européennes [Schütz, 1997].

1.1.2 La futaie irrégulière, continue et proche de la nature

Pour notre part, la définition choisie est celle de la **futaie irrégulière, continue et proche de la nature** [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005] . Dans ce texte, et cela de manière sytématique (sauf mention contraire), nous entendrons cette définition lorsque nous parlerons de futaie irrégulière.

La dénomination de futaie irrégulière, continue et proche de la nature est complexe. Nous décrivons dans la section suivante chacun de ses termes. L'irrégularité s'entend aussi bien pour les essences, les dimensions que l'agencement spatial. Ensuite, la continuité des processus conduit à s'appuyer sur les successions naturelles.



Fig. 1.2 Vue sur l'irrégularité du marteloscope

1.2 Les caractéristiques et spécificités de la futaie irrégulière

1.2.1 Principes

Selon DE TURCKHEIM et BRUCIAMACCHIE (2005), deux principes caractérisent la futaie irrégulière : (*i*) la gestion de la continuité de l'ensemble des processus naturels que nous venons d'évoquer et (*ii*) un traitement individuel de chaque arbre (ou groupe d'arbres). La continuité des processus naturels concerne principalement la question de la régénération et des stades de développement tandis que le traitement individuel de chaque arbre est exigé sur différents niveaux (vertical et horizontal). Lors de l'application de chacun de ces deux principes, la distinction des attentes relatives aux contextes économique, écologique et social aura lieu.

L'équilibre du peuplement - ou son rétablissement - est recherché sur la plus petite superficie possible menant à une faible variation du volume sur pied d'une parcelle à l'autre.

La futaie irrégulière exige une gestion particulière et forte du sous-étage. Le dosage du rayonnement au sol via le martelage contrôle l'ambiance forestière du sous-étage et influe largement sur la structure future du peuplement en actionnant ou non la régénération [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005].

L'analyse et la décision d'intervention s'établissent à l'échelle de l'arbre individu. Des fonctions particulières (les objectifs associés) telles que la production, la protection d'arbres ou du sol ou encore l'esthétique sont associées à chacun des arbres du peuplement irrégulier. Ainsi, le raisonnement de maintien ou de récolte d'un arbre ne s'établit pas par l'âge ou encore une surface d'équilibre mais par l'analyse de ces fonctions et du fonctionnement des autres arbres du peuplement.

Aussi, les deux principes fondamentaux de gestion de la futaie irrégulière sont appliqués et modulés selon les contextes, notamment économiques. Dans le cas des forêts européennes tempérées occidentales où la production est devenue un objectif important, la recherche de la qualité des grumes sera au centre de la gestion de la futaie irrégulière, la valeur des bois étant largement fonction de leur qualité.

Les deux principes énoncés, il convient à présent d'expliciter la gestion de la futaie irrégulière.

1.2.2 Fonctionnalité

En futaie irrégulière, des fonctions particulières sont associées à chacun des arbres du peuplement. Selon les contextes précis, l'une ou l'autre de ces fonctions prend le dessus sur les autres. Dans nos régions - et par conséquent dans le Bois de Lauzelle - les fonctions économiques cohabitent avec les rôles écologiques et récréatifs.

La plus-value financière due à la bonification de qualité de grume peut être considérable (voir tableau 4.6, à la page 57). On comprend dès lors mieux pourquoi la gestion de la qualité en futaie irrégulière est si souvent une exigence. Cette gestion de la qualité offre une possiblité de progression économique beaucoup plus importante que la production en volume [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005].

Selon ARMAND (2002) et DE TURCKHEIM et BRUCIAMACCHIE (2005), trois règles facilitent la gestion de la qualité et conduisent à augmenter la valeur du capital sur pied :

- maintien de l'arbre tant que sa valeur commerciale augmente. Cette exigence implique la définition d'un diamètre d'exploitabilité fonction de l'essence, de la qualité et de la station ;
- ne pas sacrifier l'état existant au nom d'un état futur souhaité ;
- prélever peu mais fréquemment afin de permettre une meilleure réaction des arbres et de ne pas déstabiliser les peuplements.

1.2.3 Sous-étage

L'ambiance forestière du sous-étage est régulée par le martelage qui contrôle le dosage de la lumière et ainsi les conditions microclimatiques. Cette incidence de la lumière affecte non seulement le sous-étage mais aussi l'ensemble des tiges non-précomptables [Armand, 2002].

Aussi, la gestion du sous-étage est le moteur par lequel le sylviculteur maîtrise la composition en essences de la régénération et la végétation concurrente et/ou accompagnatrice ; et c'est par la gestion de cette végétation accompagnatrice que la qualité des tiges est permise.

1.2.4 Structure

1.2.4.1 Distribution des tiges

La structure irrégulière requiert la présence d'au moins plusieurs stades de développement (mais pas nécessairement de tous) dans le même peuplement (figure 1.3) à l'opposé du cas de la structure jardinée dans laquelle toutes les classes de grosseur sont représentées identiquement en termes de surface (terrière). Ce type de structure n'est possible que si la régénération est continue et distribuée sur la totalité de l'unité de gestion. Le cas du marteloscope s'éloigne de ce critère puisque la régénération est absente en un endroit, le plateau.

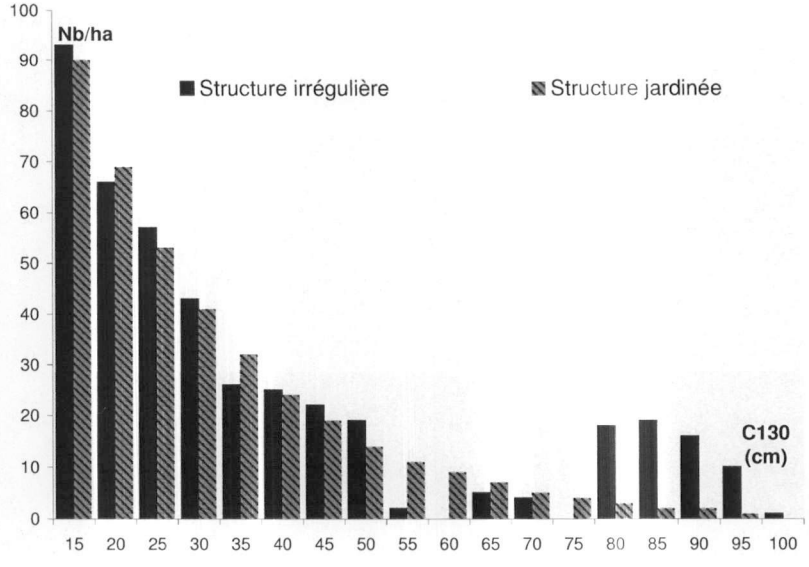


Fig. 1.3 Exemples de structures irrégulière et jardinée

La visualisation d'histogrammes de distribution de tiges à l'échelle de la parcelle est importante mais ne reflète pas une composante importante : la répartition spatiale des catégories de grosseur. Il convient dès lors d'analyser la structure non seulement en terme de distribution des tiges par classes de grosseur mais aussi spatialement. La compétition par exemple n'est certainement pas également répartie sur l'ensemble du peuplement, ne fut-ce que par l'exposition de celui-ci. Cette remarque permet d'introduire la diversité des conditions de compétition menant à la suppression du lien entre la grosseur et l'âge.

En futaie irrégulière, l'âge n'est donc pas un critère de caractérisation puisque la compétition (et la compression) est hétérogène sur l'ensemble de la superficie considérée.

1.2.4.2 Agencement spatial

Nous venons d'évoquer l'importance de la répartition spatiale des tiges. Cette répartition est à la fois variable selon la strate ou la localisation géographique considérée.

Verticalement , il existe trois étages, répartis selon l'accès à la lumière directe :
- l'étage supérieur (houppiers pleinement éclairés). Ce sont souvent des gros bois dont la présence est associée à la production, la protection, l'éducation ou l'ensemencement. Ces individus sont en croissance ouverte ;
- l'étage intermédiaire (houppiers partiellement éclairés). Ici, nous trouvons des petits bois et bois moyens. Leur réactivité à la croissance en hauteur peut être élevée ;
- l'étage inférieur (lumière diffuse, ombrage relativement fort). Dans cet étage, nous trouvons la régénération ainsi que les petits bois. Cet étage inférieur concerne le renouvellement ; la croissance individuelle en grosseur est très faible.

Latéralement , l'agencement des tiges s'effectue par pieds d'arbre ou par touffes. Le couvert y est continu.

1.2.5 Traitement

Dans cette section, nous nous attarderons à décrire les composantes du traitement relatif aux peuplements irréguliers.

1.2.5.1 La régénération

La régénération naturelle est privilégiée. En se basant sur le dosage de l'apport lumineux, le sylviculteur favorise son apparition. Il conviendra de prêter une attention toute particulière et systématique à la présence de la régénération. Une futaie irrégulière en équilibre présente sur la presque totalité de sa superficie des réserves de recrus [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005].

Néanmoins, en cas de déficit de régénération, de non-adaptation à la station ou de mauvaise qualité de la régénération naturelle, on pourra faire appel à la régénération artificielle par petits bouquets de 5 x 5 mètres par exemple.

Insistons sur l'importance de bien connaître les exigences des essences présentes ou à venir. Un martelage donnant plus ou moins de lumière au sol favorisera des essences aux exigences en lumière contrastées.

De plus, lors d'un passage ultérieur, le martelage peut valider ou corriger le mélange des espèces. Notons que même si une tige est de qualité médiocre, la maintenir, pour une raison éducative par exemple, peut être utile.

1.2.5.2 Le martelage

Le martelage est ainsi l'opération la plus importante de toute la gestion forestière [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005]. Cette opération doit être traitée en fonction de l'optimisation de la production, de manière soignée, sérieuse car c'est notamment lors de telles actions que l'ont peut minimiser les coûts. Bien souvent, on préfèrera augmenter la fréquence de cette intervention mais en la rendant moins sévère afin d'avoir l'occasion d'effectuer des corrections rapprochées.

L'enlèvement des arbres. L'organisation du martelage dans le peuplement s'effectue selon l'étage de végétation et les classes sociales. Comme nous l'avons vu auparavant, les stades de développement et les essences sont intimement mélangés ; la coupe multi-objectifs prélèvera dès lors des arbres aux fonctions diverses et présents à différents étages. Parmi les objectifs de l'enlèvement d'un arbre, nous retrouvons la récolte, l'amélioration, le renouvellement, l'exploitation, la diversité, l'accueil et l'état sanitaire. Nous aurons l'occasion de revenir sur ces différentes raisons d'enlèvement d'un arbre au chapitre 5. DE TURCKHEIM et BRUCIAMACCHIE (2005) affirment que c'est la raison d'amélioration qui devrait être prépondérante au vu de l'objectif global de production de bois de qualité.

Et l'intensité ? L'intensité du martelage n'a pas vraiment de signification en futaie irrégulière. En effet, vu la volonté permanente de traiter le peuplement arbre par arbre, de procéder par de faibles mais nombreuses interventions, des corrections individuelles peuvent être rapidement appliquées et ce très localement. Il reste que l'intensité, si elle n'est pas considérée comme une norme, procure au marteleur un repère global.

Le maintien des arbres. Si la qualité d'un martelage s'apprécie bien mieux à l'examen des arbres réservés et favorisés qu'à celui des arbres livrés à la coupe [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005], il importe d'accorder un poids non négligeable au maintien des tiges précises. Citons par exemple les tiges destinées à produire du bois de qualité, les semenciers, les stabilisateurs protégeant leurs voisins, les éducateurs, les arbres présentant un intérêt écologique fort, ... Cette question du maintien est délicate et varie selon les objectifs globaux fixés pour le peuplement. Elle mérite cependant un approfondissement qui fera l'objet du chapitre 5.

1.2.5.3 La mise en œuvre des coupes

L'exploitation des bois en futaie irrégulière exige une grande prudence. Le sol est à préserver autant qu'en futaie régulière mais la présence de stades de développement divers présente une difficulté accrue pour la mobilisation des bois abattus. Ainsi, il convient de créer des cloisonnements d'exploitation facilitant l'organisation de la coupe et du débardage des bois. Malgré cela, la comparaison des coûts d'exploitation avec une futaie régulière ne montre pas de différence notable [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005].

Au niveau de la desserte, des densités de pistes de 2 à 3 km/100 ha en plaine sont des ordres de grandeur recommandées pour la futaie irrégulière.

1.2.6 Accroissement

La notion d'accroissement est capitale en futaie irrégulière. Les récents résultats du réseau AFI[3] montrent qu'accroissement et structure du peuplement sont intimement liés. C'est ce lien que nous décrirons ici. De plus, en futaie irrégulière, l'accroissement constitue la référence du prélèvement à effectuer.

Si l'on représente l'évolution dans le temps d'un peuplement irrégulier comme étant une succession de flux, de tranferts d'arbres entre des "boîtes de diamètres" (voir figure 1.4), il doit être admis que le contenu de ces boîtes de diamètre se remplit ou se vide en fonction de l'accroissement [Rondeux, 1993, de Turckheim et Bruciamacchie, 2005]. Si le peuplement est à l'équilibre, que la mortalité est absente et que les arbres ne sont coupés qu'au terme d'exploitabilité, les différents flux se compensent successivement.

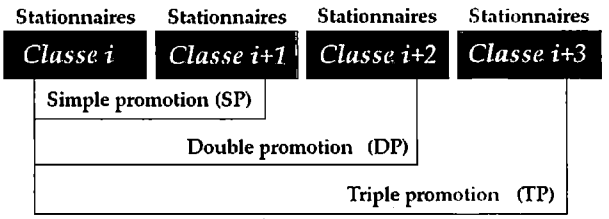


Fig. 1.4 Promotion des tiges pour une classe *i*

Bien entendu, ce ne sont que des hypothèses ; des prélèvements existent et sont variables d'une classe de grosseur à l'autre. Est-ce pour autant que les peuplements ne peuvent être à l'équilibre ? Certes non.

Nous représentons à la figure 1.5 trois structures de peuplements jardinés aux visages totalement différents. Le type 1 est celui d'une structure répondant à une norme de DE LIOCOURT. La question est de se demander quels sont les accroissements qui correspondent à ces types de structure que nous souhaitons à l'équilibre, dans les hypothèses précisées ci-dessus.

La figure 1.6 nous fournit ces accroissements calculés à partir de méthodes relevant de la recherche opérationnelle. Ainsi, pour que la structure du type 1 soit en équilibre, il est nécessaire que l'accroissement des petites tiges soit très largement inférieur à celui des bois moyens et davantage par rapport aux gros bois. Pourtant, cette allure de répartition de l'accroissement en grosseur selon les classes de dimension n'est pas observée sur le terrain [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005] ! Les récentes études le montrent : l'accroissement des petits bois est loin d'être négligeable. Fallait-il attendre ces études lorsqu'en 1911, SCHAEFFER affirme *"Dans les futaies jardinées traitées de façon peu intensive, comme le sont la plupart des forêts alpestres, les vieux bois mettent beaucoup moins de temps que les jeunes pour franchir une catégorie de diamètre"* ? Nous comprenons ainsi une des raisons pour lesquelles les normes de DE LIOCOURT ont tendance à régulariser les peuplements.

[3] L'Association Futaie Irrégulière créée en France en 1991 à l'initiative d'experts forestiers a pour but la promotion de la sylviculture en futaie irrégulière.

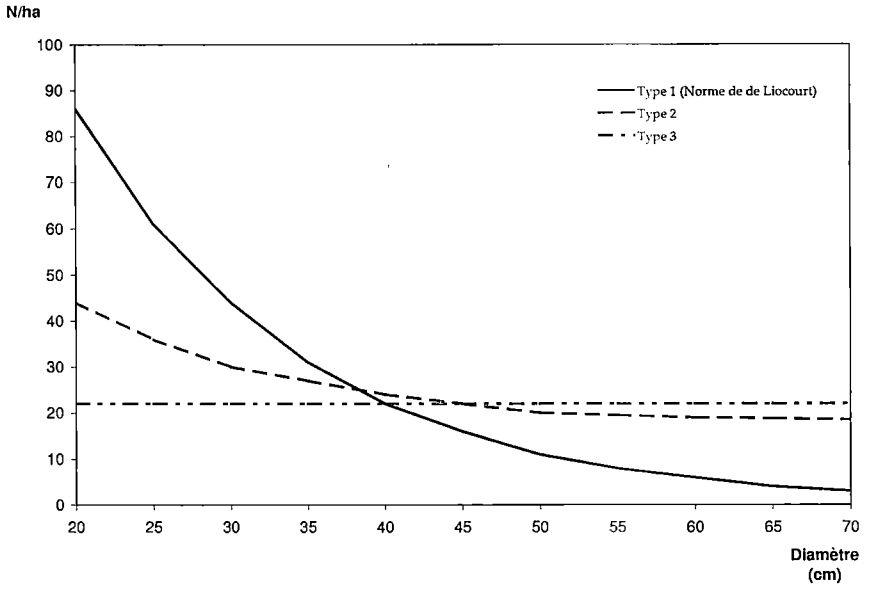


Fig. 1.5 Proposition de trois structures de peuplements jardinés en équilibre
[de Turckheim et Bruciamacchie, 2005]

Si l'on considère les accroissements observés en futaie jardinaie résineuse, nous nous rapprochons du type 2.

L'examen des figures 1.5 et 1.6 montre que plus la différence d'accroissement entre deux classes de grosseur est faible, plus la structure présentera un histogramme à l'allure plate, dans le cadre des hypothèses décrites précédemment.

Le modèle proposé est donc en quelque sorte un modèle auto-régulateur puisque c'est de la structure propre du peuplement que dépendra l'accroissement et sa distribution. Histogramme et accroissement sur le diamètre - ou la circonférence - sont donc liés [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005]. Pour un accroissement fixé, il existe une structure optimale d'équilibre .

Nous le voyons, connaître l'histogramme de l'accroissement est essentiel si l'on veut pérenniser la structure du peuplement. Le chapitre 9 expliquera les techniques du calcul de l'accroissement conçues pour le marteloscope étudié.

1.3 La qualité en futaie irrégulière

Nous l'avons vu plus haut, la gestion de la qualité est l'un des principes directeurs de la sylviculture de la futaie irrégulière.

La question qui nous est rapidement apparue est celle de la "quantification" de la qualité ; ou comment mesurer la qualité ? Plusieurs méthodes appliquées différemment selon les classes de grosseur nous ont permis d'intégrer des indicateurs de qualité dans le dispositif de martelage. Leur description figure au chapitre 4.

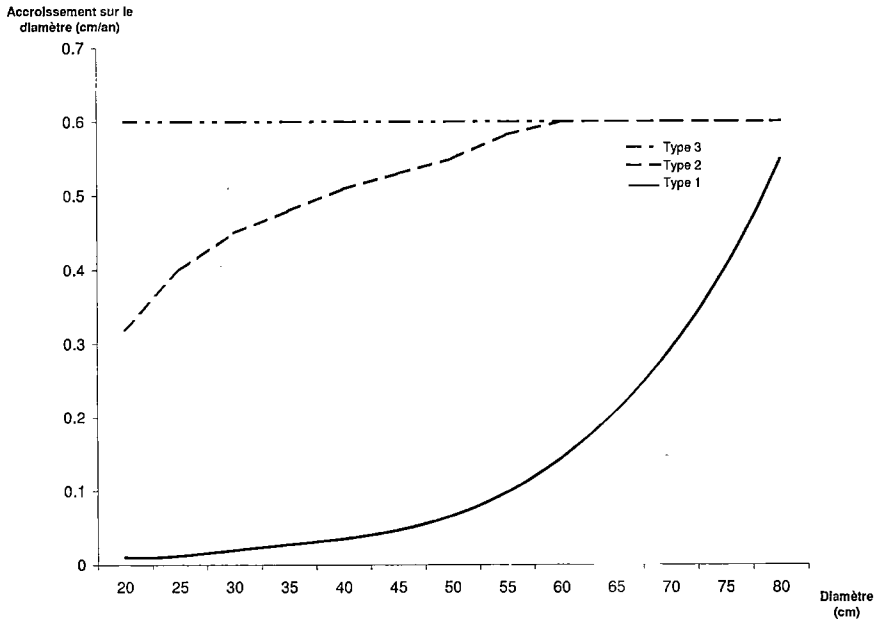


Fig. 1.6 Courbes d'accroissements sur le diamètre associées à l'équilibre des structures de la figure 1.5 [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005]

1.4 En résumé

La gestion de la futaie irrégulière, continue et proche de la nature se base sur les principes de continuité des processus naturels et de suivi individuel des arbres. Les conséquences sur le traitement sont nombreuses et leur application nécessite des connaissances autant dans l'écologie des essences, la caractérisation du site que l'approche multi-fonctionnelle de la forêt. La gestion de la futaie irrégulière révèle ainsi sa complexité.

Pourtant, les enjeux sont de taille : stabilité des peuplements, réponses aux attentes de la société, conservation de la biodiversité, protection des sols, sont autant de défis auxquels la futaie irrégulière participe à la réponse.

Dès lors, alors que dans les systèmes réguliers il est possible d'établir des normes de gestion relativement simples, la conduite du martelage en futaie irrégulière nécessite un ajustement étroit à chaque intervention. Chaque élagage, chaque taille doit être pensé ; prendre quelques minutes de réflexion peut être payant. La formation des prestataires de service et des marteleurs doit être extrêmement rigoureuse. Il existe des dispositifs permettant de viser à ces objectifs : les marteloscopes .

Dans cette vision du cadre de la futaie irrégulière, nous avons aperçu l'importance de la gestion de la qualité, de la considération de l'accroissement, des critères de maintien de l'arbre. Ces concepts, intégrés dans le logiciel dédié au marteloscope, seront largement étudiés et expliqués dans la suite du document.

Découvrons à présent le marteloscope du Bois de Lauzelle ...



Fig. 1.7 L'irrégularité du marteloscope

Le marteloscope

2

Sommaire

2.1 Origine **17**
2.2 Situation et description **17**
2.2.1 Installation 18
2.2.2 Site 20
2.2.3 Peuplement 23

Dans ce deuxième chapitre, nous procurons les éléments d'analyse pour le marteleur. Comprendre le cadre physique du peuplement, connaître son passé mais aussi sa composition actuelle en essences ou sa structure sont des prérequis essentiels pour assurer au martelage la rationalité souhaitée.

Aussi, nous évoquons chronologiquement l'origine et les justifications du marteloscope dans le Bois de Lauzelle, nous présentons les caractères physiques du site ainsi que le peuplement.

Nous insistons sur les facteurs décisionnels qui justifient la difficulté du martelage. Celui-ci suppose le recueil d'informations nombreuses et diverses qui, croisées, conduiront au choix adéquat. Il est essentiel que le marteleur évite de suivre aveuglément les chiffres ou guides souvent présentés. Le cas de notre marteloscope est un cas d'école ; en effet, si la considération des valeurs caractéristiques globales comme la distribution des tiges par classe de circonférence par exemple, apporte de l'information, il est cependant indispensable d'analyser plus finement la situation. La structure spatiale du peuplement n'apparaît en effet pas dans ces valeurs, nous devons y prendre garde ! Pour placer toutes les chances de notre côté dans la phase préalable d'analyse du peuplement, nous dressons dans ce chapitre les traits majeurs du marteloscope en nous appuyant sur quelques cartes.

Nous voici ainsi au cœur de la première phase du martelage : l'analyse.

2.1 Origine

L'implantation d'un marteloscope dans le Bois de Lauzelle est une idée originale survenue en 2003 à la suite d'une tournée forestière et d'une séance de martelage avec les étudiants de l'ENGREF dans le marteloscope de Saint-Maurice, dans les Vosges. Revenant enthousiasmés d'une expérience en futaie irrégulière résineuse, Q. PONETTE et P. LHOIR se lancent alors à la recherche d'une parcelle du Bois de Lauzelle adéquate pour implanter un dispositif comparable et adapté à la futaie irrégulière feuillue.

Le choix du site satisfait aux conditions suivantes : (*i*) permettre au marteleur une expérience dans un peuplement irrégulier, (*ii*) montrer la dynamique de la régénération, (*iii*) envisager les particularités liées au site (topographie et pédologie variées). En outire, le peuplement choisi doit être à marteler et facilement accessible.

2.2 Situation et description

Les cartes présentées dans ce chapitre sont reprises en pleine page dans le chapitre 7 (page 76 à page 91). Leur mode d'obtention est détaillé dans ce même chapitre.

Le marteloscope est implanté dans le compartiment 5 du Bois, sur sa parcelle 5 . Les figures 2.1 et 2.2 nous renseignent plus précisément sur sa localisation à l'extrémité Est du Bois. Sachons dès à présent que la rotation dans le Bois de Lauzelle est de huit ans avec un éventuel passage à mi-rotation. Le marteloscope présente une superficie totale de 16 ha 2 a 50 ca.

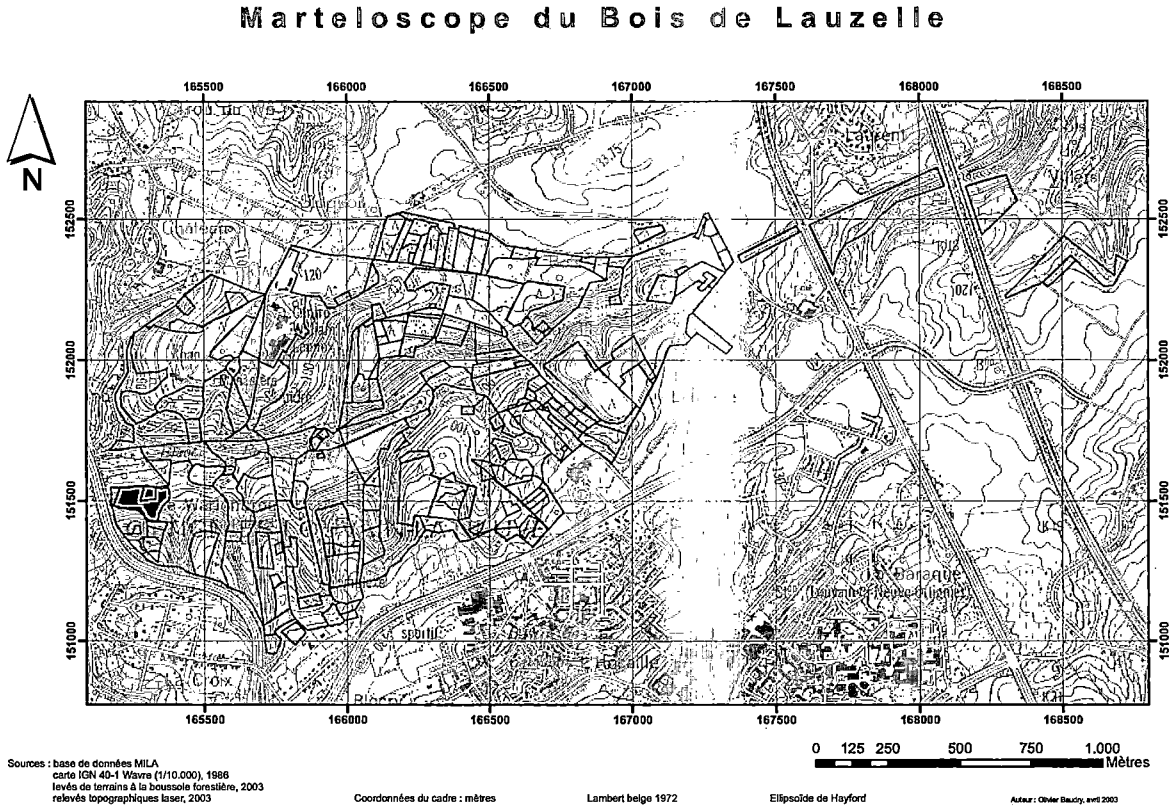


Fig. 2.1 Localisation du marteloscope dans le Bois de Lauzelle

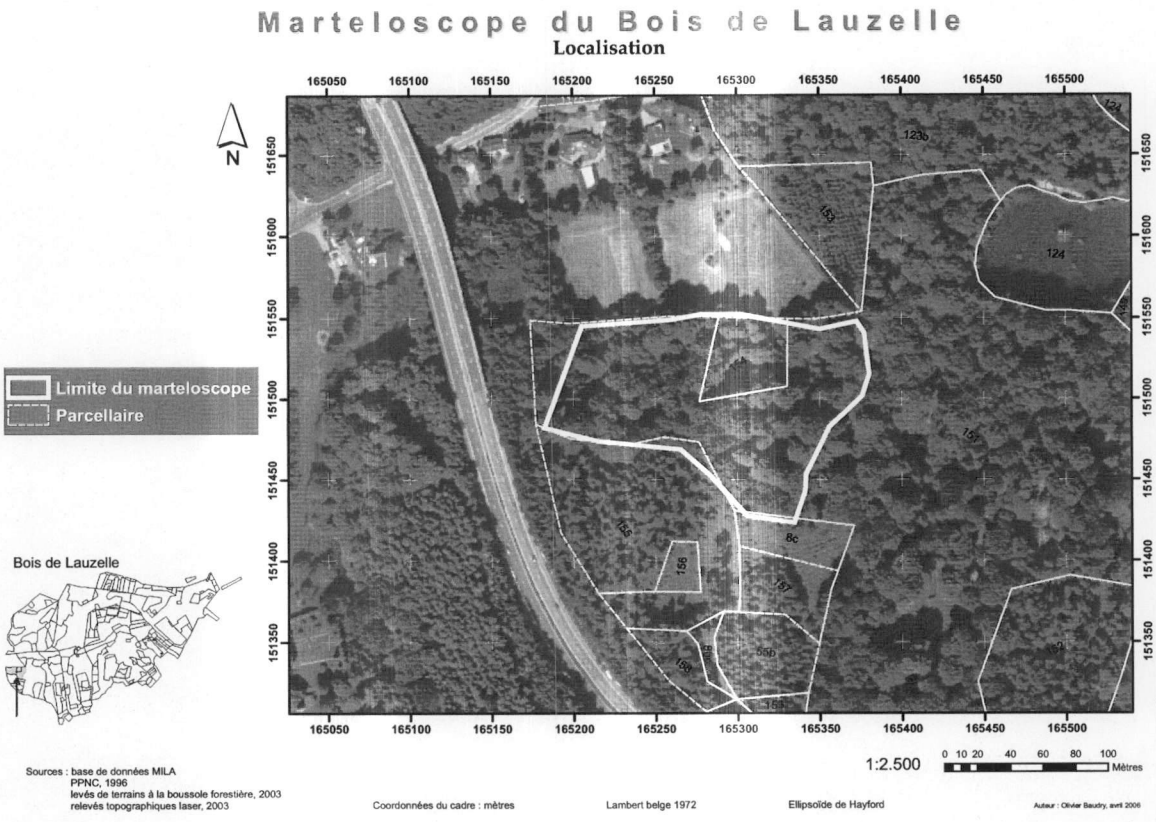


Fig. 2.2 Localisation du marteloscope dans le compartiment 5 sur fond d'image aérienne

2.2.1 Installation

Le marteloscope est délimité par des piquets blancs plantés dans le sol ; les coordonnées de ces points limites sont relevées à la boussole forestière dès 2003. Afin de mieux visualiser les limites, des bandeaux rouge et blanc cerclent les tiges de bordure inclusives (figure 2.3).

Chacun des arbres de plus de 30 cm de circonférence (mesurée à 130 cm de hauteur) est repéré spatialement par levée laser (utilisation d'une station totale[1]) et ses caractéristiques décrites. Il s'agit : de la circonférence, de l'essence et de la qualité. Dans le développement actuel du marteloscope, d'autres mesures sont prises ; nous les décrirons dans la suite du travail.

L'arbre est ensuite numéroté à la peinture. Dans le cas d'une souche à multiples brins, chacun des brins est décrit par une lettre. Par exemple, la souche 4 ayant 3 tiges sera numérotée "4a", "4b" et "4c" tandis que la souche 6 qui n'a qu'un seul brin sera la "6a" . La remarque n'est pas anodine ; dans le logiciel dédié au marteloscope, les arbres sont notés conventionnellement "souches" et leurs éventuels brins les "tiges". Le niveau de mesure de la circonférence est matérialisé par un trait à la peinture.

[1]Théodolite électronique comprenant un télémètre



Fig. 2.3 Exemple de numérotation et de limite, novembre 2005



Fig. 2.4 La même limite en mai 2006

2.2.2 Site

2.2.2.1 Topographie

Comme l'illustre la figure 2.5, le marteloscope comprend un plateau (à une altitude voisine de 100 m), deux pentes orientées Nord et Est et enfin un fond de vallée (à 60 m d'altitude). Ces trois entités topographiques délimitent aussi différents peuplements.

La limite nord du marteloscope se confond avec la limite de propriété ; les arbres s'y trouvant sont donc de bordure et jouxtent une prairie voisine.

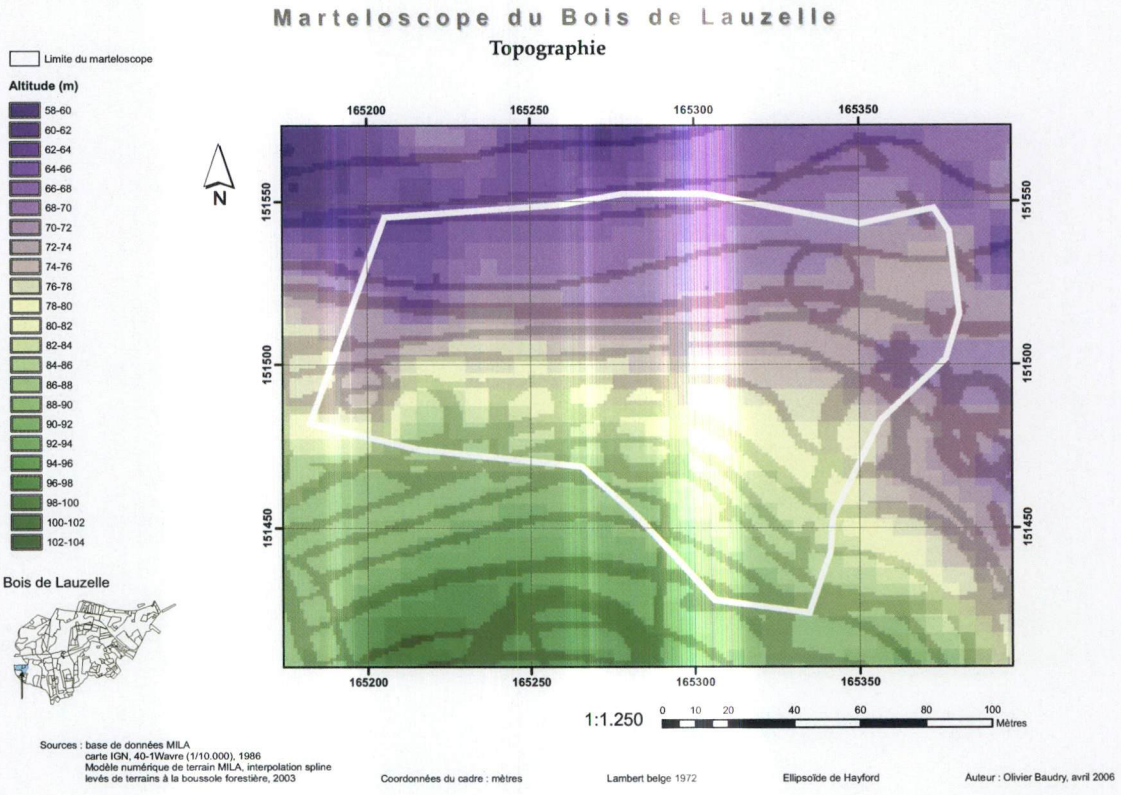


Fig. 2.5 Carte topographique du marteloscope

2.2.2.2 Climat général

La région de Louvain-La-Neuve est soumise à un climat tempéré, les hivers sont doux et les étés frais. Les précipitations annuelles moyennes sont de 816 mm d'eau par an et la gamme de températures journalières moyennes varie de 1,6 °C en janvier à 18,0 °C en juillet. Nous représentons le diagramme ombrothermique de Louvain-la-Neuve à la figure 2.6.

2.2.2.3 Topo- et microclimats

Cependant, le climat général inclut une grande diversité de microclimats s'expliquant par la variété du relief et des peuplements. Le marteloscope n'échappe pas à ces microclimats ; la pente orientée Nord reçoit par exemple moins de lumière que le plateau.

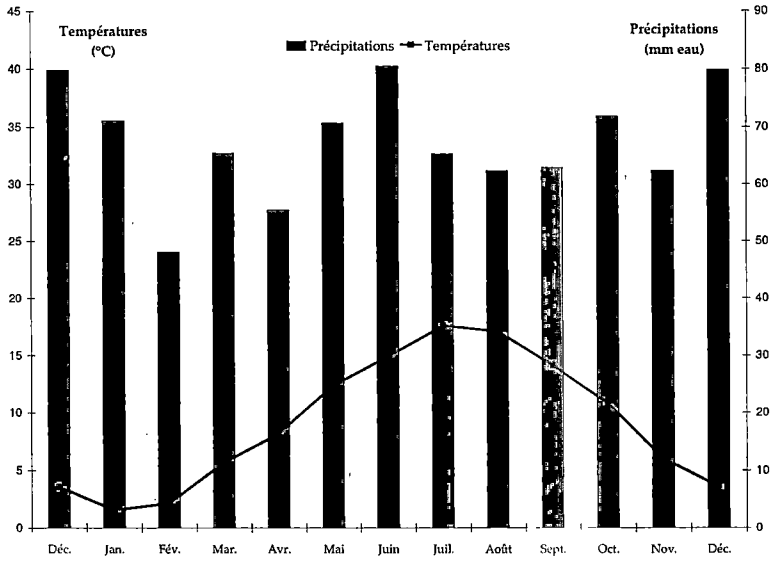


Fig. 2.6 Diagramme ombrothermique de Louvain-la-Neuve
Moyennes de 1976 à 1997 [Moutier, 1996]

2.2.2.4 Géologie et pédologie

Le marteloscope est situé sur le socle Cambro-Silurien (Massif du Brabant) ; des quartzites et des phyllades verdâtres du Primaire (Devilien) affleurent dans la partie Ouest du Bois de Lauzelle [André et al., 1999].

La carte pédologique relative au marteloscope est présentée à la figure 2.7. Nous y discernons quatre types de sol : Aba, Lbay, Lbp et SAF (source : Carte des sols de la Belgique [IRSIA, 1970] et relevés pédologiques des étudiants UCL-MILA).

Ces quatre types de sol sont décrits comme suit [IRSIA, 1970] :

- **Aba**, Luvisol : sol limoneux à horizon B structural ; ce sol présente une migration verticale de l'argile et son profil montre ainsi une distinction entre deux horizons : le premier est l'horizon E lessivé (éluvial) appauvri en argile et en fer, de couleur plus claire tandis que le second est l'horizon Bt textural (illuvial) enrichi en argile et en fer, de couleur plus vive ;
- **Lbay**, sol sablo-limoneux à horizon B textural devenant plus lourd en profondeur ; ces sols sont fréquents sur les versants boisés en contrebas d'affleurements sableux ou sablo-limoneux, ce qui est bien notre cas ici ;
- **Lbp**, sol sur limon sableux. L'horizon B textural est enfoui à faible profondeur ;
- **SAF**, sol limono-sableux, sec à modérément humide à horizon B humique ou/et ferrique.

A l'échelle du marteloscope, la pente et l'orientation de celle-ci expliquent la diversité des sols.

2.2.2.5 Phytosociologie

La parcelle 5 du compartiment 5 se situe sur un Fago-Quercetum molinietosum [Kolai, 2002].

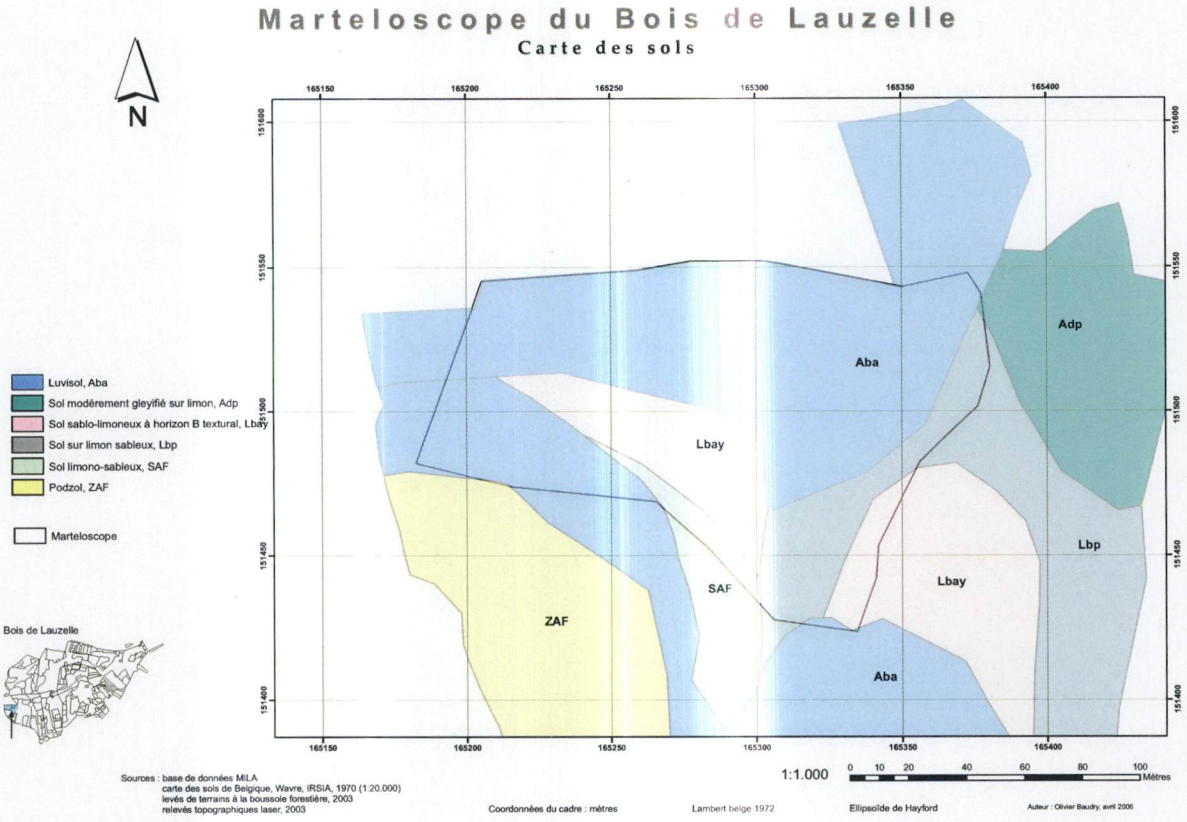


Fig. 2.7 Carte des sols du marteloscope

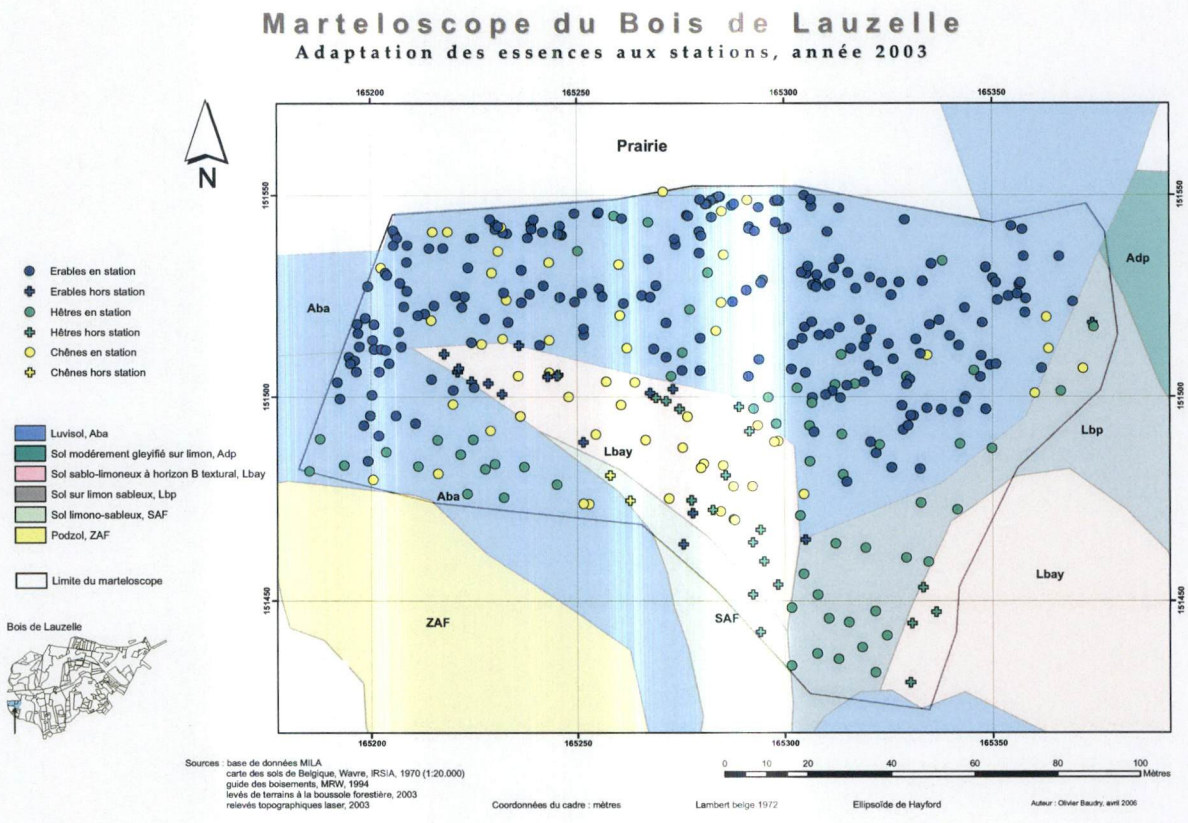


Fig. 2.8 Adaptation des essences principales aux stations

2.2.3 Peuplement

2.2.3.1 Historique du peuplement

A ce stade de la description du marteloscope, il est important de noter le passé très pauvre en interventions. Nous n'y comptons, sur la parcelle 5 et depuis l'acquisition du Bois par l'Université, que 3 éclaircies : la première en 1981 (20,5 m^3 prélevés), la seconde en 1986 (pas de données) et la dernière en 1995 (37,0 m^3 prélevés).

2.2.3.2 Caractéristiques actuelles

Essences

Nous comptons près de 15 essences différentes sur l'ensemble du dispositif. Le tableau 2.1 reprend leur liste ainsi que leur codification dans le logiciel MarteLauzelle. Ces 15 essences ne sont pas toutes des essences principales ; il importe de distinguer sur le terrain les essences objectifs des essences d'accompagnement. Le logiciel accompagnant le marteloscope fonctionne sur base de quatre goupes d'essences : l'érable, les chênes (sessile et pédonculé), le hêtre et les divers[2].

Tab. 2.1 Essences présentes dans le marteloscope

CODE	ESSENCES		ESSENCE PRINCIPALE	EFFECTIFS
Ac	*Acer pseudoplatanus*	Erable sycomore	v	261
Al	*Alnus glutinosa*	Aulne glutineux		1
Cb	*Carpinus betulus*	Charme		4
Cs	*Castanea sativa*	Châtaignier		2
Fr	*Fraxinus excelsior*	Frêne commun		1
Fs	*Fagus sylvatica*	Hêtre	v	80
Ix	*Ilex aquifolium*	Houx		1
Pa	*Prunus avium*	Merisier		2
Pc	*Populus canescens*	Peuplier grisard		3
Ps	*Pinus sylvestris*	Pin sylvestre		1
Qp	*Quercus petraea*	Chêne sessile	v	16
Qr	*Quercus robur*	Chêne pédonculé	v	39
Sa	*Sorbus aucuparia*	Sorbier des oiseleurs		3
Ug	*Ulmus glabra*	Orme de montagne		9
Um	*Ulmus minor*	Orme champêtre		2

[2]Groupe constitué des *Alnus glutinosa, Carpinus betulus, Castanea sativa, Fraxinus excelsior, Ilex aquifolium, Prunus avium, Populus canescens, Pinus sylvestris, Sorbus aucuparia, Ulmus glabra* et *U. minor*

Adaptation à la station

La figure 2.8 renseigne quant à l'adaptation des essences sur le marteloscope. Les données qui ont permis de dresser l'adéquation essences-sation sont issues d'une carte d'aptitude dressée par MOUTIER (1996). Nous avons dressé la même carte d'aptitude plus précisément sur le dispositif (figure 2.8) en reprenant les niveaux hydrique et trophique identifiés sur base des critères donnés par groupes d'essences. Le guide des boisements nous indique les essences adaptées [Weissen et al., 1994].

Notons que nous n'avons considéré que trois des quatre groupes d'essences : l'érable, le hêtre et les chênes. L'adaptation pour la classe "divers" n'apporte pas d'information au vu de son faible effectif.

L'analyse de la figure 2.8 révèle l'adaptation des trois groupes d'essences sur les sols de type Aba. Le type Lbay exclut le hêtre et l'érable en raison d'un drainage trop important. L'analyse sur le terrain de la distribution des chênes sessile et pédonculé révèle bien la présence majoritaire du chêne sessile sur la pente ; le pédonculé occupe le fond de vallée.

Il convient de relativiser les conclusions de cette analyse. En effet, l'aptitude est fonction de la pente ; nous n'avons pu en tenir compte au vu de la petitesse du site. La position sur la pente module en effet le niveau hydrique de la station.

La structure par essence

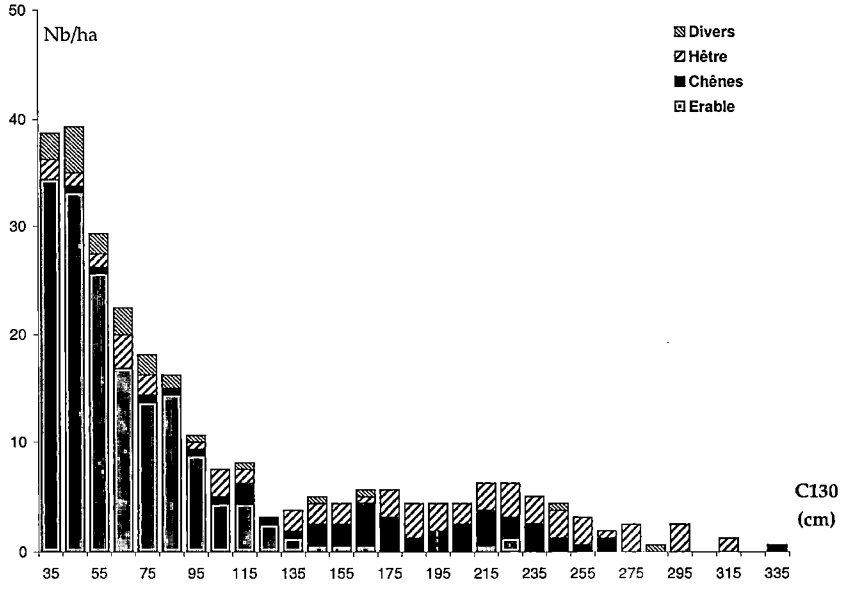


Fig. 2.9 Distribution du nombre de tiges du marteloscope par classe de circonférence (2003)

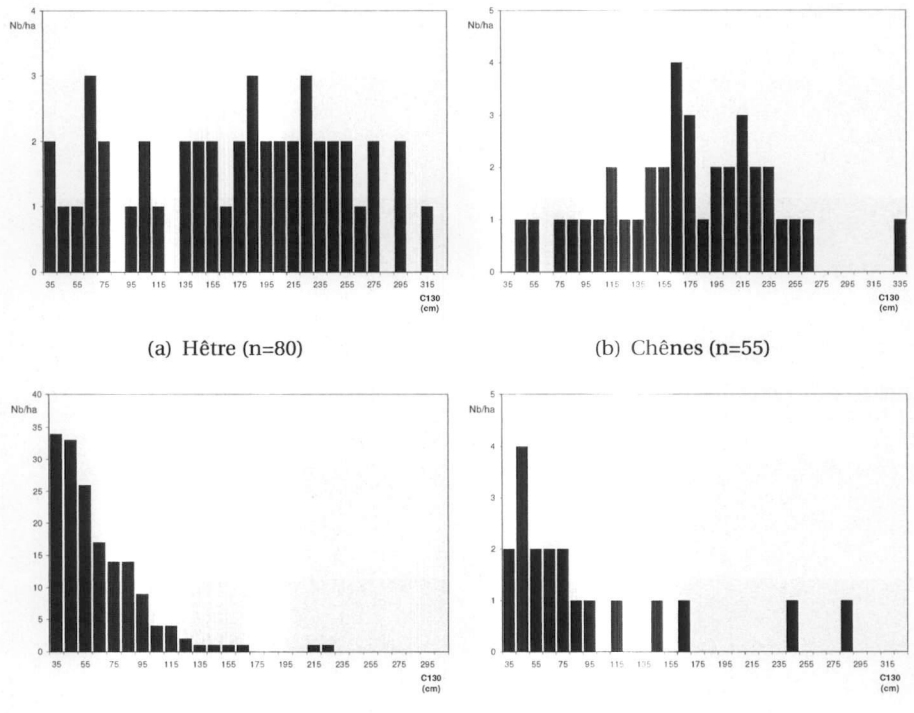
Nous représentons sur la figure 2.9 les tiges inventoriées en 2003 et ventilées par classe de circonférence. L'analyse de cette figure reflète la grande hétérogénéité du peuplement. A noter que les érables et les "divers" sont essentiellement présents dans les petits bois (pour 63 % d'entre eux) comme l'illustrent les graphes de distribution des figures 2.10(c) et 2.10(d).

Les classes de grosseur sont regroupées en catégories de bois facilitant l'interprétation des résultats du martelage. Le tableau 2.2 reprend ces 5 catégories.

Tab. 2.2 Délimitation des classes de bois

CLASSE DE BOIS	VALEURS EXTRÊMES	
	cm	
Très petits bois (TPB)	[30	40[
Petits bois (PB)	[40	90[
Bois moyens (BM)	[90	150[
Gros bois (GB)	[150	200[
Très gros bois (TGB)	[200	+

La figure 2.10 reprend les distributions des tiges par classe de grosseur des quatre groupes d'essences. L'analyse fine de cette distribution est effectuée en considérant la variabilité spatiale de la structure (figure 2.11).



(a) Hêtre (n=80)

(b) Chênes (n=55)

(c) Erable (n=261)

(d) Divers (n=29)

Fig. 2.10 Distribution des effectifs de chaque groupe d'essences par classe de circonférence (2003)

La figure 2.12 quant à elle exprime la contribution de chaque groupe d'essences selon la classe de grosseur. Nous y découvrons une large présence de l'érable dans les petits et bois moyens ainsi qu'une équipartition des chênes et du hêtre dans les gros et très gros bois.

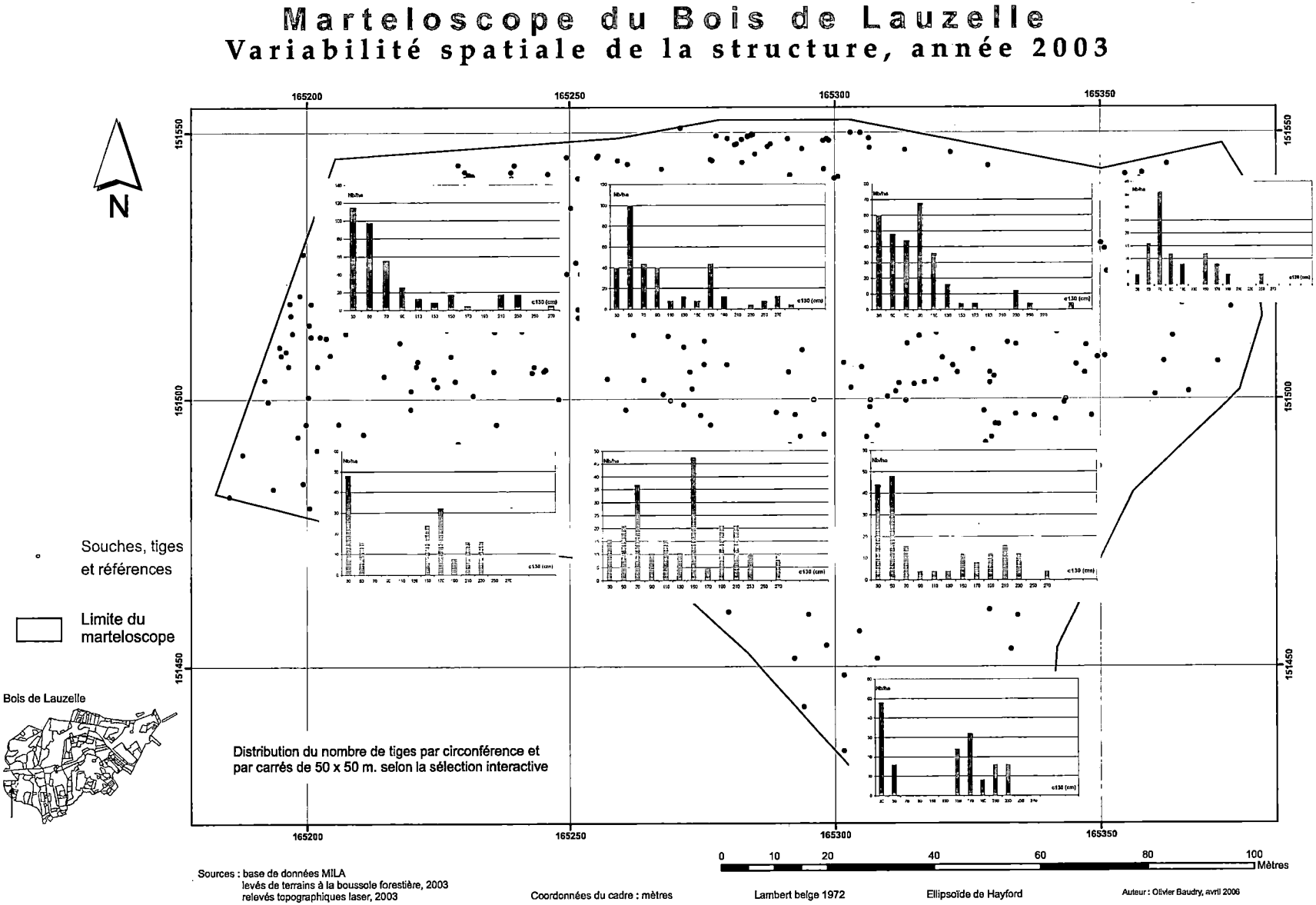


Fig. 2.11 Variabilité des structures dans l'espace

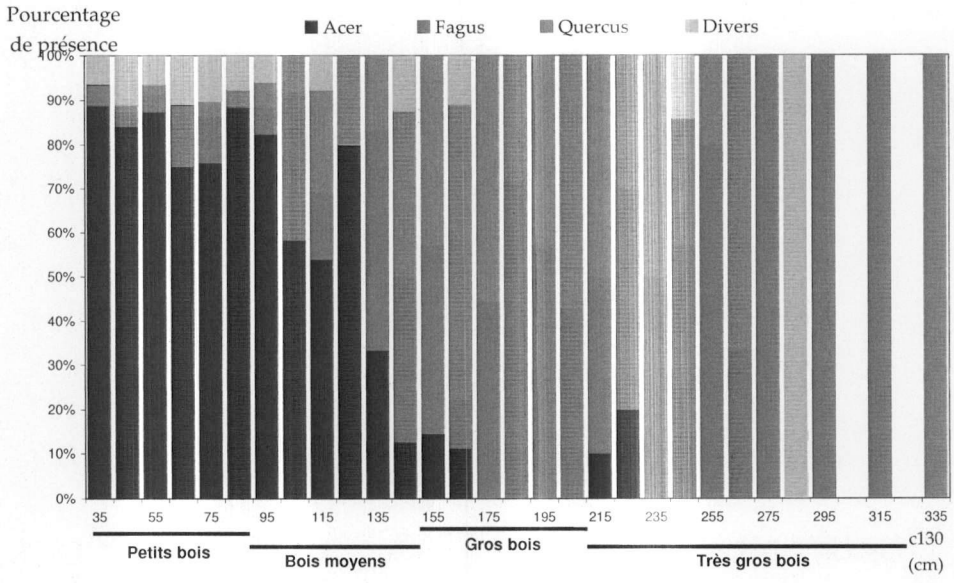


Fig. 2.12 Contribution (pourcentage du nombre de tiges) de chaque groupe d'essences par classe de circonférence (2003)

Le capital sur pied

La surface terrière du peuplement valait, en 2003, 32 m^2/ha répartie comme suit entre les essences (tableau 2.3) :

Tab. 2.3 Distribution de la surface terrière par groupes d'essences (2003)

ESSENCE	SURFACE TERRIÈRE	
	m^2/ha	%
Erable	6	19
Hêtre	15	46
Chênes	10	30
Divers	1	4

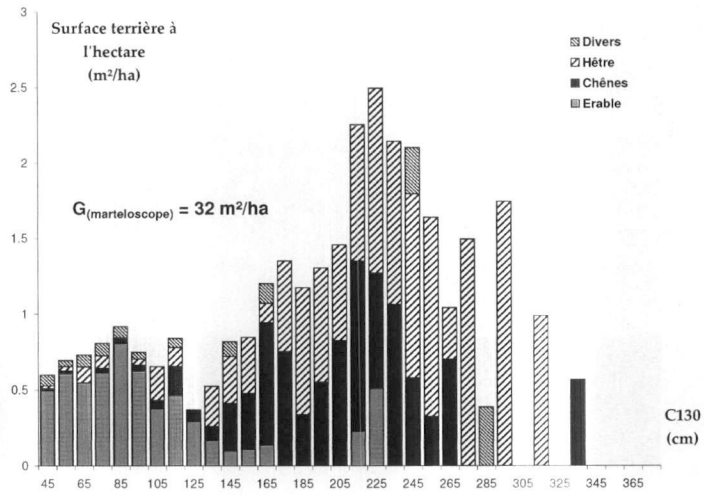


Fig. 2.13 Distribution de la surface terrière du marteloscope par classe de circonférence (2003)

Logiciel MarteLauzelle

3

Sommaire

3.1 Choix du support et des outils informatiques 30
3.2 Installation des versions de MarteLauzelle 30
3.3 Présentation de MarteLauzelle 1.0 30
3.3.1 Conception 30
3.3.2 Abattage 30
3.3.3 Inventaire 31
3.3.4 Martelage 31
3.4 Limites de la version 1.0 32
3.5 Contenu et fonctionnement de MarteLauzelle 2.0 33
3.5.1 L'entrée utilisateur 35
3.5.2 L'entrée gestionnaire 42
3.6 Les versions de MarteLauzelle 44

Après avoir décrit les caractéristiques et le fonctionnement de la futaie irrégulière et avoir fourni quelques éléments d'analyse du marteloscope, voici venu le temps d'expliciter le logiciel mis en place pour le traitement des données recueillies sur le terrain.

Il est certainement intéressant de signaler à quel stade de l'apprentissage du martelage se situe l'apport informatique. Toute la différence entre un martelodrome et un marteloscope est là ; (*i*) parcours sur le terrain, (*ii*) repérage et (*iii*) choix binaire de maintien/délivrance d'un arbre, (*iv*) synthèse sur une fiche de terrain de martelage sont les quatre préliminaires indispensables à l'analyse informatique. Celle-ci va plus loin que le simple exercice terrain ; le logiciel va traiter les informations recueillies, les filtrer et les synthétiser dans des tableaux d'interprétation. L'outil informatique n'est clairement pas une fin en soi mais constitue un véritable instrument d'interprétation.

Nous expliquons dans un premier temps les choix des outils informatiques pour ensuite décrire le logiciel tel que nous l'avons reçu en septembre 2005 (MarteLauzelle 1.0).

La section suivante commente le logiciel tel qu'il fonctionne en juin 2006 (MarteLauzelle 2.0).

3.1 Choix du support et des outils informatiques

Les principaux composants informatiques du marteloscope sont un système de gestion de base de données (SGBD) ainsi qu'un système de visualisation cartographique, le tout accompagné de la programmation d'interfaces.

Le système d'exploitation choisi fut Windows NT de Microsoft®, par facilité de fourniture et sa large utilisation. Le logiciel MarteLauzelle est constitué d'une base de données interactive implémentée sous Microsoft Access®. La version française de cette application est exigée (pour des raisons de symboles de ponctuation[1]). MarteLauzelle est developpé pour la version Access 2000®. Les sorties de MarteLauzelle se font via Microsoft Excel®.

La cartographie et la sélection interactive des arbres du marteloscope sont effectuées via ArcMap de ESRI®. Nous avons en effet reçu dans le cadre de notre cursus une formation à ce logiciel.

Le langage de programmation adopté est Visual Basic for Applications de Microsoft® (VBA) permettant de développer une interface d'utilisation tout à fait compatible avec l'application Access®.

3.2 Installation des versions de MarteLauzelle

Le fichier MarteLauzelle.mdb peut être installé dans n'importe quel répertoire du disque dur. Il est cependant conseillé de le copier dans un répertoire "Marteloscope" sur le disque dur "C :". Un chemin absolu existe en effet dans la programmation VBA vers les fichiers Excel "MarteLauzelle.xls" et "promotion.xls". Ces fichiers Excel doivent être copiés à l'adresse suivante : "C :/Marteloscope/MarteLauzelle2000.mbd".

3.3 Présentation de MarteLauzelle 1.0

3.3.1 Conception

La version 1.0 de MarteLauzelle a été concue par Q. PONETTE et F. HERMAN en 2004. Cette version permet, à partir d'un menu d'accueil, de pratiquer trois opérations : (*i*) l'encodage de l'abattage d'arbres, (*ii*) l'inventaire et (*iii*) l'opération de martelage proprement dite (figure 3.1).

3.3.2 Abattage

Cette fonction ouvre un formulaire encodant les arbres que l'on abat, leur état (vivant ou mort) et le moment de l'abattage. Très importante, cette fonction d'abattage permet la tenue à jour de la liste des arbres du marteloscope.

[1] Il convient, si l'on dispose de la version anglaise d'Access de modifier via le panneau de configuration Windows les symboles régionaux de linguistiques pour que la ponctuation par défaut soit le point.



Fig. 3.1 Menu d'accueil dans MarteLauzelle 1.0

3.3.3 Inventaire

Le menu inventaire propose d'imprimer les fiches d'inventaires ou d'encoder de manière informatique l'inventaire (cette fonctionnalité est prévue mais pas encore opérationnelle).

3.3.4 Martelage

Nous voici dans la fonction principale du MarteLauzelle : le martelage. Le menu de martelage est celui présenté à la figure 3.2. Ses différents boutons de sélection actionnent les requêtes de sélection et de calcul des données avant, après martelage ainsi que les données de martelage proprement dites et les exportent sous forme de graphe dans Excel®. Nous représentons ci-après (figure 3.3) un exemple type de sortie permise par la version 1.0.

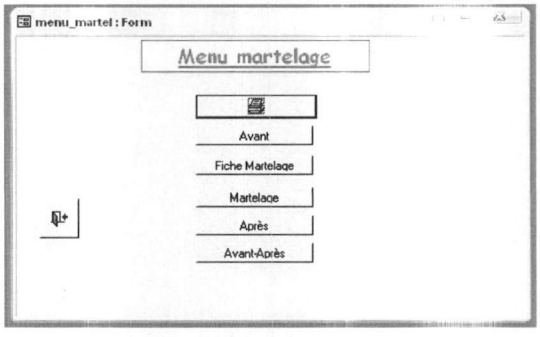


Fig. 3.2 Menu de martelage dans MarteLauzelle 1.0

Les fichiers d'export Excel® fonctionnent généralement par requête de sélection VBA et d'exportation. La commande de programmation VBA sélectionne les champs et enregistrements voulus de la base de données et les dispose dans les colonnes et cellules cibles d'Excel. De la sorte, il est permis très simplement d'effectuer des calculs ou simples fonctions sur les enregistrements exportés comme on le ferait naturellement dans le tableur.

La personne souhaitant visualiser et comprendre le code de l'une ou l'autre commande de l'interface de MarteLauzelle (autant pour la version 2.0 que la 1.0) clique, en mode création, sur la commande et sélectionne le bouton "procédure événementielle ..." (figure 3.4).

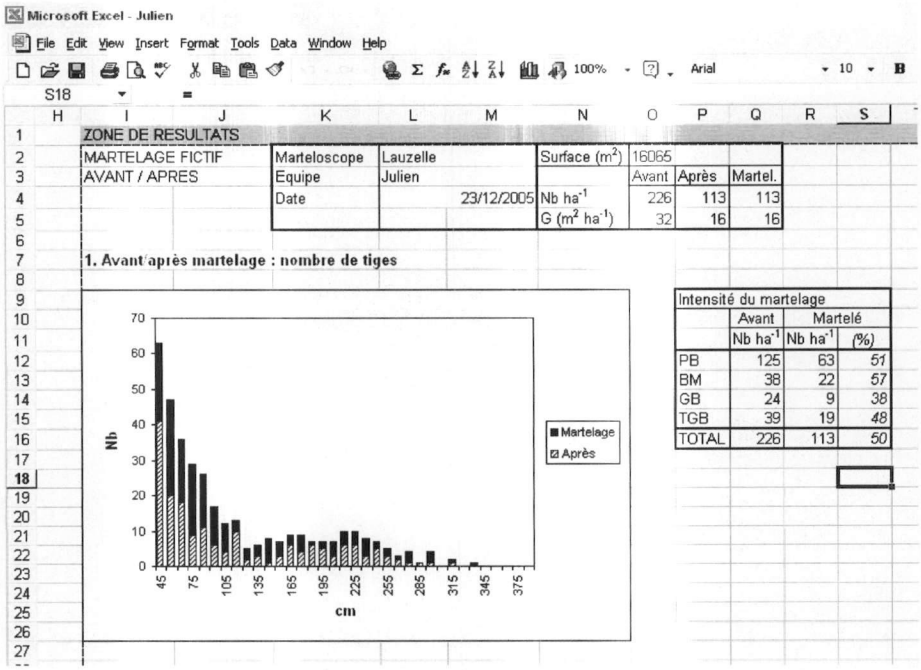


Fig. 3.3 Exemple de sortie graphique sous MarteLauzelle 1.0

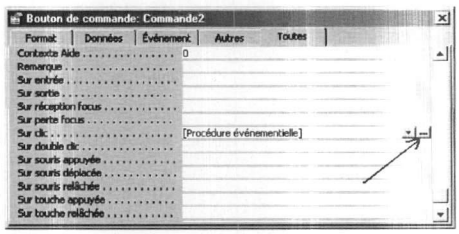


Fig. 3.4 Méthode de visualisation du code VBA à partir d'un bouton de commande

3.4 Limites de la version 1.0

La première version de MarteLauzelle permet déjà une analyse profonde du peuplement avant, après martelage. La composition spécifique est largement décrite ainsi que des indicateurs quantitatifs du martelage (par exemple la surface terrière martelée ou l'intensité du martelage). Aussi, le martelage s'effectue en délivrance selon sept raisons qui sont l'amélioration, le renouvellement, la récolte, l'état sanitaire, l'exploitation, la diversité et l'accueil du public.

Nous avons vu au premier chapitre l'importance de l'analyse des raisons du maintien de l'arbre (section 1.2.5.2 page 11), de la gestion de la qualité, du calcul de la valeur de l'accroissement, autant de moyens d'analyse indisponibles avec la version 1.0. Ce sont les apports effectués avec la version 2.0 de MarteLauzelle.

De plus, pour le gestionnaire, les instruments de mise à jour du dispositif n'étaient pas fonctionnels.

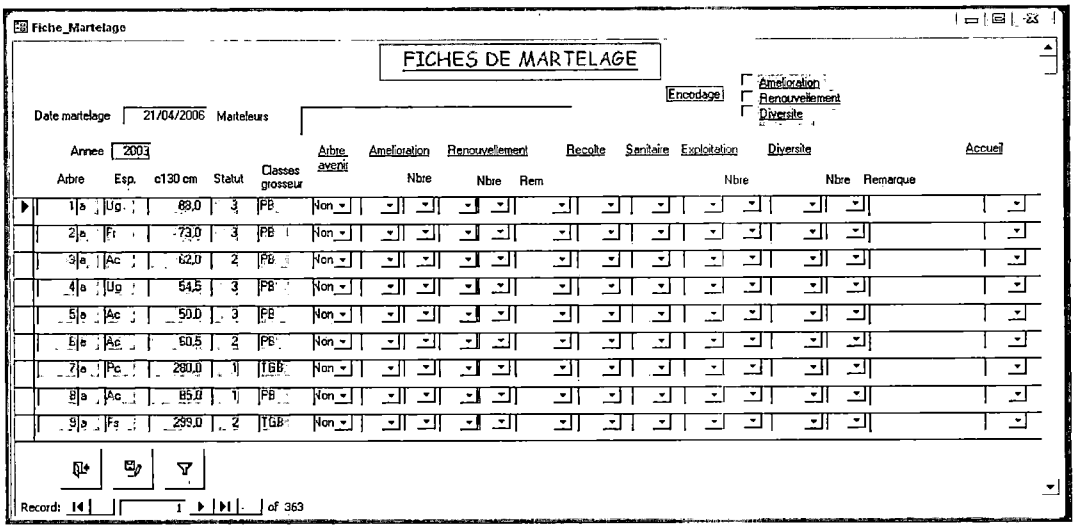


Fig. 3.5 Encodage informatique du martelage dans MarteLauzelle 1.0

3.5 Contenu et fonctionnement de MarteLauzelle 2.0

Remarque préliminaire L'ensemble des tables, requêtes et formulaires est repris dans les annexes *II*, *III* et *IV* en pages 120, 126 et 127.

La version 2.0 de MarteLauzelle présente la même structure de base (figure 3.6) et son utilisation est aussi simple que la première version ; elle ne nécessite la connaissance ni du fonctionnement des requêtes Access, ni d'une programmation quelconque. Seule la maîtrise d'une navigation sous Windows®, notamment par éléments cliquables, est requise.

La structure de la base de données est présentée à la figure 3.6. Très clairement, nous retrouvons les tables principales de MarteLauzelle "Avant Martelage fictif" et "Inventaires". Ces deux tables sont les centres de fonctionnement des formulaires d'encodage des données. Ce sont elles qui distribuent les informations encodées vers les différentes tables annexes.

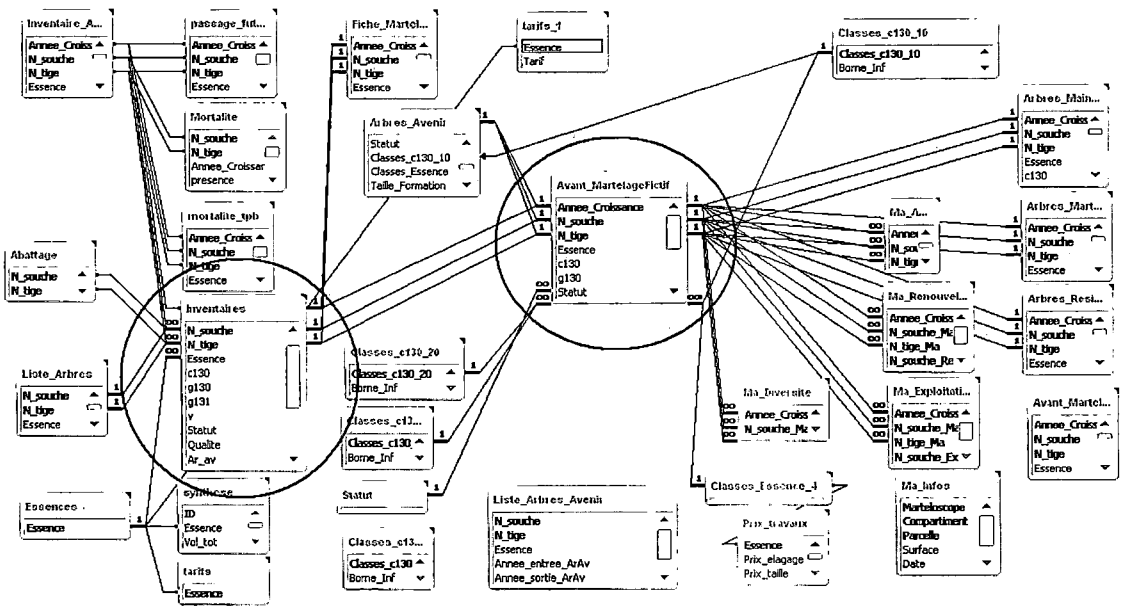


Fig. 3.6 Structure de la base de données de MarteLauzelle 2.0

Dès l'ouverture du fichier "MarteLauzelle 2000.mdb", le formulaire de menu principal s'affiche (figure 3.7). Il propose deux choix : (*i*) soit entrer dans le logiciel en tant qu'"utilisateur" (figure 3.8), (*ii*) soit entrer dans le logiciel comme "gestionnaire" (figure 3.17). La démarche gestionnaire permet en plus des fonctions "utilisateurs" d'effectuer la mise à jour des inventaires, de procéder à l'enregistrement des abattages, de mettre à jour les mercuriales de prix des bois et travaux et de calculer les accroissements par deux méthodes.

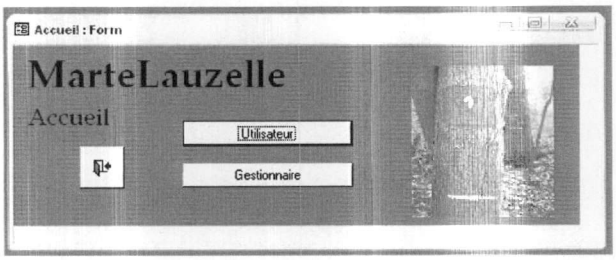


Fig. 3.7 Menu d'accueil dans MarteLauzelle 2.0

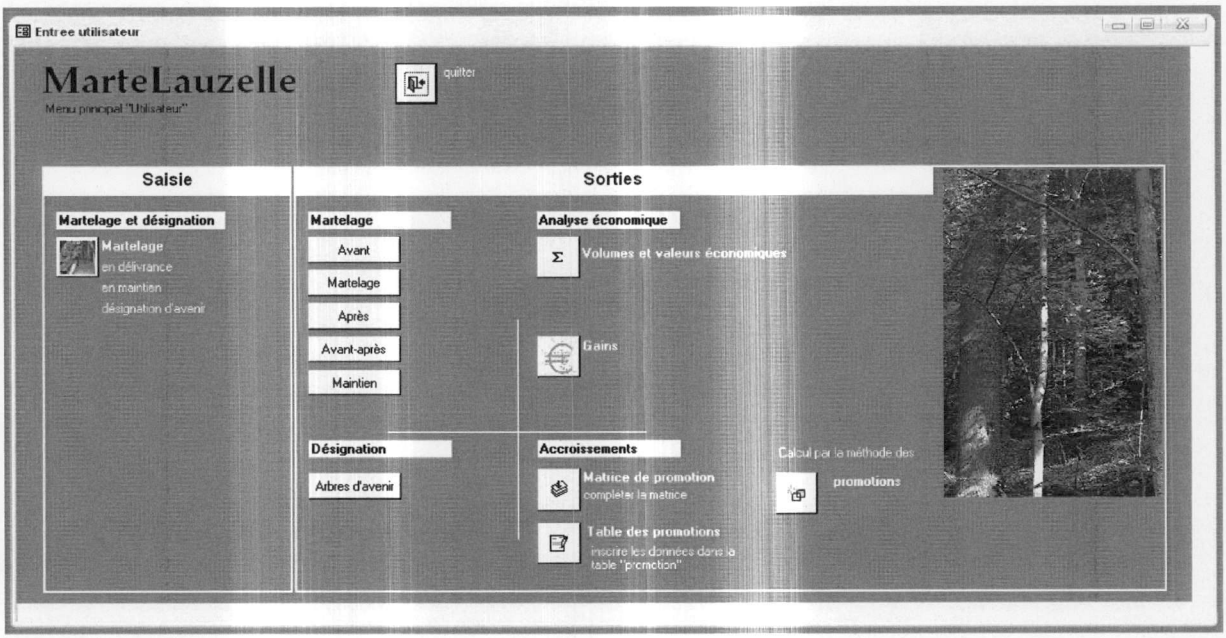


Fig. 3.8 Menu principal de l'entrée utilisateur dans MarteLauzelle 2.0

3.5.1 L'entrée utilisateur

L'entrée utilisateur est divisée en deux grandes entités (figure 3.8). La première concerne les possibilités de saisie d'informations. Pour l'utilisateur, il s'agit des données de martelage. La seconde entité regroupe toutes les sorties permises pour l'utilisateur. Ces sorties sont regroupées selon les finalités ; l'entrée utilisateur permet donc l'exploration des rubriques suivantes :

- Le martelage ;
- la désignation (d'arbres d'avenir) ;
- l'analyse économique ;
- l'accroissement.

3.5.1.1 Rubrique "Martelage"

Saisie : la fiche de martelage Attardons-nous sur le formulaire d'encodage du martelage. Ce formulaire est encodé en salle, après le remplissage des fiches de martelage "papier" sur le terrain.

Les figures 3.5 et 3.9 fournissent une base de comparaison entre les deux versions du logiciel. Dans sa version 2.0, MarteLauzelle demande un encodage plus précis ; c'est à dire que l'encodage s'effectue en sélectionnant d'abord l'arbre concerné à l'aide d'un filtre. Nous verrons dans le chapitre consacré aux aspects didactiques qu'une des difficultés des séances de martelage apparaît quand le marteleur désire passer en revue tous les arbres ! Cette vision des choses demande beaucoup de temps, est fastidieuse et "casse" la motivation pour le martelage total. Dès lors, il nous a paru important de bien isoler l'encodage "arbre par arbre et pour l'arbre" afin de renforcer l'idée que celui-ci est spécifique et particulier. Le caractère irrégulier du peuplement renforce également ce choix. L'encadrant de la séance de martelage ne devra pas perdre de vue que, lorsque les étudiants réalisent l'exercice, c'est bien souvent la première fois qu'ils martèlent !

Le formulaire "fiche de martelage" exige le nom du marteleur ou du groupe de marteleurs. C'est aussi par son intermédiaire que s'effectue la désignation des arbres d'avenir. Pourquoi dans cette fiche et non via la rubrique "désignation" ? Simplement par esprit de facilité puisqu'il aurait fallu alors ouvrir un second menu.

Deux types de martelages peuvent être effectués : un martelage en "délivrance" (comme il était possible de le réaliser dans la version précédente du logiciel) et un martelage en "maintien", une nouveauté.

Pour sélectionner un arbre, il suffit d'inscrire son numéro dans filtre de recherche (icône "entonnoir"). Le marteleur procède ensuite à l'encodage de son martelage en délivrance et/ou maintien et celui-ci est validé par la sauvegarde de tous les enregistrements via l'icône "disquette". Le logiciel distribue alors les enregistrements dans les tables adéquates et, si l'encodage est correctement effectué, affiche un message d'information.

Les raisons de maintien ou d'enlèvement seront reprises plus loin dans ce travail lorsque nous évoquerons le maintien de l'arbre (chapitre 5 page 62).

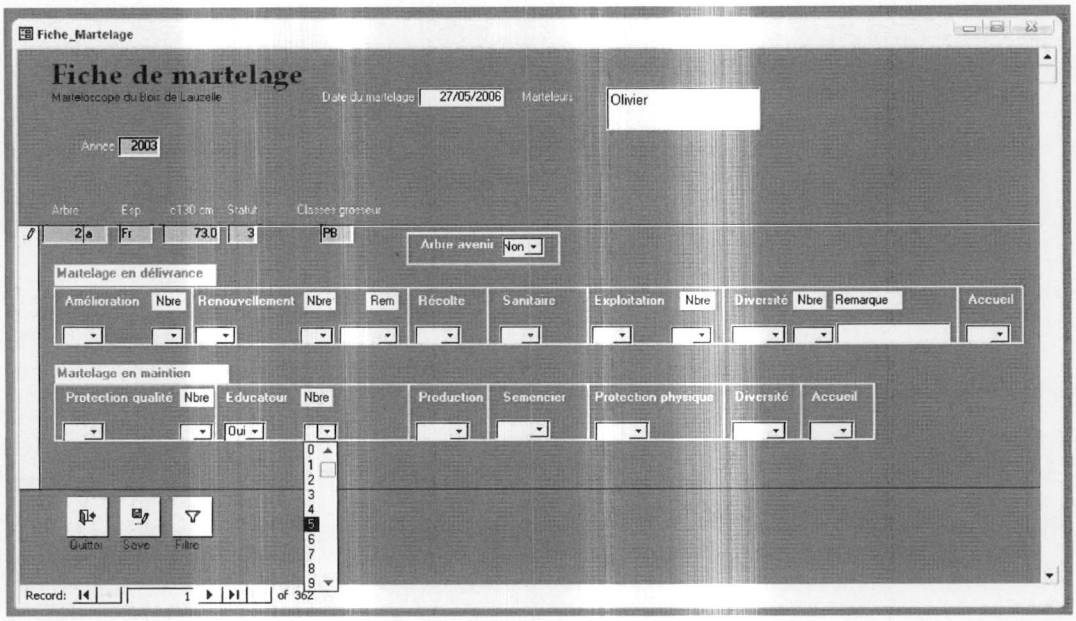


Fig. 3.9 Encodage informatique du martelage dans dans MarteLauzelle 2.0

Sorties Dans cette rubrique de sortie, cinq boutons permettent d'exporter les données :

1. "Avant", exporte sur une feuille de calcul "MarteLauzelle.xls" (et sur son onglet "avant") les données actuelles des peuplements du marteloscope ;
2. "Martelage", exporte sur la feuille de calcul "MarteLauzelle.xls" (et sur son onglet "martelage") les données caractéristiques du martelage ;
3. "Après", exporte sur la feuille de calcul "MarteLauzelle.xls" (et sur son onglet "après") les données caractéristiques des peuplements résiduels du marteloscope ;
4. "Avant/après", exporte sur la feuille de calcul "MarteLauzelle.xls" (et sur son onglet "avant/après") les données comparatives du martelage.
5. "Maintien", exporte sur la feuille de calcul "MarteLauzelle.xls" (et sur son onglet "Maintien") les données caractéristiques de martelage en maintien.

Onglet avant

La figure 3.11 présente les sorties Excel® de l'onglet "avant". Nous y voyons : (*i*) les distributions graphiques du nombre de tiges et de la surface terrière selon les classes de grosseur, (*ii*) les proportions des essences en nombre de tiges par hectare et en surface terrière par hectare ainsi qu'en pourcentages, (*iii*) la distribution des tiges et de la surface terrière par classe de bois et enfin (*iv*) l'état du potentiel des tiges. Ces différents graphes et tableaux fournissent une image complète de la situation avant martelage. Nous complétons l'information en représentant la qualité des tiges (c130 > 90 cm) sous forme de graphes en "camembert".

Nous détaillerons au chapitre 4 sur quelles bases théoriques sont créés ces graphes de qualité et de potentiel.

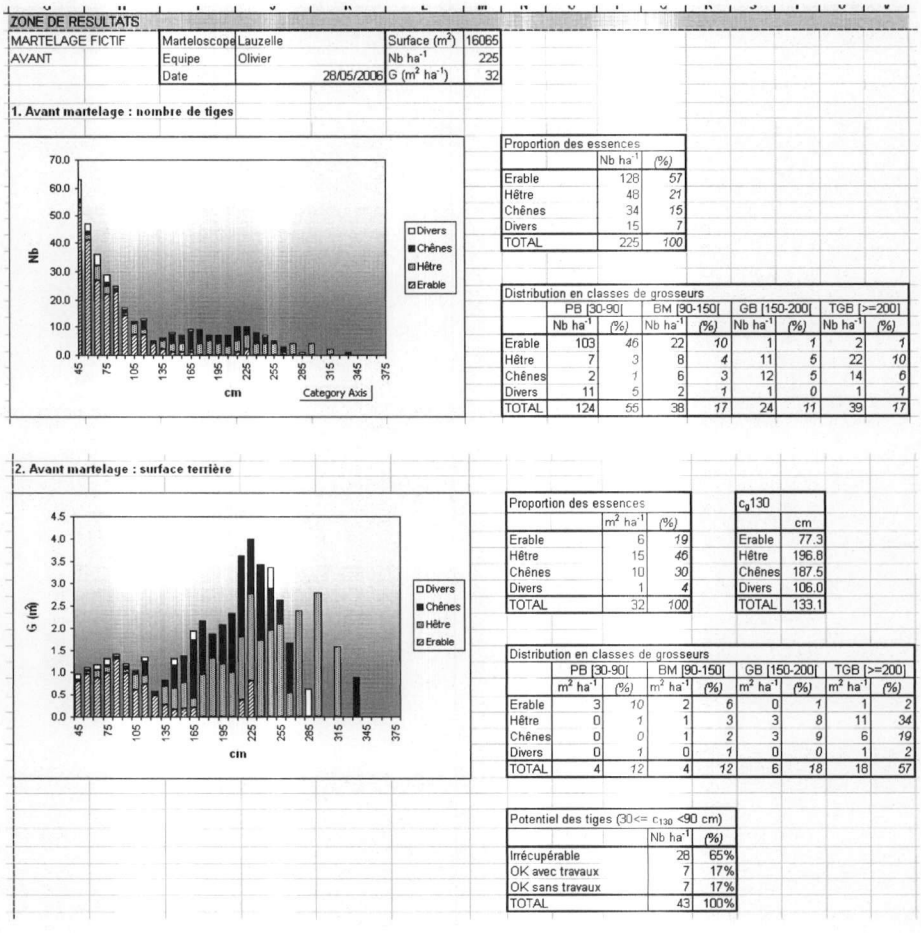


Fig. 3.10 Caractérisation du marteloscope avant martelage

Onglet martelage

Nous découvrons sur cet onglet (figure 3.11) les caractéristiques du martelage en délivrance : (*i*) le volume martelé, (*ii*) les distributions des effectifs et surfaces terrières martelés selon la circonférence et l'essence, (*iii*) la proportion des essences, (*iv*) la distribution des raisons d'enlèvement d'un arbre selon les classes de bois, (*v*) la contribution des différentes raisons au martelage total et (*vi*) trois autres petites tables d'analyse (caractéristiques du renouvellement, nombres d'arbres associés au martelage pour une raison particulière et nombre moyen de raisons pour une classe de bois définie).

L'analyse de cet onglet est fondamentale pour le marteleur qui souhaite caractériser ses coups de marteau. Il liera cette analyse à celle des raisons de maintien d'un arbre.

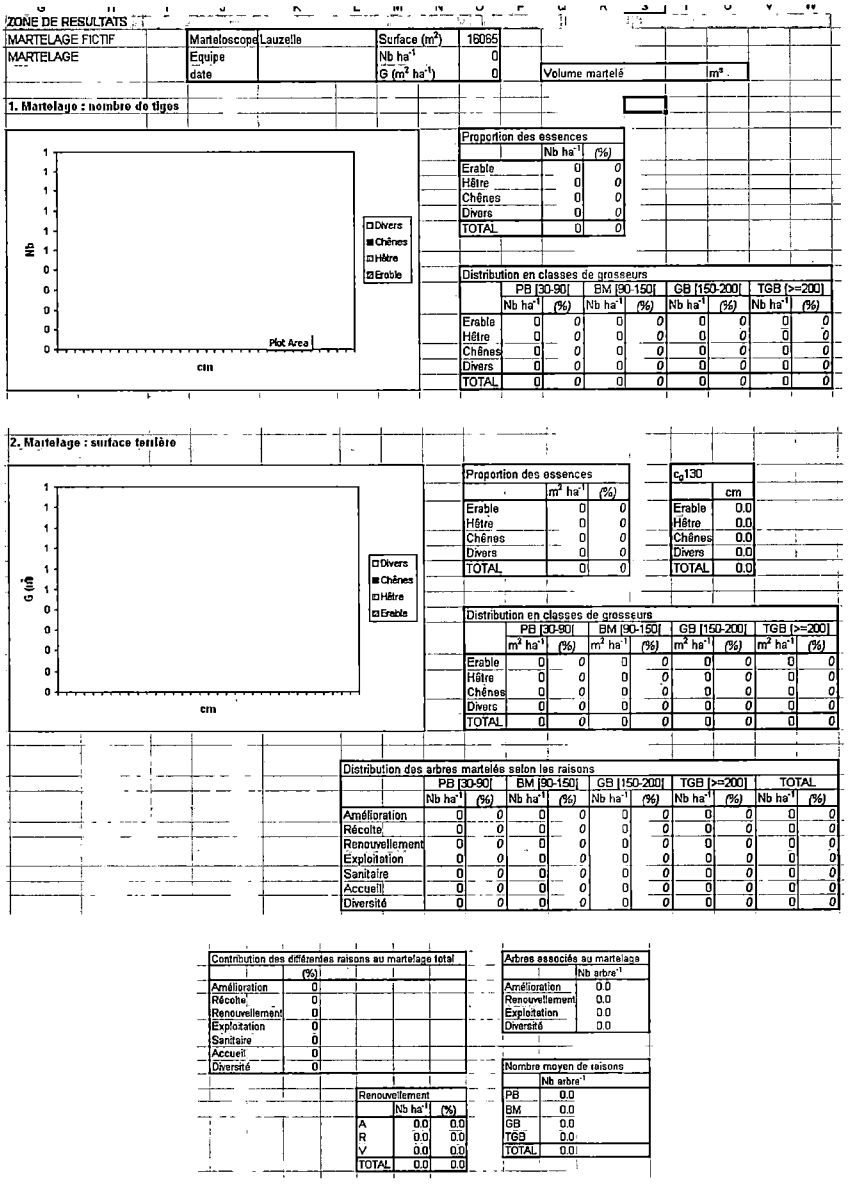


Fig. 3.11 Caractérisation du martelage

Onglet après Cet onglet présente exactement la même structure que l'onglet avant martelage.

Onglet avant/après Deux graphes comparent la situation avant/après martelage en analysant la distribution du nombre de tiges et de la surface terrière selon les classes de circonférence. A titre indicatif, pour les raisons expliquées à la section 1.2.5.2 page 11, nous figurons les intensités de martelage en nombre de tiges et surface terrière ventilées par classes de bois (figure 3.12).

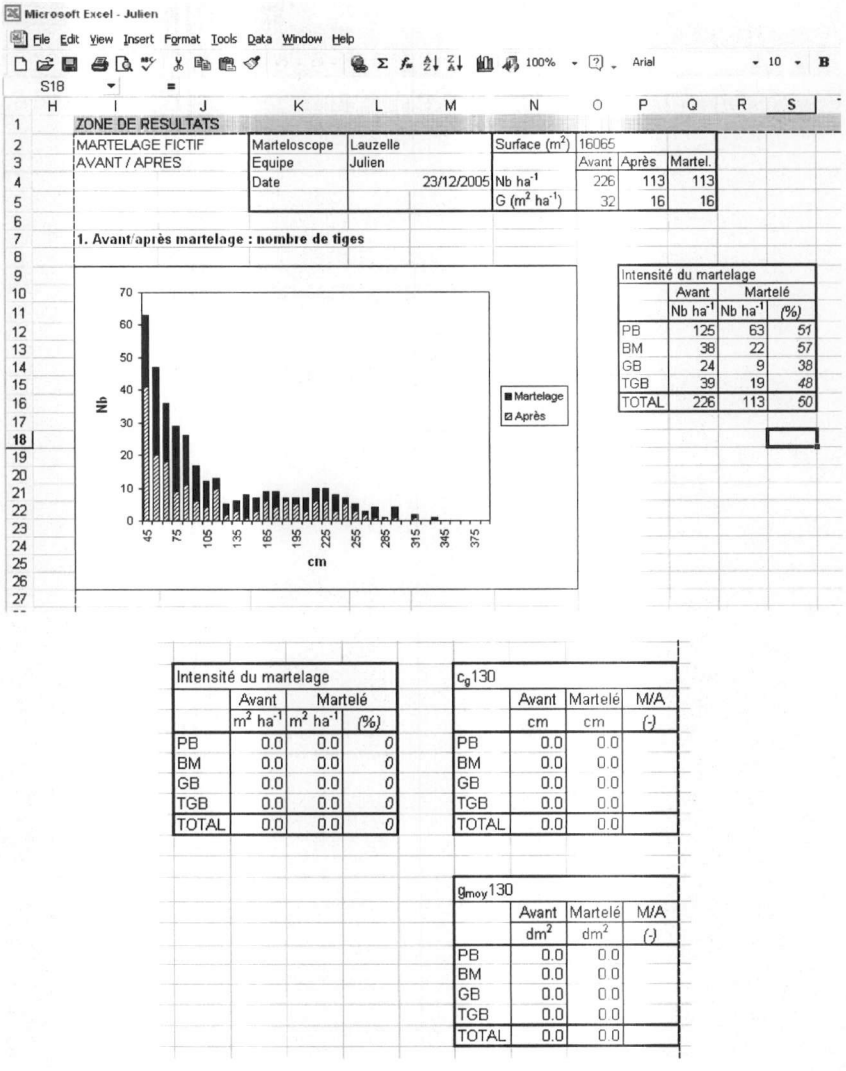


Fig. 3.12 Comparaison des caractéristiques avant/après martelage

Onglet maintien Les sorties affichées sur cet onglet sont expliquées au chapitre 5 page 62, notamment sur les figures 5.5 et 5.6.

3.5.1.2 Rubrique "Désignation"

MarteLauzelle 2.0 permet la désignation d'arbres d'avenir au sein du marteloscope. Cette désignation se réalise via la fiche de martelage (figure 3.13). La sélection n'est possible que pour les arbres ne dépassant pas 90 cm de circonférence. La désignation d'un arbre ouvre automatiquement un autre formulaire permettant de choisir quels sont les travaux d'amélioration à réaliser pour cette tige (figure 3.14).

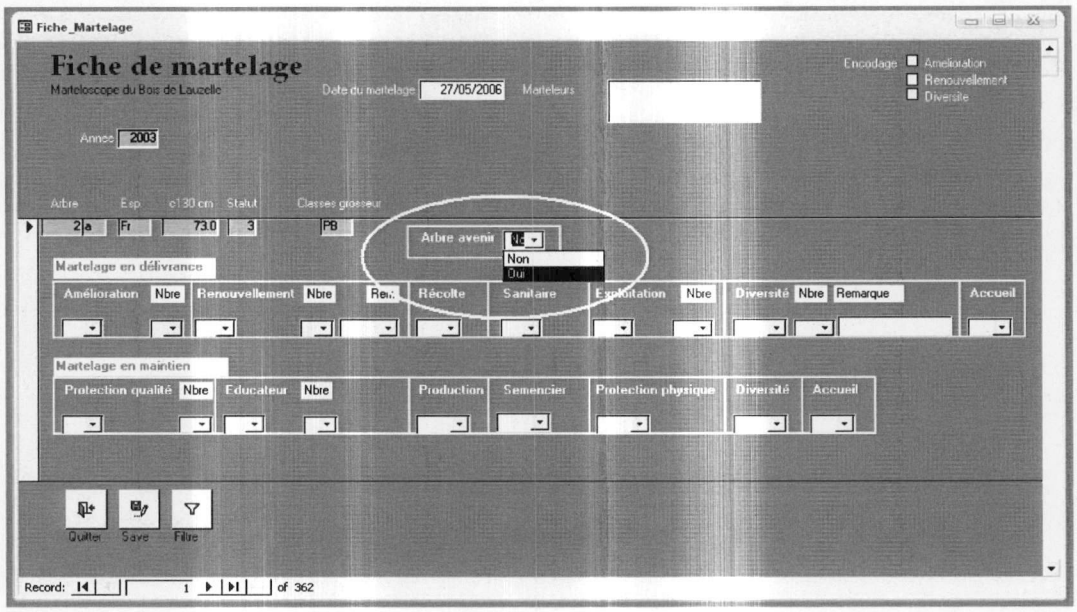


Fig. 3.13 Désignation d'un arbre d'avenir dans MarteLauzelle 2.0

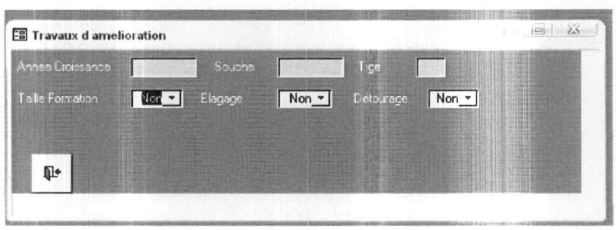


Fig. 3.14 Sélection des travaux d'amélioration dans MarteLauzelle 2.0

Dans cette rubrique de désignation, l'exportation des données vers l'onglet "avenir" du fichier Excel® "MarteLauzelle.xls" et leur visualisation s'effectuent par une commande "Arbres Avenir". L'onglet "avenir" compare la désignation effectuée par le marteleur avec les tiges désignables (voir chapitre 4, page 57) selon le nombre de tiges figurant à la fois dans la liste des tiges désignables et dans la liste de désignation créée par le marteleur.

Nous comparons également la ventilation des travaux selon les essences, les proportions de tiges désignées, la désignation effective par rapport au potentiel des tiges. Le bien fondé de ces comparaisons est justifié plus loin dans le document.

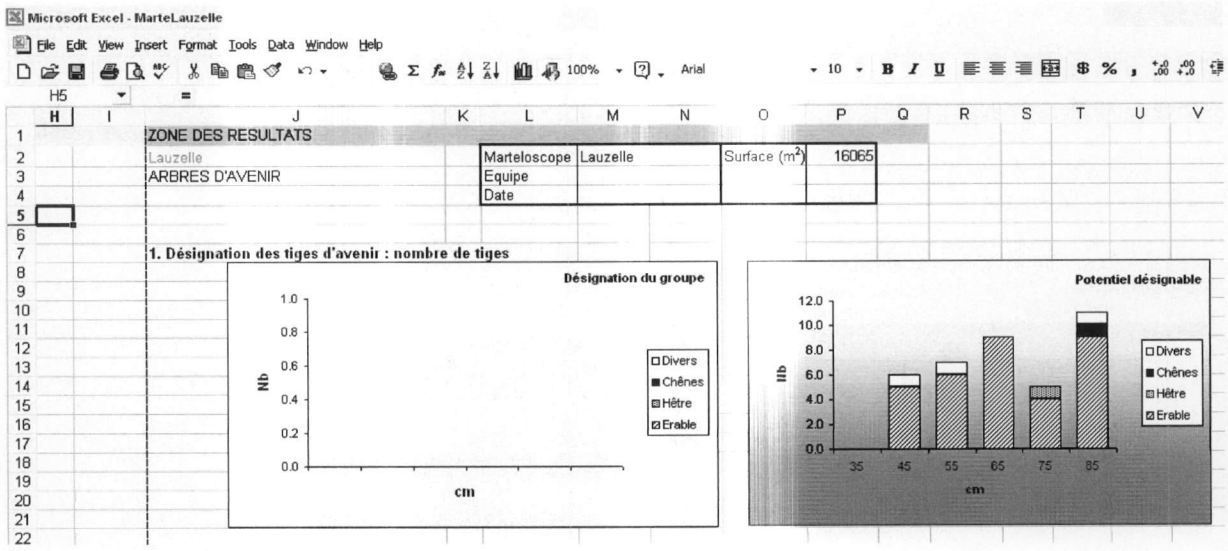


Fig. 3.15 Fraction de l'onglet "Avenir" dans MarteLauzelle.xls

3.5.1.3 Rubrique "Analyse économique"

Cette rubrique, également une nouveauté de la version 2.0, permet de calculer la valeur totale de consommation du peuplement sur pied via l'utilisation de tarifs de cubage et la liaison à une mercuriale de prix.

La seconde commande exécute les requêtes de calculs de gains et de valeurs potentielles. Le détail de la méthode de calcul est largement explicitée dans le chapitre concernant l'aspect économique (chapitre 6, page 71).

3.5.1.4 Rubrique "Accroissement"

Dans cette dernière rubrique de l'entrée utilisateur, trois commandes sont présentées. La première permet l'encodage de la matrice de promotion nécessaire à la détermination de l'accroissement par la méthode des promotions. La deuxième commande est, toujours pour la méthode des promotions, celle qui ouvre la table des promotions, à compléter par l'utilisateur (ou le gestionnaire). Enfin, la troisième commande calcule, synthétise et exporte vers un fichier Excel® les résultats du calcul de l'accroissement obtenant de la sorte la figure 9.4.

La seconde méthode de calcul de l'accroissement est disponible pour le gestionnaire ; elle se base sur la détermination des composantes de l'accroissement (les détails de calcul sont présentés au chapitre 9).

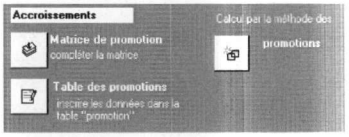


Fig. 3.16 Commandes de la rubrique "accroissement" dans MarteLauzelle 2.0

3.5.2 L'entrée gestionnaire

Similairement au menu "utilisateur", le menu de navigation "gestionnaire" subdivise les commandes de saisie et de sorties. Le gestionnaire a l'occasion de choisir parmi les rubriques suivantes (figure 3.17) :

- Le martelage ;
- la désignation (d'arbres d'avenir) ;
- l'analyse économique ;
- l'accroissement.

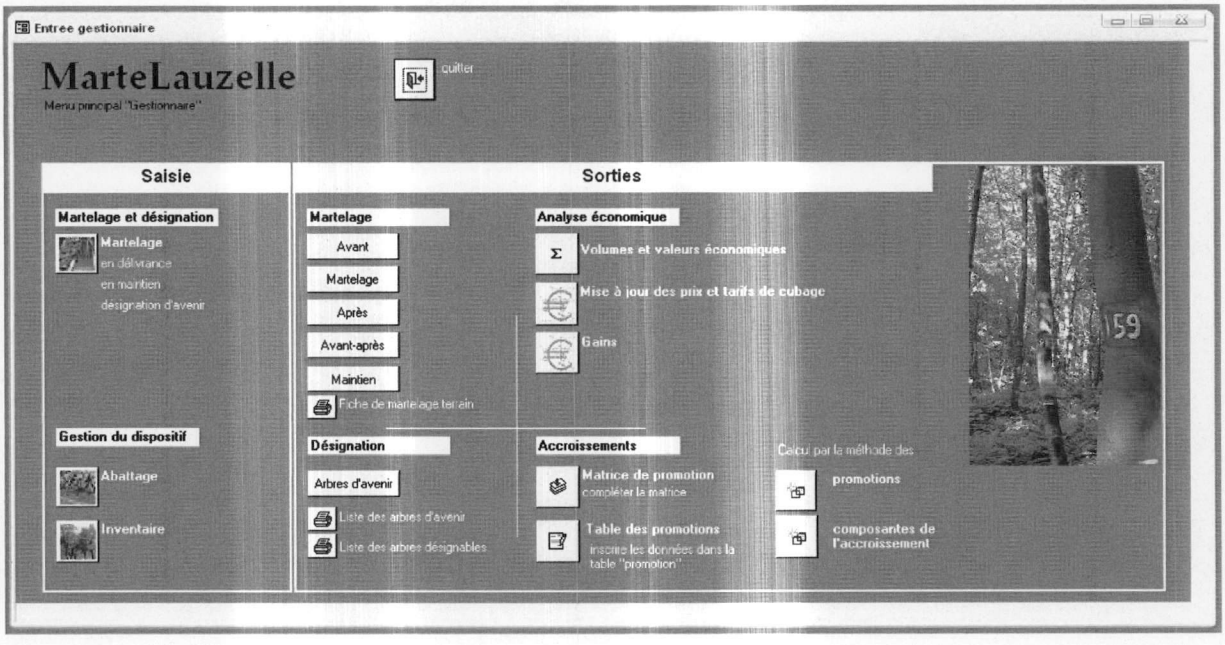


Fig. 3.17 Menu principal de l'entrée gestionnaire dans MarteLauzelle 2.0

La ressemblance entre les menus utilisateur et gestionnaire est évidente, et voulue. Pourtant, certaines fonctionnalités sont ajoutées à ce menu : la rubrique "gestion du dispositif" dans la partie d'encodage, la mise à jour des prix et le calcul des composantes de l'accroissement dans la partie des sorties. Parcourons les différentes rubriques et soulignons-y les dissemblances.

3.5.2.1 Rubrique "Martelage"

Ici également, toute information concernant le martelage s'obtient par les cinq commandes d'export. Nous mettons cependant à la disposition du gestionnaire une commande imprimant la fiche de martelage à remettre en début de séance aux marteleurs.

3.5.2.2 Rubrique "Désignation"

Dans cette entrée, le gestionnaire a l'opportunité supplémentaire d'imprimer la liste des arbres désignables (chapitre 5).

3.5.2.3 Rubrique "Analyse économique"

L'apport gestionnaire consiste en la mise à jour des tables de prix des travaux, des bois (consultation d'une mercuriale des prix par essence et par grosseur) ou des tarifs de cubage.

3.5.2.4 Rubrique "Gestion du dispositif"

Voici le cœur de l'entrée gestionnaire. Deux grandes fonctions sont permises dans cette entrée : l'abattage d'arbres ainsi que la tenue des inventaires.

Abattage Avec le menu d'abattage, le gestionnaire encode la date d'abattage, le numéro de la souche et la tige abattue, la circonférence que l'arbre avait atteint au moment de la coupe ainsi que l'état dans lequel l'arbre était avant abattage (vivant ou mort). Cet encodage complète une table spécifique "abattage" dont nous pourrons disposer au moment du calcul de l'accroissement.

Cette table abattage reprend la liste des arbres abattus, la date de l'abattage, l'état de l'arbre au moment de l'abattage (vivant ou mort) et l'année de croissance au terme de laquelle l'arbre abattu a acquis ses dimensions actuelles (période de végétation précédant l'abattage).

Inventaires Après activation de la commande "inventaires", MarteLauzelle demande au gestionnaire s'il souhaite imprimer les feuilles d'inventaire terrain (sur base de la liste des arbres du précédent inventaire) ou s'il préfère encoder les valeurs d'un inventaire réalisé.

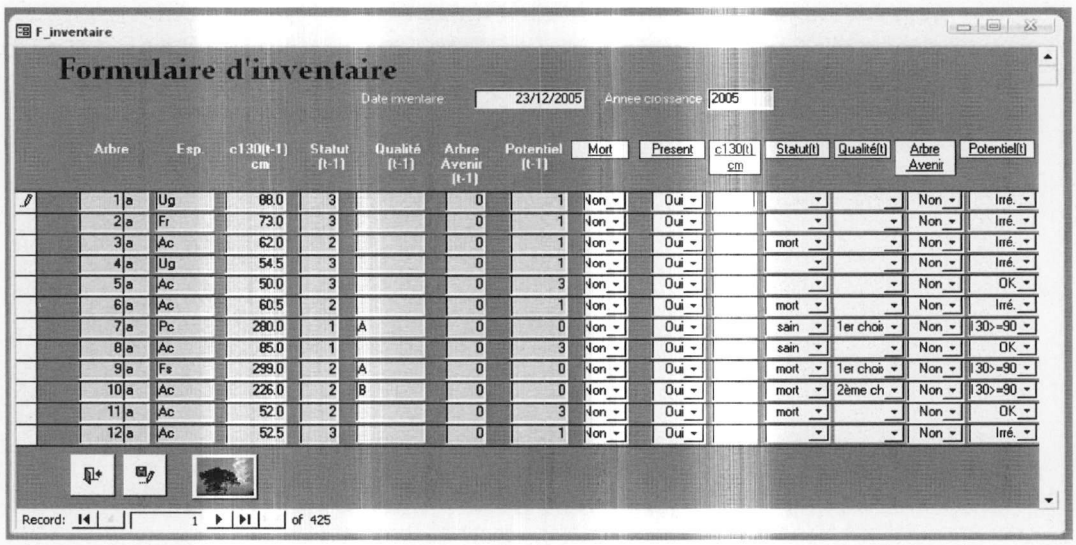


Fig. 3.18 Encodage informatique d'un inventaire dans MarteLauzelle 2.0

3.5.2.5 Rubrique "Accroissement"

Le gestionnaire a la possiblité supplémentaire de calculer, sur base de deux inventaires, les composantes de l'accroissement. Le détail de ces opérations est décrit au chapitre 9.

3.6 Les versions de MarteLauzelle

Le tableau 3.1 compare les fonctionnalités des deux versions de MarteLauzelle. Il est un bon résumé de la contribution du présent mémoire.

Tab. 3.1 Comparaison des deux versions de MarteLauzelle

FONCTION	MARTELAUZELLE	
	1.0	2.0
Martelage		
- Visualisation avant	V	V
- Visualisation après	V	V
- Visualisation avant/après	V	V
- Visualisation du martelage	V	V
- En délivrance	V	V
- En maintien		V
Désignation d'arbres d'avenir		V
Travaux d'amélioration		V
Volumes		V
Valeur sur pied		V
Gains et valeurs potentielles		V
Encodage des abattages	V	V
Inventaires		V
Accroissements		V

Deuxième partie

Les constructions didactiques

En raison de sa complexité, l'apprentissage du martelage en futaie irrégulière bénéficie largement d'outils d'aide à la décision permettant de préciser l'ensemble des critères importants à considérer, de visualiser le résultat des choix et de proposer une grille d'interprétations.

Dans son état actuel (version 2.0), le marteloscope permet au marteleur de s'exercer et de pratiquer l'exercice en futaie irrégulière. Le logiciel accompagnant cet exercice s'enrichit de nouveaux instruments d'aide à la décision. Les nombreuses cartes, les nouvelles tables et figures apportent de l'information qu'il convient de traiter avant, pendant et après le martelage pour éclairer la démarche de raisonnement, de jugement.

La comparaison des deux versions de MarteLauzelle révèle l'apport de ce travail. Cette seconde partie décrit en détail chaque apport en justifiant son importance dans le contexte du martelage en futaie irrégulière.

Nous passerons en revue les différents outils didactiques destinés purement au marteleur. La considération de la qualité étant au cœur de la gestion en futaie irrégulière, nous consacrerons le chapitre 4 à ce propos. Le chapitre 5 concerne l'analyse des raisons du maintien d'un arbre. Nous analyserons au chapitre 6 les conséquences économiques du martelage en termes de gains et de valeurs potentielles des arbres. La visualisation cartographique est enfin envisagée au chapite 7.

Qualité, amélioration

4

Sommaire

4.1 Qualité des arbres 49
4.1.1 Qualité et état sanitaire 49
4.1.2 Un indicateur pour la qualité 49
4.1.3 Intégration dans MarteLauzelle 2.0 52
4.2 Potentiel des tiges 53
4.3 Etat sanitaire 55
4.4 Arbres d'avenir 57
4.4.1 Généralités 57
4.4.2 La sélection des tiges 57
4.4.3 Intégration dans MarteLauzelle 2.0 59

Dans ce chapitre, nous considérons la qualité des arbres. Comme expliqué au premier chapitre, les prix actuels des bois orientent la sylviculture irrégulière vers la production de bois de qualité. Nous comprenons ainsi toute l'importance d'une analyse du marteloscope en terme de qualité du bois ; d'autant plus qu'il est constitué de feuillus où la qualité des tiges influence bien plus la valeur des bois que le volume produit [Tomasini, 2001]. La question centrale est de savoir comment intégrer un indicateur qualitatif dans le dispositif du marteloscope.

L'élaboration d'un outil de diagnostic permettant de suivre la qualité du peuplement est partie du constat qu'il était judicieux d'appliquer des protocoles de qualification différents pour les arbres adultes et les jeunes tiges. L'analyse qualitative se décompose ainsi en deux volets : le premier concerne la **qualité** de l'arbre tandis que le second volet se tourne vers la considération du **potentiel des tiges**. Il est en effet préférable de raisonner en terme de qualité potentielle pour une perche ou un petit bois plutôt que de qualité réelle vu la difficulté de se prononcer de manière sûre et définitive sur la qualité d'une tige dominée et qui n'a pas encore trouvé sa place au sein du peuplement.

Nous avons fixé à 90 cm de circonférence (mesurée à 130 cm de hauteur) la limite entre ces deux types de tiges. Dès lors, le premier volet concerne les tiges de circonférence supérieure à 90 cm tandis que le volet du potentiel des tiges, de la désignation des arbres d'avenir vaut pour des tiges à circonférence comprise entre 30 (seuil de pré-comptage) et 90 cm.

Si pour l'étudiant, il est - moyennant la connaissance des critères adéquats - relativement facile d'estimer la qualité d'un arbre individuel, il est cependant ardu d'estimer une qualité sur le peuplement entier. Et lorsque la tâche est de marteler et d'émettre des hypothèses sur le devenir qualitatif du peuplement, celle-ci relève d'une extrême difficulté. Que pourrions-nous proposer à l'étudiant souhaitant être aidé dans sa décision et visualiser les conséquences de son martelage quant à la qualité du peuplement irrégulier ? La méthode proposée se base sur la fourniture d'un bilan global de qualité.

Nous aurons également l'occasion de débattre de la désignation des tiges d'avenir. Quels sont les critères de choix et en quoi cette désignation apporte-t-elle une aide au marteleur ? Nous découvrirons de quelle manière nous avons intégré cette désignation dans MarteLauzelle 2.0.

Cinq sections sont dès lors détaillées. La première concerne la détermination et l'utilisation d'un indicateur qualitatif pour les arbres de circonférence supérieure ou égale à 90 cm ; la deuxième section s'intéresse au potentiel des tiges de circonférence inférieure à 90 cm ; la troisième examine l'état sanitaire ; la quatrième traite de la désignation des arbres d'avenir. Enfin, la dernière section explique la mise en œuvre dans le marteloscope. Notons que ce n'est pas au marteleur d'évaluer la qualité, l'état sanitaire ou le potentiel des tiges ; celui-ci bénéficie de leur visualisation mais n'a pas la possibilité de modifier une qualité fixée (par le gestionnaire). Toutefois, il est indispensable que le marteleur connaisse les critères qui ont permis de statuer sur l'état (qualitatif, sanitaire ou potentiel) d'une tige ; c'est l'objet du chapitre.



Fig. 4.1 Vers la lumière

4.1 Qualité des arbres

4.1.1 Qualité et état sanitaire

Bien souvent, parler de "qualité d'un arbre" revient à se donner une image d'un arbre malade, accompagné de quelque carpophore, aux branches brisées, ... Pourtant est-ce réellement de cela que l'on parle ? Non. Il est, à ce stade de la réflexion, important de distinguer un arbre de bonne qualité d'un arbre sain. Deux concepts différents que sont l'état sanitaire et l'aspect qualitatif. Sont-ils liés ? Oui, dans une certaine mesure. Le sont-ils toujours ? Non, et nous le montrerons.

L'aspect qualitatif concerne les qualités technologique et esthétique du bois associées à l'arbre. Si l'on fait référence aux définitions normalisées de la "qualité" dans le cadre de la fabrication, de la transformation et du contrôle des produits industriels, la qualité des bois n'est pas un ensemble de propriétés absolues du matériau bois mais est intimement liée à ses utilisations. La qualité des arbres sur pied se définirait plutôt comme leur capacité à être exploités avec un bon rendement matière mesurable par un coefficient de commercialisation (défini par exemple comme le rapport du volume commercialisé sur le volume brut inventorié), et une "bonne qualité" de grumes. Cette qualité de grumes pourrait elle-même être mesurable par le prix de vente au m^3 ou par la capacité de ces grumes à être transformées en produits de qualité [Tomasini, 2001].

Une telle notion de qualité est donc liée au contexte technico-économique et culturel de la valorisation, avec des possibles évolutions rapides dans le temps. Mieux vaudrait alors parler d'"aptitude à l'emploi" que de "qualité". Il reste que pour chaque essence et chaque grume, nous définissons des propriétés objectivement mesurables. Ultérieurement, selon le contexte technologique et commercial, ces critères deviennent des défauts plus ou moins graves, des qualités plus ou moins recherchées ou des caractères neutres sans influence.

La qualité d'un arbre peut aussi se détériorer ; de la sorte, nous nous devons, lors des inventaires, d'établir le bilan qualitatif du peuplement. A partir des inventaires, il est aussi tout à fait possible d'établir des requêtes de sélection spécifiques (par exemple, quelle est la proportion des tiges de plus de 200 cm en qualité A pour le hêtre).

4.1.2 Un indicateur pour la qualité

Dans le marteloscope d'Heudicourt sous les Côtes (ONF, 2004), un aperçu de la qualité du peuplement est donné sur une échelle de 4 lettres : A, B, C et D.

- A : qualité exceptionnelle ;
- B : qualité courante ;
- C : bois de moindre qualité ;
- D : toute autre bille.

Il existe bien évidemment d'autres méthodes de classement. Dans le marteloscope de Florennes, la qualité s'observe selon des critères tels que la fourchaison, la dominance, la rectitude, ...) et est mentionnée comme "bonne", "moyenne" et "mauvaise" [Delacre et Corroy, 2002].

Nous proposons d'intégrer dans le marteloscope du Bois de Lauzelle le même classement que le marteloscope d'Heudicourt sous les Côtes. Notre choix se justifie par la possibilité d'obtenir des critères clairs pour placer une tige dans telle ou telle classe de qualité. Notre échelle de qualité est tirée de AMEELS et LHEUREUX (1993) et spécifique à l'essence considérée (hêtre, chênes, frêne) [Ameels et Lheureux, 1993]. Les essences présentes dans le marteloscope et non représentées par ces échelles seront assimilées à l'essence dont le critère de classement est le plus exigeant.

Généralement, la considération de la qualité d'une tige s'effectue par billons successifs, éventuellement selon leurs faces, et d'inégales longueurs. Cette méthode est essentiellement établie dans le but d'obtenir une évaluation économique précise de la grume. Suivant les recommandations du réseau AFI (voir AFI (2005)), nous considérons les seuls trois premiers mètres ; en effet, la valeur économique des bois n'est sous-estimée, en moyenne, que de 2% en mesurant la qualité sur les 3 premiers mètres[1] .

AMEELS et LHEUREUX (1993), et ALLEGRINI (2002), considèrent les critères de qualité présentés au tableau 4.1 [Ameels et Lheureux, 1993, Allegrini, 2002]. Sur ce tableau, nous représentons les critères que nous avons adoptés ainsi que la justification de cet emploi.

Tab. 4.1 Critères de qualité adoptés pour le classement des bois de circonférence $\geq$ à 90 cm

SUGGESTION	CRITÈRE ADOPTÉ POUR LE MARTELOSCOPE	RAISON
Tige de franc pied	Oui	
Absence de fente	Oui	
Tronc droit sur 6 à 8 m de hauteur	Non	rectitude sur 3 m
Absence de nœuds sur 6 à 8 m de hauteur	Non	analyse sur 3 m
Absence de broussins sur 6 à 8 m de hauteur	Non	analyse sur 3 m
Absence de fil tors	Oui	
Croissance régulière	Non	pas de possibilité d'observation
Surbille sans fourche ou nœud plongeant, à branches fines insérées le plus horizontalement possible	Oui	
Houppier équilibré et vigoureux représentant plus de 50 % de la hauteur totale de l'arbre	Oui	

La combinaison et la pondération de ces critères sont représentées dans les différents tableaux 4.2, 4.3 et 4.4. Ces tableaux constituent les guides servant à coter les arbres. Ils sont également annexés au fasicule introductif du marteloscope (voir annexe *VI* page 131).

La qualité des arbres du peuplement a donc été estimée selon ces critères sur une hauteur de 3 mètres et encodée dans la table d'inventaire de MarteLauzelle. Lors des prochains inventaires, il conviendra d'évaluer l'éventuelle déchéance qualitative. Ceci se réalisera, au niveau du marteloscope, par comparaison de diagrammes (figure 4.2).

[1]Etude menée sur 1062 arbres répartis sur 5 dispositifs comparant 2 méthodes d'estimation [AFI, 2005]

Tab. 4.2 Classement qualitatif du hêtre sur pied [Ameels et Lheureux, 1993]

HÊTRE	Classe de qualité		
Critère	*A*	*B*	*Autres*
Longueur minimale (m)	3	3	sans restriction
Diamètre minimal du billon (cm)	40	35	sans restriction
Branches mortes	-	1/mètre au maximum	sans restriction
Fil tors	-	léger	sans restriction
Pourritures	-	-	sans restriction
Fentes, gélivure	-	-	sans restriction

Tab. 4.3 Classement qualitatif du chêne sur pied [Ameels et Lheureux, 1993]

CHÊNE	Classe de qualité		
Critère	*A*	*B*	*Autres*
Longueur minimale (m)	2,5	3	sans restriction
Diamètre minimal du billon (cm)	45	40	sans restriction
Branches mortes	-	V	sans restriction
Picots, broussins	-	V	sans restriction
Fil tors	-	léger	sans restriction
Pourritures	-	-	sans restriction
Fentes, gélivure	-	-	sans restriction

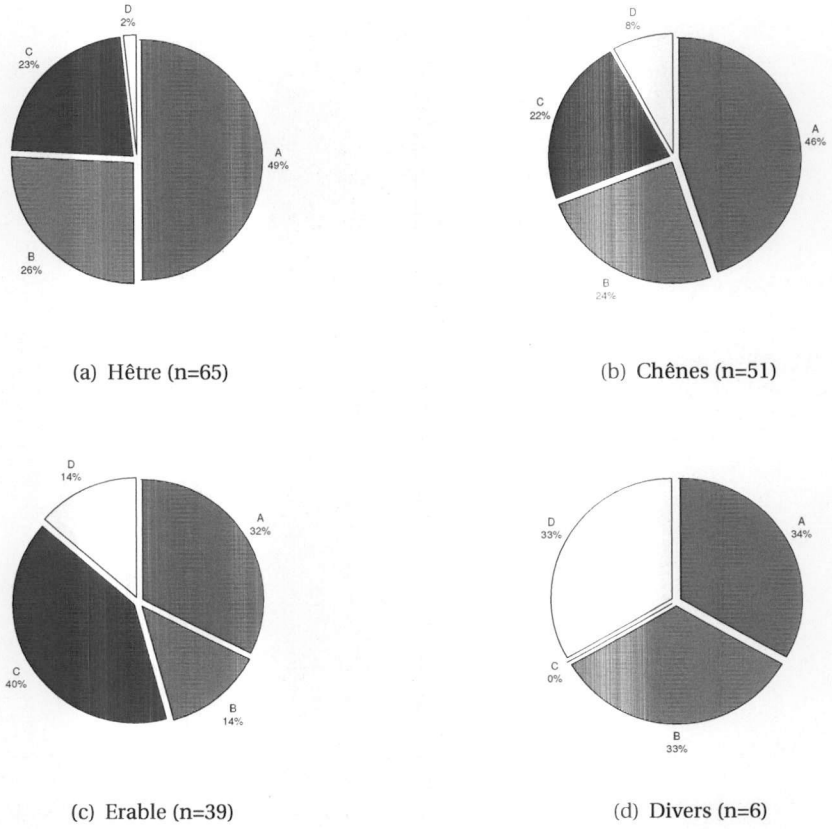
Tab. 4.4 Classement qualitatif du frêne sur pied [Ameels et Lheureux, 1993]

FRÊNE	Classe de qualité			
Critère	*A*	*B*	*C*	*D*
Longueur minimale (m)	3	3	2	sans restriction
Diamètre minimal du billon (cm)	45	40	25	sans restriction
Branches mortes	-	-	V	sans restriction
Picots, broussins	-	-	V	sans restriction
Pourritures	-	-	-	sans restriction

L'examen de cette figure montre qu'aujourd'hui, la qualité du peuplement est élevée (de 46 à 75 % pour les qualités réunies A et B selon les groupes d'essences). Cette constatation pour le moins interpellante s'explique en partie par le fait que les chênes et les hêtres sont présents dans des classes de bois élevées (Gros bois et Très gros bois).

4.1.3 Intégration dans MarteLauzelle 2.0

Dans le menu de martelage, en cliquant sur les états du peuplement "avant" et "après", nous trions et exportons les données de qualité dans le fichier Excel® "MarteLauzelle.xls". Au final, nous obtenons un tableau récapitulatif de la qualité : nombre de tiges par hectare et proportion en qualité A ainsi que la relation entre l'état sanitaire et une classe de qualité précise. La figure 4.2 présente un premier bilan de la qualité actuelle du peuplement.



(a) Hêtre (n=65)

(b) Chênes (n=51)

(c) Erable (n=39)

(d) Divers (n=6)

Fig. 4.2 Répartition de la qualité par classe d'essences, 2006 (en pourcentage du nombre de tiges)

4.2 Potentiel des tiges

Comme précisé en début de chapitre, il convient de distinguer le potentiel de toutes les tiges dont la circonférence est inférieure à 90 cm.

Lors de l'observation d'un jeune arbre, le marteleur se pose les questions suivantes [Tomasini, 2001] : (*i*) l'arbre a-t-il les qualités nécessaires pour former une bille de pied technologiquement correcte ? et (*ii*) l'arbre a-t-il la vigueur ou la capacité de réaction suffisante pour ne pas rester dominé ? Ces deux questions apportent selon notre avis un recul nécessaire à objectiver la décision sur l'individu ainsi qu'un regard sur le contexte de l'arbre. En ce sens, elles cadrent tout à fait avec l'approche de la gestion irrégulière.

Ainsi, et en partie grâce à une clef de qualification (figure 4.3) du potentiel des tiges, nous attribuons un potentiel aux tiges de circonférence inférieure à 90 cm. Nous distribuons les tiges en trois catégories :

- "1" (tige "irrécupérable") ;
- "2" (tige avec un potentiel si des travaux sont effectués) ;
- "3" (tige avec un potentiel sans travaux).

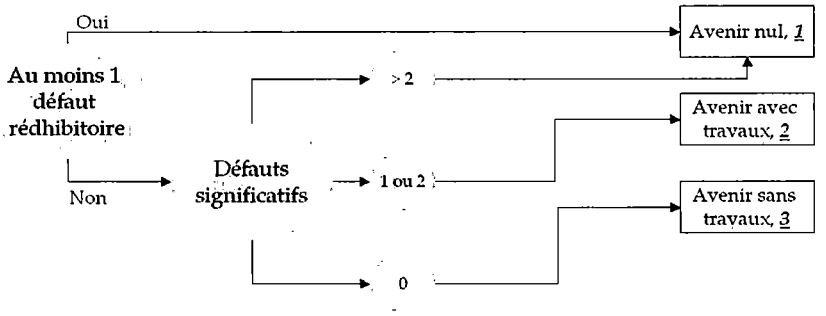


Fig. 4.3 Clef de qualification du potentiel des tiges

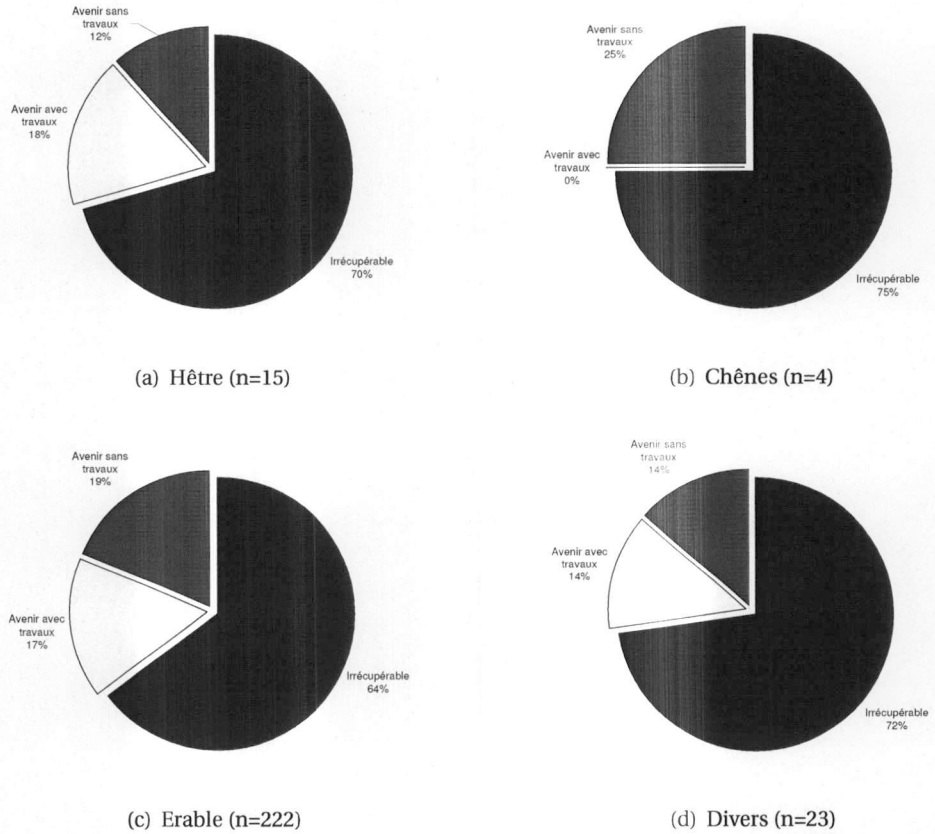
Les défauts rédhibitoires et signicatifs dont il est question dans la clef de qualification sont précisés dans le tableau 4.2.

Tab. 4.5 Défauts rédhibitoires et significatifs

DÉFAUTS RÉDHIBITOIRES	
	Inclinaison (supérieure à 22^0)
	Fourche
	Courbure très marquée
	Broussins et ou gourmands (sur plus de 30 cm)
	Gélivure
	Fils tors (supérieur 5 cm/m)
DÉFAUTS SIGNIFICATIFS	
	Inclinaison
	Fourche à plus de 6 m
	Courbure peu marquée
	Brin de cépée

D'après [Tomasini, 2001]

Le potentiel des tiges en 2006 est illustrée à la figure 4.4.



(a) Hêtre (n=15) (b) Chênes (n=4)

(c) Erable (n=222) (d) Divers (n=23)

Fig. 4.4 Répartition du potentiel des tiges, 2006 (en pourcentage du nombre de tiges)

Intégration dans MarteLauzelle 2.0

La qualification du potentiel des tiges a été réalisée par nos soins et les résultats intégrés dans la table d'inventaire.

Le traitement de ces données est essentiellement effectué dans l'onglet "Avenir" du fichier Excel® "MarteLauzelle.xls". Sur cette feuille de calcul, nous dressons des tables comparatives. D'un côté, nous retrouvons le potentiel des tiges désignées et de l'autre le potentiel des tiges désignables.

Les tiges "désignables" Il s'agit d'une liste de tiges qui sont potentiellement désignables ; lors d'un repérage dans le marteloscope, nous avons sélectionné et noté toutes les tiges présentant les caractéristiques de tiges d'avenir. Cet ensemble de tiges désignables ne tient pas compte de la répartition spatiale et ne peut donc être assimilé aux arbres d'avenir du peuplement. Néanmoins, cette démarche présente l'intérêt pour le marteleur de comparer ses choix à des repères de désignation.

La figure 4.5 synthétise le traitement des résultats relatifs à la désignation.

Arbres désignés OK		
	Nb ha^{-1}	(%)
Sans travaux	0	0.00
Avec travaux	0	0.00
TOTAL	0	

Nature des interventions		
	Nb ha^{-1}	(% dés)
Taille	0	#DIV/0!
Elagage	0	#DIV/0!
Détourage	0	#DIV/0!

	Désignation		Potentiel total
	Nb	Nb	Nb
Irrécupérables	0		0
Sans travaux	0		0
Avec travaux	0	2	0

#DIV/0!
#DIV/0! <-- ces valeurs dépendent de
#DIV/0! l'onglet "Avant" (à faire tourner avant)

Arbres désignés et non présents dans la référence "désignables"
Nb
0

Fig. 4.5 Tables comparatives de désignation sur l'onglet "avenir"

4.3 Etat sanitaire

Nous quantifions l'état sanitaire sur base des trois catégories suivantes :

- bon
- moyen
- mauvais

Les critères de classement d'une tige parmi ces trois catégories sont assez simples ; ils se basent sur la présence/absence, sur l'entièreté de l'arbre, des caractéristiques suivantes [Balleux, 2002] :

- chancre, blessure ou attaque parasitaire ;
- gélivure, fente de sécheresse ;
- nœuds noirs ou pourris ;
- cime cassée, fourche, branche à angle d'insertion trop aigu.

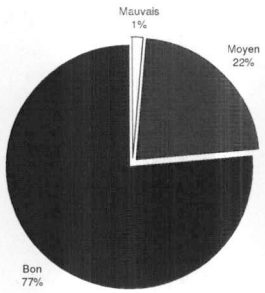
Pour être en catégorie "bon", la tige ne doit présenter aucun de ces critères, un seul pour la catégorie "moyen" et plus d'un pour la classe "mauvais". Remarquons que l'interaction avec la qualité du bois n'est pas directement prise en compte ; c'est un peu plus tard, en exportant les données dans Excel®, que nous pouvons observer un éventuel lien entre qualité et état sanitaire comme l'illustre par exemple la figure 4.7.

Cette technique de quantification de l'état sanitaire est simple d'utilisation. Elle présente néanmoins le défaut de ne pas prendre en compte la gradation d'un critère, la gravité d'une blessure ou sa localisation. La technique de quantification est certainement à revoir mais a la grande qualité d'être rapide et facile à appliquer.

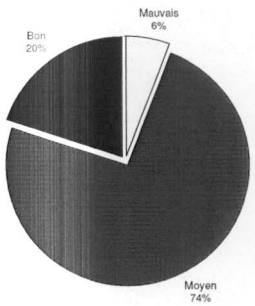
Le marteleur dispose ainsi d'informations sur l'état sanitaire. Sur les onglets "Avant" et "Après", nous représentons les diagrammes des figures 4.7 et un tableau chiffré de cet état (figure 4.6). Ces données renseignent le marteleur sur sa tendance à faire varier l'état sanitaire du peuplement ou non.

Proportion des qualités (c_{130} >=90 cm)				
	Etat sanitaire	Nb ha^{-1}	(%)	(% tot)
A	Bon	0	######	#DIV/0!
	Moyen	0	######	#DIV/0!
	Mauvais	0	######	#DIV/0!
B	Bon	0	######	#DIV/0!
	Moyen	0	######	#DIV/0!
	Mauvais	0	######	#DIV/0!
C	Bon	0	######	#DIV/0!
	Moyen	0	######	#DIV/0!
	Mauvais	0	######	#DIV/0!
D	Bon	0	######	#DIV/0!
	Moyen	0	######	#DIV/0!
	Mauvais	0	######	#DIV/0!
TOTAL	Bon	0		
	Moyen	0		
	Mauvais	0		

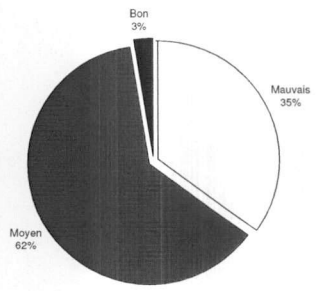
Fig. 4.6 Ventilation des effectifs selon les états sanitaires et les qualités (2003)



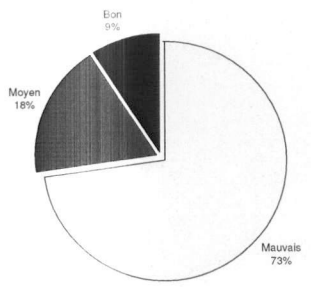
(a) Qualité A (n=68)



(b) Qualité B (n=35)



(c) Qualité C (n=40)



(d) Qualité D (n=11)

Fig. 4.7 Ventilation de l'état sanitaire (bon, moyen, mauvais) selon la qualité (en effectifs)

4.4 Arbres d'avenir

Dans cette dernière section du chapitre 4, nous détaillerons la désignation des arbres d'avenir. Parmi les tiges dont le potentiel est élevé, le marteleur peut pratiquer une désignation des tiges d'avenir et comparer le résultat de celle-ci avec une liste d'arbres désignables établie par nos soins.

4.4.1 Généralités

La concentration des efforts humains et financiers sur un nombre restreint d'arbres, appelés "arbres d'avenir", "arbres de place" ou encore "arbres objectifs", contribue à la gestion optimale des peuplements [Allegrini, 2002]. Cette technique est valable dans tous les types de peuplements et donc bien sûr aussi en futaie irrégulière [Baar et al., 2004]. Si ces tiges réparties judicieusement sur la parcelle sont destinées à constituer le peuplement objectif, elles garantiront un accroissement optimal (moyennant l'adaptation à la station) et elles permettront aussi à terme, d'assurer son renouvellement naturel.

La sylviculture d'arbres d'avenir est recommandée pour les peuplements dont la marge financière est élevée en raison de leur état qualitatif (tableau 4.6). Parmi les essences du marteloscope, nous retrouvons une large représentation de l'érable, au stade jeune perchis ; la désignation de certaines de ces tiges vise à procurer une sécurité financière pour l'avenir, même si la fluctuation des prix reste une évidence.

La désignation de tiges d'avenir est en fait une spécificité d'une sylviculture de peuplement "traditionnelle" [Baar et al., 2004]. Outre la présence des tiges désignées comme le peuplement objectif, le reste de la parcelle irrégulière est traité par coupe de jardinage. Dès lors, la distinction entre les deux types de sylviculture (traitement en irrégulier et désignation des tiges d'avenir) pratiqués de manière conjointe et cohérente n'est pas facile à assimiler.

Tab. 4.6 Augmentation des prix en % pour des bois élagués de qualité par rapport à des bois non élagués [Baar et al., 2004]

ESSENCE	PLUS-VALUE (pour la catégorie > 160 cm)
Chênes	+ 300 %
Hêtre	+ 75 %
Frêne	+ 250 %
Merisier	+ 300 %
Erable	+ 500 %

4.4.2 La sélection des tiges

La conception initiale du marteloscope prévoyait un encodage des arbres désignés. Notre tâche fut de rendre effectif cet encodage. Que faire de cette information disponible, à savoir la liste des tiges marquées comme d'avenir ? Quelle utilisation de ces données serait la plus pertinente et utile pour l'étudiant-marteleur ? La démarche choisie fut (i) de fournir une carte des tiges

désignables et (*ii*) de la comparer aux arbres d'avenir choisis par le marteleur. Mais voyons tout d'abord comment se déroule la désignation.

Deux stades d'intervention sont identifiés dans la sélection des tiges :

1. La **pré-désignation** se pratique dans les jeunes peuplements, vers 6 m de hauteur totale, avant les interventions individuelles (tailles de formation à l'échenilloir, élagages, ...) ou sélectives (dépressages, ...). C'est aussi l'occasion de favoriser la diversité des essences. Notons qu'à ce stade, toutes les potentialités (qualitatives ou quantitatives) des arbres ne se sont pas encore exprimées !;
2. La **désignation** des arbres d'avenir vers 12 m de hauteur totale, sur laquelle se concentre le gestionnaire, permet de passer d'une sylviculture de peuplement à celle d'arbres de qualité [Allegrini, 2002].

Dans notre cas, nous n'opérons que l'étape 2, la désignation proprement dite. Notons bien que la désignation n'est valable que pour les essences en station puisque c'est la qualité qui est recherchée. Le marteleur se référera à la figure 2.8 pour connaître l'adaptation de l'essence à la station.

Il existe deux grands types de critères de sélection : les critères propres à l'individu (vigueur, rectitude par exemple) et les critères intégrant l'individu dans le contexte du peuplement (espacement, répartition spatiale par exemple).

Nous formulerons quelques conseils quant à la désignation de ces tiges sachant que selon nous, les critères de sélection sont, par ordre de priorité décroissante, l'état sanitaire et la vigueur, la qualité, le mélange d'essences et enfin la répartition spatiale la plus homogène possible. Concernant la répartition spatiale, étant donné que les arbres désignés comme ceux d'avenir constituent le peuplement objectif, il convient de les espacer de manière à ce que leurs houppiers ne s'interpénètrent pas.

Les questions suivantes servent de guide pour le choix des arbres à désigner [Balleux, 2002] :
- les individus sont-ils adaptés à la station ?;
- les individus sont-ils valorisables commercialement ?;
- les individus sont-ils représentés à l'échelle de la propriété (dans ce cas, ils participent à la diversité biologique globale) ?;
- l'accès à la parcelle pour exploitation est-il adéquat ?;
- est-il nécessaire de pratiquer des travaux d'amélioration du type élagage ou taille ?

Le tableau 4.7 reprend quelques données d'espacements moyens définis dans le cas de peuplements purs et réguliers et d'arbres disposés en quinconce. Les variations par essence sont dues à la définition du terme d'exploitabilité et au type de station [Baar et al., 2004]. Comme il s'agit de peuplements purs et réguliers, ces valeurs sont ainsi des valeurs maximales à ne pas dépasser pour la désignation en futaie irrégulière.

4.4.2.1 Les travaux d'amélioration

L'élagage L'élagage a pour objet la concentration des nœuds dans le cœur de la tige ; l'objectif final est bien l'augmentation de la valeur marchande du bois.

Tab. 4.7 Espacements moyens, d'après [Allegrini, 2002] et [Balleux, 2002]

ESPÈCE	DENSITÉ FINALE (tige/ha)	ESPACEMENT MOYEN[1] (m)
Quercus petraea	60 - 80	10 - 12
Quercus robur	50 - 60	13 - 14
Quercus rubra	50 - 70	11 - 13
Fagus sylvatica	80 - 100	9 - 10
Prunus avium	70 - 90	10 - 11
Acer pseudoplatanus	80 - 120	9 - 11
Pinus sylvestris	140 - 180	7 - 8

1 : Espacement calculé par la formule 4.1

$$\text{Espacement} = \sqrt{\frac{10.000}{\text{Densité} \times 0,866}} \tag{4.1}$$

Selon SCHÜTZ (1997) et BASTIEN et WILHEM (2000), les essences de lumière s'élaguent plus rapidement que celles d'ombre (frêne, merisier, chêne mieux que le hêtre par exemple).

La taille de formation La taille de formation vise à l'obtention d'un axe principal bien individualisé et montrant une bonne rectitude en supprimant les têtes multiples, les branches trop vigoureuses et redressées concurrençant la cime, les branches à insertion trop aigüe (conduisant à l'apparition de nœuds plongeants).

Le détourage Nous définissons le détourage comme une éclaircie localisée autour d'un arbre d'avenir [Claessens, 2004]. Cette éclaircie locale permet un dosage fin de l'apport en lumière au niveau du houppier.

Claessens (2004) dresse une liste de recommandations concernant le détourage des essences telles que le frêne, l'érable ou le merisier, des essences précieuses à croissance rapide. Les normes et indications présentées sont valables pour des essences adaptées à leur station ainsi que pour des jeunes peuplements (moins de 25 ans) de 8 à 18 mètres de hauteur dominante, issus de régénération naturelle ou de plantations denses [Claessens, 2004]. Elles ont pour but de fournir des rayons théoriques de détourage procurant de la sorte une référence lors du martelage. Ces normes sont valables pour des peuplements réguliers et impliquent une grande prudence d'application en futaie irrégulière.

4.4.3 Intégration dans MarteLauzelle 2.0

Dans MarteLauzelle 1.0, la sélection des arbres d'avenir s'effectuait en cochant une case sur la fiche de martelage "informatique" ; ceci ouvrait un formulaire permettant de préciser les travaux à effectuer sur les arbres choisis : taille de formation, élagage et détourage. A ces informations, nous avons associé le prix global des travaux d'amélioration. Ces prix indicatifs sont issus d'une table "prix travaux" établie par groupes d'essences ; ils s'éloignent de la réalité dans le sens où ils ne prennent pas en compte le nombre d'interventions à effectuer. En effet, le prix global des travaux est aussi fonction du nombre de travaux à réaliser (ne fût-ce que par le coût du déplacement).

Tout travail d'amélioration s'avère inutile au-delà d'une certaine dimension. Dans le logiciel, il est donc impossible de désigner comme arbre d'avenir une tige de circonférence supérieure à 90 cm.

4.4.3.1 Spatialisation

La carte de répartition spatiale des tiges d'avenir désignables (figure 4.8) est issue de la table "Arbres avenir base", laquelle reprend les arbres d'avenir désignés selon les critères précisés à la section 4.4.2. L'analyse de cette figure révèle le faible nombre de tiges désignables (41, dont 35 érables), la proximité spatiale de celles-ci et ainsi, tenant compte des normes d'espacement maximums, l'hétérogénéité spatiale des tiges désignées.

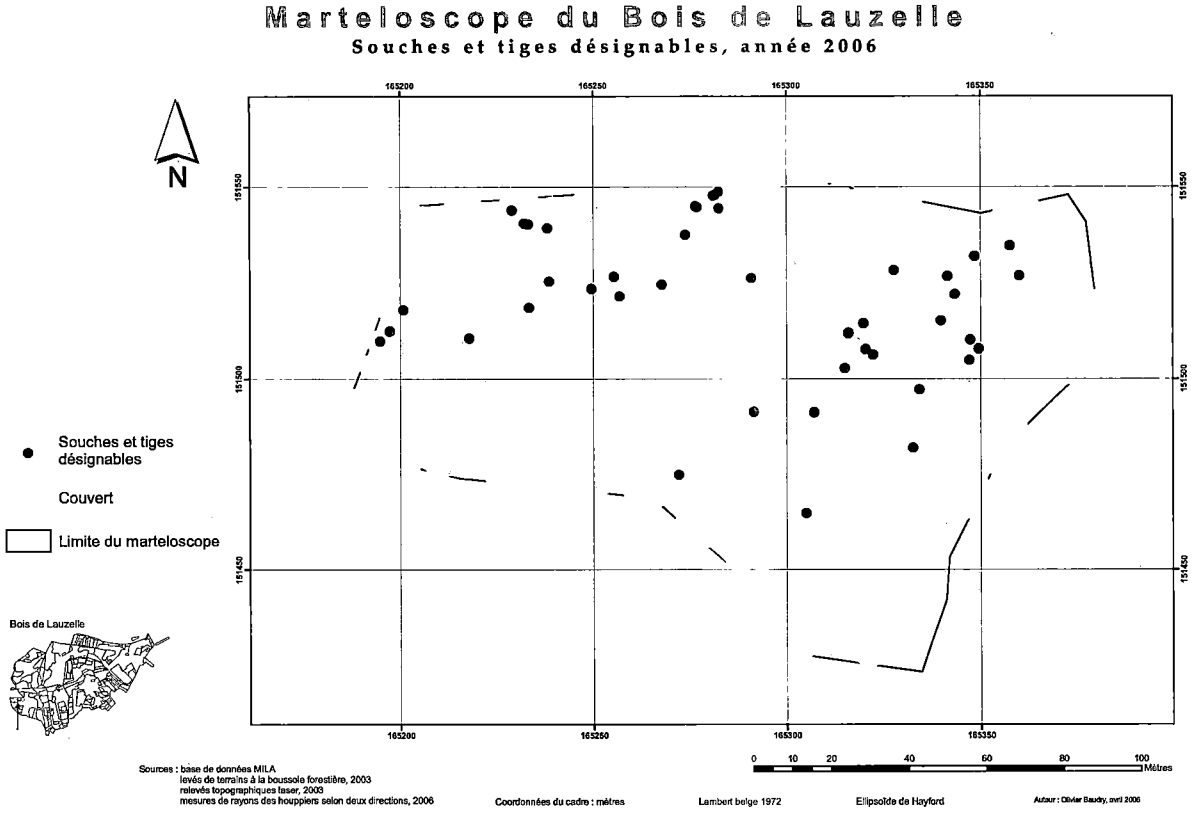


Fig. 4.8 Localisation des arbres désignables en relation avec le couvert

4.4.3.2 Comparaison

Désignation Sur le terrain, nous proposons d'effectuer la désignation des arbres d'avenir en complétant d'une part la fiche de martelage (lettres "E", "T" ou "D" pour Elagage, Taille de formation ou Détourage) et d'autre part en signifiant, d'un ruban plastique, quels sont les arbres désignés.

La démarche informatique de désignation des arbres d'avenir est basée sur la requête "Avenir.c130.10". Cette requête - valable pour les tiges dont la circonférence est inférieure à 90 cm - dresse, compte et somme les individus désignés et les catégorise dans les classes de circonférence adéquates. Dans le logiciel, une commande supplémentaire est apposée sur les entrées de navigation "utilisateur" et "gestionnaire" ; elle permet au logiciel de transcrire les informations relatives aux arbres d'avenir sur l'onglet "Avenir" du fichier Excel® "MarteLauzelle.xls". Nous y trouvons, similairement au martelage, le nombre d'individus désignés classés par essence et classe de circonférence. Un graphe reprend le nombre de tiges désignées par classe de circonférence et par essence. Ce graphe permet de la sorte de situer la désignation par rapport aux objectifs fixés au préalable (figure 4.5).

Coût Un tableau reprend le coût total des travaux à réaliser sur base d'une estimation d'un prix d'intervention. Il est également important de représenter la répartition des travaux d'amélioration par classe de circonférence ; en effet, nous ne pouvons imaginer une réactivité identique des tiges aux travaux d'amélioration selon ces classes de grosseur.

Maintien de l'arbre

5

La qualité d'un martelage s'apprécie bien mieux à l'examen des arbres réservés et favorisés qu'à celui des arbres abandonnés à la coupe
DE TURCKHEIM *et* BRUCIAMACCHIE, *(2005)*

Sommaire

5.1 Maintenir ou délivrer une tige 63
5.2 Démarche de choix 63
5.3 Les coefficients de couvert 66
5.4 Intégration dans MarteLauzelle 2.0 66

Nous voici au cœur du martelage : prendre la décision de maintenir ou de délivrer un arbre.

La décision de martelage est complexe ; nous l'avons déjà évoqué. Lors de nos visites de terrain, nous avons constaté la difficulté d'analyser de manière systématique et reformuler les différentes raisons de maintien ou *a contrario* d'enlèvement d'un arbre, et cela pour des aspects tant sanitaire que qualitatif, d'exploitation, de désignation ou encore de protection physique. Nous avons donc établi un organigramme (figure 5.1 présentée en page 65) à cette fin.

Dans ce chapitre, nous expliquons les raisons du maintien d'un arbre. Comme le rappelle la citation en tête du chapitre, considérer le maintien d'un arbre vaut bien souvent mieux que sa délivrance, ne fût-ce que par l'obligation, dans cette réflexion, de penser à plus long terme (au moins jusqu'à la prochaine rotation).

Nous évoquerons également le calcul des coefficients de couvert.

5.1 Maintenir ou délivrer une tige

Nous reprenons dans le tableau 5.2 les raisons du maintien d'un arbre tandis que celles menant à l'enlèvement figurent dans le tableau 5.3. Nous pouvons effectuer des rapprochements réciproques[1] de raisons telles que présentées dans le tableau 5.1. Seules les raisons de neutralité, d'exploitation restent univoques et ne sont donc reliées à aucune fonction réciproque.

Tab. 5.1 Comparaison des raisons conduisant au maintien ou à l'enlèvement d'un arbre

RAISON DE MAINTIEN	RAISON D'ENLÈVEMENT
Education	Amélioration
Production	Récolte
Ensemencement	Renouvellement
Diversité	Diversité
Protection physique	Protection physique
Accueil	Accueil

5.2 Démarche de choix

Explicitons quelque peu la figure 5.1. Nous divisons la démarche de choix en quatre questions. Premièrement, celle de l'état sanitaire à laquelle nous rattachons des raisons de conservation et de maintien. Deuxièmement, la question de la qualité en différant les situations ; selon que la présence de l'arbre soit utile à d'autres individus, nous suggérons le repport de la récolte et des justifications de maintien ou délivrance différentes. Par exemple, nous pouvons facilement imaginer qu'un arbre de mauvaise qualité, de bon état sanitaire puisse contribuer à l'éducation de jeunes tiges. Troisièmement, nous posons la question du terme d'exploitabilité de l'arbre. Enfin, la quatrième question se destine à maintenir les tiges qui seront qualifiées de tiges d'avenir.

A chaque stade du raisonnement, l'arbre peut être délivré ou maintenu pour différentes raisons. Ces raisons correspondent aux deux colonnes extérieures ("raisons d'enlèvement" et "raisons du maintien").

La question est aussi de savoir, parmi les arbres maintenus, quels sont ceux qui bénéficient du martelage ? Grâce à la localisation de toutes les tiges du marteloscope et à leur numérotation, le marteleur répond à cette question en regardant, pour quelques arbres particuliers (par gain de temps) s'il a, autour d'un arbre maintenu, délivré des tiges.

Parmi les raisons du maintien, nous retrouvons la neutralité. Si toutes les tiges ne doivent pas être martelées "en maintien" ou "en délivrance", la présence de certaines tiges ne gêne en rien le développement d'autres et en tout cas participe au maintien de la structure du peuplement ou encore à sa stabilité. Dans ce sens, la neutralité est bien une fonction, importante, associée à un ensemble d'arbres. Pour visualiser cette neutralité, le marteleur dispose des graphes de la structure du peuplement avant/après et il peut - moyennant un traitement cartographique - représenter le peuplement après martelage pour évaluer ses conséquences.

[1] Par exemple, le maintien pour la raison d'éducation est considéré comme la réciproque de la raison d'enlèvement à des fins d'amélioration.

Tab. 5.2 Les raisons du maintien d'un arbre

CRITÈRE	EXPLICATION
Neutralité	arbre ne gênant aucune autre fonction, jusqu'à la prochaine rotation
Production	arbre destiné à la production de bois d'œuvre
Protection qualité	arbre dont la production n'est pas forcément de qualité mais qui, par sa présence, protège des arbres voisins qui ont déjà formé des longueurs de grumes valorisables
Educateur et installation	arbre dont la présence assure l'installation et/ou l'éducation du fût : - par une diminution de la concurrence herbacée ; - par l'éducation de la forme des perches ; - par le dosage entre les essences d'ombres et de lumière.
Semencier	arbre pouvant donner des graines de qualité génétique acceptable
Diversité	arbre dont la présence participe à la biodiversité du peuplement - si l'essence est peu représentée - si l'arbre est remarquable - si l'arbre offre des niches écologiques particulières - si l'arbre permet l'accueil
Protection physique	arbre protégeant le milieu
Accueil	arbre mettent en valeur l'esthétique du lieu

source :[Jarret, 2004]

Tab. 5.3 Les raisons de l'enlèvement d'un arbre

CRITÈRE	EXPLICATION
Amélioration	l'enlèvement favorise le développement d'un ou plusieurs autres arbres se trouvant dans la même strate
Renouvellement	l'enlèvement est effectué au profit d'un arbre nettement dominé qui doit assurer la relève, au profit de semis, perchis ou alors pour effectuer une trouée
Sanitaire	enlèvement d'un arbre que l'on risque de perdre avant le prochain passage(dépérissant, présence de champignon, ...) ou qui menace la qualité d'une autre tige
Récolte	l'enlèvement de la grume donne lieu à la récolte de bois d'œuvre (c130cm > 150 cm et qualité A, B, C)
Exploitation	l'enlèvement aidera à l'exploitation d'autres grumes (cloisonnement, abattage, débardage, ...)
Diversité	enlèvement d'un arbre destiné à encourager un espace de biodiversité, une espèce, un arbre particulier
Protection physique	identique au tableau 5.2
Accueil	identique au tableau 5.2

source :[Jarret, 2004]

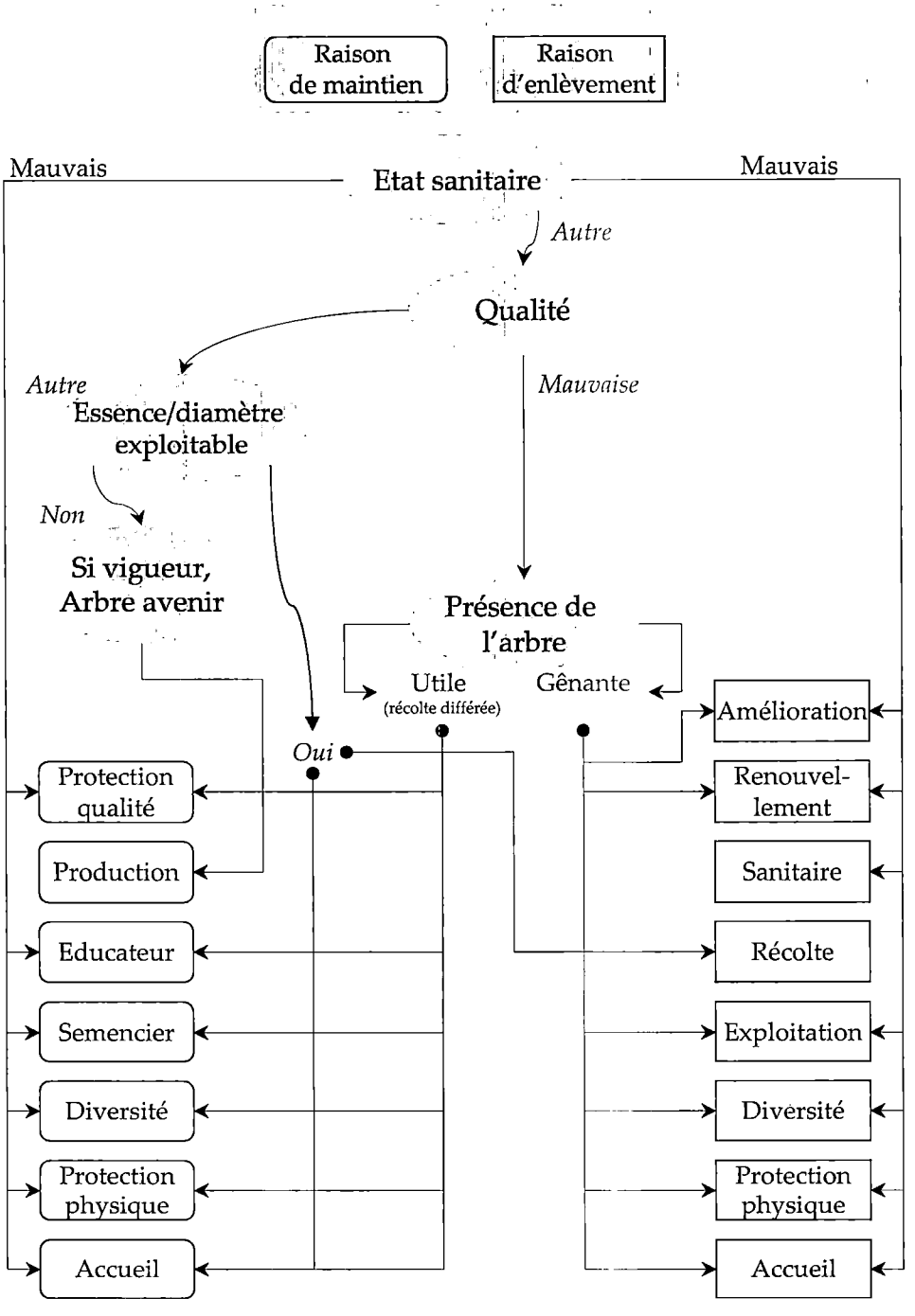


Fig. 5.1 Organigramme de raisonnement pour le maintien et la coupe d'un arbre
Inspiré de [Bastien et Wilhem, 2000]

5.3 Les coefficients de couvert

Il nous a paru intéressant d'établir l'évolution du coefficient de couvert, par essence, en fonction de la circonférence. Ces coefficients doivent leur origine au constat que, pour toutes les essences, section à 130 cm et surface de projection du houppier sont fortement corrélées.

$$\text{Coefficient de couvert} = \frac{\text{Projection du houppier}}{\text{Surface terrière}} \left[\frac{m^2}{m^2}\right] \tag{5.1}$$

L'intérêt des coefficients de couvert est de comparer l'efficience d'utilisation de l'espace pour différentes essences ; selon la propension d'une essence à développer son houppier, la surface terrière à l'hectare peut aussi être plus ou moins élevée. L'étude de ces coefficients de couvert permet de distinguer deux groupes d'essences : (*i*) un groupe d'essences dont le coefficient varie fortement selon la circonférence et (*ii*) un groupe d'essences dont le coefficient diminue faiblement avec la circonférence [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005].

Deux groupes d'essences seront étudiées : le hêtre et les chênes. Nous ne prenons pas en compte les érables vu la faible gamme de surface terrière de cette essence (de 0 à 0,2 m^2). Dans un premier temps, nous traçons sur deux graphes (figure 5.2) les évolutions de la surface de projection du houppier selon la surface terrière individuelle. Nous appliquons à ces nuages de points des régressions linéaires dont les équations sont reprises sur ces mêmes graphes. Ces régressions font apparaître des droites croissantes aux pentes variables. Ensuite, nous calculons les coefficients de couvert et les mettons en relation avec la circonférence à 1,3 m de hauteur (figure 5.3).

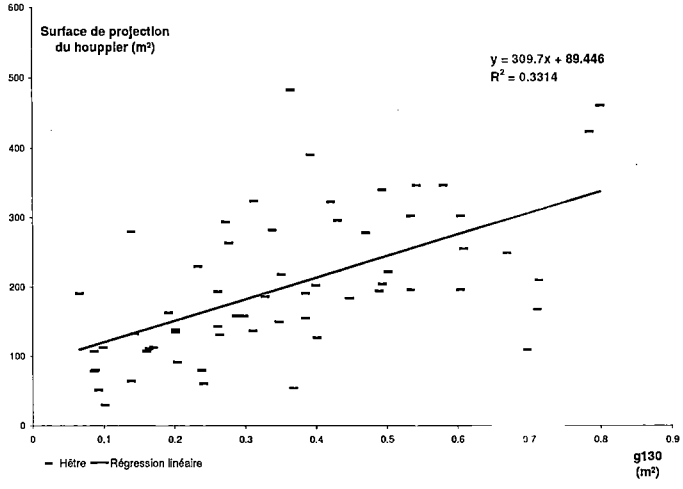
Sur base de l'analyse de la figure 5.3, nous rattachons le hêtre au premier groupe (coefficient de couvert fortement variable) tandis que les chênes rejoignent le deuxième groupe (coefficient de couvert peu variable). Confrontés à la bibliographie, ces résulats sont confirmés [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005]. Pour toutes les essences, les coefficients de couvert diminuent lorsque la surface terrière augmente ; cette constatation revient à dire que la surface de projection du houppier est proportionnellement plus petite pour les gros bois que les petits bois, en particulier pour l'érable.

5.4 Intégration dans MarteLauzelle 2.0

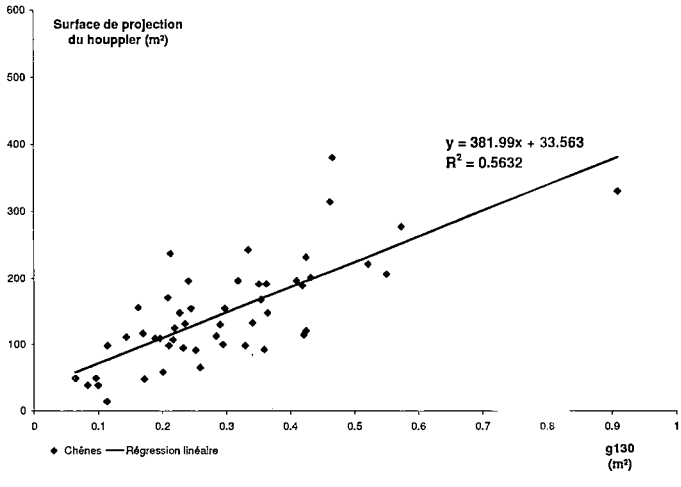
MarteLauzelle 1.0 proposait un encodage des raisons conduisant à la délivrance des arbres (tableau 5.3). Ces données étaient traitées par des requêtes appropriées et les résultats exportés dans le fichier "MarteLauzelle.xls" comme le montre la figure 5.4.

Il nous paraissait important d'intégrer l'aspect conservatif du martelage dans notre logiciel. L'étudiant doit avoir l'occasion de se poser la question de la réciprocité des raisons d'enlèvement/maintien d'une tige. Nous avons tenté de lui fournir un outil le permettant. Notre volonté est que cet outil soit aussi simple d'utilisation que celui portant sur la désignation des tiges en délivrance.

L'intégration des raisons du maintien (tableau 5.2) dans le logiciel est réalisée par l'apposition, sur la fiche de martelage, d'une nouvelle ligne d'encodage. Il est important, et nous le spécifions dans les textes explicatifs d'approche du marteloscope, d'insister sur le fait que les marteleurs



(a) Hêtre (n=76)



(b) Chênes (n=64)

Fig. 5.2 Relation entre la surface de projection du houppier et la surface terrière individuelle (2006)

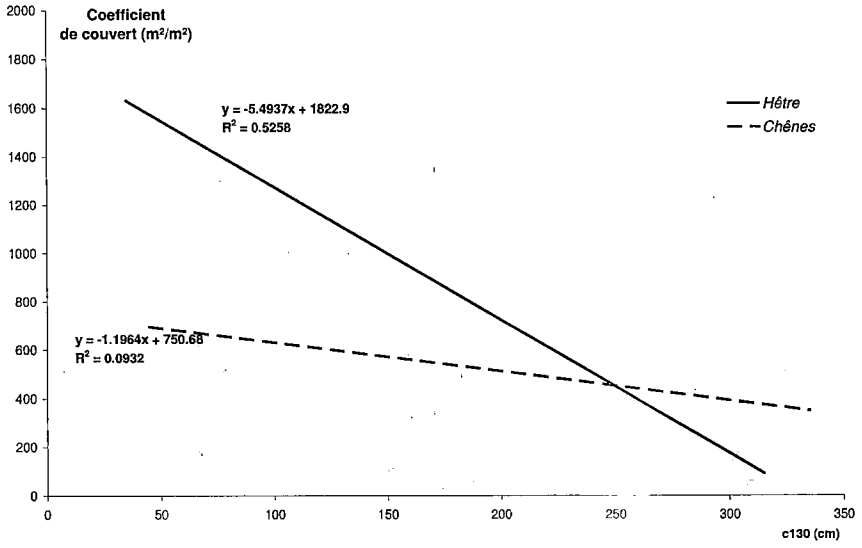


Fig. 5.3 Relation entre les coefficients de couvert et la circonférence à 1,3 m de hauteur pour le hêtre et les chênes

Distribution des arbres martelés selon les raisons										
	PB [30-90[		BM [90-150[		GB [150-200[		TGB [>=200]		TOTAL	
	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)
Amélioration	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Récolte	0	0	0	0	0	0	1	100	1	100
Renouvellemen	1	100	0	0	0	0	0	0	1	100
Exploitation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanitaire	0	0	0	0	1	100	0	0	1	100
Accueil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diversité	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

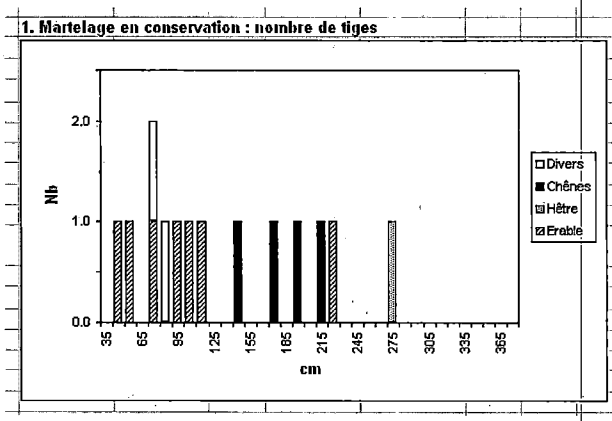
Fig. 5.4 Distribution des tiges selon les raisons de délivrance

ne doivent pas analyser toutes les tiges ; le travail en deviendrait lourd et "déconnecté" de la réalité de terrain. Le marteloscope n'est pas seulement un dispositif fonctionnant en "délivrance" mais certainement pas non plus en "maintien". Toutes les tiges ne doivent pas être marquées.

La méthode de visualisation du maintien s'inscrit dans la continuité de MarteLauzelle 1.0 en exportant les données sous Excel® et traçant des graphes reprenant la distribution du nombre de tiges et de la surface terrière des arbres maintenus par circonférence (figure 5.5). Des tableaux indiquent la fréquence de telle ou telle raison, selon les essences ou les classes de grosseur (figure 5.6).

La figure 5.6 permet au marteleur d'analyser les raisons pour lesquelles il tient à maintenir tel ou tel arbre.

Le premier tableau (A) reprend la distribution des arbres maintenus selon les raisons évoquées plus haut ; cette distribution est exprimée en nombre de tiges par hectare ainsi qu'en pourcentages (pour une même raison) selon les différentes classes de bois. Ce tableau est essentiel si le marteleur souhaite identifier les raisons pour lesquelles il a tendance à maintenir (éventuellement, trop maintenir) ou *a contrario* pour lesquelles il ne maintient aucun arbre.



Proportion des essences		
	Nb ha^{-1}	(%)
Erable	4	50
Hêtre	1	7
Chênes	2	29
Divers	1	14
TOTAL	9	100

Distribution en classes de grosseurs	PB [30-90[		BM [90-150[		GB [150-200[		TGB [>=200]	
	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)
Erable	2	21	2	21	0	0	1	7
Hêtre	0	0	0	0	0	0	1	7
Chênes	0	0	1	7	1	14	1	7
Divers	1	14	0	0	0	0	0	0
TOTAL	3	36	2	29	1	14	2	21

Fig. 5.5 Exemple d'analyses portant sur les arbres maintenus

A

Distribution des arbres maintenus selon les raisons	PB [30-90[		BM [90-150[		GB [150-200[		TGB [>=200]		TOTAL	
	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)
Prot. Qualité	1	100	0	0	0	0	0	0	1	100
Educateur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production	2	60	1	20	0	0	1	20	3	100
Semencier	1	20	1	40	1	20	1	20	3	100
Accueil	0	0	1	50	0	0	1	50	1	100
Diversité	1	33	1	33	1	33	0	0	2	100
Prot. Physique	1	100	0	0	0	0	0	0	1	100

B

Contribution des différentes raisons au maintien total	(%)
Prot. Qualité	7
Educateur	0
Production	36
Semencier	36
Accueil	14
Diversité	21
Prot. Physique	7

C

Arbres associés au maintien	Nb arbre^{-1}
Prot. qualité	3.0
Educateur	0.0

D

Nombre moyen de raisons	Nb arbre^{-1}
PB	0.0
BM	1.4
GB	1.3
TGB	1.0
TOTAL	1.0

Fig. 5.6 Tableaux analysant les raisons du maintien

Ensuite, le tableau (B) illustre la contribution des différentes raisons au martelage. La somme de ces contributions peut être supérieure à 100 % puisque certains arbres peuvent être maintenus pour plusieurs raisons simultanément.

Un autre petit tableau (C) calcule le nombre moyen d'arbres bénéficiant du maintien d'un arbre à des fins de protection de qualité ou d'éducation. Ces chiffres rendent compte de la relation existant entre les arbres maintenus et leur environnement proche.

Enfin, le dernier tableau (D) de cette figure 5.6 reprend le nombre moyen de raisons avancées pour maintenir un arbre, et cela pour les quatre classes de grosseurs présentées. Il est donc le reflet de la combinaison de plusieurs raisons de maintien (par exemple, en moyenne, 1.4 raisons sont retenues pour maintenir un arbre de la catégorie des bois moyens).

Aspects économiques

6

Sommaire

6.1 Volumes 71
6.1.1 Tarifs de cubage 71
6.1.2 Volumes sur pied et prélevés 71
6.2 Valeur sur pied 71
6.2.1 Valeur de consommation, VC 71
6.2.2 Mercuriale des prix 71
6.2.3 Hypothèses 72
6.3 Gain 73
6.4 Valeur potentielle, VP 75

Toujours guidés par le désir de donner un maximum d'informations au marteleur, nous voici à une étape supplémentaire de ce travail : l'étape de la quantification économique du martelage. Fournir des indications financières paraît parfois inutile tant les variations de coût sont importantes selon les régions géographiques ou les qualités de bois. Pourtant, l'objectif du marteloscope est bien de contribuer à l'apprentissage du martelage. Ce martelage a évidemment un lien direct avec la rentabilité du peuplement puisqu'il transforme des potentialités en liquidités.

Dans ce chapitre, nous expliquons la manière avec laquelle nous avons mis en place un système de calcul permanent des volumes sur pied. A ces volumes, nous lions, essence par essence et selon les classes de grosseur, une mercuriale de prix qui dresse une valeur actuelle de consommation sur pied. Ensuite, grâce à la connaissance des valeurs de l'accroissement[1], nous estimons un gain et explicitons son utilisation pour calculer la valeur potentielle du peuplement.

Cette approche économique est une spécificité de MarteLauzelle 2.0.

[1]Pour des raisons de cohérence dans la succession des chapitres, nous détaillons les méthodes de calcul de l'accroissement au chapitre 9

6.1 Volumes

6.1.1 Tarifs de cubage

Nous partons du principe de l'utilisation de tarifs du cubage arbres. Nous reprenons ceux de DAGNELIE et al. (1999). Ces tarifs sont construits sur base d'échantillons provenant de la partie orientale de la Belgique et des forêts de la région brabançonne. Parmi les 15 essences représentées (tableau 2.1), nous obtenons les tarifs pour 10 essences. Nous ne calculons pas les volumes des cinq dernières essences (charme, châtaignier, houx, peuplier grisard, sorbier des oiseleurs), très minoritaires. Les tarifs utilisés sont repris en annexe *I*, à la page 119.

6.1.2 Volumes sur pied et prélevés

Le fichier Excel® "MarteLauzelle.xls" reprend, sur son onglet "économie" la somme totale des volumes (en m^3) des bois sur pied de circonférence supérieure ou égale à 30 cm ventilée selon les essences pour lesquelles nous disposons du tarif de cubage. La figure 6.1 reprend ces valeurs accompagnées de la valeur sur pied correspondante.

Il nous a également paru avantageux pour le marteleur de fournir une indication du volume prélevé lors du martelage en délivrance. Ayant en notre possession les volumes de la quasi-totalité des tiges sur pied, une requête sélectionne et exporte cette sélection vers l'onglet "Martelage" du fichier Excel® "MarteLauzelle.xls".

6.2 Valeur sur pied

Notre calcul de la valeur sur pied du peuplement se base sur la détermination de la valeur de consommation [AFI, 2005].

6.2.1 Valeur de consommation, VC

La valeur de consommation d'un arbre correspond à la valeur instantanée de l'arbre sur pied ; elle est donnée par la formule (6.1).

$$VC = PU \times V \tag{6.1}$$

Avec :
VC : la valeur de consommation (€) ;
PU : le prix unitaire par m^3 (€/m^3) ;
V : le volume de la grume (m^3).

6.2.2 Mercuriale des prix

Nous adoptons, essence par essence, les prix tirés de la mercuriale pintemps-été 2005 de SILVA BELGICA (112/4, 2005). Les prix sont fournis selon une requête sélectionnant le prix adéquat par classe de circonférence de 10 en 10 cm. Un bouton rassemblant les différentes requêtes "Valeurs et calculs économiques" (figure 3.17) permet à l'utilisateur, depuis les entrées utilisateur et gestionnaire, d'afficher une feuille Excel® reprenant la synthèse des volumes et valeurs de consommation du matériel sur pied (figures 6.1 et 6.2).

Tableau de synthèse		
Essence	Volume total (m^3)	Prix total (€)
Acer sp.	82	2429
Fagus sylvatica	247	17938
Fraxinus excelsior	0	0
Prunus avium	1	0
Pinus sylvestris	1	14
Quercus petraea	30	2493
Quercus robur	131	15445
Total	492	38319

Fig. 6.1 Synthèse des volumes et valeurs du peuplement sur pied

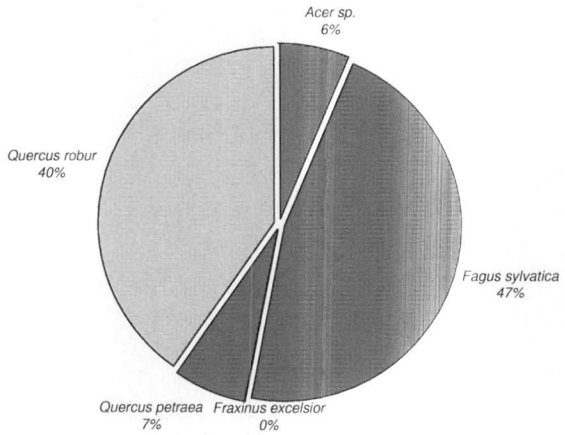


Fig. 6.2 Ventilation des valeurs de consommation des bois sur pied par essence

La valeur de consommation du matériel sur pied est proche de 38 000 € (figure 6.1) ; 47 % de ce montant est dû au hêtre et 40 % au chêne pédonculé. Cette constatation fait apparaître un fait important : la toute grande majorité de la valeur actuelle de consommation est attribuable aux gros hêtres et chênes. Or, ces deux essences sont très minoritaires dans les petites classes de bois ; le futur des rentrées financières du marteloscope aura un visage totalement différent puisque concentré dans les érables.

6.2.3 Hypothèses

En ce qui concerne les volumes, les tarifs de cubage utilisés comportent une seule et unique entrée - la circonférence - et estiment un volume de bois mesuré à une découpe fin bout de 22cm. DAGNELIE et al. (1999) indiquent que les précisions de ces tarifs varient de 8 à 20 % selon les utilisations faites ! Les valeurs estimées sont donc à utiliser prudemment.

Par ailleurs, les prix tirés de la mercuriale concernent des qualités précises dont nous n'avons pas tenu compte. Dès lors, il convient de considérer les montants financiers explicités dans cette section comme des ordres de grandeur. Selon RÉRAT (2004), le prix d'un chêne de même diamètre peut, par exemple, varier de 1 à 7 !

Nous créons dans l'entrée gestionnaire une commande destinée à mettre à jour la mercuriale des prix (voir figure 3.17).

6.3 Gain

Le gain correspond à l'accroissement en valeur d'un arbre. Il intègre l'accroissement en volume et l'augmentation consécutive du prix. Deux expressions différentes permettent son calcul (équations 6.2 et 6.3). La détermination du *Gain* via l'équation (6.2) est simple lorsque l'on bénéficie de deux inventaires. La deuxième méthode (6.3) permet quant à elle de calculer le gain même si l'on ne possède pas un deuxième inventaire ; par contre, nous aurons besoin d'une valeur d'accroissement pour l'appliquer.

$$Gain_1 = \frac{(PU_2 \times V_2) - (PU_1 \times V_1)}{t_2 - t_1} \tag{6.2}$$

$$Gain_2 = \frac{dVC}{dt} = VC \times \frac{dD}{dt} \times \frac{\left(\frac{dPU}{PU} + \frac{dV}{V}\right)}{dD} \tag{6.3}$$

Avec :
Gain est estimé entre les temps $t1$ et t_2 ;
$Gain_1$: gain mesuré de manière périodique ;
$Gain_2$: gain mesuré de manière instantannée ;
PU : prix unitaire (€/m^3) ;
V : volume (m^3) ;
VC : valeur de consommation (€) ;
D : diamètre exprimé en (cm).

Le gain s'exprime dès lors bien en [€/an].

Le calcul du rapport $\frac{dPU}{PU}/dD$ est réalisé par saisie manuelle dans chacune des tables de prix à l'aide d'un champ supplémentaire "dpu". Par exemple, la variation de prix pour une classe de diamètre i sera le rapport entre le prix valable pour la classe $i+1$ et celui de la classe i. La valeur est dès lors de "1" pour les classes successives où le prix de vente est constant.

Le calcul de $\frac{dV}{V}/dD$ implique la connaissance de l'accroissement en volume (I_v) pour chaque catégorie de grosseur. Celui-ci peut, par exemple, être estimé à l'aide d'un tarif de cubage à une entrée, en utilisant la circonférence initiale et la circonférence après accroissement.

Les valeurs calculées du gain - par essence - sont exportées sur la feuille de calcul Excel® "Economie". Les figures 6.3 et 6.4 reprennent les cas du hêtre et du frêne. Nous y constatons, pour un accroissement fictif[2], le lien étroit entre accroissement et gain. Voici encore une preuve de l'intérêt de connaître l'accroissement.

[2] A l'heure actuelle, n'ayant pas encore un deuxième inventaire, nous ne pouvons déterminer un accroissement réel ; l'accroissement présenté est obtenu sur base d'un peuplement hypothétique.

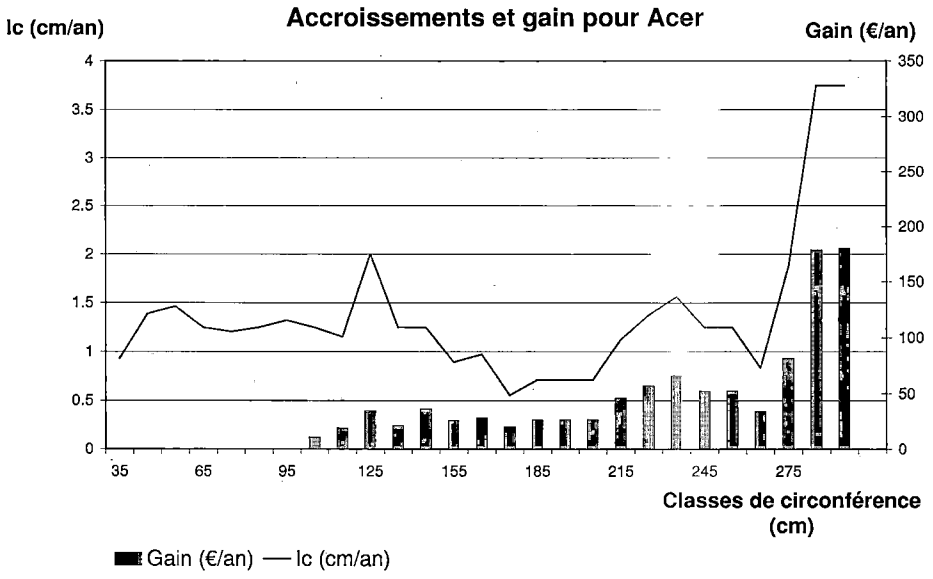


Fig. 6.3 Gains calculés et accroissements en circonférence pour l'érable
Les accroissements en circonférence sont fictifs

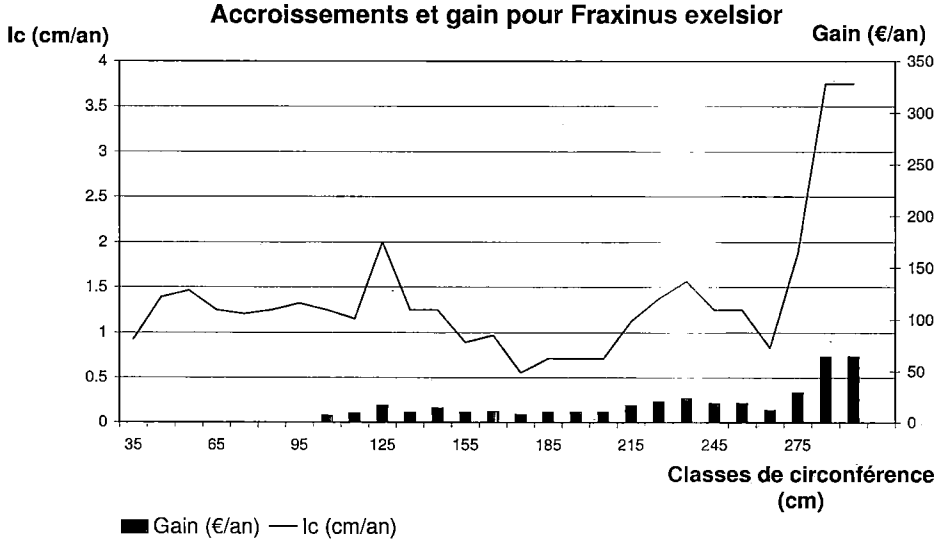


Fig. 6.4 Gains calculés et accroissements en circonférence pour le frêne
Les accroissements en circonférence sont fictifs

6.4 Valeur potentielle, VP

La valeur potentielle correspond à celle d'un capital qui, placé à un certain taux fixé, fournira un revenu correspondant à l'accroissement en valeur (Gain). Selon AFI (2005), l'intérêt de la valeur potentielle par rapport à la valeur d'avenir est double : (*i*) elle n'exige pas la fixation de l'âge d'exploitabilité ; (*ii*) elle permet la détermination du diamètre d'exploitabilité (l'évolution de la valeur potentielle selon les classes de grosseur présente un maximum pouvant être assimilé à la dimension d'exploitabilité).

Nous trouvons la valeur potentielle via deux méthodes : (*i*) une approche périodique (6.4) et (*ii*) une approche instantanée (6.5).

$$VP = \frac{Gain_1}{(1,0t)^n - 1} \tag{6.4}$$

$$VP = \frac{Gain_2}{0,0t} \tag{6.5}$$

Avec :
$Gain_1$: gain mesuré de manière périodique ([€/an]) ;
$Gain_2$: gain mesuré de manière instantannée ([€/an]) ;
t : taux d'actualisation ;
n : nombre d'années entre les deux inventaires.

La méthode instantanée (équation 6.5) permet de calculer le gain et la valeur potentielle dans un dispositif comme le nôtre où nous n'avons qu'un seul inventaire.



Fig. 6.5 L'irrégularité du marteloscope

BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES EXACTES
3, Place des Sciences
348 LOUVAIN-LA-NEUVE - Belgium

Aspects spatiaux

7

Sommaire

7.1 Les bases du travail 76
7.2 Réalisation des cartes 77
7.3 Cartes 77
7.3.1 Localisation 77
7.3.2 Site 77
7.3.3 Peuplement 77
7.3.4 Les arbres d'avenir 79
7.4 La sélection interactive 79

Dans ce chapitre, nous munissons le marteleur d'outils cartographiques. Dans le cadre du mémoire, nous avons construit diverses cartes thématiques du marteloscope. Ces cartes, destinées à la consultation en début d'exercice (pour situer le marteloscope dans sa globalité) mais aussi très certainement lors de l'exercice même (pour conforter ou infirmer un choix), sont une base de réflexion importante.

Après avoir informé le lecteur sur les sources et méthodes cartographiques, le chapitre décrit chacune des cartes réalisées.

7.1 Les bases du travail

Nous ne sommes pas partis les mains vides dans la réalisation des cartes ; diverses informations étaient déjà en notre possession.

Les limites du marteloscope ont été relevées à la boussole forestière en 2003 par Julien RADOUX et Pierre LHOIR (carte 7.2). Les données forment aujourd'hui une couche d'information sous ArcMap®. La position (X, Y et Z) de tous les arbres d'une circonférence supérieure à 30 cm est géoréférencée la même année par station totale laser (précision de 0,01 m [Adamas et Mannik, 1998]).

Enfin, nous disposons d'informations géographiques telles que le parcellaire du Bois de Lauzelle établi en 2000, la carte topographique (à l'échelle 1/10.000 ; IGN, 1986) et la carte des sols de la région de Wavre (à l'échelle 1/20.000 ; IRSIA, 1970). Aussi, le plan photographique numérique communal (PPNC) de Wavre datant de 1996 est à notre disposition.

7.2 Réalisation des cartes

Les différentes cartes décrites ci-après sont réalisées sous ArcMap d'ESRI®. Le système de projection est le Lambert belge 1972, les coordonnées du cadre sont exprimées en mètres et l'ellipsoïde utilisé est celui de Hayford.

Nous avons procédé à l'importation dans ArcMap® des coordonnées X, Y des souches et tiges[1] du marteloscope.

7.3 Cartes

Cette section reprend la liste des cartes réalisées et précise leur obtention. Les informations qui peuvent être retirées au niveau du marteloscope sont synthétisées au chapitre 2.

Les cartes sont disponibles au format .pdf[2] sur le CD accompagnant le mémoire.

7.3.1 Localisation

Deux cartes localisent le marteloscope dans le Bois de Lauzelle. La première situe la parcelle du marteloscope sur fond topographique (carte 7.1), la seconde dévoile le marteloscope sur fond d'image aérienne (carte 7.2).

7.3.2 Site

Après avoir localisé le marteloscope, nous le décrivons ; sa topographie dans un premier temps (carte 7.3) en figurant d'une part le fond IGN et d'autre part un modèle numérique de terrain disponible pour l'ensemble du Bois de Lauzelle (interpolation SPLINE). Ensuite, nous incluons la carte des sols (carte 7.4).

7.3.3 Peuplement

Lors de nos relevés de terrain, il est apparu difficile de retrouver un arbre particulier (par exemple pour confirmer une donnée). Grâce à la localisation des numéros des souches et tiges (carte 7.5), la tâche devrait être grandement facilitée.

Ensuite, nous dressons par croisement des couches "sols" et "groupes d'essences" la carte d'adaptation à la station (carte 7.6) selon les critères donnés par le guide des boisements [Weissen et al., 1994]. La carte est dressée pour le hêtre, les chênes ainsi que l'érable.

La carte suivante (carte 7.7) positionne les arbres en visualisant leur appartenance à une classe de grosseur (des très petits bois aux très gros bois, voir tableau 2.2). Le couvert du marteloscope est illustré sur la carte 7.8. Les mesures du couvert ont été réalisées dans le cadre de ce mémoire en février 2006. Nous avons, pour chaque arbre, mesuré deux rayons perpendiculaires du houppier (selon les directions Nord et Ouest) et inclu ces mesures dans la table d'inventaire du logiciel.

[1] Pour rappel, les souches correspondent aux numéros des arbres et les tiges aux possibles multiples souches (souche 2, tige a ; souche 2, tige b par exemple)

[2] Portable Document Format

La surface du houppier est calculée de la manière suivante (figure 7.1, les équations 7.1 et 7.2) :

$$\overline{R_i} = \frac{R1_i + R2_i}{2} \tag{7.1}$$

$$\text{Surface de projection}_i = \pi \times \overline{R_i}^2 \tag{7.2}$$

Avec :
$\overline{R_i}$: rayon moyen du houppier de l'arbre i (m) ;
$R1$: rayon du houppier mesuré vers le Nord (m) ;
$R2$: rayon du houppier mesuré vers l'Ouest (m).

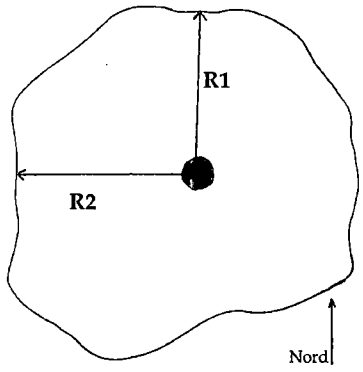


Fig. 7.1 Méthode de mesure de la surface de projection du houppier

Sur base des données des surfaces de projection des houppiers, deux calculs peuvent être établis : (*i*) le rapport entre la somme de toutes les projections des houppiers et la superficie du marteloscope, soit (après requête dans MarteLauzelle) le rapport 7.3 (**degré de couverture**) et (*ii*) la part de la surface du peuplement occupée par la projection des couronnes (**degré de recouvrement**) [Schütz, 1990].

$$\text{Degré de couverture} = \frac{\sum_{i=0}^{n} s_i}{S} = \frac{18236}{16025} = 1,138 \tag{7.3}$$

Avec :
s_i : surface de projection d'un arbre (m^2) ;
S : superficie du marteloscope (m^2) ;
n : nombre total d'arbres du marteloscope.

Le degré de recouvrement est déterminé en estimant la superficie des vides (sous ArcMap®).

$$\text{Degré de recouvrement} = \frac{S - S_{vides}}{S} = 1 - \frac{S_{vides}}{S} = 1 - \frac{2255}{16025} = 0,859 \tag{7.4}$$

Avec :
S : superficie du marteloscope (m^2) ;
S_{vides} : somme des vides (m^2).

Enfin, nous calculons le rapport 7.5 de la somme de tous les houppiers du marteloscope sur la fraction de la parcelle couverte par les houppiers, exprimant la superposition des houppiers.

$$\frac{\text{Degré de couverture}}{\text{Degré de recouvrement}} = \frac{\sum_{i=0}^{n} s_i}{S - S_{vides}} = \frac{18236}{16025 - 2255} = 1,324 \quad (7.5)$$

Avec :
s_i : surface de projection d'un arbre (m^2) ;
S : superficie du marteloscope (m^2) ;
n : nombre total d'arbres du marteloscope ;
S_{vides} : somme des vides (m^2).

7.3.4 Les arbres d'avenir

Nous représentons sur la carte 7.10 l'ensemble des tiges désignables, accompagné du couvert. Les critères de choix de ces arbres sont précisés à la section 4.4

7.4 La sélection interactive

Enfin, une carte interactive a été conçue de façon à visualiser la variabilité spatiale des caractéristiques dendrométriques à l'échelle du dispositif. Le marteleur ouvre le fichier "selection interactive.mxd " sous ArcMap®, ainsi qu'une session d'édition au cours de laquelle il sélectionne une zone particulière du marteloscope à l'aide d'un rectangle de sélection. Enfin, grâce à l'outil statistique d'ArcMap®, il dispose, pour chacun des champs inventoriés (c130, g130, rayon moyen du houppier, groupe d'essence, volume, statut) des histogrammes de distribution en effectifs pour les souches sélectionnées (figure 7.2).

C'est cet outil qui nous a permis de dresser, par exemple, la carte 7.11

Marteloscope du Bois de Lauzelle

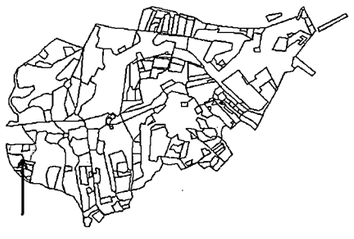
Localisation des souches et tiges, année 2003 (c130 > 30 cm)

N

Localisation des souches et tiges et leur numérotation asosicée

Limite du marteloscope

Bois de Lauzelle



Sources : base de données MILA
levés de terrains à la boussole forestière, 2003
relevés topographiques laser, 2003

Coordonnées du cadre : mètres

Lambert belge 1972

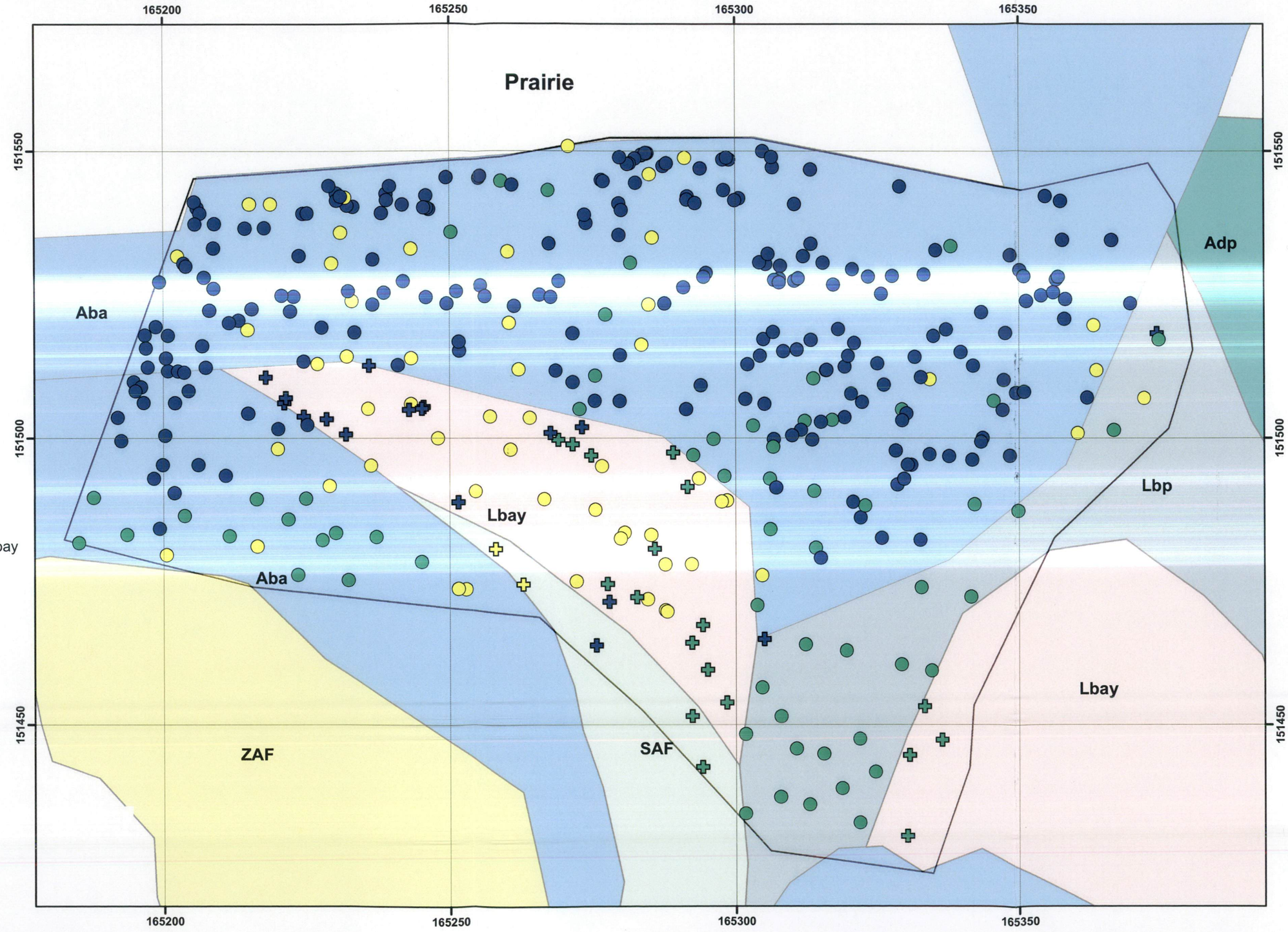
Ellipsoïde de Hayford

Auteur : Olivier Baudry, avril 2006

Marteloscope du Bois de Lauzelle

Adaptation des essences aux stations, année 2003



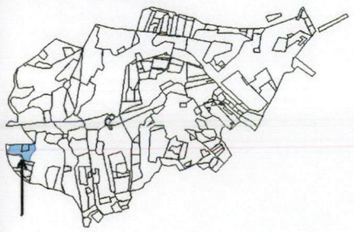


- Erables en station
- Erables hors station
- Hêtres en station
- Hêtres hors station
- Chênes en station
- Chênes hors station

- Luvisol, Aba
- Sol modérement gleyifié sur limon, Adp
- Sol sablo-limoneux à horizon B textural, Lbay
- Sol sur limon sableux, Lbp
- Sol limono-sableux, SAF
- Podzol, ZAF

- Limite du marteloscope

Bois de Lauzelle



Sources : base de données MILA
carte des sols de Belgique, Wavre, IRSIA, 1970 (1:20.000)
guide des boisements, MRW, 1994
levés de terrains à la boussole forestière, 2003
relevés topographiques laser, 2003

0 10 20 40 60 80 100 Mètres

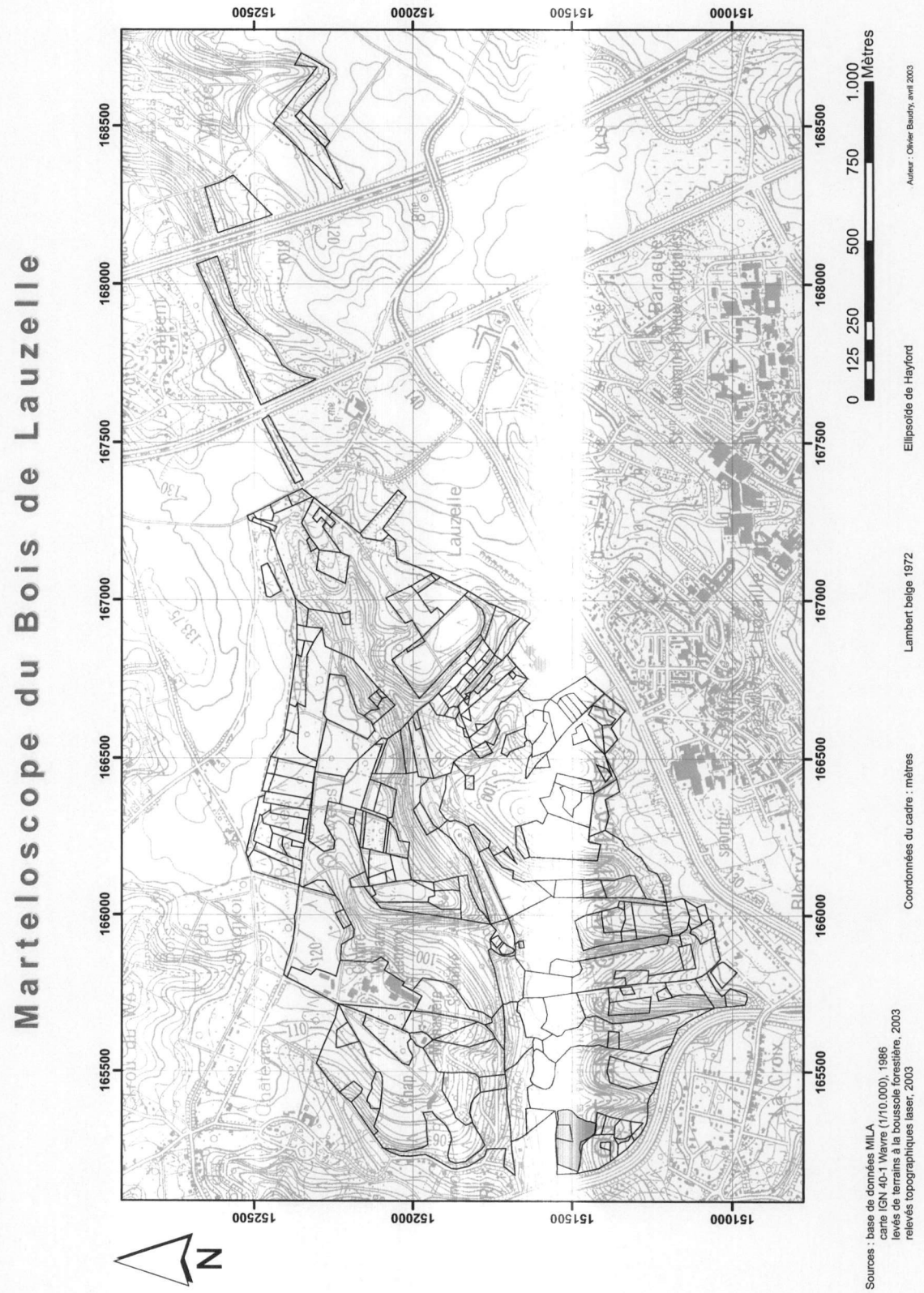
Coordonnées du cadre : mètres

Lambert belge 1972

Ellipsoïde de Hayford

Auteur : Olivier Baudry, avril 2006

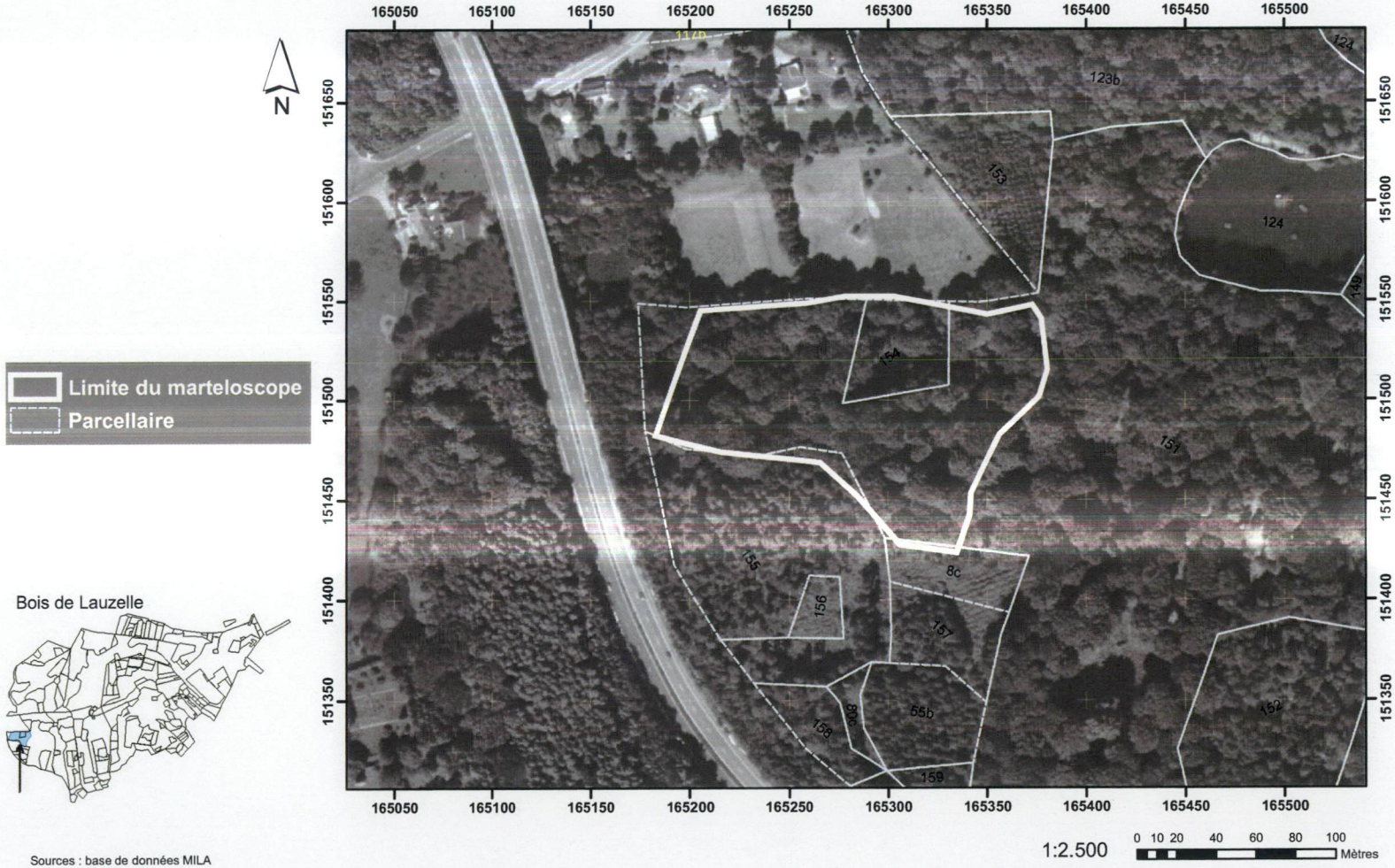
Carte 7.1 Le marteloscope dans le Bois de Lauzelle



Carte 7.2 Le marteloscope sur fond d'image aérienne

Marteloscope du Bois de Lauzelle

Localisation



Sources : base de données MILA
PPNC, 1996
levés de terrains à la boussole forestière, 2003
relevés topographiques laser, 2003

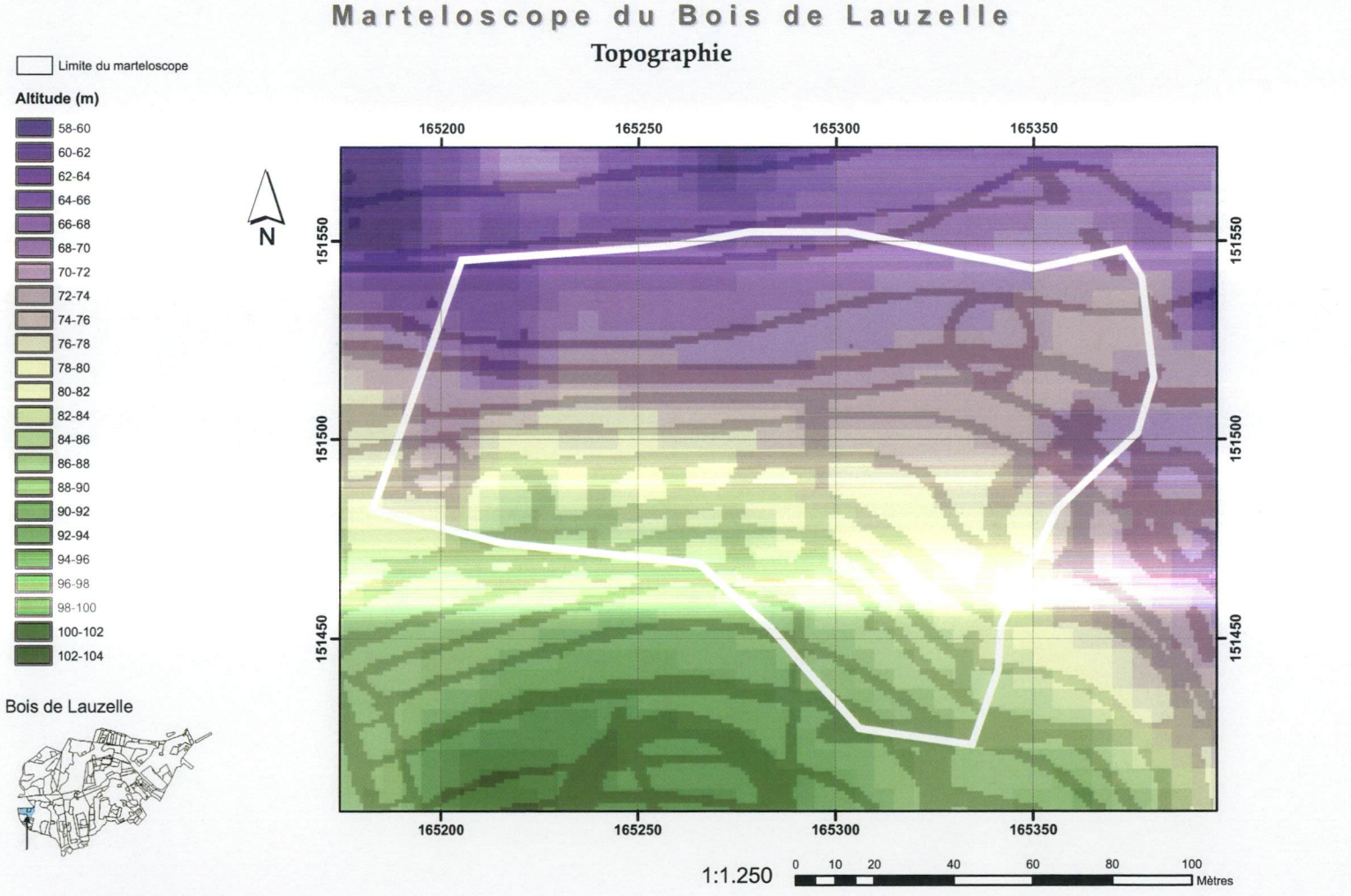
Coordonnées du cadre : mètres

Lambert belge 1972

Ellipsoïde de Hayford

Auteur : Olivier Baudry, avril 2006

Carte 7.3 La topographie du marteloscope



Sources : base de données MILA
carte IGN, 40-1Wavre (1/10.000), 1986
Modèle numérique de terrain MILA, interpolation spline
levés de terrains à la boussole forestière, 2003

Coordonnées du cadre : mètres

Lambert belge 1972

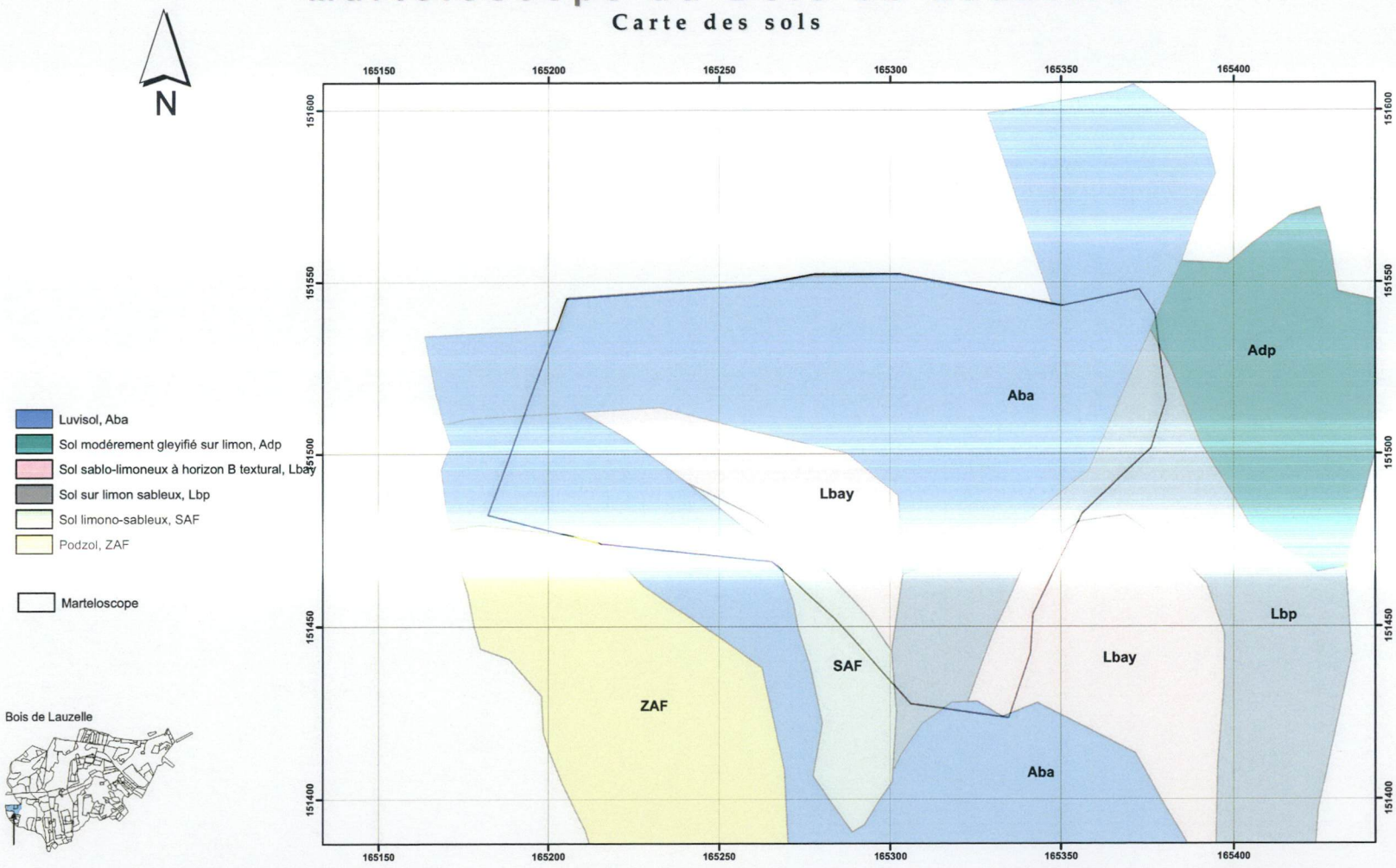
Ellipsoïde de Hayford

Auteur : Olivier Baudry, avril 2006

Carte 7.4 La carte des sols

Marteloscope du Bois de Lauzelle

Carte des sols



1:1.000

0 10 20 40 60 80 100 Mètres

Sources : base de données MILA
carte des sols de Belgique, Wavre, IRSIA, 1970 (1:20.000)
levés de terrains à la boussole forestière, 2003
relevés topographiques laser, 2003

Coordonnées du cadre : mètres

Lambert belge 1972

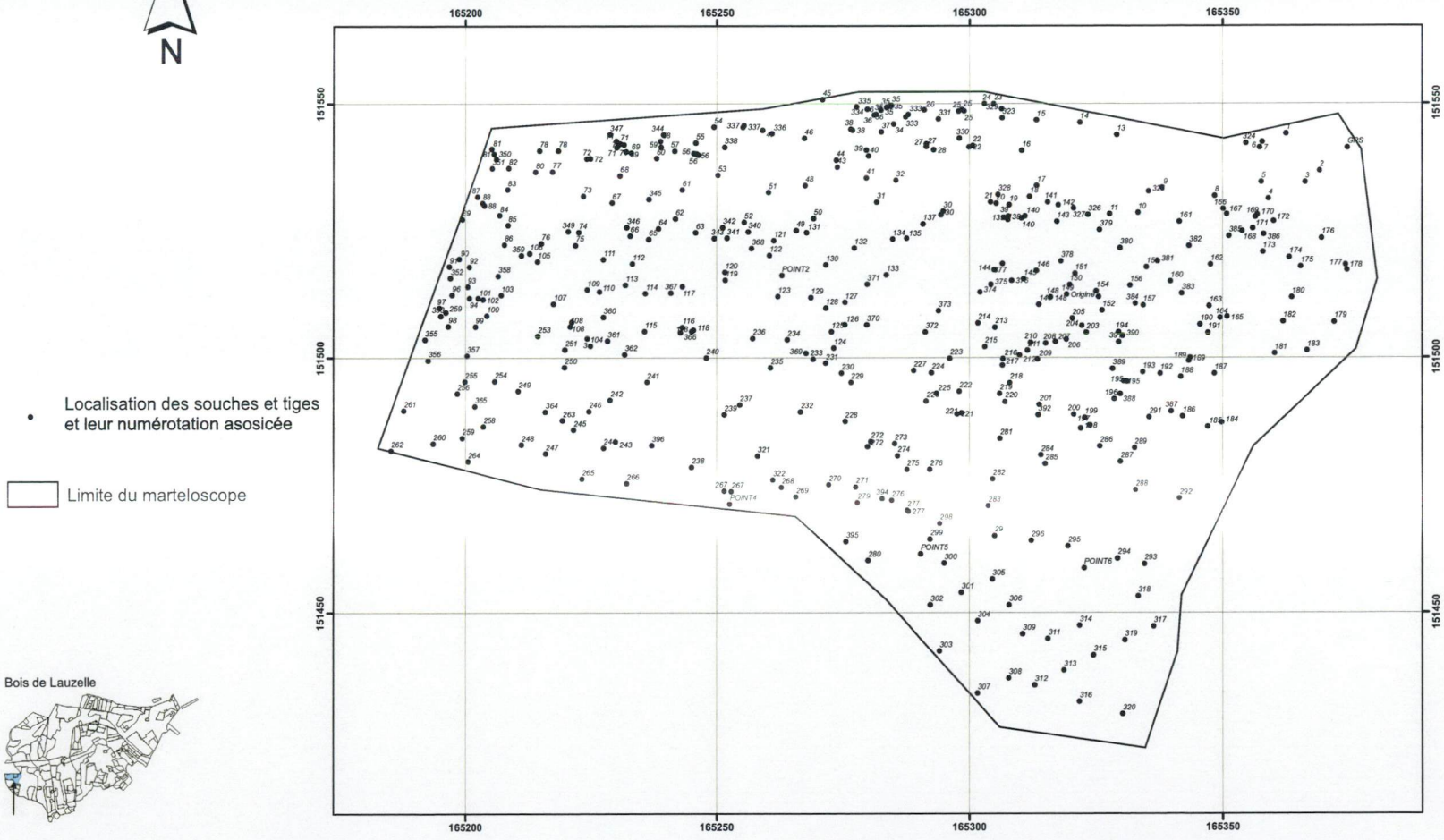
Ellipsoïde de Hayford

Auteur : Olivier Baudry, avril 2006

Carte 7.5 Localisation des souches et tiges

Marteloscope du Bois de Lauzelle

Localisation des souches et tiges, année 2003 (c130 > 30 cm)



Localisation des souches et tiges et leur numérotation asosicée

Limite du marteloscope

Bois de Lauzelle

Sources : base de données MILA
levés de terrains à la boussole forestière, 2003
relevés topographiques laser, 2003

Coordonnées du cadre : mètres

Lambert belge 1972

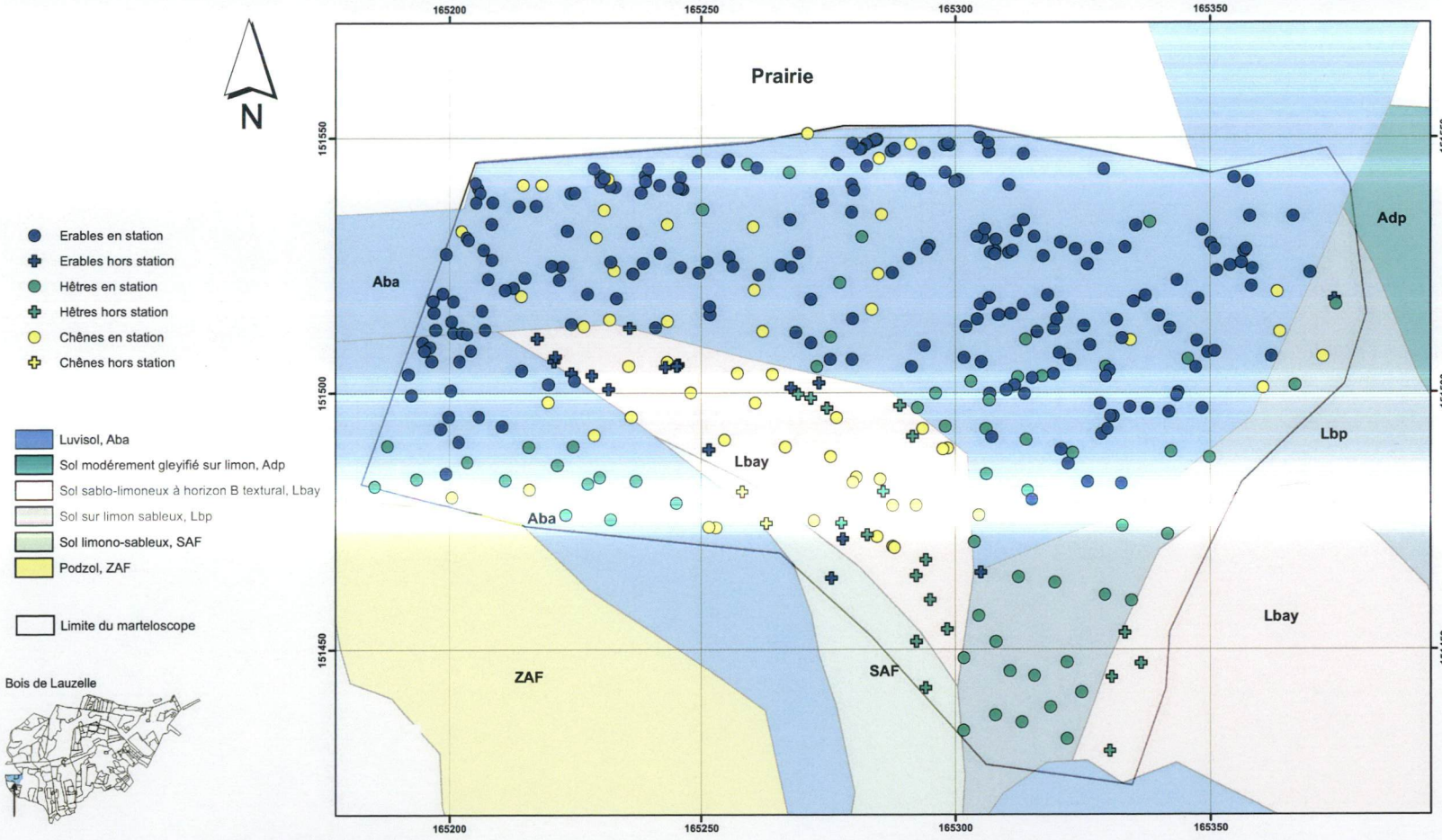
Ellipsoïde de Hayford

Auteur : Olivier Baudry, avril 2006

Carte 7.6 Adaptation des essences à la station

Marteloscope du Bois de Lauzelle

Adaptation des essences aux stations, année 2003



Sources : base de données MILA
carte des sols de Belgique, Wavre, IRSIA, 1970 (1:20.000)
guide des boisements, MRW, 1994
levés de terrains à la boussole forestière, 2003
relevés topographiques laser, 2003

Coordonnées du cadre : mètres

Lambert belge 1972

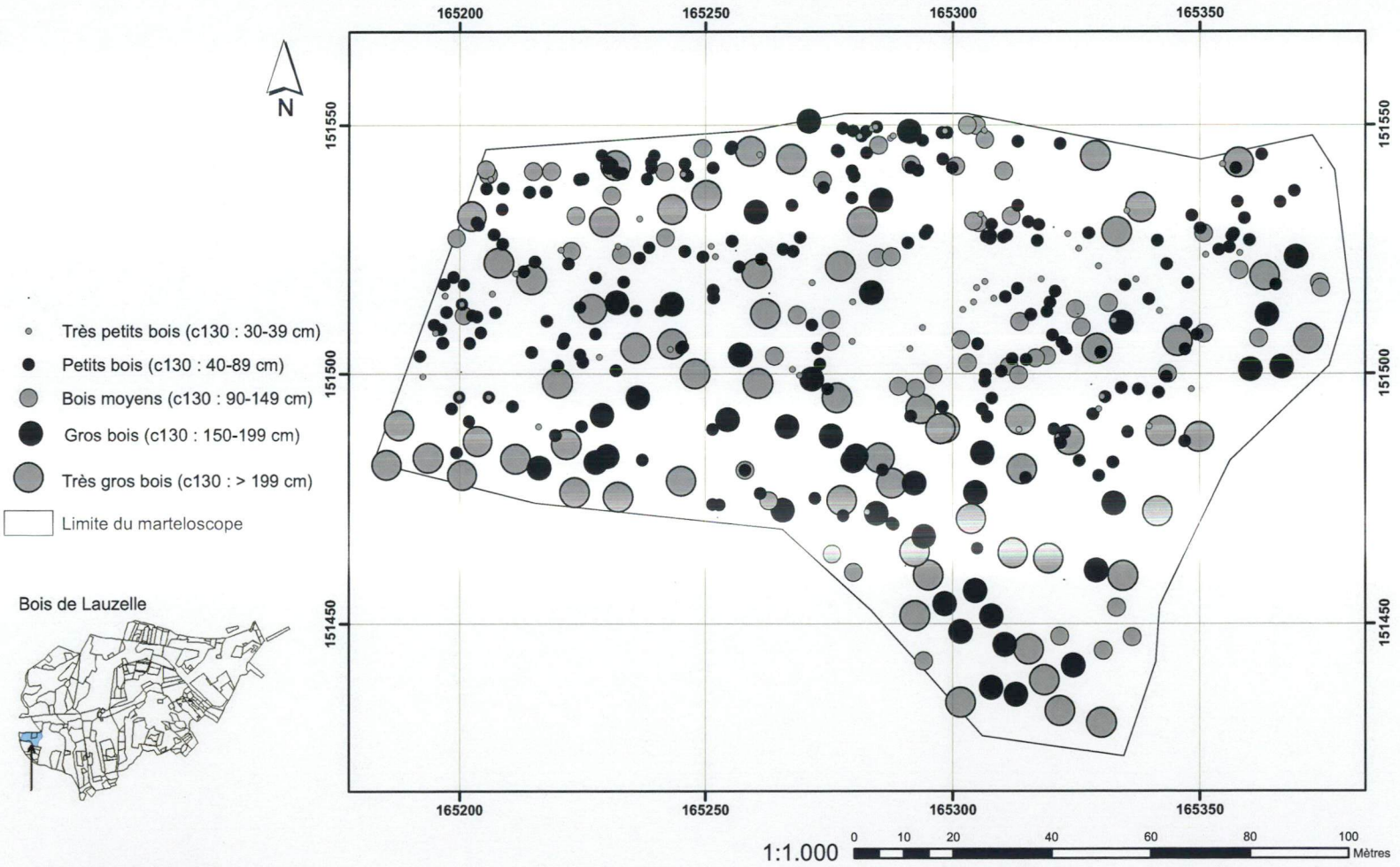
Ellipsoïde de Hayford

Auteur : Olivier Baudry, avril 2006

Carte 7.7 Les classes de grosseur des bois

Marteloscope du Bois de Lauzelle

Classes de bois, année 2003



Sources : base de données MILA
levés de terrains à la boussole forestière, 2003
relevés topographiques laser, 2003

Coordonnées du cadre : mètres

Lambert belge 1972

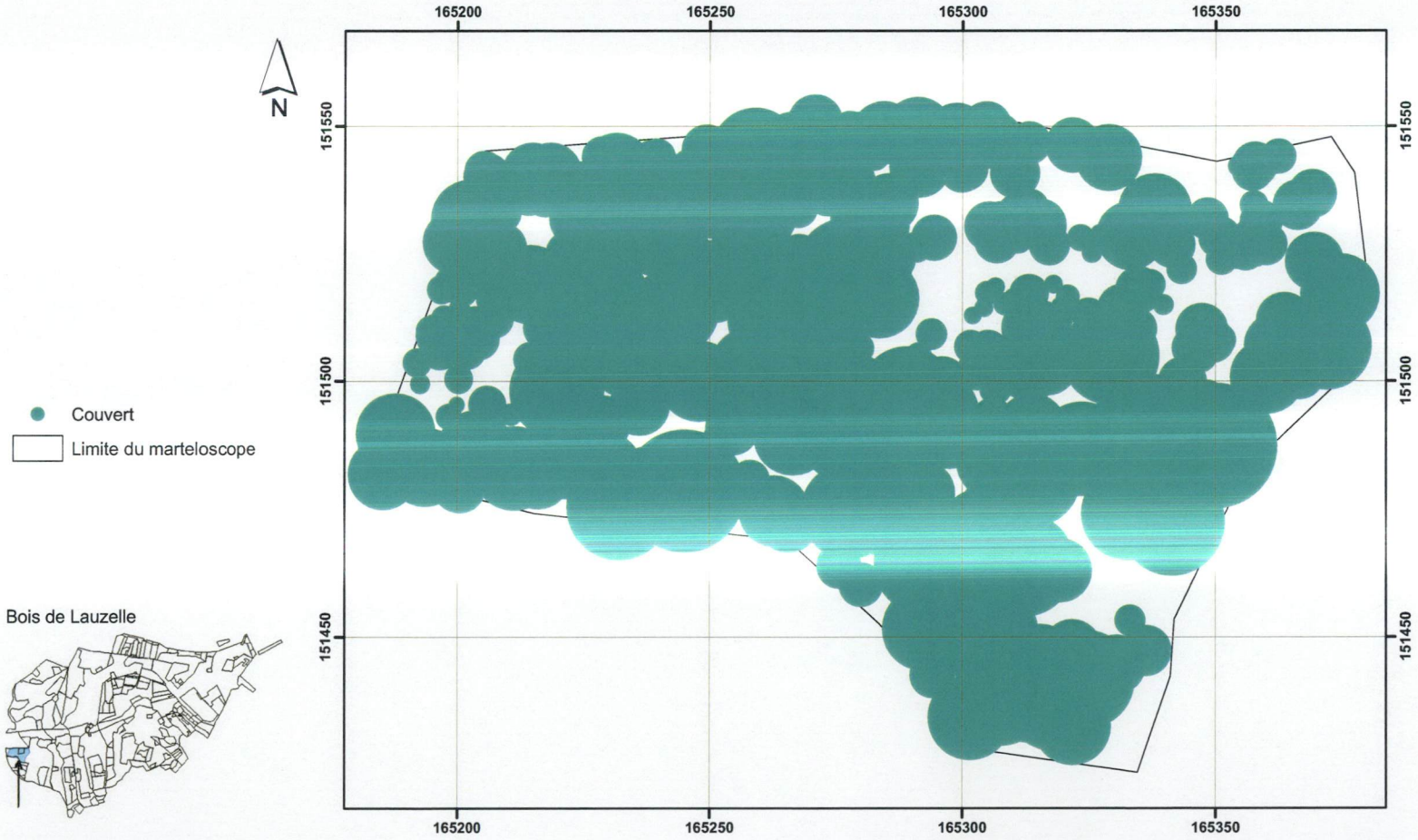
Ellipsoïde de Hayford

Auteur : Olivier Baudry, avril 2006

Carte 7.8 Le couvert du marteloscope

Marteloscope du Bois de Lauzelle

Couvert des houppiers, année 2006



Sources : base de données MILA
levés de terrains à la boussole forestière, 2003
relevés topographiques laser, 2003
mesures des rayons des houppiers selon deux directions, 2006

Coordonnées du cadre : mètres

Lambert belge 1972

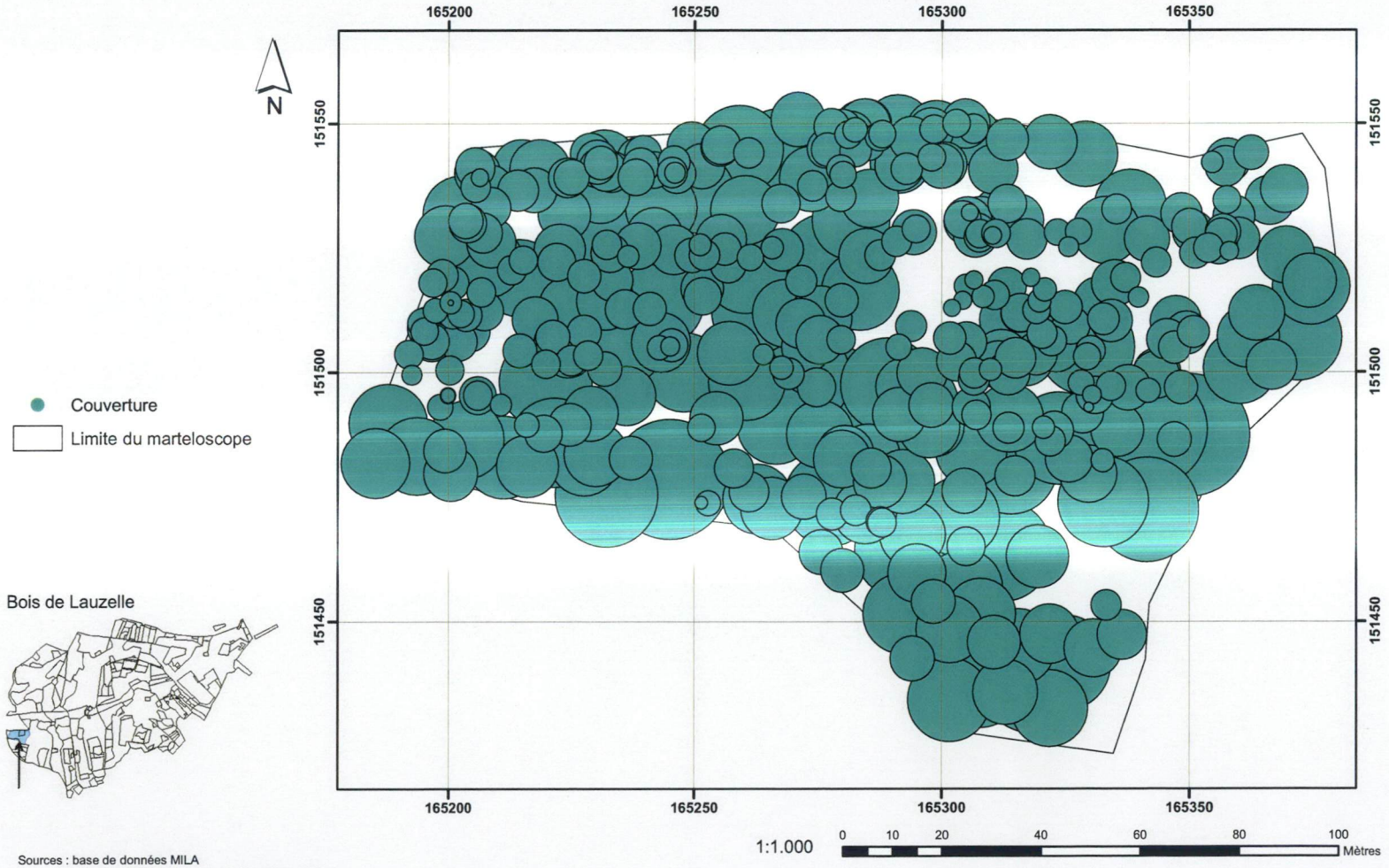
Ellipsoïde de Hayford

Auteur : Olivier Baudry, avril 2006

Carte 7.9 Couverture du marteloscope

Marteloscope du Bois de Lauzelle

Couverture des houppiers, année 2006



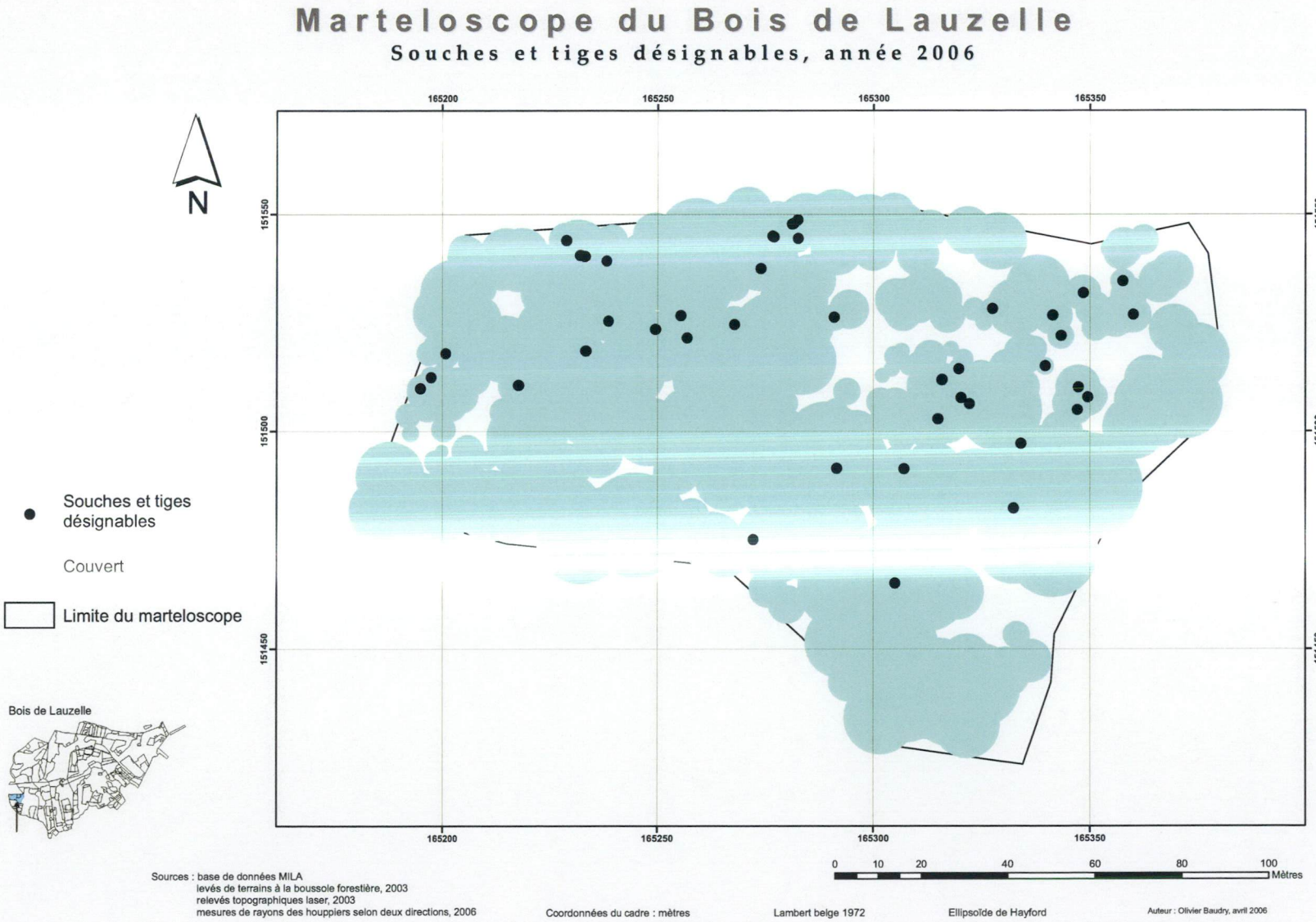
Sources : base de données MILA
levés de terrains à la boussole forestière, 2003
relevés topographiques laser, 2003
mesures des rayons des houppiers selon deux directions, 2006

Coordonnées du cadre : mètres

Lambert belge 1972

Ellipsoïde de Hayford

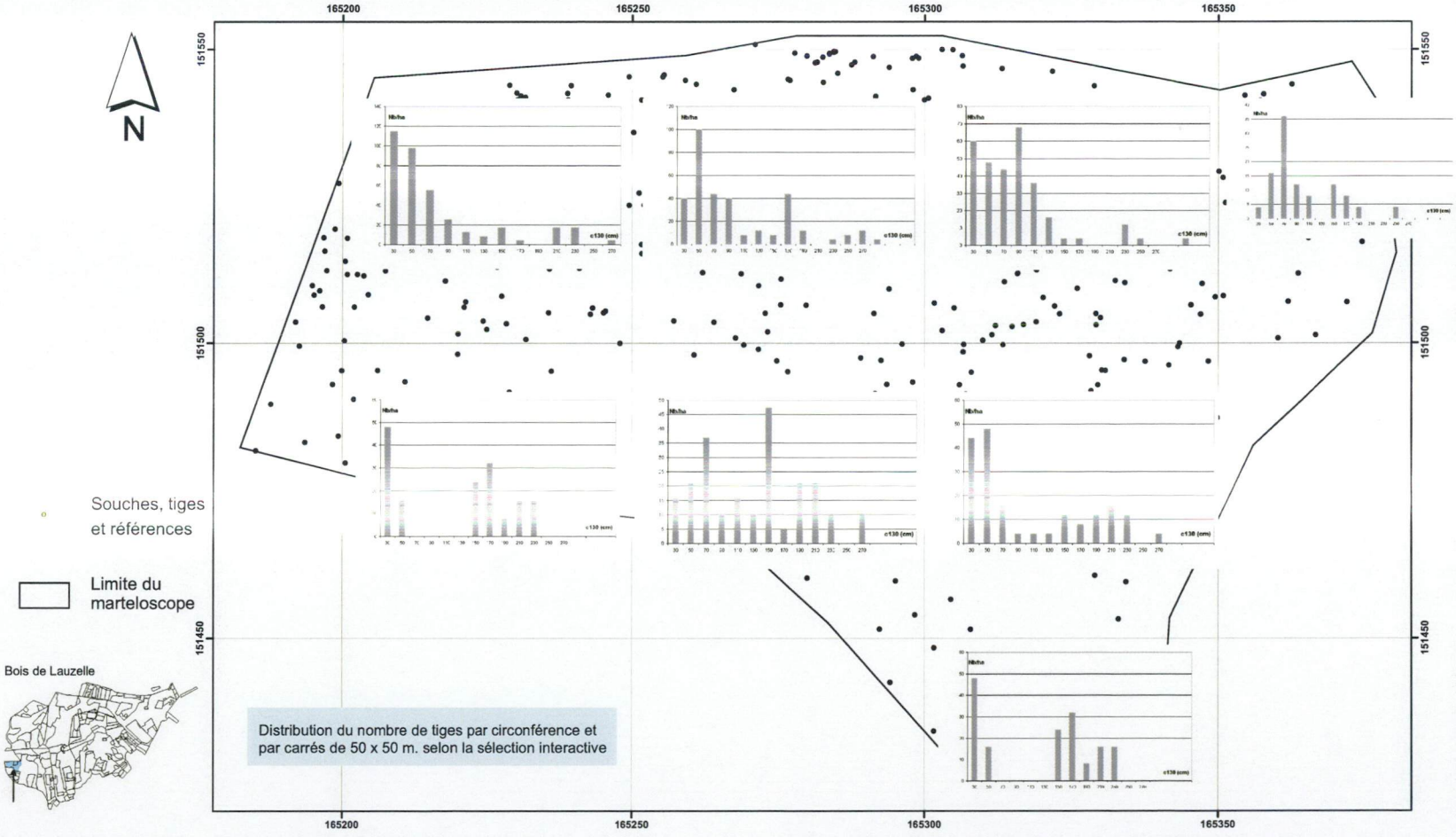
Auteur : Olivier Baudry, avril 2006



Carte 7.10 Les arbres désignables du marteloscope

Carte 7.11 Structure spatiale du marteloscope

Marteloscope du Bois de Lauzelle
Variabilité spatiale de la structure, année 2003



Sources : base de données MILA
levés de terrains à la boussole forestière, 2003
relevés topographiques laser, 2003

Coordonnées du cadre : mètres

Lambert belge 1972

Ellipsoïde de Hayford

Auteur : Olivier Baudry, avril 2006

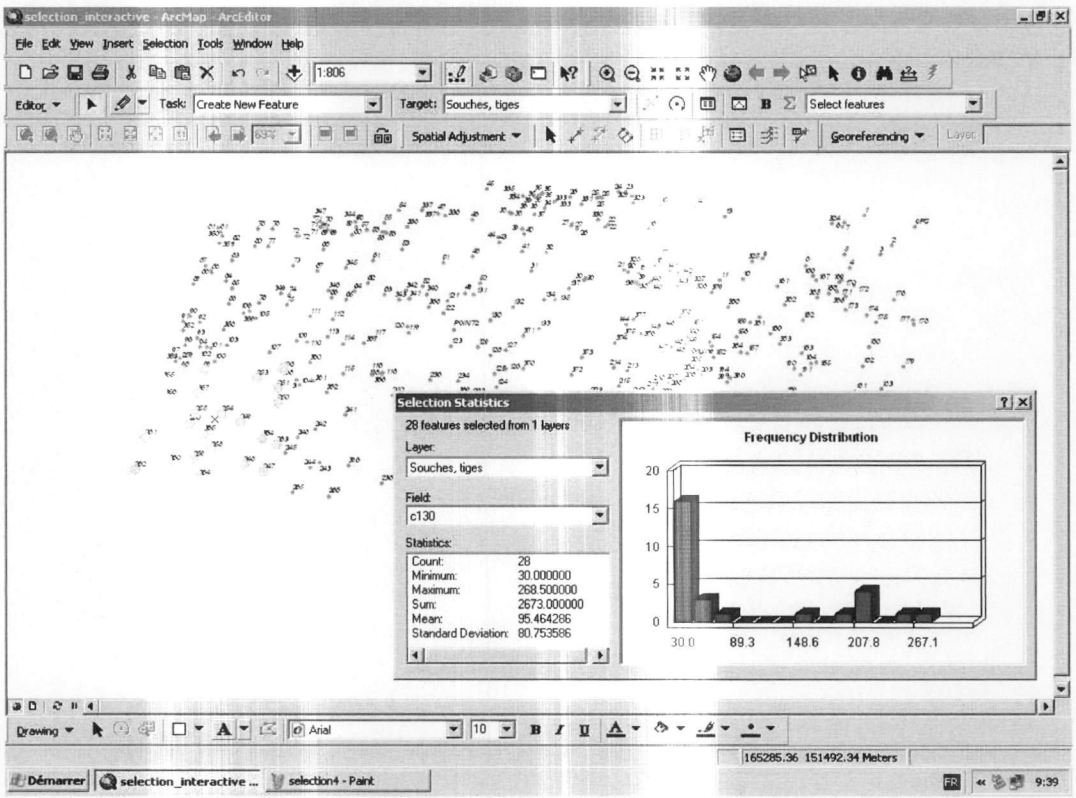


Fig. 7.2 Sélection interactive, les histogrammes de sélection

Approches pédagogiques

8

Sommaire

8.1 Suivi d'une séance de martelage 92
8.2 Document introductif 93
8.3 Martelages-types 94
8.4 Données sur le comportement des essences 95
8.4.1 Le hêtre 95
8.4.2 Les chênes sessile et pédonculé 96
8.4.3 Les autres feuillus 96
8.5 Modèles de stratégie de martelage 96

Le dernier chapitre de cette partie consacrée aux constructions didactiques concerne l'apport pédagogique du marteloscope. Ce chapitre se veut un bilan des outils mis en place afin de faciliter la perception du martelage. Si le logiciel MarteLauzelle 1.0 de départ présentait déjà un aspect didactique fort, il est apparu une série de lacunes à combler. Nous avons élaboré un document introductif à l'exercice de martelage, fournissant une série de recommandations sur le martelage, procurant des informations sur le peuplement, les conditions stationnelles. Nous reprenons et décrivons aussi les résultats des martelages réalisés par les étudiants (figures 8.1 et 8.2). A l'origine de ces pages, une séance de martelage...

8.1 Suivi d'une séance de martelage

Le 23 décembre 2005, nous avons eu l'opportunité de suivre les étudiants de $4^{ème}$ année dans leur découverte du marteloscope. A cette occasion, nous avions rédigé un fasicule présentant le dispositif, les raisons d'enlèvement d'un arbre ainsi que la démarche pour compléter la fiche de martelage (voir annexe V page 131). Nous avons effectué l'exercice avec ces étudiants durant la matinée et analysé avec eux les résultats de leur martelage.

Les figures 8.1 et 8.2 révèlent la distribution des tiges martelées en circonférence et en essences selon les groupes d'étudiants. La différence de martelage entre les deux groupes est manifeste, 113 arbres martelés pour le groupe 1 contre 21 pour le deuxième. Le groupe 1 a modifié profondément la structure du peuplement par une mise à blanc locale tandis que le groupe 2 conserve la structure irrégulière du peuplement.

Cet exemple illustre d'une manière extrême la multiplicité des approches de martelage et la nécessité pour le marteleur de disposer de repères. Le bilan de cette journée est relaté dans le tableau 8.1 page 94.

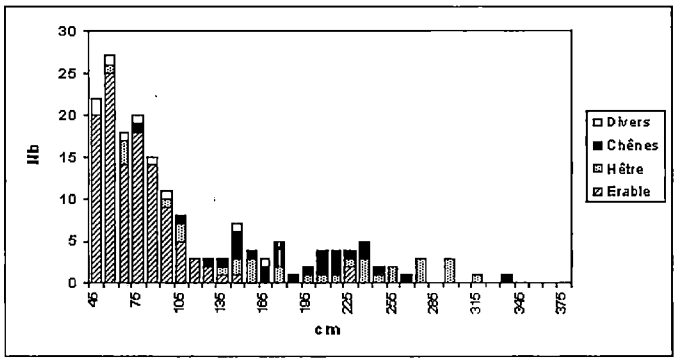


Fig. 8.1 Martelage du groupe 1
Martelage réalisé le 23 décembre 2005 (n=113)

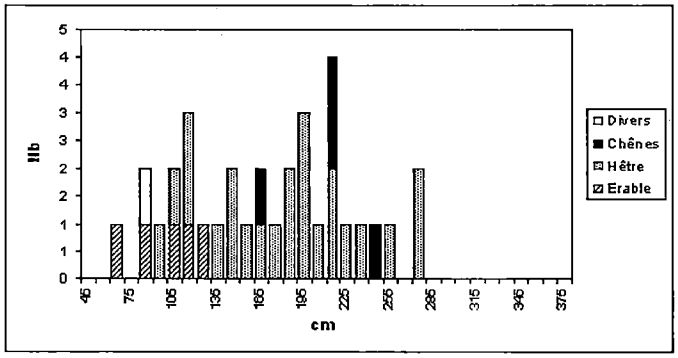


Fig. 8.2 Martelage du groupe 2
Martelage réalisé le 23 décembre 2005 (n=21)

8.2 Document introductif

La structure du fascicule (voir annexe *IV*) est la suivante :

1. Définition, buts et usages d'un marteloscope
2. Déroulement de la découverte-martelage
3. Raisons d'enlèvement d'un abre
4. Raisons du maintien d'un arbre
5. Encodage de la fiche de martelage
6. Le site du marteloscope
7. Le peuplement
8. Conseils pour le martelage
9. Résultats et sorties
10. Coordonnées utiles

Dans ce fascicule, nous insistons sur la nécessité de parcourir le dispositif avec un objectif global fixé au préalable. A l'issue de l'évaluation de la séance du 23 décembre 2005, les étudiants déclarent avoir rencontré des difficultés à se fixer des objectifs, tout en précisant que pour eux les objectifs peuvent être modulés au cours de la séance. Nous répondrons à cela que oui, certains objectifs locaux peuvent être modulés mais qu'ils se doivent d'être articulés autour d'un objectif global pour le marteloscope. C'est par l'existence de cet objectif fort que la démarche d'analyse et de martelage prend tout son sens. Les comparaisons entre objectif fixé et résultats obtenus n'auraient aucune utilité si le marteleur parcourait le dispositif sans but précis.

Ainsi, divers objectifs globaux peuvent être envisagés : orienter le peuplement vers une structure jardinée équilibrée, privilégier le mélange des essences, rétablir une homogénéité spatiale, ... Pour chacun de ces objectifs globaux, divers moyens peuvent être mis en œuvre tels que respectivement la diminution du nombre de tiges dans les classes de gros bois, la régénération du hêtre et du chêne, la régénération sur l'ensemble du peuplement. Ces objectifs se fondent sur des constats particuliers que sont le déséquilibre en surface terrière des gros bois par rapport aux petits bois, la quasi-absence de régénération de hêtre et de chênes dans certaines zones du marteloscope.

Nous suggérons qu'un objectif global soit choisi lors de la présentation du dispositif et des caractéristiques du peuplement.

Afin de fournir au marteleur différentes valeurs seuils ou bornes entre lesquelles le martelage peut "évoluer", une de nos idées consiste à lui procurer différents martelages-types.

8.3 Martelages-types

Tab. 8.1 Etude de satisfaction de la journée de martelage du 23 décembre

Ce qui a marqué les étudiants	*Les découvertes*	*Ce qui plaît*	*Les nouveaux outils à développer*
La démarche de martelage qui passe par la fixation d'objectifs	La complexité de l'irrégulier	La réflexion pour arriver à une décision	
		L'imagination développée	Les résultats doivent être plus clairement expliqués
		L'analyse en commun des résultats	

Une demande mise en évidence lors de la séance de martelage fut celle d'obtenir plus de points de comparaison ainsi qu'une grille claire des raisons du maintien ou de l'enlèvement d'un arbre. Les étudiants avaient l'impression de terminer la journée en n'ayant pas obtenu une "évaluation" suffisante de leur travail.

Les marteleurs débutants ont tendance à vouloir conduire d'emblée le peuplement actuel à la structure future ; il convient dès lors d'inscrire le martelage dans un contexte temporel (rotation) et spatial (série) plus large. Par ailleurs, l'intérêt des marteleurs peut être accrû en indiquant comment leur martelage contribue, par un archivage *ad hoc*, à développer des repères.

Les martelages repères dont nous suggérons l'élaboration future permettent la comparaison de politiques de martelage selon des objectifs fixés au préalable. La comparaison aurait lieu sur des variables communes (par exemple le volume prélevé lors du martelage, la surface terrière résiduelle, ...).

Nous pourrions envisager de faire réaliser ces martelages par des personnes aux regards professionnels totalement différents afin de mettre en avant des tendances contrastées.

8.4 Données sur le comportement des essences

Le peuplement du marteloscope est irrégulier et mélangé. Ce mélange présente un fort intérêt écologique mais qu'en est-il de la comparaison du pouvoir concurrentiel des essences présentes aux différents stades de développement ? Dans ces quelques lignes, nous décrivons très succinctement les comportements des essences présentes sur le dispositif.

La tolérance à l'ombrage est le facteur limitant le plus significatif dans la différence de comportement des résineux et feuillus en futaie irrégulière [Schütz, 2006]. Nous expliquons ce facteur par l'exploration de l'espace latéral plus large chez les feuillus ainsi que leur tendance à fermer le couvert. Cet effet est renforcé par un houppier plus large, pour un même diamètre de tige, chez les feuillus.

En outre, les feuillus ont la particularité de pouvoir développer des branches adventives en cas de fermeture du couvert à l'inverse des résineux [Schütz, 2006]. Cette caractéristique procure aux feuillus un avantage adaptatif.

Enfin, les jeunes perches à croissance sympodiale ne peuvent tolérer l'ombrage aussi longtemps que les résineux sans perdre leur capacité à retrouver un état qualitatif satisfaisant une fois que l'ombrage diminue [Schütz, 2006]. Nous reprenons dans le tableau 8.2 les tempéraments des essences présentes dans le marteloscope.

8.4.1 Le hêtre

Le hêtre, essence tolérante à l'ombrage, est généralement connu pour son aptitude à bien se développer dans les peuplements irréguliers [Bedel, 2001]. La régénération y est présente sur les sols aux niveaux trophiques divers. L'hyromorphie peut gêner son développement.

L'acquisition de semis n'est possible que si la surface terrière totale est inférieure à 20 m^2/ha [Bedel, 2001]. Pour SCHÜTZ (2006), l'équlibre démographique en futaie jardinée pure de hêtre est atteint avec des valeurs sur pied de 250 m^3/ha et une surface terrière de 22 m^2/ha.

8.4.2 Les chênes sessile et pédonculé

Les avis sur la capacité des chênes à se developper durablement en peuplement irrégulier sont partagés. Ceci est expliqué par l'exigence en lumière pour la régénération. BARY-LENGER et NEBOUT (2004) témoignent pourtant de l'intérêt des chênes en futaie irrégulière au vu de la grande variété d'essences feuillues et résineuses capables de se développer en accompagnement. Pour eux, le traitement peut être appliqué par bouquets ou pied par pied. Dans ce dernier cas, la difficulté est liée à la concurrence des autres ligneux - notamment le hêtre - et la fructification irrégulière des chênes. Néanmoins, *pour sauvegarder la cime des chênes, il faut impérativement faire disparaître tout arbre gênant, que ce soit dans l'étage dominant ou dans l'étage dominé* [Bary-Lenger et Nebout, 2004].

Pour les chênes, la croissance en diamètre semble diminuer à partir d'une surface terrière de 17 à 18 m^2/ha [Bedel, 2001].

8.4.3 Les autres feuillus

BEDEL (2001) témoigne de la domination de l'érable, en stations eutrophes, dans les trouées d'une superficie allant jusqu'à 70 m^2. Le frêne lui va dominer la régénération sur des surfaces légèrement supérieures.

8.5 Modèles de stratégie de martelage

PIERRAT et al. (2005) décrivent la stratégie de martelage en suivant la séquence des décisions binaires d'enlèvement ou de maintien d'un arbre selon deux modèles aux finalités distinctes - l'un conditionnel, l'autre marginal. Nous décrirons les résultats issus du modèle conditionnel.

Dans le modèle conditionnel, les auteurs se sont intéressés à l'influence des caractéristiques de l'arbre et des arbres voisins ainsi que des décisions précédentes sur le choix établi. Il ressort de l'étude que les décisions prises sur les trois arbres les plus proches ont une influence réelle sur le choix de martelage. Dès lors, il est suggéré, lors de l'établissement des virées de martelage de limiter au maximum les variations et passages brutaux d'un type de bois à un autre. On préfèrera par exemple procéder par des virées aux variations relativement constantes (passer du TPB au GB en un maximum de tige) [Bruciamacchie et al., 2005].

Le travail par cellule de martelage est toujours possible mais les résultats de cette étude recommandent que le choix d'établir une cellule à un endroit particulier tienne compte de l'hétérogénéité entre les diverses cellules de martelage.

Tab. 8.2 Tempérament, hauteur adulte et couvert des essences du martéloscope

TEMPÉRAMENT DE L'ESSENCE	HÉLIOPHILE		PLUTÔT HÉLIOPHILE		A PEINE HÉLIOPHILE		SCIAPHILE	
Couvert / Hauteur	< 25 m	> 25 m	< 25 m	> 25 m	< 25 m	> 25 m	< 25 m	> 25 m
Très léger à léger	*Alnus glutinosa*	*Populus canescens, Pinus sylvestris, Quercus robur, Prunus avium*		*Fraxinus excelsior*				
Assez léger à plutôt léger				*Quercus petraea*	*Sorbus aucuparia*			
Plutôt épais à assez épais			*Ulmus sp.*	*Acer pseudoplatanus*		*Castanea sativa*		
Epais à très épais					*Carpinus betulus*			*Fagus sylvatica*

D'après [Bary-Lenger et Nebout, 2004]

Troisième partie

Les constructions pour la gestion

La troisième partie de ce mémoire dresse en un chapitre les outils de gestion du marteloscope. Comme nous l'avons signalé, le marteloscope est un dispositif évolutif. Le matériel est vivant, il nécessite d'être régulièrement inventorié. Les arbres le composant peuvent aussi être abattus et de nouvelles tiges rejoignent celles inventoriées auparavant.

Outils de gestion du dispositif 9

Sommaire

9.1 Gestion courante **101**
9.2 Accroissements **102**
9.2.1 Méthodes de calcul 102
9.2.2 Intérêts et limites des deux méthodes 107
9.3 Archivage des martelages **108**
9.4 Utilisation à long terme des données d'inventaire **108**
9.5 L'avenir du marteloscope **108**

La tâche du gestionnaire concerne essentiellement la mise à jour des arbres du dispositif au cours des inventaires successifs. La mise à jour des arbres sur pied premièrement implique d'établir les listes de passages à la futaie et de mortalité, et deuxièmement de quantifier les évolutions des caractéristiques continues (par exemple c130) et discrètes des arbres du peuplement (par exemple quelle est la part des arbres sains dont l'état sanitaire devient moyen).

Nous avons vu précédemment l'importance de la considération de l'accroissement. Le calcul de ce dernier n'est permis, dans notre cas, que par la comparaison d'inventaires. La plus grande rigueur dans la sélection des arbres intervenant dans ce calcul est requise. Nous détaillerons les calculs d'accroissements selon deux méthodes basées sur la comparaison d'inventaires : la méthode de la matrice de transition et la méthode des composantes de l'accroissement.

9.1 Gestion courante

Inventaires successifs et mise à jour des données

L'entrée gestionnaire de MarteLauzelle 2.0 permet l'encodage d'inventaires. Par l'intermédiaire d'un bouton de commande "Inventaire", le gestionnaire met à jour les caractéristiques des arbres existant lors de l'inventaire $t-1$, inscrit les nouveaux arbres inventoriés ou signale la disparition de tiges. Il dispose pour ce faire d'un formulaire d'encodage "terrain" (qui reprend les données de l'inventaire $t-1$) et d'un formulaire de saisie informatique. Ce formulaire de saisie informatique envoie les arbres dans les tables adéquates en fonction des diverses informations recensées lors des inventaires successifs.

La disparition d'arbres entre deux inventaires peut être due à un abattage ; nous envisageons cette possibilité en créant une commande "abattage". Avant que le gestionnaire ne remplisse le formulaire de saisie de l'inventaire, MarteLauzelle pose la question de l'éventuel abattage.

Le fonctionnement de ce formulaire d'inventaire (figure 3.18) est explicité à la figure 9.1. Le formulaire d'inventaire se base sur la table "Inventaire avant" tandis que les tables remplies par ce formulaires sont : (*i*) "inventaires" (table principale reprenant toutes les tiges de c130 $\geq$ 30 cm inventoriées depuis la création du marteloscope ; (*ii*) "mortalité TPB" (contenant les arbres morts et dont la circonférence est comprise entre 30 et 39,5 cm) ; (*iii*) "mortalité" (reprenant tous les autres arbres morts dont la circonférence est supérieure ou égale à 40 cm) ; (*iv*) "passage à la futaie", arbres vivants ayant dépassé le seuil d'inventaire durant l'intervalle de temps séparant les inventaires successifs.

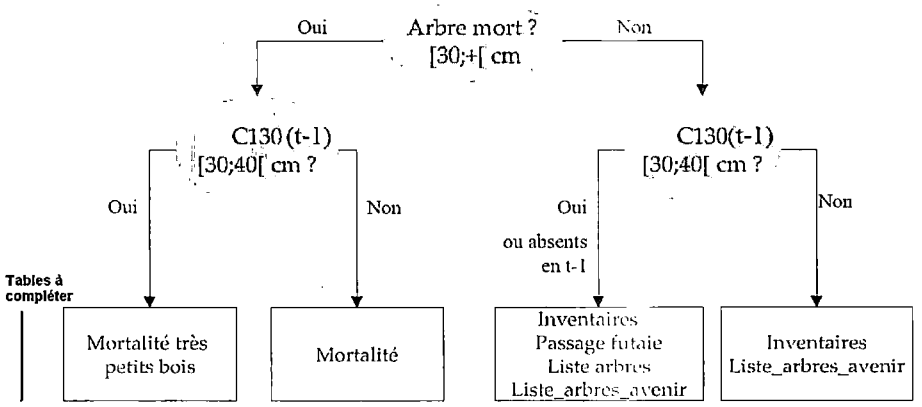


Fig. 9.1 Organigramme de dispatching des tiges dans les différentes tables lors de la saisie d'inventaire

Dès qu'un arbre est aiguillé vers une des tables de mortalité, la table "liste arbre" est mise à jour en indiquant l'année de sortie de l'inventaire et le numéro de la tige. Cette liste est la mémoire du marteloscope ; elle reprend tous les enregistrements de souches, tiges avec leur année d'entrée et de sortie d'inventaire.

Nous avons enfin créé deux tables de travail "inventaire t1" et "inventaire t2". Ces deux tables sont issues de la copie de la table "inventaires" avant et après la mise à jour de l'inventaire. C'est à partir de ces deux tables que le calcul de l'accroissement s'établit.

9.2 Accroissements

La détermination de l'accroissement en peuplement irrégulier est associé à deux grands enjeux : (*i*) au niveau du peuplement, l'accroissement est la référence pour le prélèvement dans une futaie irrégulière en équilibre ; de plus, (*ii*) à l'échelle de l'arbre, l'accroissement conditionne en partie le choix des arbres à maintenir et la plus-value qui résulte de ce maintien. Nous avons vu précédemment le lien fondamental existant entre l'accroissement et la structure du peuplement [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005]. Ce lien permet dès lors d'émettre des hypothèses sur l'évolution du peuplement. L'accroissement est aussi un des paramètres de calcul du gain et ainsi de la valeur potentielle des arbres du peuplement (voir section 6.2).

C'est donc pour des raisons impliquant et l'individu (choix du maintien) et le peuplement (prélèvement, valeur potentielle) que nous accordons de l'importance au calcul de l'accroissement dans le marteloscope du Bois de Lauzelle.

9.2.1 Méthodes de calcul

Deux méthodes de calcul de l'accroissement sont développées en parallèle dans le logiciel MarteLauzelle 2.0. Ces deux méthodes se basent sur la comparaison d'inventaires. La première méthode expliquée est celle fondée sur les équations issues des chaînes de MARKOV et le calcul des promotions. La deuxième méthode est la méthode du calcul des composantes de l'accroissement.

9.2.1.1 La matrice de promotion

Contexte Notre premier choix de méthode de calcul d'accroissement se base sur la comparaison d'inventaires et le passage par un système matriciel de promotion. Cette méthode permet le calcul de l'accroissement individuel moyen par classes de grosseur toutes essences confondues. Un fichier Excel® est créé ("promotion.xls") et joint au dossier "Marteloscope" (figure 9.2). Ce fichier "promotion.xls" permet, moyennant la connaissance de deux inventaires (nombre de tiges dans 35 classes de circonférence, de 35 à 375 cm), de déterminer la ventilation des mouvements de bois entre les bois stationnaires, promus, doublement promus et triplement promus ; le fichier crée donc une matrice de transition. Un tableau de transition se remplit conjointement et c'est à partir de ce tableau que se détermine l'accroissement.

Pour réaliser cette matrice de transition, il convient de traiter quelque peu les données d'inventaires. Nous ne pouvons pas directement considérer les effectifs présents dans chacune des classes de circonférence ; il importe de prendre en compte la mortalité - naturelle ou liée à des coupes - entre les deux inventaires. En théorie, il conviendrait de tenir compte de l'année précise à laquelle les arbres sont morts, afin de connaître l'intervalle de temps réel où ces arbres ont contribué à l'accroissement. Dans le cas d'une mortalité naturelle, l'année de la mort est le plus souvent inconnue. Nous émettons alors l'hypothèse que seule une fraction des tiges, correspondant à l'intervalle de temps entre les deux inventaires, participera à l'accroissement.

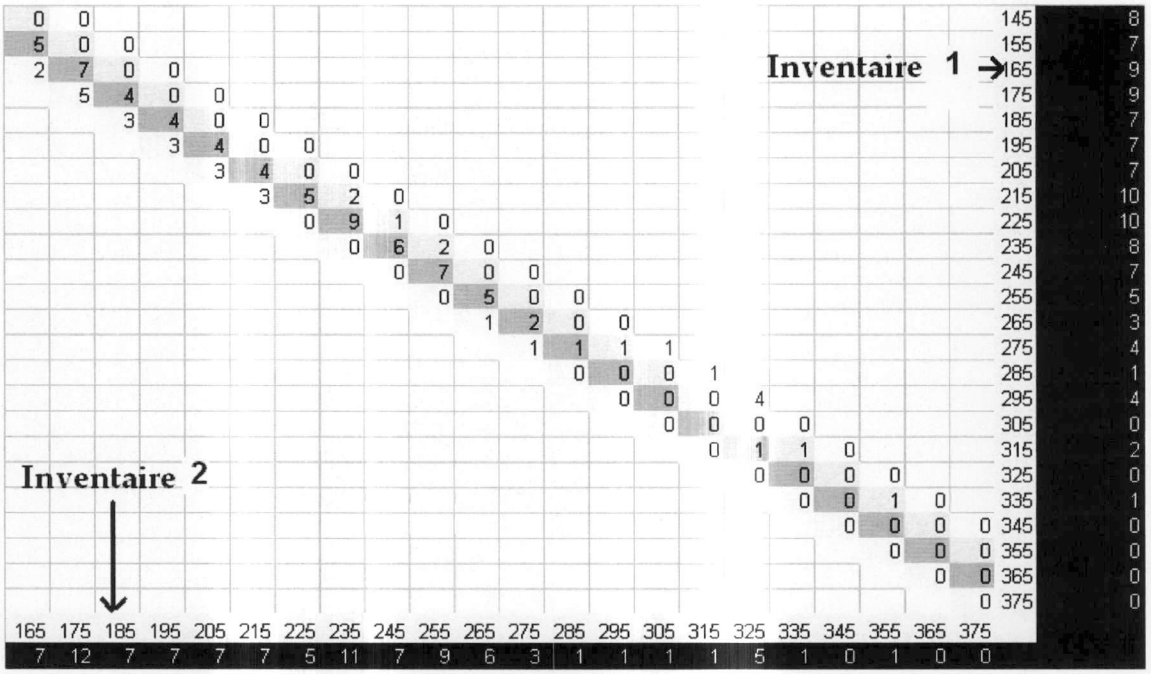


Fig. 9.2 Table de promotion

Exemple 9.1:

Deux inventaires sont réalisés à 6 ans d'intervalle (entre t_1 et t_2), la table "mortalité" révèle qu'au terme du deuxième inventaire, 18 arbres y sont inscrits, et cela dans diverses classes de circonférence. Nous supposons que ces 18 arbres ne sont pas tous morts l'année du deuxième inventaire mais à une fréquence régulière durant les 6 ans. Ainsi, si nous voulons calculer un accroissement par an, il ne nous faudra considérer que $\frac{18}{6}$ des arbres morts, soit 3 arbres. L'accroissement correspondant à ces 3 arbres sera calculé en ajoutant ces trois arbres à l'inventaire au temps t_2.

Quels arbres choisir maintenant ? Nous tirons ces arbres au hasard et les rajoutons dans les classes de grosseur auxquelles ils appartiennent. ■

Il importe également de prendre en compte l'accroissement des arbres abattus entre les périodes t_1 et t_2 et repris spécifiquement dans la table abattage. Ici, nous connaissons la date de l'abattage et pouvons ainsi ajuster les inventaires en fonction de celle-ci.

Mise en équations Le modèle de promotion par utilisation d'une matrice de transition se base sur les probabilités des tiges à passer d'une classe de grosseur à une autre [Rondeux, 1993]. Par exemple, le passage de la classe i à la classe j aura une probabilité d'occurence de t_{ij}. La matrice de transition T utilisée sera celle-ci :

$$T = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1i} & t_{1n} \\ 0 & t_{22} & \dots & t_{2i} & t_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & t_{mn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & t_{nn} \end{pmatrix}$$

Si la matrice T reprend les probabilités de passage d'une catégorie de bois à une autre, elle ne renseigne pas précisément le lecteur sur la détermination des promotions dans ces catégories.

Pour cela, nous présentons le tableau matriciel 9.1 illustrant la synthèse de l'algorithme à appliquer pour remplir la matrice de transition. Cet algorithme est compris dans le fichier Excel®.

S_1					A_1
...	...	...	...	...	...
0	...	TP_{n-2}	0	0	A_{n-5}
0	...	DP_{n-2}	TP_{n-1}	0	A_{n-4}
0	...	SP_{n-2}	DP_{n-1}	TP_n	A_{n-3}
0	0	S_{n-2}	SP_{n-1}	DP_n	A_{n-2}
0	0	0	S_{n-1}	SP_n	A_{n-1}
0	0	0	0	S_n	A_n
B_1	...	B_{n-2}	B_{n-1}	B_n	

Tab. 9.1 Localisation et calcul des promotions [Rondeux, 1993]

Le vecteur A est la distribution du nombre de tiges par classe de circonférence lors du premier inventaire ; le vecteur B pour le second inventaire.

Pour la classe n, les valeurs de promotion sont données par les quatre équations suivantes :
- S_n : le nombre de stationnaires de la classe de circonférence la plus élevée correspond au nombre de bois de cette classe lors du premier inventaire ;
- $SP_n = min(B_n - S_n; A_{n-1})$;
- $DP_n = max[min(B_n - S_n - SP_n; A_{n-2}); 0]$;
- $TP_n = max(B_n - S_n - SP_n - DP_n; 0)$;

Pour les classes $n-1$ et $n-2$,
- $S_{n-1} = A_{n-1} - SP_n$;
- $S_{n-2} = A_{n-2} - SP_{n-1} - DP_n$;
- $SP_{n-1} = min(B_{n-1} - S_{n-1}; A_{n-2} - DP_n)$;
- $SP_{n-2} = min(B_{n-2} - S_{n-2}; A_{n-3} - DP_{n-1} - TP_n)$;
- $DP_{n-1} = max[min(B_{n-1} - S_{n-1} - SP_{n-1}; A_{n-3} - TP_n); 0]$;
- $DP_{n-2} = max[min(B_{n-2} - S_{n-2} - SP_{n-2}; A_{n-4} - TP_n); 0]$;
- $TP_{n-1} = max(B_{n-1} - S_{n-1} - SP_{n-1} - DP_{n-1}; 0)$;
- $TP_{n-1} = max(B_{n-2} - S_{n-2} - SP_{n-2} - DP_{n-2}; 0)$;
- ...

Avec :
A : vecteur de l'inventaire au temps t_1,
B : vecteur de l'inventaire au temps t_2,
S_n : nombre de bois stationnaires pour la classe n,
SP_n : nombre de bois simples promus pour la classe n,
DP_n : nombre de bois doubles promus pour la classe n et
TP_n : nombre de bois triples promus pour la classe n.

Ayant encodé les distributions ajustées de tiges lors des deux inventaires, le tableur Excel® calcule les stationnaires, simples, doubles et triples promus. L'utilisateur complète alors manuellement la table "promotion" du logiciel MarteLauzelle 2.0 par les valeurs fournies dans le fichier Excel®. Une fois ceci fait, tout est en place pour que le logiciel calcule les accroissements. Nous souhaitons calculer les accroissements via Access® et non Excel® pour la simple raison que nous pourrons traiter facilement les résultats d'accroissements pour les insérer dans d'autres calculs (celui du gain par exemple).

L'utilisateur souhaitant connaître l'accroissement dispose dans le menu utilisateur (figure 3.8) de trois boutons de commande (figure 9.3).



Fig. 9.3 Commandes MarteLauzelle 2.0 pour l'accroissement via la méthode des promotions

A l'aide de la requête "promotion rq", le logiciel détermine l'accroissement en circonférence et en diamètre par les équations (9.1) et (9.2). Les paramètres de ces équations, Δ et ρ, sont choisis tels que Δ = 10 cm et ρ = 8 ans. Ces paramètres sont très facilement modifiables dans Access®.

Dès lors, nous implémentons les valeurs de promotion dans les équations suivantes, issues de Mertens et Gennart ([Mertens et Gennart, 1985]) :

$$I_{di} = \frac{\Delta \times (P_i + 2DP_i + 3TP_i + \ldots)}{(\rho \times N_i)} \tag{9.1}$$

$$I_{ci} = \frac{\Delta \times (P_i + 2DP_i + 3TP_i + \ldots)}{(\rho \times N_i)} \tag{9.2}$$

$$I_{gi} = \frac{\pi \times \Delta \times (P_i(D_i + \frac{\Delta}{2}) + 2DP_iD_{i+1} + \ldots)}{(2\rho)} \tag{9.3}$$

$$T_i = \frac{\Delta}{I_{di}} = \frac{\rho \times N_i}{P_i + 2DP_i + 3TP_i + \ldots} \tag{9.4}$$

Avec :
I_{di} : accroissement annuel moyen sur le diamètre pour la classe de diamètre i (cm/an),
I_{ci} : accroissement annuel moyen en circonférence pour la classe de circonférence i (cm/an),
I_{gi} : accroissement annuel moyen en surface terrière pour la classe de diamètre i (m^2/an),
Δ : amplitude des classes de diamètre/circonférence (cm),
N_i : nombre d'individus dans la classe de grosseur i (-),
P_i : nombre d'individus promus de la classe de grosseur i à la classe $i+1$ (-),
DP_i : nombre d'individus doublement-promus de la classe de grosseur i à la classe $i+2$ (-),
TP_i : nombre d'individus triplement-promus de la classe de grosseur i à la classe $i+3$ (-) et
T_i : temps de passage[1] dans la classe de diamètre i (an).

La détermination de ces accroissements (notamment en diamètre) permet le calcul du *Gain* explicité au point 6.3.

Dans le menu d'accroissement (figure 9.3), une commande permet l'exportation des données de calcul vers Excel® afin de construire un histogramme de synthèse reprenant les accroissements et les promotions par classe de grosseur (figure 9.4).

[1]Le temps de passage se définit comme étant le nombre d'années que met l'arbre moyen de chaque classe de diamètre pour fanchir les limites de cette classe.

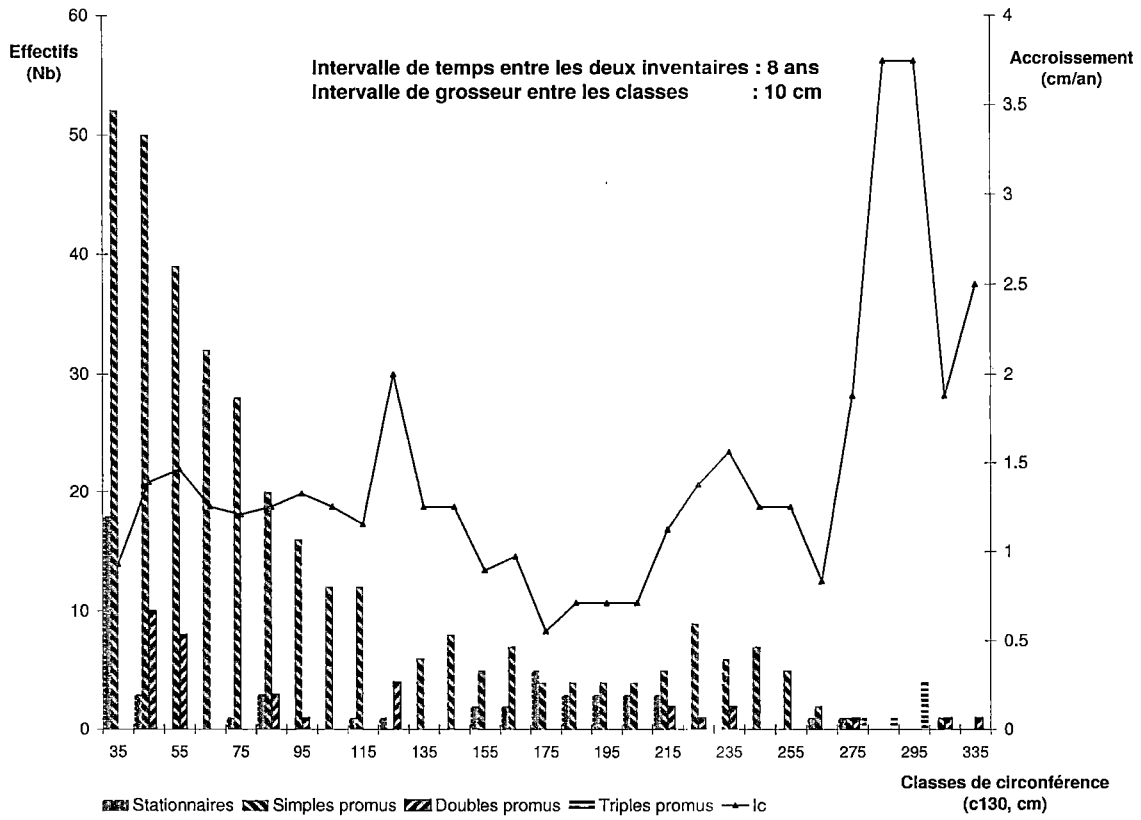


Fig. 9.4 Promotions et accroissements annuels moyens en circonférence par classe de grosseur

9.2.1.2 Les composantes de l'accroissement

Cette deuxième méthode de calcul de l'accroissement est fondée sur l'analyse de ses composantes fondamentales. Entre deux inventaires t_1 et t_2, les arbres passent d'une classe de circonférence à une autre, changent de statut, meurent. Nous distinguons les trois situations et illustrons les calculs en considérant la surface terrière.

Arbres présents en t_1 ($c130 \geq 40$ cm) et toujours présents en t_2 ($c130 \geq 40$ cm),"AX" Une requête de MarteLauzelle ("accroiss AX") calcule cette composante en soustrayant, pour un même arbre, les surfaces terrières et divisant cette valeur par l'intervalle de temps entre les deux inventaires (équation 9.5). Nous obtenons ainsi un accroissement annuel en surface terrière par arbre. La requête peut être facilement ajustée pour transformer cet accroissement moyen par arbre en un accroissement par classe de grosseur (par exemple de 10 en 10 cm).

$$AX_i = \frac{g130_{i(t_2)} - g130_{i(t_1)}}{t_2 - t_1} \tag{9.5}$$

Arbres présents en t_1 ($c130 \geq 40$ cm) mais absents en t_2, "AY" Ces arbres ont crû entre les deux périodes jusqu'au moment de leur mort. La composante est liée aux tables de mortalité (nous connaissons l'année de sortie de l'inventaire) et d'inventaire en t_1. Ici également, il s'agit d'un accroissement annuel en surface terrière. Cette catégorie est déterminée par la requête "Accroiss AY" (équation 9.6).

$$AY_i = \frac{g130_{i(mortalite)} - g130_{i(t_1)}}{t_{mortalite} - t_1} \tag{9.6}$$

Arbres absents en t_1 ($\rightarrow c130 < 40$ cm) et vivants en t_2 ($c130 \geq 40$ cm), "PF" Les arbres qui n'étaient pas comptabilisés (circonférence inférieure à 40 cm) lors du premier inventaire mais qui ont atteint au minimum cette circonférence en t_2 ; cette composante de passage à la futaie sera notée PF. C'est la totalité de la surface terrière de ces tiges qui est prise en compte. Nous calculons la valeur d'accroissement pour ces tiges (requête "Accroiss PF") selon l'équation 9.7.

$$PF_i = \frac{g130_{i(t_2)}}{t_2 - t_1} \tag{9.7}$$

Un autre type de mouvement existe encore :

Arbres absents en t_1 ($\rightarrow c130 < 40$ cm) et morts en t_2 ($c130 \geq 40$ cm), PF mort Deux cas sont distingués pour fixer la mortalité associée à ces arbres. Une première sous-composante concerne les arbres qui étaient dans la classe de grosseur comprise entre 30 et 40 cm et qui sont morts durant l'intervalle de temps entre t_2 et t_1 sans atteindre le seuil de 40 cm. Les arbres sont renseignés dans la table "mortalité tpb" (très petits bois). La deuxième sous-composante reprend les arbres d'une circonférence inférieure à 30 cm qui sont passés à la futaie et morts.

Le tableau 9.2 résume ces catégories.

Tab. 9.2 Changements de statuts entre deux inventaires

COMPOSANTE	INVENTAIRE	TABLES			
		Inventaires	Passage futaie	Mortalité	Mortalité TPB
AX	t_1	V	x	x	x
	t_2	V	x	x	x
AY	t_1	V	x	x	x
	t_2	x	x	V	x
PF	t_1	x	x	x	x
	t_2	V	V	x	x
PF mort	t_1	x	x	x	x
	t_2	x	x	x	V
	t_1	x	x	x	x
	t_2	x	V	V	x

"x" ≡ absent et "V" ≡ présent dans la table

9.2.2 Intérêts et limites des deux méthodes

Les deux méthodes présentent des intérêts didactiques importants ; elles mettent directement en application la théorie. Cependant, à l'inverse de la méthode des promotions, la seconde méthode décompose l'accroissement. L'information fournie par ces composantes est fondamentale pour analyser l'évolution de la structure au cours du temps et ainsi évaluer le prélèvement optimal au maintien (ou au changement) de la structure.

Aussi, la méthode des composantes de l'accroissement permet une distinction entre les essences ; information indispensable pour comprendre la situation actuelle et l'évolution du peuplement irrégulier, notamment pour la gestion du sous-étage. Enfin, la possibilité de suivre l'accroissement arbre par arbre permettra de quantifier la diversité des accroissements individuels au sein d'une même classe de grosseur.

9.3 Archivage des martelages

A chaque séance de martelage, nous recommandons à l'encadrant d'imprimer les feuilles Excel® mais aussi d'effectuer une sauvegarde des martelages réalisés. L'accompagnateur prendra alors garde à ne pas sauver les fichiers sous le nom "MarteLauzelle" au risque de perdre le fichier de référence !

Ces martelages serviront de base de comparaison pour d'autres séances de martelages, permettronr de comprendre quelles sont les tendances de martelage et ainsi d'identifier les éventuelles difficultés éprouvées par les marteleurs. L'encadrant de la séance pourra ainsi cibler son apport sur ces difficultés. Ces traces de martelage constituent vraiment une clef pédagogique forte.

9.4 Utilisation à long terme des données d'inventaire

Arbres d'avenir Une fois les tiges d'avenir désignées par le gestionnaire, il convient d'en garder trace. Le marteleur pourra, quelques années après que l'arbre ait été désigné, évaluer ce marquage et visualiser la réaction de l'arbre (même si aucun travail d'amélioration n'a été effectué). Le gestionnaire suivra la catégorie des tiges désignables au cours du temps en analysant les mouvements - sorties ou entrées - associés à cette catégorie. De cette manière, il pourra valider ou informer les critères utilisés pour la sélection de ces tiges.

Mortalité Une fois la mortalité encodée lors de l'inventaire t_2, le gestionnaire pourra traiter rapidement les informations des tables "mortalité" et "mortalité TPB" ; nous lui recommandons de sortir de ces tables des histogrammes de distribution de la mortalité selon les classes de circonférence par essence, état sanitaire, potentiel de tige ou qualité du bois. Ces analysent impliquent la création de requêtes spécifiques.

Passage à la futaie Le passage à la futaie influence la structure du peuplement et, de la sorte, la distribution de l'accroissement [de Turckheim et Bruciamacchie, 2005]. Au plus le passage à la futaie sera élevé, au plus la valeur de l'accroissement sera élevée et la structure se rapprochera de la régularité. A l'inverse, le passage à la futaie - à site fixé - est conditionné par le niveau de matériel sur pied. Lors des inventaires successifs, le gestionnaire disposera la valeur du passage, il analysera son évolution.

Variabilité de la croissance individuelle La connaissance des accroissements moyens par classe de circonférence est une information théorique importante pour estimer dans quelle mesure l'accroissement est lié à la structure du peuplement. Connaître la variabilité de la croissance au sein d'une classe de grosseur permet de guider le choix dans le maintien des tiges à désigner, à marteler ; encore un outil d'analyse supplémentaire pour le marteleur.

9.5 L'avenir du marteloscope

Les marteloscopes vont toujours de pair. Lors de travaux et coupes dans l'un, c'est l'autre qui prend le relais. A l'avenir, il deviendra indispensable d'effectuer des interventions dans le peuplement actuel du marteloscope du Bois de Lauzelle.

Dès lors, doit-on arrêter l'apprentissage ? La présence d'un deuxième dispositif permet d'éviter cet écueil.

Quatrième partie

Pour terminer

Conclusion et perspectives

10

La formation des collaborateurs et prestataires de service agissant en futaie irrégulière est pointue. Chacune des interventions en coupe se discute au moment du martelage, et si possible de concert. C'est que les décisions de coupe sont multifonctionnelles. En futaie irrégulière, si le marteleur décide d'abandonner à la coupe un arbre précis, il peut tout à fait choisir de maintenir un proche voisin pour les mêmes raisons ! Face à tant d'ambiguités, il est bon d'exercer sa méthode et de confronter son expérience.

La décision d'implanter un dispositif d'apprentissage du martelage dans le Bois de Lauzelle va dans ce sens, particulièrement pour les étudiants de l'UCL. Au travers de multiples repères et de nombreuses sorties cartographiques, nous avons vu que l'apprentissage devenait plus aisé. C'était un des objectifs de ce travail.

Mais les étudiants ne sont pas les seuls à apprendre. Aujourd'hui, dans une société apprenante, en raison de contextes locaux variés et d'un manque de références techniques claires, il est apparu nécessaire de fournir aux propriétaires et gestionnaires des outils indispensables au choix raisonné d'interventions de gestion. Dans ce cadre, nous suggérons l'élargissement du champ d'application du marteloscope à un plus large éventail de professionnels.

Les outils proposés dans MarteLauzelle sont variés et ouvrent de grandes possibilités d'interprétations. Nous sommes conscients que l'analyse de toutes les sorties, des graphes et des situations demande du temps. C'est ainsi que le marteloscope doit relever un nouveau défi : offrir au marteleur des aperçus thématiques. L'approche du martelage s'accomplit alors avec une vision particulière. Le marteleur souhaitant par exemple visualiser son influence sur la qualité se concentre préférentiellement sur cet aspect, l'autre visant les arbres d'avenir se focalise sur la désignation.

En tout cas, chacune des améliorations du marteloscope cadre avec les préoccupations de la sylviculture : la qualité du bois, la désignation des tiges d'avenir, la multifonctionnalité des tiges, la protection du site, l'équilibre de la structure font l'actualité. Ces perfectionnements répondent à une demande bien réelle : comment allons-nous aujourd'hui façonner une forêt répondant à la fois aux besoins contemporains et à ceux des générations futures ? Aujourd'hui en effet, ce n'est plus tant la production de bois qui intéresse la société mais la forêt en elle-même. Ainsi, la gestion forestière ne se conçoit pas autour de la seule ressource bois mais comme une synthèse de multiples objectifs, parfois non matériels. La conception du marteloscope suit cette idée.

Le marteloscope est un outil exceptionnel pour découvrir des techniques et les appliquer. Et même si, selon la volonté du marteleur, l'exercice a des finalités différentes, il reste un moyen de questionnement et soulève des débats.

Pourtant, son perfectionnement est encore possible. Nous le voyons surtout pour la structuration verticale du couvert avec un éventuel modèle en trois dimensions. Le suivi de la structuration verticale permettrait d'appréhender le niveau d'éclairement arrivant au sol. Cet éclairement est utile si l'on veut connaître l'état et l'avenir des jeunes bois ; cela créerait un lien pour guider la gestion du sous-étage. Tant au niveau sylvicole qu'écologique, l'apport serait extrêment riche.

L'autre grand volet de développement serait écologique. Le martelage - en maintien ou en délivrance - permet d'insister sur l'aspect biodiversité. Aucun critère précis concernant cette raison n'est établi. Nous voyons pourtant en ce développement une importance majeure en analysant l'impact du martelage sur la biodiversité en futaie irrégulière.

Enfin, nous recommandons la rapide création d'un deuxième marteloscope dans le Bois de Lauzelle afin d'assurer un possible suivi lors de travaux d'exploitation dans la parcelle actuelle. L'adaptation de MarteLauzelle sur ce second marteloscope ne poserait pas de problème.

Les sorties cartographiques peuvent également être améliorées. Les rendre interactives avec la base de données présenterait un atout majeur. Nous suggérons la liaison du système d'information cartographique et de MarteLauzelle.

Mais à un moment, il est nécessaire de faire le point, de faire une halte pour tester et évaluer le dispositif. Surtout, il nous paraît essentiel de garder à l'esprit l'aspect didactique d'un tel dispositif. Le marteloscope permet bien entendu de mettre en avant les caractéristiques de la gestion en futaie irrégulière. Certains apports peuvent clairement être utilisés pour la gestion des autres parcelles du Bois (nous pensons notamment à la méthode de l'analyse du potentiel des tiges) ; cependant, l'usage premier est bien l'apprentissage du martelage.

La gestion en futaie irrégulière recèle bien des secrets. Nous avons esquissé dans ce mémoire quelques méthodes pour les découvrir ; grâce aux moyens mis en place, nous espérons que les étudiants, mais aussi les professionnels ou les simples curieux, puissent trouver au fond d'eux mêmes la réflexion qui les mènera à une gestion durable de la forêt.

Index

Accroissements
  calcul d', 102
    composantes, 106
    promotion, 102
  calculs d', 41
Arbres d'avenir
  carte, 89
  critères de choix, 58
  désignation, 40, 57
  répartition spatiale, 60
  tiges désignables, 60
Automation biologique, 6

Cartes
  adaptation, 85
  arbres d'avenir, 89
  classes de bois, 86
  couvert, 87
  couverture, 88
  localisation, 80, 81
  sols, 83
  souches et tiges, 84
  topographie, 82
Cartographie
  techniques de, 76
Classes de bois, 25
Coefficient de couvert, 66, 87, 88
Couverture
  degré de, 88

Délivrance
  raisons de la, 63
Détourage, 59
Document introductif, 93

Elagage, 58
Etat sanitaire, 55

Futaie irrégulière
  accroissement, 12
  définition, 7
  fonctionnalité, 8
  historique, 6
  martelage, 11
  principes, 8
  qualité, 8, 13
  régénération, 10

Gain
  calcul du, 73

Inventaire
  encodage, 43
  mise à jour, 101

Maintien, 11
  objectifs du, 63
  raisons du, 63
Martelage
  stratégie de, 96
Martelages repères, 94
MarteLauzelle, 33
  fiche de martelage, 35
  gestionnaire, 42
  installation, 30
  mesure de la qualité, 52
  plate-forme, 30
  potentiel des tiges, 54
  utilisateur, 35
MarteLauzelle 1.0, 30
Martelodrome, 1
Marteloscope
  buts, 14
  définition, 1
  essences présentes, 23
  géologie, 21
  gestion du, 101
  numérotation des arbres, 18
  origines, 17
  pédologie, 21
  situation, 17
  topographie, 20

Potentiel des tiges, 53
  mesure, 53

Qualité
  contexte, 49
  mesure, 50

Recouvrement
    degré de, 87

Sélection interactive, 79

Taille de formation, 59
Travaux d'amélioration, 58
    coût, 61

Valeur potentielle, 75
Valeur sur pied, 71
Volumes
    calcul des, 71
    prélèvement, 71

Bibliographie

Adamas, J. et Mannik, L. (1998). Impulse lr, user's manual. *Laser technology.*

AFI (2005). Gestion des peuplements irréguliers, Réseau afi, Synthèse 1991-2005. *Association Futaie Irrégulière.* 98 p.

Allegrini, Ch. (2002). Choisir les arbres d'avenir. *Forêts de France,* (255) :31–32.

Ameels, M. et Lheureux, C. (1993). Mesurage et classement des bois ronds feuillus, Fiche technique n°4. *Division de la Nature et des Forêts.* 67 p.

André, P., Califice, P., Gérard, E., Lebrun, Ph., et Leruth, Y. (1999). La forêt, sa flore, sa faune, sa gestion ; un exemple, le Bois de Lauzelle. *Editions Agar, (Wavre).*

Anonyme (2005). Mercuriale des prix. *Sylva Belgica,* 112(4).

Armand, G. (2002). Le hêtre autrement. *Institut pour le développement forestier.* 263 p.

Baar, F. et Snoeck, B. (2004). Exercices interactifs et présentation de la sylviculture d'arbres "objectif" en feuillus, cahier technique n°27. *Forêt Wallonne,* (68) :9–14.

Baar, F., Snoeck, B., Balleux, P., et Claessens, H. (2004). La sylviculture d'arbres objectifs ou d'arbres de place, cahier technique n°27. *Forêt Wallonne,* (68) :2–8.

Balleux, P. (2002). Tailles de formation et d'élagage : manuel pratique, Fiche technique forêt n°16. *Division de la Nature et des Forêts.* 67 p.

Balleux, P. (2006). Martelodrome en chênaie irrégulière mélangée (brochure). *Centre de Développement AgroForestier.* 6 p.

Bary-Lenger, A. et Nebout, JP. (1993). Le Chêne. *Editions du Peron (Liège).*

Bary-Lenger, A. et Nebout, JP. (2004). Culture des chênaies irrégulières dans les forêts et les parcs. *Editions du Peron (Liège).* 356 p.

Bastien, Y. et Wilhem, GJ. (2000). Une sylviculture d'arbres pour produire des gros bois de qualité. *Revue forestière française,* (5) :407–439.

Bédart, S., Macjean, Z., et Meunier, S. (2004). Coupe de jardinage dans les forêts feuillues du Québec. *Forêt,* (81) :3–4.

Bedel, F. (2001). Synthèse des connaissances acquises et des expériences existantes. *Projet européen LIFE "Développement d'une gestion durable des futaies irrégulières feuillues".* 71 p.

Boudru, M. (1989). Forêt et sylviculture, traitement des forêts. *Les presses agronomiques de Gembloux (Gembloux).* 356 p.

Bruciamacchie, M., Pierrat, JC., et Tomasini, J. (2005). Modèles explicatif et marginal de la stratégie de martelage d'une parcelle irrégulière. *Annals of Forest Science,* (62) :727–736.

Claessens, H. (2004). Réflexion sur le détourage des feuillus à croissance rapide. *Forêt Wallonne,* (71) :3–11.

Courbaud, B., Goreaud, F., Dreyfus, Ph., et Bonnet, Fr. (2000). Sylviculture et modèle de croissance dépendant des distances : mise en oeuvre du logiciel capsis 3.0 sur des pessières irrégulières de montagne. *Revue forestière française,* (5) :425–431.

Dagnelie, P., Palm, R., Rondeux, J., et Thill, A. (1999). Tables de cubage des arbres et peuplements forestiers. *Les presses agronomiques de Gembloux (Gembloux).* 148 p. 2ème éd.

de Turckheim, B. et Bruciamacchie, M. (2005). La futaie irrégulière. *Edisud (Cahors).* 286 p.

de Wouters, Ph. et Notelaers, V. (1997). Plantation, choisir une essence adaptée au milieu. *Sylva Belgica,* 104(5) :27–35.

Delacre, F. et Corroy, M. (2002). Un martellodrome en forêt domaniale de Florennes, Cahier technique n°19. *Forêt Wallonne,* (57) :2–9.

Dubourdieu, J. (1997). Manuel d'aménagement forestier. *Office National des Forêts et Lavoisier TEC et DOC (Paris).* 240 p.

Goreaud, F., de Coligny, F., Courbaud, B., Dhôte, JF., Dreyfus, Ph., et Pérot, T. (2005). La modélisation : un outil pour la gestion et l'aménagement en forêt. *Vertigo,* 6(2). 15 p.

Gougaud, H. (1992). L'arbre d'amour et de sagesse. *Seuil (Paris).* 356 p.

Institut Géographique National, . (1986). Carte topographique 40-1 Wavre (1 :10000).

IRSIA (1970). Carte des sols de la Belgique (1 :20000) et texte explicatif de la planchette de Wavre 117 w. *Institut pour l'encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture.* 71 p.

Janssen, G. (2000). De la désertification de la forêt à la forêt économique proche de la Nature. un commandement d'une sylviculture rationnelle et économiquement pertinente. *Rapport du congrès PRO SILVA, (Hanovre),* pages 39–59.

Jarret, P. (2004). Chênaie atlantique, Guide des sylvicultures. *Office National des Forêts.* 309 p.

Kolai, L. (2002). Etude d'un écosystème forestier : phytosociologie, phytodiversité, productivité et hydrologie au Bois de Lauzelle. *Thèse de doctorat, Unité des Eaux et Forêts, UCL.*

Marcon, E. (1999). L'expertise arbre par arbre : une approche théorique et pratique de l'expertise forestière. *Revue forestière française,* (1) :57–68.

Mertens, P. et Gennart, M. (1985). Gestion de la futaie jardinée. un modèle simple de calcul des accroissements et de simulation de la production. *Bulletin de la société royale forestière de Belgique,* 3(92) :105–123.

Moutier, F. (1996). Application de la gestion forestière par informatique à l'aménagement du Bois de Lauzelle. *Unité des Eaux et Forêts, UCL.*

MRNF (2005). Examen dans les martelodromes (brochure). *Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (Québec).* 8 p.

ONF (2004). Journée Marteloscope, Heudicourt sous les Côtes (brochure). *Office National des Forêts.* 18 p.

Pommerening, A. et ST. Murphy (2004). A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry,* 77(1).

Rondeux, J. (1993). La mesure des arbres et des peuplements forestiers. *Les presses agronomiques de Gembloux (Gembloux.* 521 p. 1ère éd.

Rérat, B. (2004). Comment estimer la valeur de vos bois sur pied ? *Forêts de France,* (456).

Schütz, JP. (1990). Sylviculture 1, Principes d'éducation des forêts. *Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne (Suisse).* 243 p.

Schütz, JP. (1997). Sylviculture 2, la gestion des forêts irrégulières et mélangées. *Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne (Suisse).* 178 p.

Schütz, JP. (2006). Modelling the demographic sustainability of pure beech plenter forests in Eastern Germany. *Annals of forest sciences,* 63 :93–100.

Schütz, JP. et Oldeman, RAA. (1996). Gestion durable par automation biologique. *Revue forestière française, numéro spécial,* (XLVIII) :65–73.

Simpsons, A., Young, M., et Barrows, A. (2004). Access 2003 pour les nuls. *First Interactive.* 852 p. 1ère éd.

Snoeck, B. et Baar, F. (2004). Taille de formation, utilité et réalisation d'un diagnostic préalable. *Forêt Wallonne,* (71) :39–45.

Tomasini, J. (2001). Outils de suivi de gestion en futaie irrégulière feuillue. *Société forestière de Franche-Comté,* 5-6(50) :397–411.

Weissen, F., Bronchart, L., et Piret, A. (1994). Guide de boisement des stations forestières de Wallonie. *Ministère de la Région Wallonne.* 175 p.

Cinquième partie

Annexes

I.	Tarifs de cubage	119
II.	Les tables	120
III.	Les requêtes	126
IV.	Les formulaires	127
V.	Le fascicule de la séance du 23 décembre	128
VI.	Le fascicule introductif	131
VII.	Le fichier Excel "MarteLauzelle.xls"	132
VIII.	La fiche de martelage	133
IX.	Les feuilles d'inventaires	134
X.	Les arbres désignables	135

I. Tarifs de cubage

Ces tarifs de cubage ont été utilisés pour calculer le volume des tiges. L'entrée est la circonférence mesurée à 130 cm (en cm) et le volume est donné en m^3.

Tab. 10.1 Tarifs de cubages de MarteLauzelle

ESSENCE	TARIF EMPLOYÉ
Acer sp.	$(-0,019508) + (0,00015072 * [c130]) + (0,000057816 * [c130]^2) + (0,80950 * 10^{-7} * [c130]^3)$
Alnus glutinosa	$(-0,037047) + (0,000085578 * [c130]^2)$
Fraxinus excelsior	$(-0,040364) + (0,17945 * 10^{-3} * [c130]) + (0,76857 * 10^{-4} * [c130]^2) + (0,73601 * 10^{-7} * [c130]^3)$
Fagus sylvatica	$(0,019546) - (0,0029588 * [c130]) + (0,11074 * 10^{-3} * [c130]^2) - (0,37076 * 10^{-7} * [c130]^3)$
Prunus avium	$(0,048959) - (0,73547 * 10^{-3} * [c130]) + (0,82420 * 10^{-4} * [c130]^2) + (0,61636 * 10^{-7} * [c130]^3)$
Pinus sylvestris	$(-0,0052616) - (0,13930 * 10^{-2} * [c130]) + (0,88771 * 10^{-4} * [c130]^2) + (0,14349 * 10^{-7} * [c130]^3)$
Quercus sp.	$(0,019546) - (0,0029588 * [c130]) + (0,11074 * 10^{-3} * [c130]^2) - (0,37076 * 10^{-7} * [c130]^3)$
Ulmus sp.	$(-0,0060582) - (0,0012600 * [c130]) + (0,86604 * 10^{-4} * [c130]^2) + (0,15419 * 10^{-7} * [c130]^3)$

D'après [Dagnelie et al., 1999]

II. Les tables

Le lecteur trouvera ici chacune des tables de la version 2.0 de MarteLauzelle.

Abattage : Table

Field Name	Data Type	Description
N_souche	Number	
N_tige	Text	
Date_abattage	Date/Time	
Annee_Croissance	Number	Année civile au terme de laquelle l'arbre abattu a acquis ses dimensions actuelles (période de végétation précédant l'abattage)
Mort_Vivant	Text	M : mort, V : vivant
c130	Number	Circonférence à 1,3 m de hauteur (cm)

Field Properties

General | Lookup

Field Size	Long Integer
Format	
Decimal Places	Auto
Input Mask	
Caption	
Default Value	
Validation Rule	
Validation Text	
Required	Yes
Indexed	Yes (Duplicates OK)

A field name can be up to 64 characters long, including spaces. Press F1 for help on field names.

Arbres_Maintenus : Table

Field Name	Data Type	Description
Annee_Croissance	Number	Année civile au terme de laquelle l'arbre a acquis ses dimensions actuelles
N_souche	Number	
N_tige	Text	
Essence	Text	
c130	Number	cm
g130	Number	m2
Statut	Number	
Classes_c130_10	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 10 cm à partir de c130 = 40 cm. Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive ([)
Classes_c130_20	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 20 cm à partir de c130 = 40 cm.Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive ([)
Classes_c130_B	Text	PB : [40-90[; BM : [90-150[; GB : [150-200[; TGB : >=200
Classes_Essence	Text	Ac : acer pseudoplatanus, Fs : Fagus sylvatica, Qsp : {Q. petraea, Q. robur}, Di : autres espèces
Maintien	Number	Indique si l'arbre est maintenur (0 : pas maintenu / 1 : maintenu)
Re_Prote_Qualite	Number	Cause du maintien (vierge : pas pour des raisons de protection de qualité / 1 : pour des raisons de protection de qualité)
Re_Nb_Prote_Qualite	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) remplissant une fonction de de protection de qualité favorisés par le maintien ; vierge si aucun
Re_Educateur	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons d education / 1 : pour des raisons d education)
Re_Nb_Educateur	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) remplissant une fonction d education favorisés par le maintien ; vierge si aucun
Re_Production	Number	Cause du maintien (vierge : pas pour des raisons de production / 1 : pour des raisons de production)
Re_Semencier	Number	Cause du maintien (vierge : pas pour des raisons de semencier / 1 : pour des raisons de semencier)
Re_Accueil1	Number	Cause du maintien (vierge : pas pour des raisons d'accueil / 1 : pour des raisons d'accueil)
Re_Diversite1	Number	Cause du maintien (vierge : pas pour des raisons de diversité / 1 : pour des raisons de diversité)
Re_Protec_Physique	Number	Cause du maintien (vierge : pas pour des raisons de protection physique / 1 : pour des raisons de protection physique)

Arbres_Marteles : Table

Field Name	Data Type	Description
Annee_Croissance	Number	Année civile au terme de laquelle l'arbre a acquis ses dimensions actuelles
N_souche	Number	
N_tige	Text	
Essence	Text	
c130	Number	cm
g130	Number	m2
Statut	Number	
Classes_c130_10	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 10 cm à partir de c130 = 40 cm. Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive ([)
Classes_c130_20	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 20 cm à partir de c130 = 40 cm.Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive ([)
Classes_c130_B	Text	PB : [40-90[; BM : [90-150[; GB : [150-200[; TGB : >=200
Classes_Essence	Text	Ac : acer pseudoplatanus, Fs : Fagus sylvatica, Qsp : {Q. petraea, Q. robur}, Di : autres espèces
Martelage	Number	Indique si l'arbre est martelé (0 : pas martelé / 1 : martelé)
Ma_Amelioration	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons d'amélioration / 1 : pour des raisons d'amélioration)
Ma_Nb_Amelioration	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) remplissant une fonction de production favorisés par le martelage ; vierge si aucun
Ma_Renouvellement	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons de renouvellement / 1 : pour des raisons de renouvellement)
Ma_Rem_Renouvellement	Text	Précise si l'ouverture s'effectue sur un vide (V), sur des arbres de c<40 cm (R), ou sur des arbres de c>=40 cm (A)
Ma_Nb_Renouvellement	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) remplissant une fonction de renouvellement favorisés par le martelage ; vierge si aucun
Ma_Sanitaire	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons sanitaires / 1 : pour des raisons sanitaires)
Ma_Recolte	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons de récolte / 1 : pour des raisons de récolte)
Ma_Accueil	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons d'accueil / 1 : pour des raisons d'accueil)
Ma_Diversite	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons de diversité / 1 : pour des raisons de diversité)
Ma_Rem_Diversite	Text	Précise les composantes de la biodiversité favorisées par le martelage
Ma_Nb_Diversite	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) remplissant une fonction de biodiversité favorisés par le martelage ; vierge si aucun
Ma_Exploitation	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons d'exploitation / 1 : pour des raisons d'exploitation)
Ma_Nb_Exploitation	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) dont l'exploitation est favorisée par le martelage ; vierge si aucun

Field Properties

Arbres_Residuelo : Table

Field Name	Data Type	Description
Annee_Croissance	Number	Année civile au terme de laquelle l'arbre a acquis ses dimensions actuelles
N_souche	Number	
N_tige	Text	
Essence	Text	
c130	Number	cm
g130	Number	m2
Statut	Number	
Classes_c130_10	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 10 cm à partir de c130 = 40 cm. Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive ([)
Classes_c130_20	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 20 cm à partir de c130 = 40 cm.Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive ([)
Classes_c130_B	Text	PB : [40-90[; BM : [90-150[; GB : [150-200[; TGB : >=200
Classes_Essence	Text	Ac : acer pseudoplatanus, Fs : Fagus sylvatica, Qsp : {Q. petraea, Q. robur}, Di : autres espèces
Martelage	Number	Indique si l'arbre est martelé (0 : pas martelé / 1 : martelé)
Qualite	Text	

Avant_MartelageFictif : Table

Field Name	Data Type	Description
Annee_Croissance	Number	Année civile au terme de laquelle l'arbre a acquis ses dimensions actuelles
N_souche	Number	
N_tige	Text	
Essence	Text	
c130	Number	cm
g130	Number	m2 ; calculé par requête MAJ
Statut	Number	
Classes_c130_10	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 10 cm à partir de c130 = 40 cm. Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive ([) ; calculé par requête MAJ
Classes_c130_20	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 20 cm à partir de c130 = 40 cm.Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive ([) ; calculé par requête MAJ
Classes_c130_B	Text	PB : [40-90[; BM : [90-150[; GB : [150-200[; TGB : >=200 ; calculé par requête MAJ
Classes_Essence	Text	Ac : acer pseudoplatanus, Fs : Fagus sylvatica, Qsp : {Q. petraea, Q. robur}, Di : autres espèces
Qualite	Text	

Arbres_Avenir : Table

Field Name	Data Type	Description
Annee_Croissance	Number	Année civile au terme de laquelle l'arbre a acquis ses dimensions actuelles
N_souche	Number	Numero souche
N_tige	Text	Numero tige
Essence	Text	
c130	Number	cm
g130	Number	m2
Statut	Number	
Classes_c130_10	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 10 cm à partir de c130 = 40 cm. Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive ([)
Classes_Essence	Text	Ac : acer pseudoplatanus, Fs : Fagus sylvatica, Qsp : {Q. petraea, Q. robur}, Di : autres espèces
Taille_Formation	Number	0=non 1=Oui
Elagage	Number	0=non 1=oui
Detourage	Number	0=non 1=oui

c130_10 : Table

Field Name	Data Type	Description
c130_10	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 10 cm à partir de c130 = 40 cm. Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive ([)
Borne_Inf	Number	Borne inférieure inclusive (cm)
Borne_Sup	Number	Borne supérieure exclusive (cm)

iew

Classes_c130_10 : Table

Field Name	Data Type	Description
Classes_c130_10	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 10 cm à partir de c130 = 40 cm. Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive ([)
Borne_Inf	Number	Borne inférieure inclusive (cm)
Borne_Sup	Number	Borne supérieure exclusive (cm)

Classes_c130_20 : Table

Field Name	Data Type	Description
Classes_c130_20	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 20 cm à partir de c130 = 40 cm. Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive ([)
Borne_Inf	Number	Borne inférieure inclusive (cm)
Borne_Sup	Number	Borne supérieure exclusive (cm)
volume	Number	volume claculé sur base d'un tarif entrée circonférence, juste pour un essai

Classes_c130_B : Table

Field Name	Data Type	Description
Classes_c130_B	Text	PB : [40-90[; BM : [90-150[; GB : [150-200[; TGB : >=200
Borne_Inf	Number	Borne inférieure inclusive (cm)
Borne_Sup	Number	Borne supérieure exclusive (cm)

Classes_Essence_4 : Table

Field Name	Data Type	Description
Classes_Essence	Text	Ac : acer pseudoplatanus, Fs : Fagus sylvatica, Qsp : {Q. petraea, Q. robur}, Di : autres espèces

Classes_Ouvertures : Table

Field Name	Data Type	Description
Classes_Ouvertures	Text	Ouverture sur un vide (V), sur des arbres de c<40 cm (R), ou sur des arbres de c>=40 cm (A)

Essences : Table

Essence	Nom_Essence
Ac	Acer pseudoplatanus
Al	Alnus glutinosa
Cb	Carpinus betulus
Cs	Castanea sativa
Fr	Fraxinus excelsior
Fs	Fagus sylvatica
Ix	Ilex aquifolium
Pa	Prunus avium
Pc	Populus canescens
Ps	Pinus sylvestris
Qp	Quercus petraea
Qr	Quercus robur
Sa	Sorbus aucuparia
Ug	Ulmus glabra
Um	Ulmus minor

Fiche_Martelage : Table

Field Name	Data Type	Description
Annee_Croissance	Number	Année civile au terme de laquelle l'arbre a acquis ses dimensions actuelles
N_souche	Number	
N_tige	Text	
Essence	Text	
c130	Number	cm
g130	Number	m2
Statut	Number	
Classes_c130_10	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 10 cm à partir de c130 = 40 cm. Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive (])
Classes_c130_20	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 20 cm à partir de c130 = 40 cm.Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive (])
Classes_c130_B	Text	PB : [40-90[; BM : [90-150[; GB : [150-200[; TGB : >=200
Classes_Essence	Text	Ac : acer pseudoplatanus, Fs : Fagus sylvatica, Qsp : {Q. petraea, Q. robur}, Di : autres espèces
Martelage	Number	Indique si l'arbre est martelé (0 : pas martelé / 1 : martelé)
Ma_Amelioration	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons d'amélioration / 1 : pour des raisons d'amélioration)
Ma_Nb_Amelioration	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) remplissant une fonction de production favorisés par le martelage ; vierge si aucun
Ma_Renouvellement	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons de renouvellement / 1 : pour des raisons de renouvellement)
Ma_Rem_Renouvellement	Text	Précise si l'ouverture s'effectue sur un vide (V), sur des arbres de c<40 cm (R), ou sur des arbres de c>=40 cm (A)
Ma_Nb_Renouvellement	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) remplissant une fonction de renouvellement favorisés par le martelage ; vierge si aucun
Ma_Sanitaire	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons sanitaires / 1 : pour des raisons sanitaires)
Ma_Recolte	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons de récolte / 1 : pour des raisons de récolte)
Ma_Accueil	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons d'accueil / 1 : pour des raisons d'accueil)
Ma_Diversite	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons de diversité / 1 : pour des raisons de diversité)
Ma_Rem_Diversite	Text	Précise les composantes de la biodiversité favorisées par le martelage
Ma_Nb_Diversite	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) remplissant une fonction de biodiversité favorisés par le martelage ; vierge si aucun
Ma_Exploitation	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons d'exploitation / 1 : pour des raisons d'exploitation)
Ma_Nb_Exploitation	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) dont l'exploitation est favorisée par le martelage ; vierge si aucun
date_martel	Date/Time	Date du martelage
Marteleurs	Text	Equipe de marteleur
A	Number	Flag encodage ma_amélioration

Field Properties

General | Lookup

Field Size: Long Integer

Format:

Fiche_Martelage : Table

Field Name	Data Type	Description
Ma_Nb_Diversite	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) remplissant une fonction de biodiversité favorisés par le martelage ; vierge si aucun
Ma_Exploitation	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons d'exploitation / 1 : pour des raisons d'exploitation)
Ma_Nb_Exploitation	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) dont l'exploitation est favorisée par le martelage ; vierge si aucun
date_martel	Date/Time	Date du martelage
Marteleurs	Text	Equipe de marteleur
A	Number	flag encodage ma_amélioration
R	Number	flag encodage ma_renouvellement
E	Number	flag encodage ma_exploitation
D	Number	flag encodage ma_diversité
Avenir	Number	Flag pour savoir si l'arbre est avenir
Re_Accueil1	Number	Cause du maintien (vierge : pas pour des raisons d'accueil / 1 : pour des raisons d'accueil)
Re_Prote_Qualite	Number	Cause du maintien (vierge : pas pour des raisons de protection de qualité / 1 : pour des raisons de protection de qualité)
Re_Nb_Prote_Qualite	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) remplissant une fonction de de protection de qualité favorisés par le maintien ; vierge si aucun
Re_Diversite1	Number	Cause du maintien (vierge : pas pour des raisons de diversité / 1 : pour des raisons de diversité)
Re_Protec_Physique	Number	Cause du maintien (vierge : pas pour des raisons de protection physique / 1 : pour des raisons de protection physique)
Re_Production	Number	Cause du maintien (vierge : pas pour des raisons de production / 1 : pour des raisons de production)
Re_Semencier	Number	Cause du maintien (vierge : pas pour des raisons de semencier / 1 : pour des raisons de semencier)
Re_Educateur	Number	Cause du martelage (vierge : pas pour des raisons d education / 1 : pour des raisons d education)
Re_Nb_Educateur	Number	Nombre d'arbres (c>=40 cm) remplissant une fonction d education favorisés par le maintien ; vierge si aucun
Maintien	Number	Indique si l'arbre est maintenu (0 : pas maintenu / 1 : maintenu)
Qualite	Text	

Inventaires : Table

Field Name	Data Type	Description
Annee_Croissance	Number	Année civile au terme de laquelle l'arbre a acquis ses dimensions actuelles
N_souche	Number	
N_tige	Text	
Essence	Text	
c130	Number	circonférence a l'inventaire t-1
g130	Number	m2 ; calculé par requête MAJ
g131	Text	
v	Number	Volume (m³) ; calculé par tarif à une entrée
Statut	Number	1, 2 ou 3
Qualite	Text	Qualité de la grume ; A, B, C ou D pour les tiges d'une circonférence égale ou supérieure à 90 cm
Ar_ev	Number	0=non (par défaut),1=oui
Potentiel	Number	Valeur potentielle de l'arbre (30<= c130 <90 cm) ; 0=c130>=90 cm, 1=irrécupérable, 2=potentiel avec travaux, 3=potentiel sans travaux
Classes_c130_10	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 10 cm à partir de c130 = 40 cm. Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive (]) ; calculé par requête MAJ
Classes_c130_20	Number	Classes de c130 d'amplitude égale à 20 cm à partir de c130 = 40 cm.Borne inférieure inclusive([), borne supérieure exclusive (]) ; calculé par requête MAJ
Classes_c130_B	Text	PB : [40-90[; BM : [90-150[; GB : [150-200[; TGB : >=200 ; calculé par requête MAJ
Classes_Essence	Text	Ac : acer pseudoplatanus, Fs : Fagus sylvatica, Qsp : {Q. petraea, Q. robur}, Di : autres espèces ; calculé par requête MAJ
Rayon_houppier	Number	Moyenne de quatre mesures de rayon du houppier (réalisées le 15 mars 2006) (exprimé en m.)

Inventaire_Avant : Table

Field Name	Data Type	Description
Annee_Croissance	Number	Année civile au terme de laquelle l'arbre a acquis ses dimensions actuelles
N_souche	Number	
N_tige	Text	
Essence	Text	
c130	Number	cm
Statut	Number	
Ar_av	Number	0=non [par defaut],1=oui
Qualite	Text	Qualité de la grume
c130_t	Number	circonférence à l'inventaire t
statut_t	Number	champ complété uniquement si l'arbre est vivant lors de l'inventaire t
Qualite_t	Text	Qualité de la grume
Ar_av_t	Number	Arbre d'avenir (à la première saisie 30<= c130 <90 cm) ; 0=non [par defaut],1=oui
Potentiel_t	Number	Valeur potentielle de l'arbre (30<= c130 <90 cm) ; 1=irrécupérable, 2=potentiel avec travaux, 3=potentiel sans travaux
mortalite	Number	valeur 1 si arbre mort à l'inventaire t
presence	Number	valeur 1 précise si l'arbre est encore sur pied au moment de l'inventaire t
date_inventaire	Date/Time	
Type_c130	Number	1 : c130=c130(t), 2 : c130=c130(t-1), 3 : c130=abattage vivant, 4 : c130=abattage mort
Annee_Reference	Number	Dernière période de végétation (estimée) avant inventaire ou disparition (avec ou sans abattage)
Potentiel	Number	Valeur potentielle de l'arbre (30<= c130 <90 cm) ; 1=irrécupérable, 2=potentiel avec travaux, 3=potentiel sans travaux

Ma_Amelioration : Table

Annee_Croissance	N_souche_Ma	N_tige_Ma	N_souche_Ame	N_tige_Ame

Record: 1 of 1

Ma_Diversite : Table

Annee_Croiss	N_souche_Ma	N_tige_Ma	N_souche_Div	N_tige_Div
0				

Ma_Exploitation : Table

Annee_Croiss	N_souche_Ma	N_tige_Ma	N_souche_Exp	N_tige_Exp
0				

Ma_Infos : Table

Marteloscope	Compartiment	Parcelle	Surface	Date	Marteleurs
Lauzelle	5	5	16065	10/05/2006	Olivier
Lauzelle	5	5	16065		

Ma_Renouvellement : Table

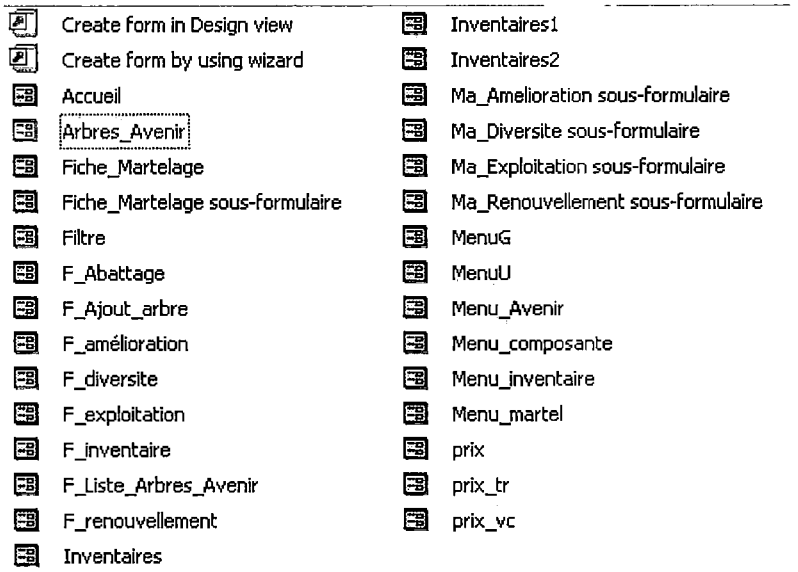
Annee_Croiss	N_souche_Ma	N_tige_Ma	N_souche_Rei	N_tige_Ren
0				

Record: 1 of 1

III. Les requêtes

- Create query in Design view
- Create query by using wizard
- Abattage_export
- Accroissement_A_X
- Accroissement_A_Y
- Accroissement_PF_Mort
- Accroissement_PF_Mort_1
- Accroissement_PF_Mort_2
- Accroissement_PF_Vivant
- Accroissement_PF_V_M
- ajout_avenir
- Apres_c130_10
- Apres_c130_B
- apres_qualite
- Arbres_Avenir Query
- arbres_avenir_essai
- AvantApres_c130_10
- AvantApres_c130_B
- Avant_c130_10
- Avant_c130_B
- avant_potentiel
- avant_qualite
- Avenir_c130_10
- avenir_essai2
- avenir_liste_base
- c10_Essence4
- c10_Essence4_Statut3
- c130_10a_abattage
- c130_10a_Av
- c130_10a_Is
- c130_10a_mortalite
- c130_10b_Is
- c130_10c_Is
- c130_10d_Is
- c130_20a_Is
- c130_20b_Is
- c130_B_Is
- c20_Essence4
- c20_Essence4_Statut3
- cB_Essence4
- cB_Essence4_Statut3
- Classes_c130_10 Query
- coefficient_coouvert
- Composante_Ax
- Composante_Ay
- Composante_PFmort
- Composante_PFvivant
- del_abattage_avant_martel_fic
- del_abatt_inv_avant
- del_accroiss_PF_mort_1
- del_Arbres_maintenus
- del_Arbres_marteles
- del_Arbres_Residuels
- del_Arbre_avenir
- del_Avant_MartelageFictif
- del_fiche_martelage
- del_inventaire_1
- del_inventaire_2
- del_Inventaire_Avant
- del_ma_amelioration
- del_ma_diversite
- del_ma_exploitation
- del_ma_qualite
- del_ma_renouvellement
- del_re_educateur
- del_re_prote_qualite
- del_T_Req_mortalite
- Essence_4_Is
- g130_Av
- g130_Is
- gain_ac
- gain_fr
- gain_fs
- gain_pa
- gain_ps
- gain_qp
- Inventaires_1
- Inventaires_1_PF_mort
- Inventaires_2
- Inventaire_Ac
- Inventaire_Al
- Inventaire_Cb
- Inventaire_Cs
- inventaire_deux_accroissement
- Inventaire_Fr
- Inventaire_Fs
- Inventaire_Ix
- Inventaire_Pa
- Inventaire_Pc
- Inventaire_Ps
- Inventaire_Qp
- Inventaire_Qr
- Inventaire_Sa
- Inventaire_Ug
- Inventaire_Um
- liste_arbres_av
- Maintien_c130_10
- Maintien_c130_B
- maintien_export
- Maintien_NbArbres
- Maintien_NbRaisons
- Maintien_NbRaisons_B
- maintien_rs3
- Maintien_rs5
- maj_martelage_non
- Maj_ma_infos
- Martelage_Avant
- Martelage_c130_10
- Martelage_c130_B
- Martelage_Fiche
- Martelage_NbArbres
- Martelage_NbRaisons
- Martelage_NbRaisons_B
- martelage_null
- Martelage_PcRaisons
- Martelage_Renouvellement
- Mortalite_export
- prix_tr_av
- Promotion_essences
- promotion_rq
- Query1
- Query2
- Rajout_designation
- regress_houppier
- Requête1
- Requête2
- Requête3
- Requête4
- Requête5
- Requête6
- Req_f_inventaire_avant
- Req_g130_inventaire
- Req_g130_mortalite
- Req_g130_mortalite_tpb
- Req_g130_passage_futaie
- Req_input_arbres_residuels
- Req_input_avenir
- Req_input_maintien
- Req_input_martelage
- Req_Inventaire_Avant
- req_mortalite
- selection_statut_avenir
- Surface_projection
- Synthese_eco
- Tarrif_classe_c130_20
- volume
- Volume_martele

IV. Les formulaires



V. Fascicule de la séance de martelage du 23 décembre 2005

Matinée de découverte du martelage

Le 23 décembre 2005

Marteloscope du Bois de Lauzelle
- Document explicatif -

Un dispositif évolutif pour

- **Se conditionner à la démarche 'martelage'**
- **Acquérir un aperçu de son martelage**



Toute remarque, réflexion à propos
de cette matinée, du dispositif est
la bienvenue en contactant

olivier.baudry@mail.be

Fig. 10.1 Premier fascicule introductif (martelage du 23/12/2005), recto

Marteloscope du Bois de Lauzelle
- Document explicatif -

Comment ça se passe ?

- Parcours du dispositif et rédaction d'une fiche de martelage
  - Les arbres (c_{130} cm)du dispositif sont décrits, numérotés
- Encodage du martelage dans la base de données
- Exploration et analyse des sorties (graphes + données caractéristiques)

Les raisons d'enlèvement d'un arbre

- **Amélioration :** l'enlèvement favorisera le développement d'un ou plusieurs autres arbres se trouvant dans la *même strate* ;
- **Renouvellement :** l'enlèvement est effectué au profit d'un *arbre nettement dominé* qui doit assurer la relève, au profit de semis, perchis ou alors pour effectuer une trouée ;
- **Récolte :** l'enlèvement de la grume s'effectue pour donner du *bois d'œuvre* (c_{130}cm > 150 cm et qualité A, B, C) ;
- **Sanitaire :** enlèvement d'un *arbre que l'on risque de perdre* avant le prochain passage (dépérissant, présence de champignon, ...) *ou qui menace la qualité d'une autre tige* ;
- **Exploitation :** l'enlèvement aidera à l'exploitation d'autres grumes (cloisonnement, abattage, débardage, ...) ;
- **Diversité :** enlèvement d'un arbre destiné à encourager un espace de biodiversité, une espèce, un arbre particulier ;
- **Accueil :** l'enlèvement mettra en valeur l'esthétique du lieu.

Quelques consignes pour remplir la fiche

- **L'arbre est-il d'avenir ?** OUI/NON
- **L'enlèvement est-il effectué pour motif d' :**
  - **Amélioration** (OUI/NON) (Strate identique ou supérieure)
    + nombre d'arbres bénéficiaires + leurs numéros
  - **Renouvellement** (OUI/NON) (Strate inférieure)
    + si vide, indiquer « V »
    + si arbre de c_{130}cm < 40 cm, indiquer « R »
    + si arbre de c_{130}cm > 40 cm, indiquer « A », ainsi que le nombre de bénéficiaires + leurs numéros
  - **Récolte** (OUI/NON)
  - **Sanitaire** (OUI/NON)
  - **Exploitation** (OUI/NON)
    + nombre de bénéficiaires
  - Diversité (OUI/NON)
    + nombre de bénéficiaires + leurs numéros
  - **Accueil** (OUI/NON)

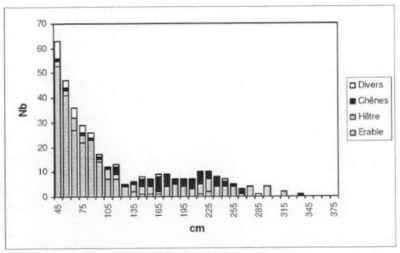


Fig. 10.2 Premier fascicule introductif (martelage du 23/12/2005), verso

VI. Fascicule introductif

Nous avons créé un nouveau fascicule de présentation du dispositif.

Bois de Lauzelle,
Louvain-la-Neuve

marteloscope

Document introductif à

... la journée de découverte au martelage

Un dispositif évolutif pour

- S'inscrire dans la démarche martelage

- Analyser son martelage



Université Catholique de Louvain
Unité des Eaux et Forêts

Sommaire

- Définition, buts et usages d'un marteloscope 2
- Déroulement de la découverte – martelage 3
- Les raisons de l'enlèvement d'un arbre 3
- Les raisons du maintien d'un arbre 4
- L'encodage sur la fiche de martelage 5
- Le site du marteloscope 6
- Le peuplement 8
- Conseils pour le martelage 10
- Les résultats 11

Définition, Buts et usages

Un marteloscope est un dispositif expérimental destiné à simuler le martelage

D'une superficie de 1.6 ha, le marteloscope du Bois de Lauzelle concerne un peuplement irrégulier dominé par l'érable, les chênes indigènes et le hêtre.

Grâce à un martelage fictif, le marteleur évalue les causes et conséquences de ses choix (de maintien ou/et de délivrance de tiges) en termes de composition spécifique, de surface terrière et nombre de tiges finales, de valeur économique, de structure, de qualité, … en fonction d'objectifs sylvicoles déterminés au préalable.

Le marteloscope est donc bien un outil pour se former à la démarche de martelage puisque le marteleur est amené à se positionner en tant que simulateur de coupe.

L'exercice de martelage est destiné autant à l'étudiant débutant qu'au professionnel désirant « tester » ses décisions.

Déroulement de la découverte-martelage

0. Remise de ce document introductif assortie d'une présentation de la démarche et du dispositif
1. Parcours rapide du dispositif destiné à visualiser l'ensemble du peuplement
2. Martelage fictif en utilisant la fiche de martelage
3. Encodage des résultats dans le logiciel « MarteLauzelle »
4. Analyse des résultats, mise en commun et discussion (salle et terrain)

Les raisons d'enlèvement d'un arbre

D'après P. Jarret ; Chênaie atlantique,ONF, (2004)

- **Amélioration :** l'enlèvement favorisera le développement d'un ou plusieurs autres arbres se trouvant dans la *même strate* ;
- **Renouvellement :** l'enlèvement est effectué au profit d'un *arbre nettement dominé* qui doit assurer la relève, au profit de semis, perchis ou alors pour effectuer une trouée ;
- **Récolte :** l'enlèvement de la grume s'effectue pour donner du *bois d'œuvre* (c_{130}cm > 150 cm et qualité A, B, C) ;
- **Sanitaire :** enlèvement d'un *arbre que l'on risque de perdre* avant le prochain passage (dépérissant, présence de champignon, ...) *ou qui menace la qualité d'une autre tige* ;
- **Exploitation :** l'enlèvement aidera à l'exploitation d'autres grumes (cloisonnement, abattage, débardage, ...) ;
- **Diversité :** l'enlèvement est destiné à encourager un espace de biodiversité, espèce ou arbre particulier ;
- **Accueil :** l'enlèvement mettra en valeur l'esthétique du lieu.

Les raisons du maintien d'un arbre

D'après P. Jarret ; Chênaie atlantique,ONF, (2004)

- **Neutralité :** la présence de l'arbre ne gêne aucune autre fonction ni un autre individu ;
- **Production :** l'arbre est destiné à la production de bois d'œuvre mais n'a pas encore atteint son diamètre optimum - ou âge - d'exploitabilité ;
- **Protection qualité :** par sa présence, l'arbre protège des tiges voisines à faire grossir ;
- **Educateur/installation :** par sa présence, l'arbre *(i)* diminue la concurrence herbacée, *(ii)* permet l'éducation de la forme des perches, *(iii)* assure le dosage entre les essences d'ombres et de lumière ;
- **Semencier :** arbre pouvant donner des graines de qualité génétique acceptable ;
- **Diversité :** arbre dont la présence participe à la biodiversité du peuplement (par exemple si l'essence est peu représentée, s'il s'agit d'un arbre à cavité, arbre mort, ...) ;
- **Protection physique :** l'arbre protège le sol ou les eaux.

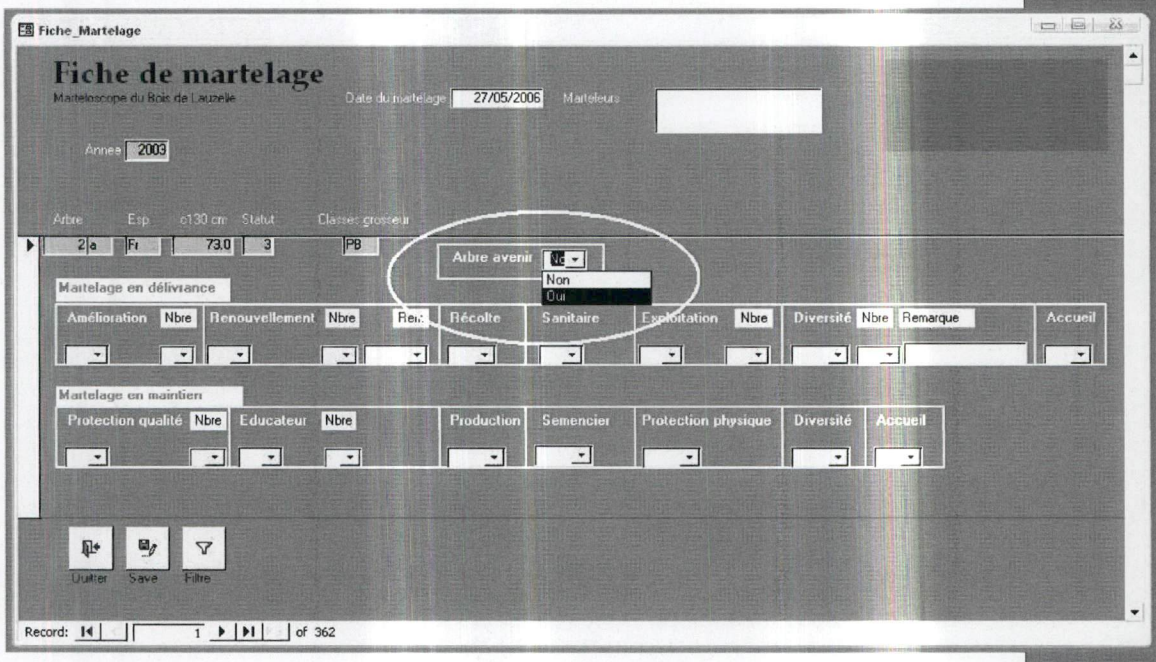
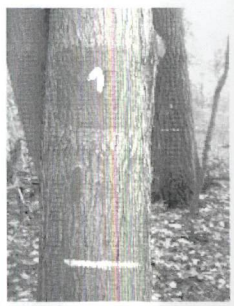


Figure 1 : formulaire d'encodage du martelage



L'ENCODAGE
LA FICHE DE MARTELAGE

La figure 2 reprend le formulaire terrain du martelage. En voici la description :

- Nom, prénom, date
- Trois types d'informations doivent être remplis
  - « Avenir »
  - « Martelage en délivrance »
  - « Martelage en maintien »

« Avenir » : indiquer dans ces deux cases grisées si l'arbre est désigné comme arbre de place et dans la seconde case si un travail d'amélioration est souhaitable

« E » : Elagage *« D » : Détourage* *« T » : Taille de formation*

« Délivrance » : indiquer « D » dans la case adéquate et suivre les rubriques grisées (amélioration, renouvellement, récolte, sanitaire, exploitation, diversité, accueil). « Nb. » signifie le nombre d'arbres influencés par le martelage et « rem. » leurs numéros.

« Maintien » : indiquer « M » dans la case adéquate et suivre les rubriques noircies (protection qualité, éducateur, production, semencier, protection physique, diversité, accueil)

Plusieurs raisons (de délivrance <u>ou</u> de maintien)
peuvent être choisies pour un arbre !

Nom Baudry
Prénom Olivier

MarteLauzelle : Fiche de martelage

Date le 1er mai 06

Désignation de l'avenir - Martelage en délivrance - Martelage en conservation

Année 2003

| | | |

Descriptif du site

Voici quelques cartes de description du site du marteloscope

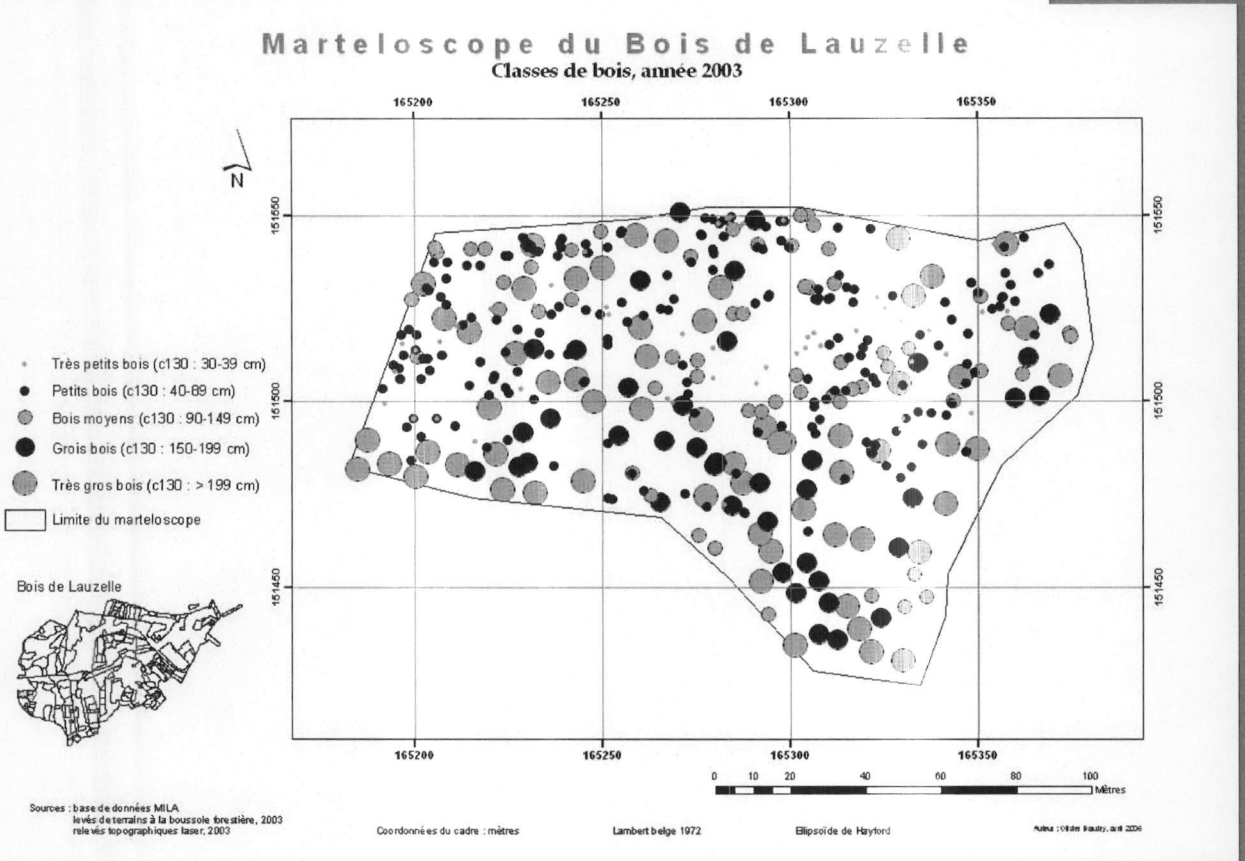


Figure 3 : distribution spatiale des classes de bois

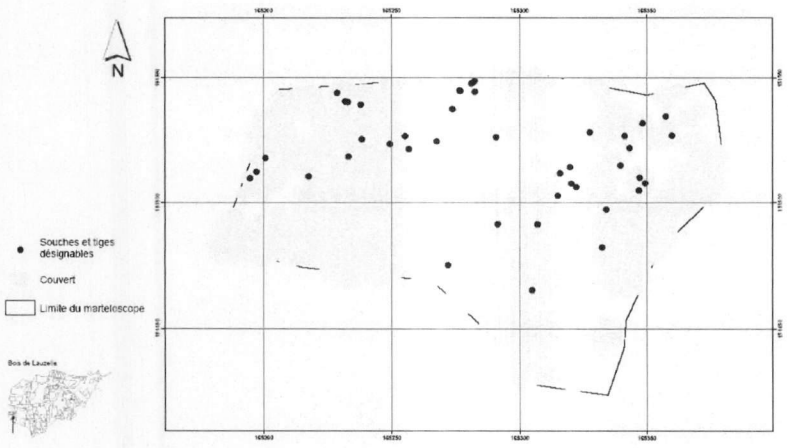


Figure 4 : le couvert et les tiges désignables

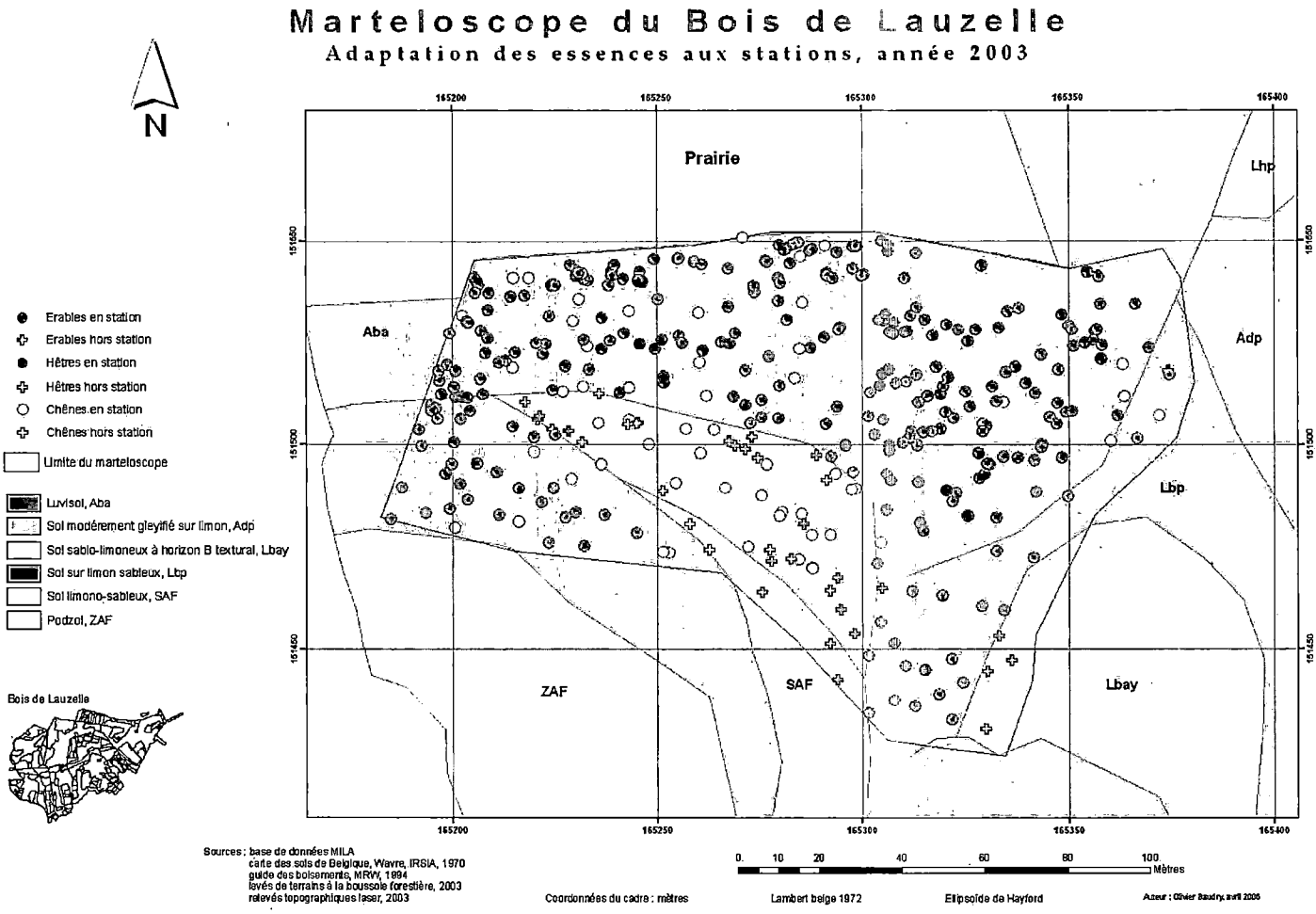


Figure 5 : distribution des arbres sur fond pédologique

et adaptation des essences aux stations

DESCRIPTIF DU PEUPLEMENT

Voici quelques graphes décrivant le peuplement

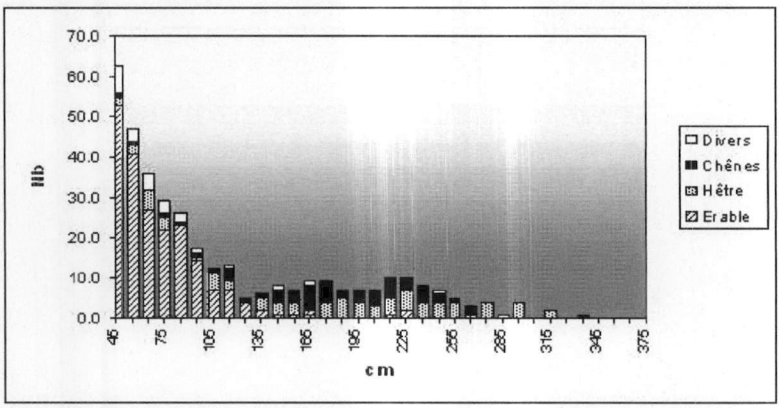


Figure 6 : Distribution du nombre de tige par circonférence

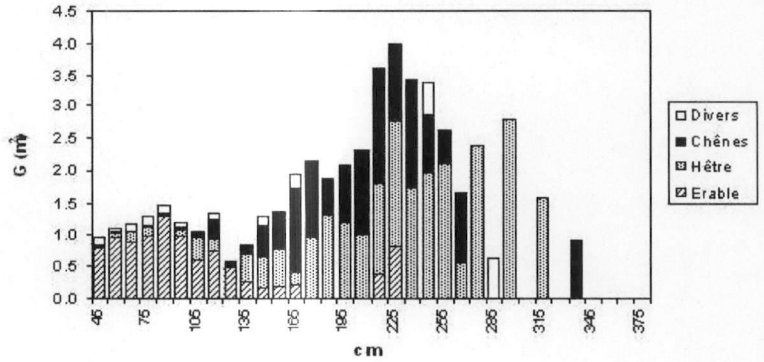


Figure 7 : Distribution de la surface terrière par circonférence

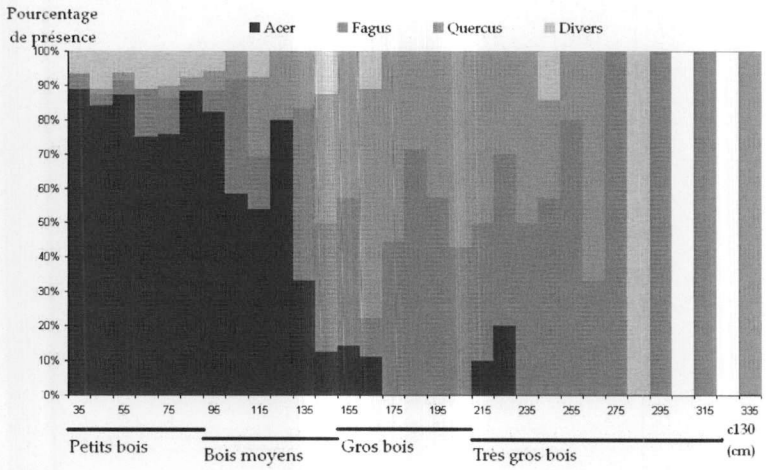
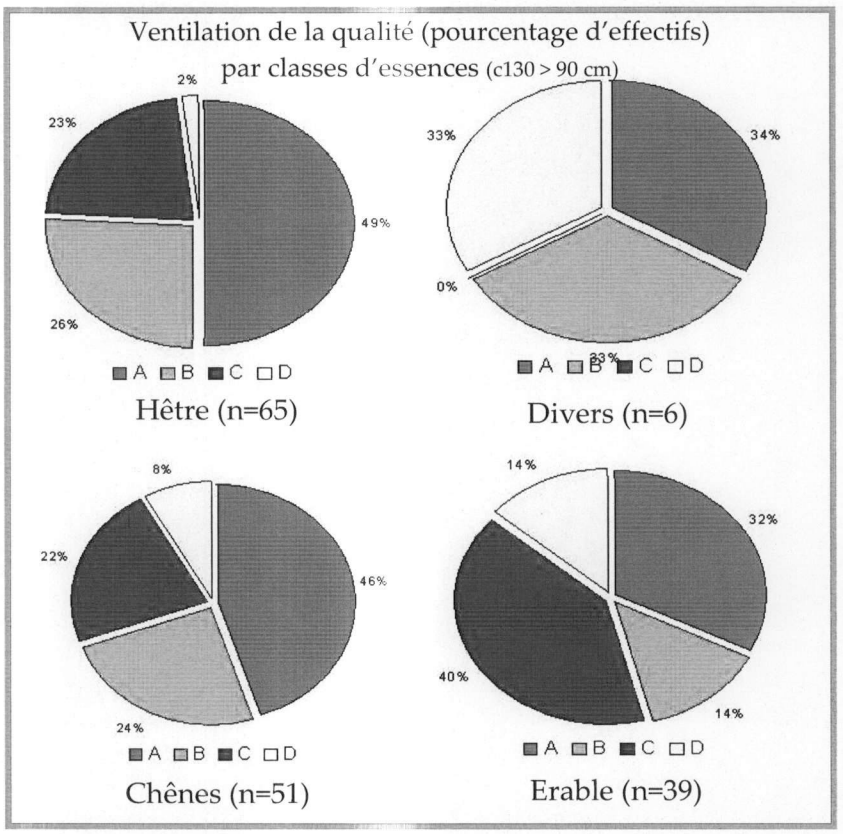


Figure 8 : Répartition du nombre de tiges par classes de bois et selon les classes d'essences

Classement qualitatif du chêne sur pied, d'après [Ameels et Lheureux, 1993]

CHÊNE	Classe de qualité		
Critère	*A*	*B*	*Autres*
Longueur (m.)	2,5	3	sans restriction
Diamètre minimal du billon (cm.)	45	40	sans restriction
Branches mortes	-	V	sans restriction
Picots, broussins	-	V	sans restriction
Fil tors	-	léger	sans restriction
Pourritures	-	-	sans restriction
Fentes, gélivure	-	-	sans restriction



Classement qualitatif du hêtre sur pied, d'après [Ameels et Lheureux, 1993]

HÊTRE	Classe de qualité		
Critère	*A*	*B*	*Autres*
Longueur (m.)	3	3	sans restriction
Diamètre minimal du billon (cm.)	40	35	sans restriction
Branches mortes	-	1/mètre au max.	sans restriction
Fil tors	-	léger	sans restriction
Pourritures	-	-	sans restriction
Fentes, gélivure	-	-	sans restriction

Quelques conseils pour le martelage

- Analysez la situation de tous les arbres en distinguant les arbres dont la circonférence est supérieure à 90 cm des autres ;
- Pour gagner du temps, vous pouvez effectuer cette analyse par « cellules de martelage » ;
- Au final, le torticolis est fréquent … et normal ! Autrement dit, n'hésitez vraiment pas à observer les houppiers sous tous leurs aspects.
- …



L'ANALYSE DES RÉSULTAT

Les résultats sont fournis par le logiciel MarteLauzelle2.0 sous la forme de fichiers Excel

Les questions abordées dans ce fichier concernent :

- les caractéristiques du peuplement avant/après martelage
- les descriptions du martelage (en délivrance et en maintien)
- la considération économique
- l'analyse de la désignation des tiges d'avenir

Nous en présentons ici quelques extraits des feuilles d'analyse

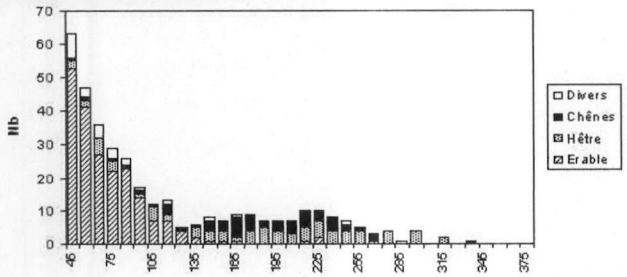


Figure 9 : Distribution du nombre de tiges martelées par classes d'essences

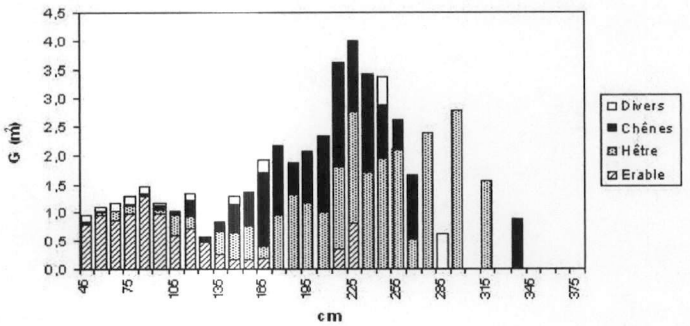


Figure 10 : Distribution de la surface terrière par classes d'essences

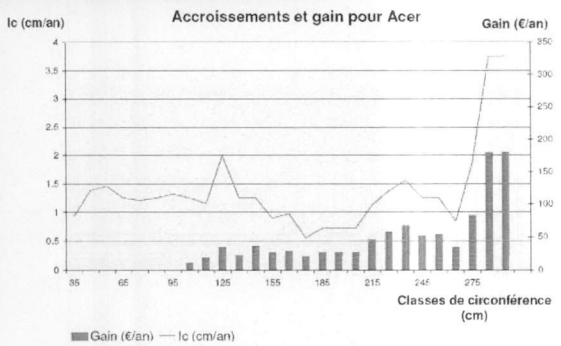


Figure 11 : Accroissement et gain pour l'érable



Université Catholique de Louvain

Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale
Unité des Eaux et Forêts

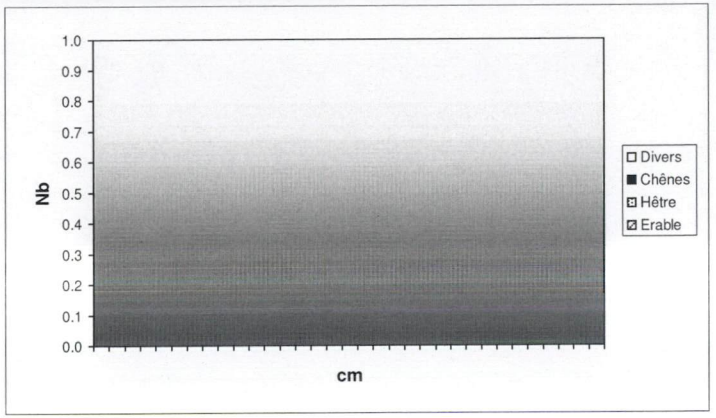
Place Croix du Sud, 2 bte 9
1348 Louvain-la-Neuve
Belgique

VII. Le fichier "MarteLauzelle.xls"

MARTELAGE FICTIF
AVANT

Marteloscope	Lauzelle	Surface (m^2)	16065
Equipe		Nb ha^{-1}	0
Date		G (m^2 ha^{-1})	0

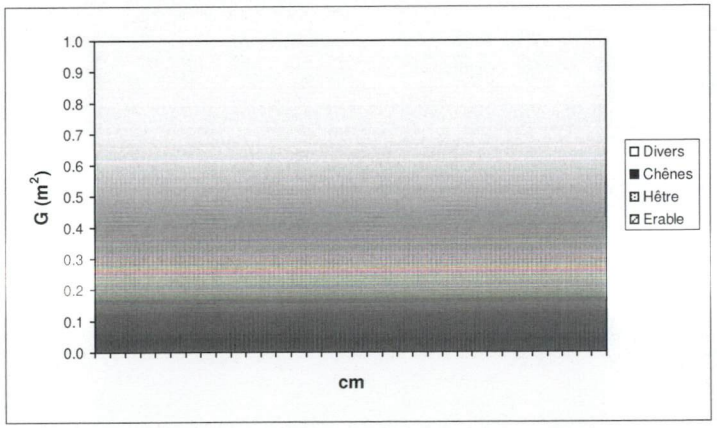
1. Avant martelage : nombre de tiges



Proportion des essences		
	Nb ha^{-1}	*(%)*
Erable	0	*0*
Hêtre	0	*0*
Chênes	0	*0*
Divers	0	*0*
TOTAL	0	*0*

Distribution en classes de grosseurs								
	PB [30-90[		BM [90-150[		GB [150-200[		TGB [>=200]	
	Nb ha^{-1}	*(%)*	Nb ha^{-1}	*(%)*	Nb ha^{-1}	*(%)*	Nb ha^{-1}	*(%)*
Erable	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Hêtre	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Chênes	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Divers	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
TOTAL	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*

2. Avant martelage : surface terrière



Proportion des essences		
	m^2 ha^{-1}	*(%)*
Erable	0	*0*
Hêtre	0	*0*
Chênes	0	*0*
Divers	0	*0*
TOTAL	0	*0*

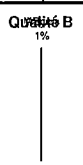
c_g130	
	cm
Erable	0.0
Hêtre	0.0
Chênes	0.0
Divers	0.0
TOTAL	0.0

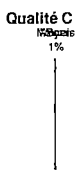
Distribution en classes de grosseurs								
	PB [30-90[		BM [90-150[		GB [150-200[		TGB [>=200]	
	m^2 ha^{-1}	*(%)*	m^2 ha^{-1}	*(%)*	m^2 ha^{-1}	*(%)*	m^2 ha^{-1}	*(%)*
Erable	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Hêtre	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Chênes	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Divers	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
TOTAL	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*

Potentiel des tiges (30<= c_{130} <90 cm)		
	Nb ha^{-1}	*(%)*
Irrécupérable	28	65%
OK avec travaux	7	17%
OK sans travaux	7	17%
TOTAL	43	100%

Proportion des qualités (c_{130} >=90 cm)				
	Etat sanitaire	Nb ha^{-1}	*(%)*	*(% tot)*
A	Bon	0	#####	#DIV/0!
	Moyen	0	#####	#DIV/0!
	Mauvais	0	#####	#DIV/0!
B	Bon	0	#####	#DIV/0!
	Moyen	0	#####	#DIV/0!
	Mauvais	0	#####	#DIV/0!
C	Bon	0	#####	#DIV/0!
	Moyen	0	#####	#DIV/0!
	Mauvais	0	#####	#DIV/0!
D	Bon	0	#####	#DIV/0!
	Moyen	0	#####	#DIV/0!
	Mauvais	0	#####	#DIV/0!
TOTAL	Bon	0		
	Moyen	0		
	Mauvais	0		







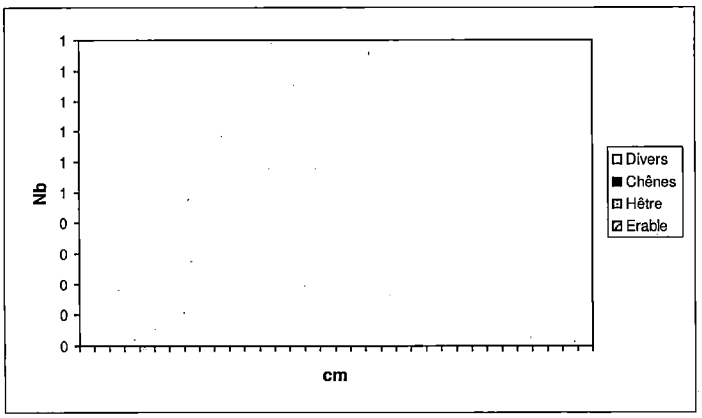


MARTELAGE FICTIF
MARTELAGE

Marteloscope	Lauzelle	Surface (m^2)	16065
Equipe		Nb ha^{-1}	0
date		G (m^2 ha^{-1})	0

Volume martelé	m^3

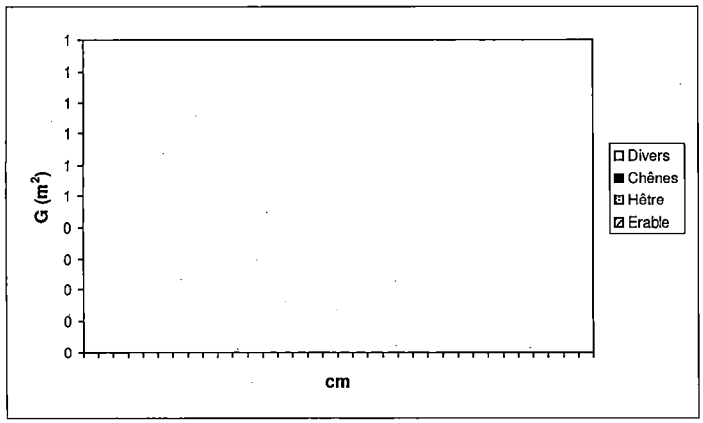
1. Martelage : nombre de tiges



Proportion des essences		
	Nb ha^{-1}	(%)
Erable	0	0
Hêtre	0	0
Chênes	0	0
Divers	0	0
TOTAL	0	0

Distribution en classes de grosseurs								
	PB [30-90[		BM [90-150[		GB [150-200[		TGB [>=200]	
	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)
Erable	0	0	0	0	0	0	0	0
Hêtre	0	0	0	0	0	0	0	0
Chênes	0	0	0	0	0	0	0	0
Divers	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0

2. Martelage : surface terrière



Proportion des essences		
	m^2 ha^{-1}	(%)
Erable	0	0
Hêtre	0	0
Chênes	0	0
Divers	0	0
TOTAL	0	0

c_g130	
	cm
Erable	0.0
Hêtre	0.0
Chênes	0.0
Divers	0.0
TOTAL	0.0

Distribution en classes de grosseurs								
	PB [30-90[		BM [90-150[		GB [150-200[		TGB [>=200]	
	m^2 ha^{-1}	(%)	m^2 ha^{-1}	(%)	m^2 ha^{-1}	(%)	m^2 ha^{-1}	(%)
Erable	0	0	0	0	0	0	0	0
Hêtre	0	0	0	0	0	0	0	0
Chênes	0	0	0	0	0	0	0	0
Divers	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0

Distribution des arbres martelés selon les raisons										
	PB [30-90[		BM [90-150[		GB [150-200[		TGB [>=200]		TOTAL	
	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)
Amélioration	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Récolte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Renouvellement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exploitation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanitaire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Accueil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diversité	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Contribution des différentes raisons au martelage total	
	(%)
Amélioration	0
Récolte	0
Renouvellement	0
Exploitation	0
Sanitaire	0
Accueil	0
Diversité	0

Arbres associés au martelage	
	Nb $arbre^{-1}$
Amélioration	0.0
Renouvellement	0.0
Exploitation	0.0
Diversité	0.0

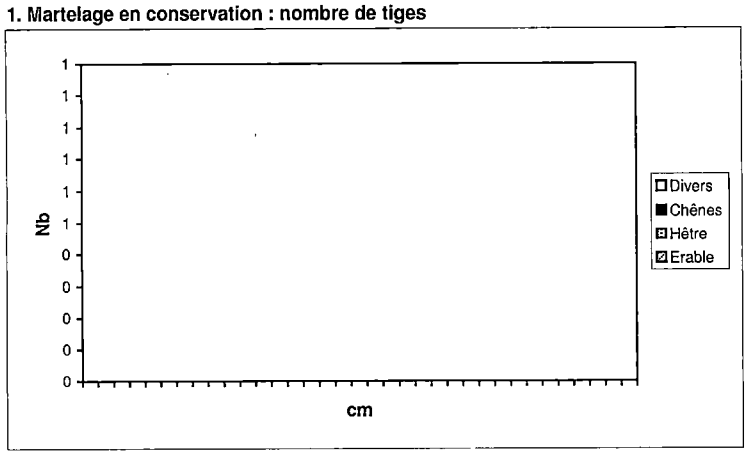
Renouvellement		
	Nb ha^{-1}	(%)
A	0.0	0.0
R	0.0	0.0
V	0.0	0.0
TOTAL	0.0	0.0

Nombre moyen de raisons	
	Nb $arbre^{-1}$
PB	0.0
BM	0.0
GB	0.0
TGB	0.0
TOTAL	0.0

MAINTIEN

Marteloscope	Lauzelle	Surface (m^2)	16065
Equipe		Nb ha^{-1}	0
date		G (m^2 ha^{-1})	0

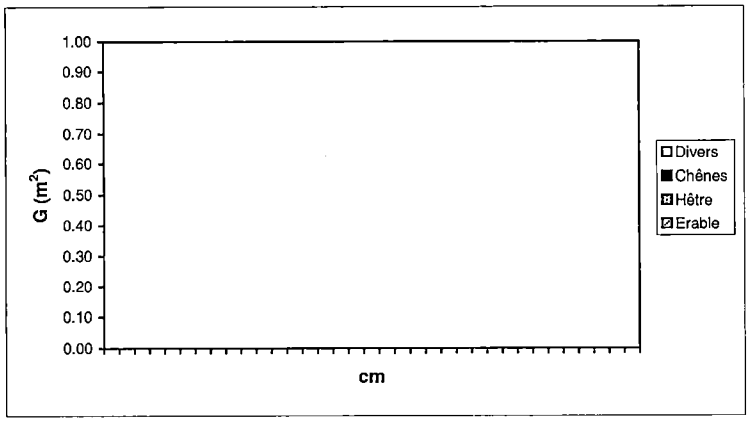
1. Martelage en conservation : nombre de tiges



Proportion des essences		
	Nb ha^{-1}	(%)
Erable	0	0
Hêtre	0	0
Chênes	0	0
Divers	0	0
TOTAL	0	0

Distribution en classes de grosseurs								
	PB [30-90[		BM [90-150[		GB [150-200[		TGB [>=200]	
	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)
Erable	0	0	0	0	0	0	0	0
Hêtre	0	0	0	0	0	0	0	0
Chênes	0	0	0	0	0	0	0	0
Divers	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0

2. Martelage en conservation : surface terrière



Proportion des essences		
	m^2 ha^{-1}	(%)
Erable	0.00	0
Hêtre	0.00	0
Chênes	0.00	0
Divers	0.00	0
TOTAL	0.00	0

c_g130	
	cm
Erable	0.0
Hêtre	0.0
Chênes	0.0
Divers	0.0
TOTAL	0.0

Distribution en classes de grosseurs								
	PB [30-90[		BM [90-150[		GB [150-200[		TGB [>=200]	
	m^2 ha^{-1}	(%)	m^2 ha^{-1}	(%)	m^2 ha^{-1}	(%)	m^2 ha^{-1}	(%)
Erable	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
Hêtre	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
Chênes	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
Divers	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
TOTAL	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0

Distribution des arbres maintenus selon les raisons										
	PB [30-90[		BM [90-150[		GB [150-200[		TGB [>=200]		TOTAL	
	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)
Prot. Qualité	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Educateur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semencier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Accueil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diversité	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prot. Physique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Contribution des différentes raisons au maintien total	
	(%)
Prot. Qualité	0
Educateur	0
Production	0
Semencier	0
Accueil	0
Diversité	0
Prot. Physique	0

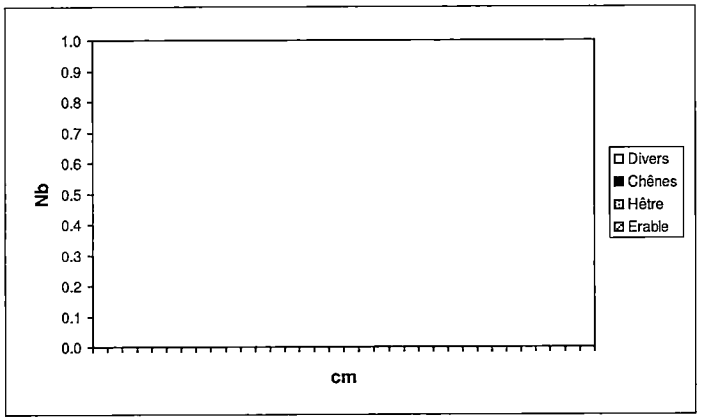
Arbres associés au maintien	
	Nb $arbre^{-1}$
Prot. qualité	0.0
Educateur	0.0

Nombre moyen de raisons	
	Nb $arbre^{-1}$
PB	0.0
BM	0.0
GB	0.0
TGB	0.0
TOTAL	0.0

MARTELAGE FICTIF
APRES

Marteloscope	Lauzelle	Surface (m^2)	16065
Equipe		Nb ha^{-1}	0
Date		G (m^2 ha^{-1})	0

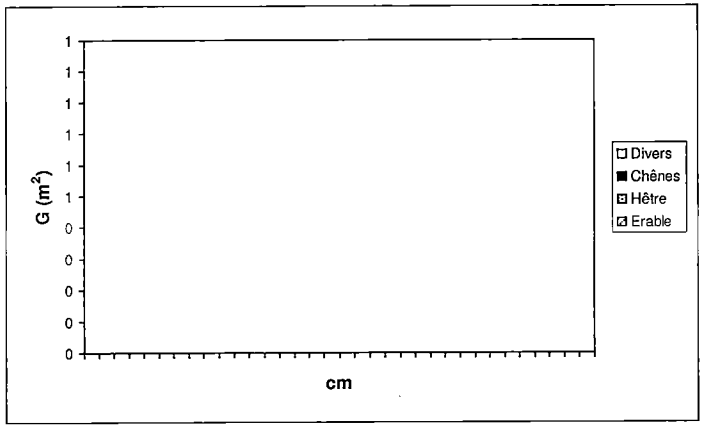
1. Après martelage : nombre de tiges



Proportion des essences		
	Nb ha^{-1}	*(%)*
Erable	0	*0*
Hêtre	0	*0*
Chênes	0	*0*
Divers	0	*0*
TOTAL	0	*0*

Distribution en classes de grosseurs								
	PB [30-90[		BM [90-150[		GB [150-200[		TGB [>=200]	
	Nb ha^{-1}	*(%)*	Nb ha^{-1}	*(%)*	Nb ha^{-1}	*(%)*	Nb ha^{-1}	*(%)*
Erable	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Hêtre	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Chênes	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Divers	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
TOTAL	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*

2. Après martelage : surface terrière

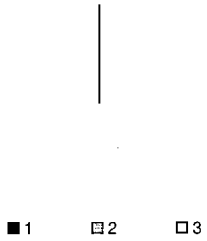


Proportion des essences		
	m^2 ha^{-1}	*(%)*
Erable	0	*0*
Hêtre	0	*0*
Chênes	0	*0*
Divers	0	*0*
TOTAL	0	*0*

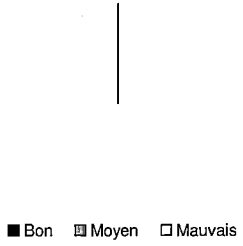
c_g130	
	cm
Erable	0.0
Hêtre	0.0
Chênes	0.0
Divers	0.0
TOTAL	0.0

Distribution en classes de grosseurs								
	PB [30-90[		BM [90-150[		GB [150-200[		TGB [>=200]	
	m^2 ha^{-1}	*(%)*	m^2 ha^{-1}	*(%)*	m^2 ha^{-1}	*(%)*	m^2 ha^{-1}	*(%)*
Erable	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Hêtre	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Chênes	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Divers	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
TOTAL	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*

Qualité A

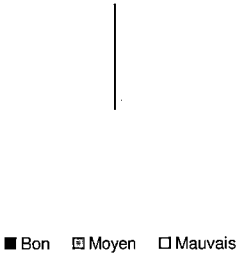


Qualité B

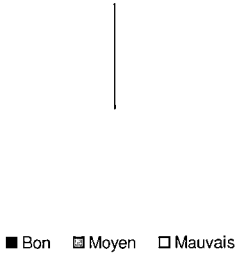


Proportion des qualités (c_{130} >=90 cm)				
	Statut	Nb ha^{-1}	*(%)*	*(% tot)*
A	Bon	0.00	#####	#REF!
	Moyen	0.00	#####	#REF!
	Mauvais	0.00	#####	#REF!
B	Bon	0.00	#####	#REF!
	Moyen	0.00	#####	#REF!
	Mauvais	0.00	#####	#REF!
C	Bon	0.00	#####	#REF!
	Moyen	0.00	#####	#REF!
	Mauvais	0.00	#####	#REF!
D	Bon	0.00	#####	#REF!
	Moyen	0.00	#####	#REF!
	Mauvais	0.00	#####	#REF!
TOTAL	Bon	0.00	#####	#REF!
	Moyen	0.00	#####	#REF!
	Mauvais	0.00	#####	#REF!

Qualité C



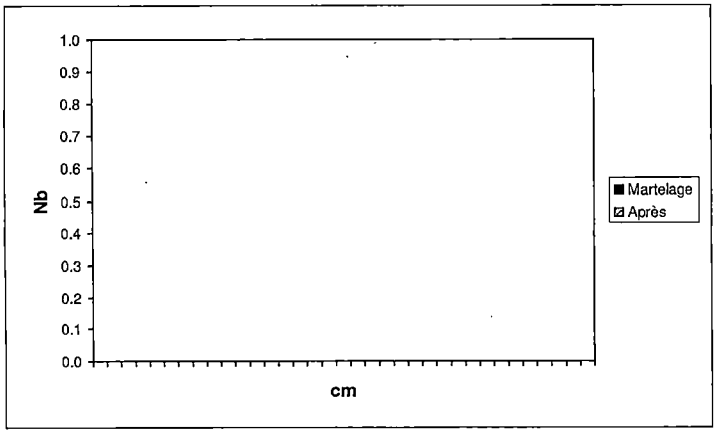
Qualité D



MARTELAGE FICTIF
AVANT / APRES

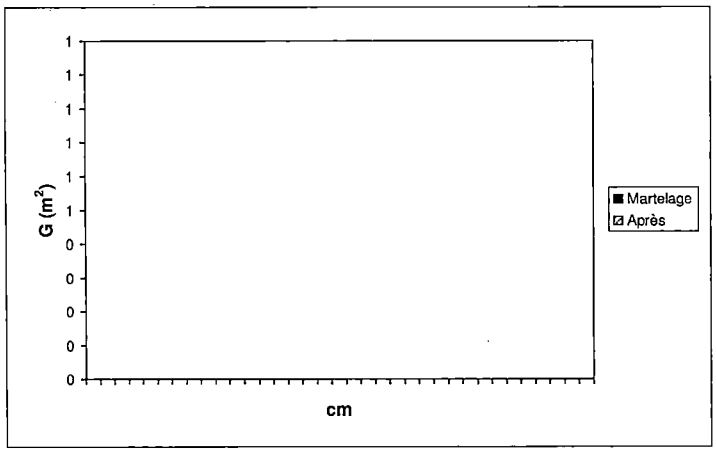
Marteloscope		Surface (m^2)	16065		
Equipe			Avant	Après	Martel.
Date		Nb ha^{-1}	0	0	0
		G (m^2 ha^{-1})	0	0	0

1. Avant/après martelage : nombre de tiges



Intensité du martelage			
	Avant	Martelé	
	Nb ha^{-1}	Nb ha^{-1}	*(%)*
PB	0	0	*0*
BM	0	0	*0*
GB	0	0	*0*
TGB	0	0	*0*
TOTAL	0	0	*0*

2. Avant/après martelage : surface terrière



Intensité du martelage			
	Avant	Martelé	
	m^2 ha^{-1}	m^2 ha^{-1}	*(%)*
PB	0.0	0.0	*0*
BM	0.0	0.0	*0*
GB	0.0	0.0	*0*
TGB	0.0	0.0	*0*
TOTAL	0.0	0.0	*0*

c_g130			
	Avant	Martelé	M/A
	cm	cm	*(-)*
PB	0.0	0.0	
BM	0.0	0.0	
GB	0.0	0.0	
TGB	0.0	0.0	
TOTAL	0.0	0.0	

g_{moy}130			
	Avant	Martelé	M/A
	dm^2	dm^2	*(-)*
PB	0.0	0.0	
BM	0.0	0.0	
GB	0.0	0.0	
TGB	0.0	0.0	
TOTAL	0.0	0.0	

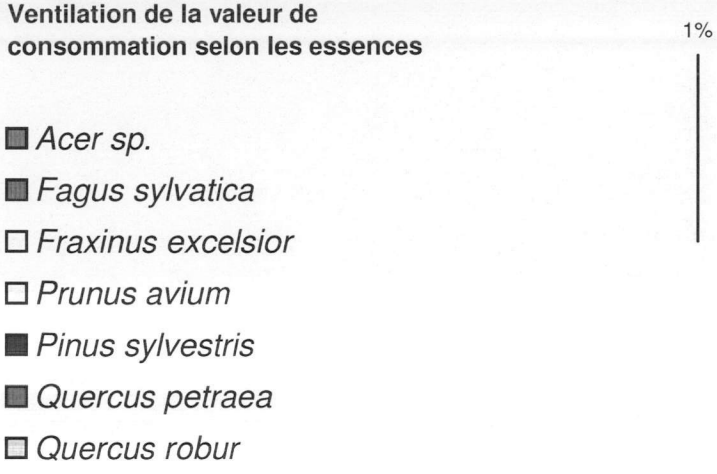
ZONE DES RESULTATS

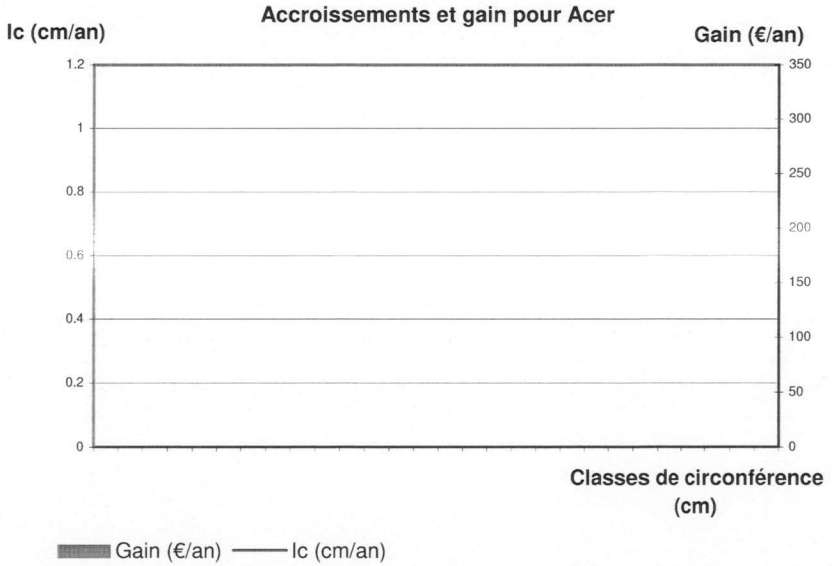
Lauzelle
ECONOMIE

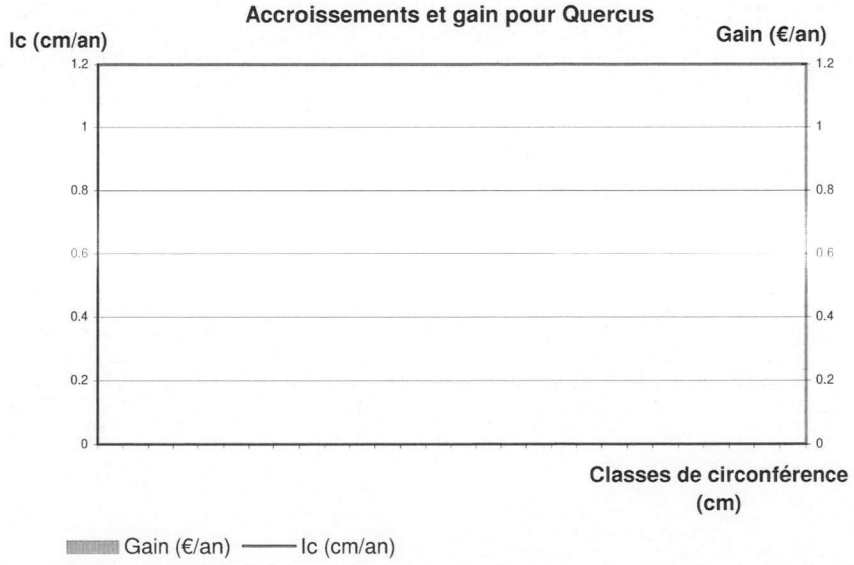
Marteloscope		Surface (m^2)	16065
Equipe			
Date			

Tableau de synthèse		
Essence	Volume total (m^3)	Prix total (€)
Acer sp.	0.00	0
Fagus sylvatica	0.00	0
Fraxinus excelsior	0.00	0
Prunus avium	0.00	0
Pinus sylvestris	0.00	0
Quercus petraea	0.00	0
Quercus robur	0.00	0
Total	0.00	0

Ventilation de la valeur de consommation selon les essences



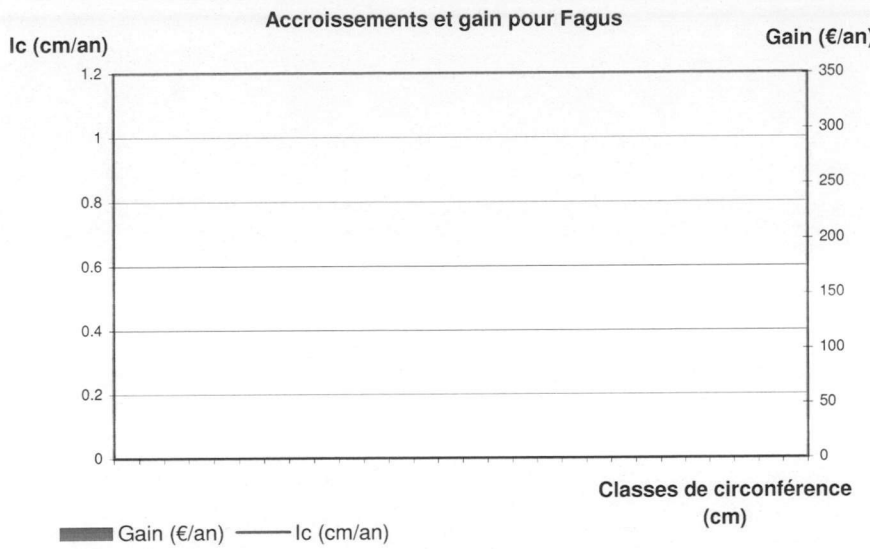


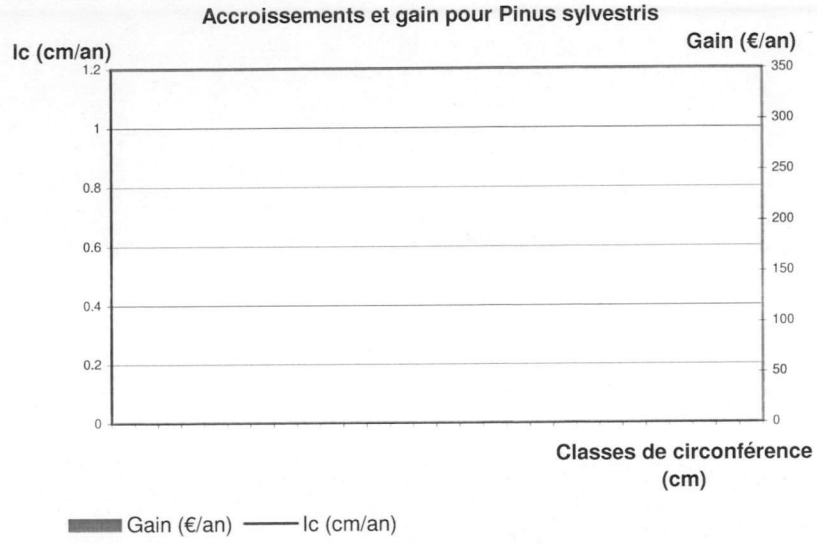


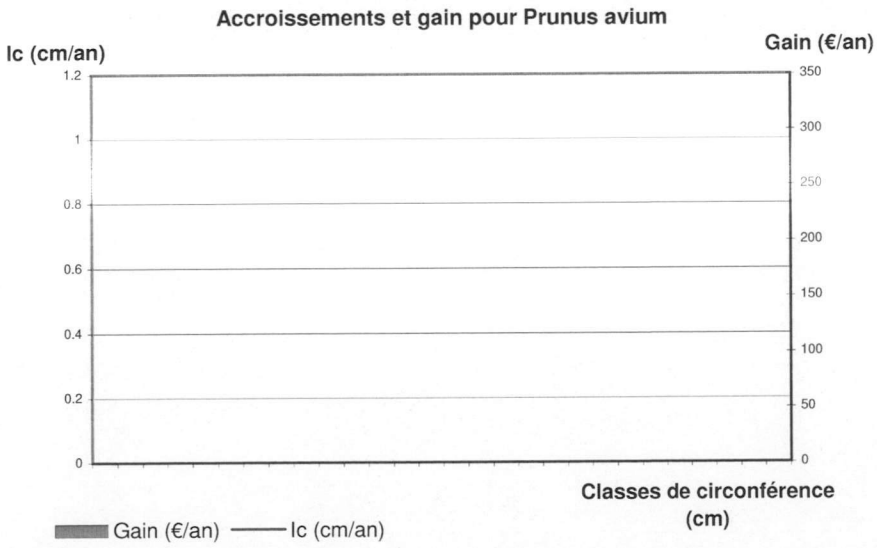
ZONE DES RESULTATS

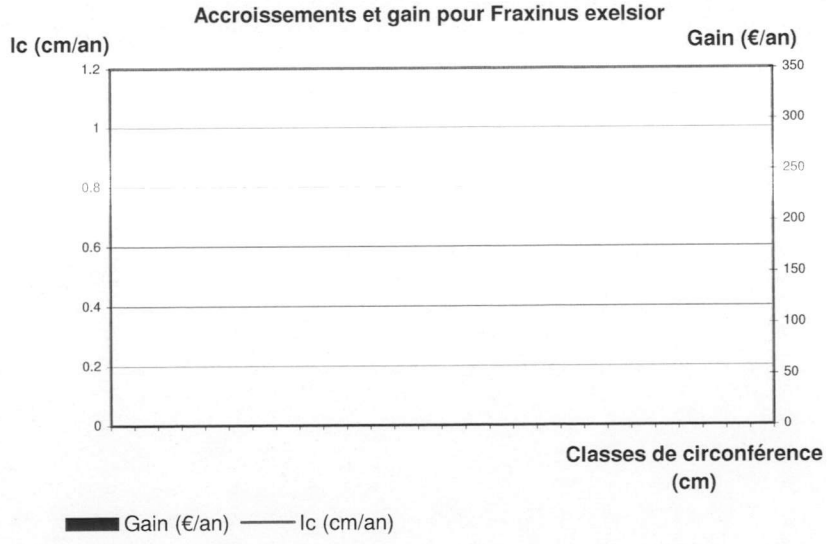
Lauzelle
ECONOMIE

Marteloscope		Surface (m^2)	16065
Equipe			
Date			







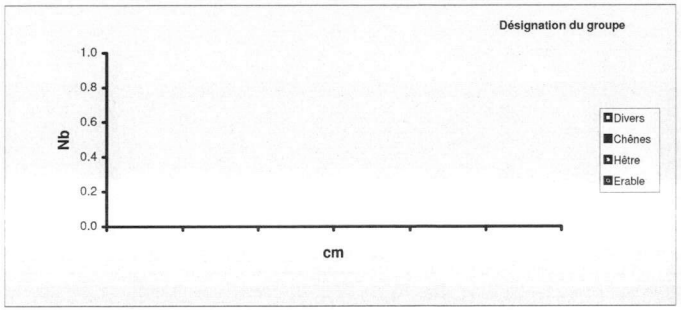


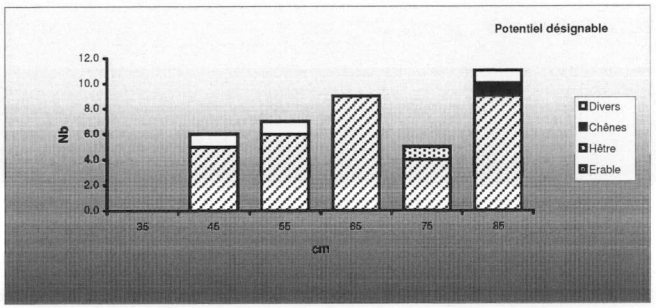
ZONE DES RESULTATS

Lauzelle
ARBRES D'AVENIR

Marteloscope	Lauzelle	Surface (m^2)	16065
Equipe			
Date			

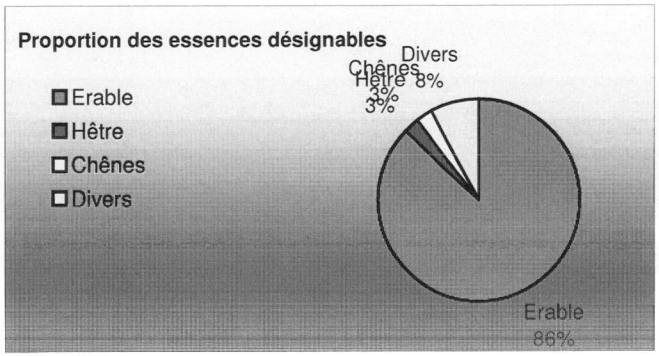
1. Désignation des tiges d'avenir : nombre de tiges





2. Désignation des tiges d'avenir : surface terrière





Ventilation des travaux par essences	pour le groupe		0			
Classe d'essence	Elagage		Taille de formation		Détourage	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Erable	0	#DIV/0!	0	#DIV/0!	0	#DIV/0!
Hêtre	0	#DIV/0!	0	#DIV/0!	0	#DIV/0!
Chênes	0	#DIV/0!	0	#DIV/0!	0	#DIV/0!
Divers	0	#DIV/0!	0	#DIV/0!	0	#DIV/0!

ZONE DES RESULTATS

Lauzelle
ARBRES D'AVENIR

Marteloscope	Lauzelle	Surface (m^2)	16065
Equipe			
Date			

Nombre et proportion des essences désignées

	0		Désignation repère	
	Nb ha^{-1}	(%)	Nb ha^{-1}	(%)
Erable	0	0	21	87
Hêtre	0	0	1	3
Chênes	0	0	1	3
Divers	0	0	2	8
TOTAL	0	0	24	100

Coûts liés aux travaux d'amélioration

	0		Désignation repère	
	Total (€)	0	Total (€)	44.51
Elagage	0 €		23.51	
Détourage	0 €		21	
Taille de formation	0 €		0	

	Nb ha^{-1}	(%) Nb c_{130} <90 cm	
		Total	OK
Arbres désignés	0	0.00	#DIV/0!
Arbres désignés	24	8.94	#DIV/0!

|^| ces valeurs dépendent de l'onglet "Avant" (à faire tourner avant)

Arbres désignés OK

	Nb ha^{-1}	(%)
Sans travaux	0	0.00
Avec travaux	0	0.00
TOTAL	0	

Nature des interventions

	Nb ha^{-1}	(% dés)
Taille	0	#DIV/0!
Elagage	0	#DIV/0!
Détourage	0	#DIV/0!

	Désignation		Potentiel total	
	Nb	Nb	Nb	
Irrécupérables	0		0	#DIV/0!
Sans travaux	0		0	#DIV/0!
Avec travaux	0	2	0	#DIV/0!

<-- ces valeurs dépendent de l'onglet "Avant" (à faire tourner avant)

Arbres désignés et non présents dans la référence "désignables"

Nb
0

VIII. La fiche de martelage

Nom

Prénom

Date

MarteLauzelle : Fiche de martelage

Désignation de l'avenir - Martelage en délivrance - Martelage en conservation

Année 2003

Martelage délivrance (D)	Amélioration	Renouvellement	Récolte	Sanitaire	Exploitation	Diversité	Accueil
Martelage maintien (M)	Protection qualité	Educateur	Production	Semencier	Prot. physique	Diversité	Accueil

Arbre	Esp.	c130 (cm)	Classe grosseur	Statut	Martel.	Avenir	D/M.	Amélioration Nb.	Amélioration Rem.	Renouvellement Nb.	Renouvellement Rem.	Récolte	Sanitaire	Exploitation Nb.	Diversité Nb.	Diversité Rem.	Accueil
2 a	Fr	73.0	PB	3													
3 a	Ac	62.0	PB	2													
4 a	Ug	54.5	PB	3													
5 a	Ac	50.0	PB	3													
6 a	Ac	60.5	PB	2													
7 a	Pc	280.0	TGB	1													
8 a	Ac	85.0	PB	1													
9 a	Fs	299.0	TGB	2													
10 a	Ac	226.0	TGB	2													
11 a	Ac	52.0	PB	2													
12 a	Ac	52.5	PB	3													
13 a	Ac	215.5	TGB	3													
14 a	Pa	79.5	PB	2													
15 a	Ac	82.5	PB	3													
16 a	Ac	95.5	BM	2													

IX. La feuille d'inventaire

Inventaire Précédent

DATE: 17/12/2005

N arbre		c130(t-1)	Statut(t-1)	Ar.Av.(t-1)	Mort	Présent	c130(t)	Statut(t)	Qualité(t)	Arb.Av.(t)	Cause.Déchéance.
1	a	88	3	0				2			
2	a	73	3	0				2			
3	a	62	2	0				2			
4	a	54.5	3	0				3			
5	a	50	3	0				2			
6	a	60.5	2	0				2	O		
7	a	280	1	0				1	A		
8	a	85	1	0				2			
9	a	299	2	0				2	A		
10	a	226	2	0				2	B		
11	a	52	2	1				2			
12	a	52.5	3	0				3			
13	a	215.5	3	0				3	C		
14	a	79.5	2	0				2			
15	a	82.5	3	0				3			
16	a	95.5	2	0				2	B		
17	a	57.5	3	0				3			
18	a	104	2	0				2	C		
19	a	58	2	0				2			
20	a	126	2	0				2	B		
21	a	100	2	0				2	A		
22	a	122	3	0				3	C		
22	b	57	3	0				3			
23	a	141	2	0				2	D		
24	a	140	2	0				2	B		
25	a	88	3	0				3			
25	b	74	3	0				3			

Inventaire Nouveau

DATE: 17/12/2005

N arbre	Essence	Mort	c130(t)	Statut(t)	Arb.Av.(t)	Cause.Déchéance.

X. Les arbres désignables

Liste des arbres d'avenir

Etat issu de la table "Arbres_Avenir_base"

Souche	Tige	Annee Croissance	Essence	c130	g130	Statut	Classes_c130_10	Classes_Essence	Travail d'amélioration		
									Taille de formation	Elagage	Detourage
5	a	2003	Ac	50	0.0198944	3		Ac	0	0	0
8	a	2003	Ac	85	0.0574947	1		Ac	0	0	0
11	a	2003	Ac	52	0.0215177	2		Ac	0	0	0
29	a	2003	Ac	69.5	0.0384379	1		Ac	0	0	0
36	b	2003	Ac	77.5	0.0477962	2		Ac	0	0	1
37	a	2003	Ac	51.5	0.0211059	2		Ac	0	0	0
38	a	2003	Ac	84	0.0561499	2		Ac	0	0	1
43	a	2003	Ac	82	0.0535079	2		Ac	0	0	0
52	a	2003	Ac	73.5	0.0429897	2		Ac	0	0	0
60	a	2003	Ac	69	0.0378868	2		Ac	0	0	0
64	a	2003	Ac	71.5	0.040682	2		Ac	0	1	0
69	a	2003	Ac	90	0.0644578	2		Ac	0	1	0
92	a	2003	Ac	53	0.0223533	3		Ac	0	0	1

Souche	Tige	Annee Croissance	Essence	c130	g130	Statut	Classes_c130_10	Classes_Essence	Travail d'amélioration		
									Taille de formation	Elagage	Detourage
96	a	2003	Ac	60.5	0.0291273	2		Ac	0	0	0
97	a	2003	Ac	63	0.0315843	1		Ac	0	0	0
107	a	2003	Ac	81	0.0522108	2		Ac	0	0	1
112	a	2003	Ac	62	0.0305896	2		Ac	0	1	0
131	a	2003	Ac	64	0.0325949	1		Ac	0	0	0
137	a	2003	Ac	63.5	0.0320876	1		Ac	0	0	0
148	a	2003	Ac	82	0.0535079	1		Ac	0	0	0
150	a	2003	Ac	77.5	0.0477962	2		Ac	0	0	0
160	a	2003	Ac	44	0.0154062	2		Ac	0	1	0
161	a	2003	Ug	52	0.0215177	1		Di	0	1	0
163	a	2003	Ac	88	0.0616248	1		Ac	0	1	0
164	a	2003	Ac	82	0.0535079	2		Ac	0	1	0
172	a	2003	Pa	83	0.0548209	2		Di	0	1	0
191	a	2003	Ac	48	0.0183346	2		Ac	0	1	0
193	a	2003	Ac	46	0.0168386	2		Ac	0	1	0

Souche	Tige	Annee Croissance	Essence	c130	g130	Statut	Classes_c130_10	Classes_Essence	Travail d'amélioration		
									Taille de formation	Elagage	Detourage
204	a	2003	Ac	68	0.0367966	1		Ac	0	0	1
205	a	2003	Ac	83	0.0548209	2		Ac	0	0	1
208	a	2003	Ac	87	0.0602322	2		Ac	0	0	0
220	a	2003	Ac	60.5	0.0291273	1		Ac	0	0	0
226	a	2003	Fs	72	0.041253	1		Fs	0	0	0
270	a	2003	Qp	84	0.0561499	1		Qsp	0	0	0
289	a	2003	Ac	53	0.0223533	2		Ac	0	0	0
343	a	2003	Ac	41.9	0.0139707	2		Ac	0	0	0
347	a	2003	Ac	58	0.0267699	2		Ac	0	0	0
368	a	2003	Ug	42	0.0140375	2		Di	0	1	0
382	a	2003	Ac	41	0.013377	3		Ac	0	1	0

Contribution à l'élaboration d'un outil d'apprentissage du martelage en futaie irrégulière

Unité des Eaux et Forêts - *Juin 2006 – Olivier BAUDRY*

Résumé

La gestion de la futaie irrégulière continue et proche de la nature se base sur un ensemble de fonctions attribuées à chacun des arbres composant le peuplement. Lors de la coupe de jardinage, le martelage exige de considérer simultanément l'ensemble de ces fonctions, ce qui implique un apprentissage. Des dispositifs didactiques participent à la formation des marteleurs, ce sont les marteloscopes.

Dans le Bois de Lauzelle, un marteloscope a été implanté en 2003. Situé dans un peuplement irrégulier (en structure et en mélange), ce marteloscope permet une analyse du martelage effectué par les étudiants lors de leurs exercices. Notre travail consiste à perfectionner ce dispositif en examinant deux aspects : apprentissage pour les étudiants et gestion par le responsable.

Nous avons contribué à la construction d'outils didactiques d'aide à la décision et les avons intégrés dans un logiciel d'analyse du martelage. Au travers de la qualité des arbres, de leur potentiel (qualitatif ou de croissance), ou du calcul de leur valeur économique potentielle, les outils fournis entraînent le marteleur dans une multitude de questions de sylviculture. En outre, les raisons qui conduisent au maintien ou à la délivrance d'un arbre sont étudiées en détail. Nous examinons enfin l'accroissement des arbres et du peuplement.

Grâce à des cartes thématiques, nous avons doté le marteleur d'outils d'analyse originaux. Celui-ci dispose ainsi aujourd'hui de graphes, de tables, de cartes et de grandeurs caractéristiques explicitant le peuplement irrégulier. La représentation de l'impact du martelage est améliorée.

Le gestionnaire du dispositif possède dès à présent de nouveaux instruments de gestion ; l'inventaire est facilité, les composantes de l'accroissement du peuplement sont individualisées, les cartes permettant de retrouver un arbre particulier sont disponibles.

Par la diversité des thèmes abordés, ce travail aborde le cadre complet de la gestion en futaie irrégulière sous des angles variés et complémentaires. Outil exceptionnel pour suivre et décrire un peuplement, le marteloscope du Bois de Lauzelle est aussi un dispositif idéal pour tout marteleur désirant pratiquer le martelage, comprendre et adapter sa technique de coupe à des objectifs spécifiques.

Mots-clefs

martelage – futaie irrégulière feuillue – marteloscope – Bois de Lauzelle - sylviculture