



Document interne

Equipe FOSFOR
Cemagref Nogent s/ Vernisson

UR LISC
Cemagref Clermont Ferrand

Protocole de mesures de terrain
et de traitement de données
dans le cadre de la cartographie
des peuplements mélangés Chêne-Pin sylvestre
de la région Centre.

Marie-Ange Ngo Bieng

version finale du 8/12/2004

1. Introduction

Dans le cadre de l'étude de la structure des peuplements mélangés Chêne-Pin Sylvestre de la région centre (Ngo Bieng, 2004), nous avons choisi d'utiliser une méthode d'étude de structure spatiale basée sur les distances, qui nécessite des cartographies complètes du domaine d'étude et qui est utilisée sur des dispositifs de grande taille : la méthode de Ripley (1977). Cette méthode nécessite de connaître la position de tous les arbres dans le domaine d'étude, nous avons donc mis en place une campagne de mesures dans le but d'acquérir des cartographies complètes de plusieurs dispositifs installés en forêt d'Orléans.

Le but de ce document interne est de présenter en détail le protocole mis en place pour ces mesures de terrain, ainsi que les traitements de données effectués. Une version simplifiée est présentée dans (Ngo Bieng, 2004).

2. Protocole de mesures de terrain

2.1. Localisation des dispositifs.

Pour cette campagne de mesure, nous avons utilisé comme support un réseau de dispositifs installés dans le massif de Loris de la forêt d'Orléans, lors d'une étude précédente sur la caractérisation typologique des peuplements mélangés Chêne – Pin sylvestre de la forêt d'Orléans (équipe FOSFOR, Allain et *al.*, 2004).

L'emplacement des dispositifs figure sur une carte au 1/25000^{ème} (voir Ngo Bieng, 2004) et ils ont été repérés au GPS. Par souci d'efficacité, afin de permettre un accès rapide avec un véhicule, et faciliter leur recherche, les dispositifs sont souvent placés au plus près d'une limite de parcelle (Allain et *al.*, 2004, annexe P12); les modalités d'installation des dispositifs sont consultables dans (Allain et *al.*, 2004).

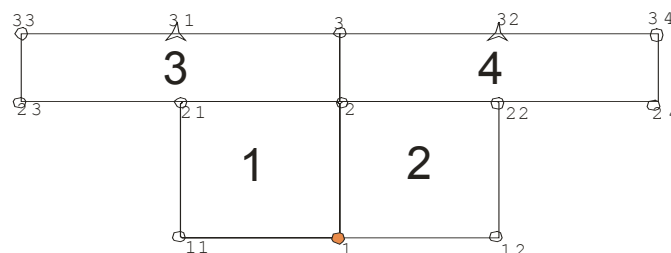


Figure 1 : Forme des dispositifs. 1, 2, 3, et 4 sont les numéros des placettes. Les ronds représentent des piquets. (d'après Allain et *al.*, 2004).

A l'arrivée sur un dispositif, on commence par une reconnaissance complète des lieux. Le piquet n°1 a 1m20 de hauteur ; le sommet est marqué de peinture rouge et porte le numéro du dispositif. Les autres piquets ont 50cm de hauteur (Allain et *al.*, 2004, annexe P 16). Le tour des placettes est rendu facile par le marquage des arbres de bordure des placettes (ruban et/ou peinture repérable) ; de même, la localisation des piquets d'angle est signalée par des marques sur des brins de taillis de faible diamètre ; on s'assure ainsi que les limites sont bien visibles. Si ce n'est pas le cas on rajoute de la peinture pour bien marquer les limites.

Dans un but de traçabilité, le réseau des dispositifs fait l'objet d'un cahier de laboratoire sur lequel sont indiqués chaque jour le nom des opérateurs, les correspondances entre numéro anciens d'arbres mesurés et nouveaux, des remarques sur l'état du dispositif, les problèmes rencontrés et les solutions apportées.....

22. Instruments de mesures.

- Les mesures de position se font au tachéomètre électronique TS315 (marque TRIMBLE). Cet appareil mesure des angles par rapport à un azimut de référence, des distances horizontales et des dénivelés par rapport à son emplacement (l'emplacement du tachéomètre sera appelé "**point de station**" dans le reste du document, voir plus bas en paragraphe 23).

- L'azimut de référence est mesuré par une boussole SUUNTO graduée en grade.

- Les arbres mesurés sont marqués d'une étiquette blanche (type forestier) en plastique portant des numéros et fixée à l'arbre avec un marteau spécial ; il faut noter que nous disposons d'un porte étiquette/marteau. L'écorce des arbres étant souvent rugueuse, il peut s'avérer que pour améliorer l'adhérence des étiquettes, on la gratte avec un coupe-coupe.

- Enfin, la circonférence des arbres (arrondie au cm) est prise avec un ruban forestier gradué en centimètre de circonférence.

- Les informations sur l'arbre et les piquets sont notés dans un carnet de terrain électronique.

- Sont aussi nécessaires des jalons de repérage, ainsi que des piquets de compléments, un double décamètre, et des bombes de peinture.

23. Installation du tachéomètre.

Les mesures sont faites dans chaque placette à partir d'un emplacement qu'on appellera "point de station" ; le choix d'un point de station répond à un certain nombre de critères.

□ **Placettes carrées**

Le point de station choisi doit :

- être à peu près à égale distance des 4 piquets d'angles ;
- se trouver à un endroit où il n'y a pas trop de gros arbres à proximité (pour éviter les angles morts : un arbre proche cache facilement d'autres arbres) ;
- permettre si possible de voir avec le tachéomètre les 4 piquets d'angle.

Si depuis le point de station choisi on ne réussit pas à voir tous les piquets, on peut le garder si au moins le piquet principal (n°1) et 2 autres piquets sont vus ; sinon, il est nécessaire de changer d'emplacement. Lorsqu'un point de station a été fait précédemment on doit aussi pouvoir le repérer.

□ **Placettes rectangulaires**

Dans le cas général, il est impossible de voir les 4 piquets depuis un seul point de station ; des piquets intermédiaires sont donc installés de manière à diviser chaque placette rectangulaire en 2 sous placettes de 25m sur 50m. Les points de station sont choisies dans chaque sous-placette selon les mêmes critères que ci dessus.

Il faut savoir que pour 2 placettes (carrées) ou moitié de placettes (rectangulaires) contiguës, les points de station choisis doivent être visibles l'un de l'autre. C'est pourquoi, dès le choix définitif d'un point de station, il faut repérer et matérialiser au sol son emplacement exact. En pratique, on dispose sur chaque point remarquable des jalons, d'une hauteur d'un mètre environ ce qui permet de les voir d'assez loin.

Une fois l'emplacement du point de station choisi, le trépied peut être installé, et ensuite (dessus) le tachéomètre ; il est souhaitable d'avoir l'oculaire au niveau des yeux ; on peut procéder ensuite au calage horizontal du tachéomètre, tel que décrit dans le manuel utilisateur, calage impératif pour toute mesure. Avant de commencer les mesures, les paramètres de hauteur de l'appareil et d'azimut de référence (azimut 0) doivent être enregistrés.

Toutes les mesures sont faites en mode prisme (mesure infrarouge), afin d'éviter les phénomènes des réflexions toujours possibles en mode laser. Le choix du mode prisme présente en outre l'avantage de mesurer les arbres toujours au même niveau, ce qui peut être intéressant si on veut par la suite utiliser ces mesures pour un usage altimétrique.

En cas de repositionnement sur un point de station déjà étudié, l'utilisation d'un fil à plomb constitue une aide commode à l'installation.

24. Mesures.

Le tachéomètre placé au bon endroit, il est nécessaire de lui donner un azimut zéro, par rapport auquel toutes les mesures d'angles dans le dispositif seront prises. Cet azimut est celui donné par la direction perpendiculaire à l'axe (piquet 1 - piquet 2), mesurée avec une boussole. Cet azimut dit "de référence" est le même pour tout le dispositif et doit être noté à chaque fois sur le cahier de laboratoire. Selon les personnes, il peut y avoir une légère différence d'appréciation dans le choix de la graduation de l'appareil : il est donc recommandé, lorsqu'il y a changement d'opérateur de contrôler la valeur d'angle de référence. Lors de l'utilisation de la boussole, il faut toujours s'assurer de sa parfaite horizontalité pour éviter les blocages d'aiguille et se souvenir que les valeurs de l'azimut croissent vers la gauche, ce qui est inhabituel sur la plupart des appareils de mesure. Il peut s'avérer nécessaire de le reprendre pour le même dispositif si la personne qui le mesure change.

Le mode prisme du tachéomètre nécessite que le prisme, porté par une perche d'1m30, soit posé sur la cible à mesurer. L'appareil mesure la distance horizontale à la cible (c'est à dire du point de station à la cible), son angle par rapport à l'azimut de référence et aussi le dénivelé entre le point de station (à 1m30) et le point cible .

Il faut noter qu'il faut au moins deux personnes pour effectuer les mesures :

- la première qui effectue la mesure (en manipulant le tachéomètre)
- la deuxième qui se déplace avec le prisme de cible en cible (piquets et arbres)

□ Mesures : piquets et points de station (précédente)

Les premières mesures sont celles des piquets et du point de station précédent. Le prisme, porté par la perche est installé à la verticale de chaque piquet / point de station. Il doit être bien horizontal et on veillera particulièrement à la position de la bulle de niveau. La mesure n'est prise que quand la personne mobile a annoncé le numéro et le nom du piquet et

seulement si ces données concorde bien avec le nom et le numéro attendu par l'opérateur chargé de la mesure avec le tachéomètre.

□ **Mesures : arbres**

Les arbres mesurés doivent avoir une circonférence $>$ ou $=$ à 23cm.

Avant de prendre la mesure d'un arbre, on place une étiquette numérotée en l'orientant vers le point de station, puis la personne mobile annonce le numéro. La mesure ne doit être prise que si l'étiquette est fixée et si son numéro correspond bien au numéro de mesure du tachéomètre, numéros allant en ordre croissant. Il est important de toujours vérifier cette correspondance avant de prendre la mesure. Si les étiquettes cassent, il y a deux solutions : (i) on la remplace par la suivante (avec contrôle au niveau de l'appareil) ou (ii) on marque le numéro à la peinture sur l'arbre.

Quoiqu'il en soit, quand la personne mobile est sûre du numéro de l'arbre, elle l'annonce à la personne qui prend la mesure, ainsi que l'essence, la circonférence et la strate. Toute autre remarque concernant l'arbre peut être signalée (numéro de sondage s'il y en a un, penché, blessé.....) à la 1^{ère} personne (qui manipule le tachéomètre) qui le note dans le carnet de terrain électronique et qui prend ensuite la mesure.

Les mesures doivent se faire de façon méthodique, par secteurs orientés dans le sens de l'aiguille d'une montre de façon à ne pas oublier des arbres.

Si la cible est un arbre dont le tronc est incliné par rapport à la souche, la distance mesurée est celle du tronc à 1m30.

Si la cible est constituée par des cépées de Charme, la distance mesurée est celle du centre de la souche et la circonférence de tous les pieds précomptables sont prises. Les cépées des autres espèces sont considérés comme des franc-pieds, tous les brins doivent être positionnés.

La notation dans le carnet de terrain électronique, obéit aux codes suivants:

□ **pour les noms d'essences :**

A = Chêne ;

B = Pins ;

C = Charme ;

D =Bouleau ;

E = Alisier ;

F = Tremble ;

G = Pommier ;

H = Châtaignier

I = Houx ;

J = Bourdaine ;

K = Hêtre ;

L = Viorne ;

M = Poirier ;

N = Saule

O =Merisier

Cette liste sera complétée si de nouvelles espèces sont recensées au cours de l'inventaire.

□ **pour les Piquets et points de station :**

Z+N° Référence = Piquet d'angle ou complémentaire

S+N° Référence = point de Station

Ex :Z1,Z12 :piquet 1;piquet 12

S21 : premier point de station de la placette 2.

□ **Pour des informations relatives aux arbres :**

B=blessé

C=cassé

E=écorcé

J=jumelle

P=penché

T=tordu

On peut associer 2 lettres ensemble, si l'arbre présente plusieurs caractéristiques particulières. Si l'information ne peut être codifiée, on l'écrit dans le cahier de laboratoire. Il en est de même pour les informations relatives au dispositif et qui doivent être signalées. (Ex :présence d'un chemin de cloisonnement, d'un fossé, d'une trouée, Blessure au pied suite à accident, Gélivure...)

25. Numérotation

Tout objet mesuré fait l'objet d'une numérotation, commençant par :

- Le numéro de dispositif
- Le numéro de placette
- Le numéro de point de station
- Un numéro de mesure pour les piquets et les points de station
- Le numéro d'étiquette pour les arbres.

Chacun de ces numéros constitue une colonne du carnet de terrain électronique. Dans la colonne nom, figure le code de l'essence pour les arbres ou le code piquet ou point de station. Dans les autres colonnes sont mentionnés circonférence, strate, angle corrigé (voir plus bas) et observations.

Les piquets quant à eux sont notés Z, suivi de leur numéro (voir figure 1) ; et les points de station S suivi du numéro de placette et du numéro de point de station. Exemple de numérotation :

17#4#2#00001Z1 : dispositif 17, placette 4, point de station 2, première mesure, piquet Z1.

20#2#1#00220A : dispositif 20, placette 2, point de station 1, numéro d'étiquette : 220, chêne.

26. Corrections d'angles.

Il peut s'avérer que, depuis le point de station, un des arbres ou un des piquets d'angles ne soient pas aperçus. Dans ce cas, la mesure est faite en plaçant le prisme au même niveau (même distance du point de station) que la cible mais à un endroit visible ; ensuite l'angle réel est obtenu en orientant le tachéomètre dans la direction du milieu de l'arbre -ou dans la direction du piquet-et est noté dans la colonne correspondante du tableau du carnet de terrain électronique.

3. Transfert et traitement des données.

31. Numérotation des données (rappel)

Comme nous l'avons vu au chapitre 25, les données du tachéomètre sont numérotées. La numérotation est constituée respectivement du numéro du dispositif, de la placette, du point de station et du numéro d'ordre. A chaque numéro d'ordre correspond un code caractère qui est l'essence ; ceci pour chaque mesure prise par l'appareil.

Chaque mesure prise par l'appareil donne, respectivement pour chaque numéro d'ordre associé à l'essence :

- la distance horizontale (en mètre) entre le point de station et la mire (posée contre la cible) ;
- l'azimut (en grade) de la cible par rapport à l'azimut de référence ;
- la hauteur h (en mètre) représentant le décalage entre la hauteur de l'appareil et la hauteur de la cible (la mire).

Les données du carnet de terrain (comme présentées en partie 2.) sont rentrées dans des colonnes correspondant respectivement :

- au dispositif,
- à la placette,
- aux numéros d'ordre ;
- aux codes caractère (piquets ou essences),
- aux circonférences (en centimètre) des arbres,
- aux strates des arbres ;
- aux corrections d'angles s'il y en a ;
- aux diverses observations qu'on peut faire sur chaque arbre.

32. Transfert des données

□ Tachéomètre

Les données sont transférées sur ordinateur grâce au logiciel Terramodel 10 12. Ce logiciel permet aussi d'exporter les données vers un classeur Excel : on a ainsi une feuille nommée "fichier de station totale.dat".

Le transfert doit être fait régulièrement pour ne pas surcharger la mémoire du tachéomètre et pouvoir ainsi faire de nouvelles mesures. On doit d'ailleurs le faire tous les jours, ou alors à la fin des mesures sur un dispositif pour ne pas avoir plusieurs fichiers de tachéomètre par dispositif, et sachant que des fausses manœuvres peuvent se produire et effacer toutes les données. Une telle régularité dans le transfert permettra d'éviter de longues reprises de mesures.

□ Carnet de terrain

Il est directement connecté à l'ordinateur et les données sont copiées sur une feuille de calcul excel.

33. Traitement des données

Les données sont récupérées sur une feuille de calcul Excel qui regroupe les données du fichier du tachéomètre et du carnet de terrain. Grâce aux données qu'on a en commun (numéro et essences), on peut faire des vérifications et procéder à des corrections (retour sur le terrain) s'il y a lieu.

La feuille de calcul est constituée :

□ **des colonnes de données d'origine :**

- code caractère (piquets ou essences)
- numéro d'ordre (donné par le tachéomètre), comportant notamment le numéro de point de station;
- distance horizontale (donnée par le tachéomètre)
- azimuth (donné par le tachéomètre, sauf les valeurs corrigées qui sont prises sur le carnet de terrain)
- hauteur h (donnée par le tachéomètre)
- circonférence (donnée par le carnet de terrain)
- strate (donnée par le carnet de terrain)

□ **des colonnes de données calculées**

- Distance horizontale corrigée : c'est la même que la distance horizontale mesurée pour les piquets et cépées de charme ; mais elle correspond à la distance mesurée plus le rayon de l'arbre pour les autres espèces, à laquelle on rajoute 2 centimètres correspondant au petit espace entre la mire et l'écorce de l'arbre : on a ainsi la distance horizontale entre le point de station et le centre de l'arbre mesuré.

$$\text{Distance horizontale corrigée} = \text{Distance horizontale} + (\text{circonférence} / (2 * \text{PI})) / 100 + 0.02$$

- Azimut corrigé : c'est l'azimut mesuré par le tachéomètre, converti en radians.

$$\text{Azimut corrigé} = -(2 * \text{PI} / 400) * \text{Azimut}$$

- Coordonnées par rapport au point de station : la distance et l'azimut corrigé obtenus pour chaque mesure permettent d'avoir des coordonnées en abscisses et en ordonnées. Les coordonnées du point de station sont évidemment $(X, Y) = (0, 0)$

$$X_i = \text{Distance corrigée} * \text{COS}(\text{Azimut corrigé})$$

$$Y_i = \text{Distance corrigée} * \text{SIN}(\text{Azimut corrigé})$$

- Coordonnées (simplifiées) X_0 et Y_0 par rapport au piquet principal Z_1 (considéré comme le point origine O).

Pour les placettes carrées (1 et 2), les coordonnées X_0 et Y_0 sont obtenues en soustrayant les coordonnées du point origine Z_1 par rapport au point de station (respectivement X_{Z_1} et Y_{Z_1}) aux coordonnées par rapport au point de station de tous les points mesurés X_i , Y_i . Les coordonnées du point Z_1 deviennent ainsi : $(X_{Z_1} - X_{Z_1}, Y_{Z_1} - Y_{Z_1})$, soit $Z_1 (0, 0)$.

Pour les placettes rectangulaires (3 et 4), il y a ici une étape de calcul supplémentaire qui consiste à passer par les points Z21 (placette 3) et Z22 (placette 4) comme origine. Les coordonnées X0 et Y0 sont ensuite obtenues en additionnant les coordonnées par rapport au point O du point utilisé comme première origine (Z21 ou Z22).

Notons que ces coordonnées simplifiées ne sont valables que si l'azimut de référence a bien été exactement le même pour chaque point de station. Ces coordonnées simplifiées nous servent en fait pour visualiser une première cartographie approximative du dispositif, qui permet de vérifier qu'il n'y a pas eu d'erreurs ou d'oublis. En réalité, comme il risque d'y avoir de légères différences de l'azimut de référence d'un point de station à l'autre, on utilise pour la cartographie définitive une méthode plus complète de correction des coordonnées (34).

34. Corrections sur les coordonnées des arbres.

Pour obtenir la cartographie globale du dispositif, il faut regrouper dans un repère orthonormé unique les différentes coordonnées locales établies autour de chaque point de station. Cela nécessite à la fois d'homogénéiser les orientations, et de connaître la position précise des points de station et des piquets. Nous avons pour cela utilisé une méthode de correction des coordonnées des arbres des dispositifs tenant compte des imprécisions sur l'enregistrement de l'azimut de référence, qui utilise des points communs entre les différentes placettes. Cette méthode est détaillée dans (Goreaud et Perot, 2004). Nous obtenons ainsi des coordonnées cartésiennes globales pour tout le dispositif.

35. Cartographie.

Les coordonnées de tous les points ayant été obtenus, on peut les utiliser pour faire une carte du dispositif. Ce travail de cartographie est fait sur le SIG ArcView, la première étape consistant à importer la feuille de calcul décrite plus haut (convertie en fichier texte), sachant que les coordonnées représentées seront X0 et Y0.

Ce logiciel permet d'avoir pour chaque élément de la carte un représentation différente. Par exemple : les piquets et les points de station sont représentés par des petites croix ; les essences sont représentées par des cercles pleins (sauf pour le charme qui est représenté par un cercle vide à cause des modalités de mesure expliquées dans le protocole de mesure). En outre, avec le SIG chaque arbre positionné géographiquement peut-être distingué en fonction de son essence et de son diamètre (figure 2).

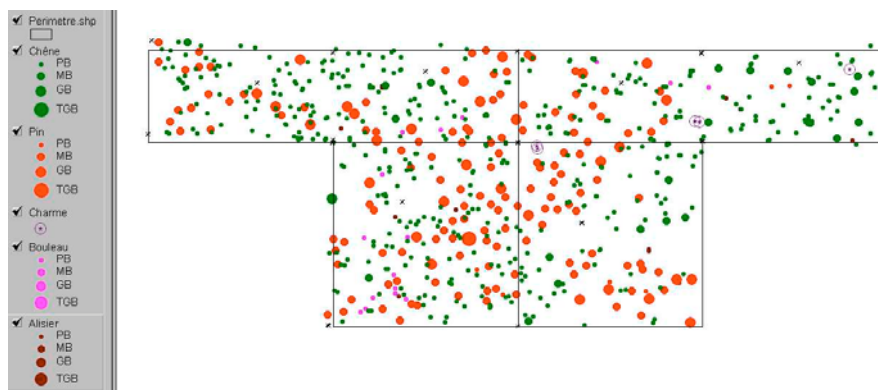


Figure 2 : cartographie du dispositif 20 ; les arbres sont représentés en fonction de leur espèce et de leur classe de circonférence.

4. Références citées :

- Allain R., Marie S., Servol F. 2004.** «Les peuplements mélangés Chêne - Pin sylvestre de la forêt Domaniale d'Orléans. Caractérisation typologique. Essai d'utilisation des modèles de croissance en hauteur établis en futaie régulière pour l'évaluation de la fertilité des peuplements mélangés.» Rapport final de convention Cemagref/ONF 2003. CEMAGREF. 84p
- Goreaud, Perot, 2004 :** Cartographie d'arbres à l'aide d'un tachéomètre. Proposition d'une méthode générale pour la correction des coordonnées enregistrées à partir de plusieurs points de station. Version finale du 22/12/04. Document interne Cemagref, 19pp.
- Ngo Bieng M.A. 2004.** Analyse de la structure spatiale des peuplements forestiers mélangés Chêne sessile (*Quercus petraea*) - Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) de la région Centre. Rapport de DEA, DEA d'Ecologie, Universités Paris XI - Paris VI - ENS - INAPG. 51 pp.
- Ripley B. D. 1977.** "Modelling spatial patterns." Journal of the Royal Statistical Society, B 39: 172-212.