

UTILISATION DE LA PHOTO AERIEENNE DANS LE CADRE D'UN INVENTAIRE : ASPECT FORESTIER

Par : SID AHMED YESSAD

INRF. B.P. 37 CHERAGA

RESUME :

Le but de la présente étude est de chiffrer l'influence des mesures photogrammétriques par rapport aux mesures dendrométriques sur l'exactitude des résultats d'une part, du nombre de mesure réalisés sur le terrain et sur les photos d'autres part.

Afin de contrôler et corriger les données obtenues à l'aide de ces instruments photogrammétriques, on procédera à des mesures de contrôle sur le terrain. En outre, toutes les données qu'il n'est pas possible de distinguer sur les photos aériennes seront prélevées sur le terrain.

On décrira d'abord, les travaux au bureau concernant la photo-interprétation, l'élaboration de cartes et la photogrammétrie.

INTRODUCTION :

A l'heure actuelle, beaucoup de pays utilisent la photographie aérienne dans plusieurs disciplines, entre autres d'évaluation des ressources naturelles et particulièrement, dans le domaine forestier, objet essentiel de notre rapport.

Les inventaires forestiers réalisés à partir des seuls sondages au sol sont longs et coûteux.

1°) - Méthodologie

Un inventaire total a été réalisé sur une superficie de 6 hectares. Le but de cet inventaire est l'individualisation des arbres afin de pouvoir les localiser sur les photographies aériennes, sans trop de difficultés.

Le second but donné à cet effet, est de comparer l'évolution de la hauteur du peuplement durant les dix dernières années ; malheureusement le vol récent de 1984 n'a pas eu lieu pour la zone étudiée. Les mesures faites sur les feuilles resteront de ce fait sans interprétation.

Par contre pour l'épicéa, la différence d'accroissement en hauteur basée sur l'analyse des verticilles, nous a permis de connaître l'évolution des hauteurs en 1975, 1979, 1980 et ausside trouver la corrélation entre ces mesures et celles effectuées à la barre de parallaxe sur les photographies prises respectivement les mêmes années. (1)

(1) La date de prise de vue des photographies aériennes se situe au mois d'Août. Les accroissements en hauteur maximales se situent entre le mois d'Avril et le mois de Juillet, tandisque l'inventaire sur la placette étudiée a été réalisé le mois de Novembre (repos végétatif).

L'utilisation de la photographie aérienne nous a permis aussi de faire un comptage des arbres et estimer les superficies des placettes de la zone étudiée.

1.1. Boussole forestière et accroissement des arbres en hauteur.

Pour mesurer les accroissements en hauteur des arbres, on a utilisé la boussole topoforestière rurale chaix, qui est une boussole à bain d'huile, montée sur pied, pourvue d'une lunette à optique traitée de grossissement x 8 à image droite, d'unclinomètre pendulaire à tambour et d'une équerre optique.

Connaissant la distance (d) de l'appareil à l'arbre. La longueur du premier verticille s'exprime : schéma

Si (d) est la distance horizontale OH de l'œil de l'observateur à l'arbre à mesurer, la hauteur s'exprime suivant la formule $h = d \tan LS$

La précision de lecture directe est en graduation angulaire. Le grade ou le degré, en graduation pourcentage le 1/pourcent. A l'estime la précision devient le 1/4 de degré ou de grade et le 1/5 du 1/pourcent.

1.2. Calcul de la hauteur d'un arbre par la méthode des différences de parallaxe.

Les mesures de parallaxe se sont effectuées sous stéréoscope à miroirs avec oculaires de grossissement. Il existe plusieurs démonstrations du calcul d'une hauteur en fonction de la différence de parallaxe.

Il existe deux formules, l'une dite simplifiées et l'autre dite complète (HURAULT 1960).

La formule complète est la suivante :

$$h = \frac{H \times \Delta P}{\Delta P + b}$$

h : la hauteur de l'arbre
H = Hauteur de vol au dessus du pied de l'arbre.
 ΔP : Différence de parallaxe stéréoscopique
b : Parallaxe stéréoscopique de ce point et mesurée sur la photo.

La formule simplifiée s'écrit :

$$h = \frac{\Delta P \times HA}{\Delta P \times PA}$$

HA : Etant l'altitude de vol au dessus du point A quelconque.
 PA : La parallaxe stéréoscopique de ce point A.
 entre le sommet et le pied de l'arbre.
 ΔP : et h (voir formule complète).

HA et PA sont calculés une seule fois pour le stéréomodèle. Le pied de l'arbre est associé à ce point A, de ce fait cette formule n'est applicable que si le terrain est relativement plat.

(FARCY, 1984) donne la relation suivante :
 $\frac{dh}{h} = \frac{H - HA}{H} \leq 2 \% HA$.

1.3. Calcul densité des arbres sur photographies aériennes

On calculera, pour chaque parcelle, un nombre moyen d'arbres par hectares (N/ha). A cette fin, tous les arbres à l'intérieur du cercle d'échantillonnage de (0,1) ha seront comptés.

L'arbre sera compté si la majeure partie de sa couronne se trouve à l'intérieur du cercle d'échantillonnage.

Ce cercle d'échantillonnage sera marqué sur des transparents et correspondra à l'échelle des photos.

Le diamètre des cercles échantillons sur le transparent sera calculé à l'aide de la formule :

$$1000 \text{ m}^2 = \frac{d^2 \pi}{4} \quad d = 35,68 \text{ m.}$$

pour une échelle de 1/21.000 il résulte un diamètre de 1,7 mm pour un cercle échantillon, de 8,5 mm pour une échelle de 1/4000.

1.4. La mesure de la hauteur totale

La mesure de hauteurs totales des peuplements s'est effectuées à l'aide du relascope de Bitterlich. Les difficultés rencontrées sur le terrain pour cette mesure se situent au niveau de la densité assez grande des arbres. Ce qui ne facilita guère l'utilisation de l'appareil.

1.5. Circonférence

La mesure de la circonférence s'est effectuée quant à elle avec un ruban métrique, à une hauteur de 1,50 m du pied de l'arbre.

Une seule mesure a été faite sur la circonférence et la hauteur.

Tableau 1

*Comparaison des d différentes hauteurs prises au mètre ruban,
à la boussole forestière et à la barre de parallaxe.*

Numéro arbre	Hauteur mètre ruban 1975 (m)	Hauteur boussole forestière 1975 (m)	Hauteur barre à parallaxe 1975 (m)	Hauteur mètre ruban 1979 (m)	Hauteur boussole forestière 1979 (m)	Hauteur barre à parallaxe 1979 (m)	Hauteur mètre ruban 1980 (m)	Hauteur boussole forestière 1980 (m)	Hauteur barre à parallaxe 1980 (m)
A1	11.67	12.25	10.97	13.94	14.37	12.82	14.38	14.94	13.51
A2	10.02	9.81	8.78	11.90	12.45	10.74	12.73	13.32	11.78
A11	10.72	11.00	9.81	12.57	12.83	11.43	13.29	13.55	12.42
E14	14.35	14.50	13.49	16.06	16.50	14.89	16.67	17.07	15.57
F50	16.31	15.82	15.45	18.67	18.20	17.64	19.28	18.81	18.33
G10	10.99	10.80	10.01	12.65	12.42	11.78	13.36	13.15	12.47

La hauteur au mètre ruban est sous estimée de 20 à 30 cm
(longueur de la souche laissée sur place).

1.6. Mesure de longueur d'arbres abattus

Ces mesures s'effectuent à l'aide des rubans gradués, qu'il faut veiller à tendre horizontalement, sans oublier d'ajouter à cette mesure la hauteur de la souche qui reste sur place et qui est de l'ordre de 20 à 30 cm.

K 2. - Analyse des résultats.

2.1. - Comparaison des méthodes de références.

Les résultats obtenus par les trois méthodes de calculs de hauteur, lorsque toutes les mesures récoltées sur le terrain et sur la photo sont prises en considération (Tableau 1), montrent que les écarts les plus importants s'observent au niveau des plus grands arbres.

2.1.1. - Hauteur au mètre ruban.

La hauteur la plus significative pour nous, est celle prise au mètre ruban. Son exactitude absolue n'est pas garantie : il s'agit encore d'une valeur approchant raisonnablement la vérité. Encore faut-il préciser que la hauteur des arbres abattus a été sous estimée, suite à la mesure de la souche qui n'a pas été prise en considération (Tableau 1).

2.1.2. - Hauteur à la boussole forestière.

La boussole forestière a été d'un grand apport quant à son utilisation. La double visée au pied et à la cime de l'arbre nous a permis d'approcher vraisemblablement la hauteur réelle, en plus, l'utilisation de l'échelle des centièmes fait que l'appareil est d'une précision sans reproches (Tableau 1).

2.1.3. - Hauteur à la barre à parallaxe.

Par contre, la sous estimation des hauteurs provoquée par la barre à parallaxe par rapport aux deux autres mesures, est le fait qu'on ne voit pas la flèche terminale de l'arbre sur les photos, (cette erreur ne dépasse pas les 10 %). Sur la photographie aérienne au 1/21.000, il est certain qu'une précision satisfaisante ne sera pas toujours possible. Dès que l'échelle augmente et atteint par exemple le 1/10.000, les résultats deviennent au contraire digne d'intérêt, (FARCY, 1984). Cependant, si l'échelle augmente encore (le cas des photos au 1/4.000), le nombre de détails est tellement important que l'image devient floue.

Un spécialiste Américain (SPURR, 1951), montre que, à une échelle de l'ordre du 1/15.000, l'erreur absolue sur une hauteur d'arbre ne dépasse pas 4 pieds pour un observateur exercé, (un pied = 0,3047 m).

NYSSONNEN (1955), note un écart type de 1,6 à 2,6 m au 1/5.000 et au 1/10.000. Si un grand nombre de mesure est effectué, cet écart est réduit à 0,3 mètre.

2.1.4. - Comparaison des mesures d'accroissement en hauteur. (Tableau 2)

La grande corrélation qui existe entre la mesure des accroissements en hauteur au mètre ruban et celle prise à la boussole forestière, (Tableau 2), nous permet d'affirmer que les résultats obtenus sont très fiables.

L'interprétation de ces résultats (Figure 21), ne fait que le confirmer. Le coefficient angulaire de la droite se rapproche de l'unité (0,95).

L'utilisation de la boussole pour la mesure des accroissements en hauteur des arbres sur pieds, se révèle être un instrument valable.

La différence de mesure des accroissements sur le tableau 2 entre deux méthodes de calcul, est à peu près nulle, du fait de la régularité des mesures.

Tableau 2

Comparaison des accroissements en hauteur, Boussole forestière et mètre ruban.

Année	Moyenne des accroissements en hauteur - Boussole forestière (cm)	Moyenne des accroissements en hauteur - Mètre ruban (cm)
1983-1984	70.16	71.16
1982-1983	59.50	61.33
1981-1982	56.16	60.30
1980-1981	61.50	58.50
1979-1980	61.00	62.33
1978-1979	67.83	67.00
1977-1978	44.16	44.80
1976-1977	56.16	53.66
1975-1976	46.66	49.00
1974-1975	50.30	48,80

3. - Estimation des surfaces à partir des photographies aériennes

L'estimation des surfaces des parcelles est un objectif de l'inventaire forestier. Dans ce cas-ci, on se propose de chercher la surface occupée par les formations forestières pour les parcelles d'études, à savoir :

La parcelle résineux A.

La parcelle feuillue A.

La parcelle feuillue B.

L'évaluation des superficies s'est faite à partir des photographies seules.

Les procédés utilisés sont les grilles de points à maille carrée.

La grille est dessinée sur un support transparent repérée par rapport à chaque photographie et, superposée au cliché.

En terrain plat ou peu accidenté, la valeur du point de la grille est à chaque photographie et, superposée au cliché.

En zone montagneuse la valeur des points photo d'un même cliché sera différente suivant l'altitude de ceux-ci (FAO, 1977).

La formule de l'estimation de la mesure d'une parcelle s'écrit $S = n \cdot ab$ (O.N.F 1981) : n : Nombre de point à l'intérieur de la grille.

ab : côté du carré ou longueur et largeur d'un rectangle.

3.1. - Estimation pratique. (procédé des grilles de points).

Placette résineux A.

Le résultat ci-dessous montre l'estimation de la surface de la placette d'Epicéa.

Il y a 30 points de la grille à l'intérieur de la placette. Sachant qu'il y a 4 points pour une grille de 0,6 cm de côté donc :

$$S = \frac{30}{4} \times (0,6)^2 = \frac{30 \times 0,36}{4} = 2,7 \text{ cm}^2$$

Le dessin est un plan exact de la réalité à l'échelle du 1/4000.

La surface de la parcelle réelle est donc estimée à :

$$SE = 0,432 \text{ ha}$$

Placette feuillue B.

Il y a 58 points à l'intérieur de la placette.

$$SB = 58 \times (0,6)^2 = 5,22 \text{ cm}^2 \text{ à l'échelle du } 1/4.000$$

$$SB = \frac{5,22}{4} = 0,8352 \text{ ha}$$

Placette feuillue A.

Il y a 49 points de la grille à l'intérieur de la placette.

$$SA = 49 \times (0,6)^2 = 4,41 \text{ cm}^2 \text{ à l'échelle du } 1/4.000$$

$$SA = \frac{4}{0,7056} \text{ ha}$$

L'échelle du 1/21.000 ne nous permet pas d'estimer individuellement les surfaces des placettes puisque ces dernières sont trop petites.

L'ensemble des placettes feuillues (A + B) et résineux, donne 5 points de la grille à l'intérieur des placettes.

$$S = 5 \times (0,36)^2 = 0,45 \text{ cm}^2$$

Le dessin est un plan exact de la réalité à l'échelle 1/21.000.

$$S \text{ A} + \text{B} + \text{E} = 1,984 \text{ ha}$$

3.2. - Superficies des placettes étudiées sur le terrain.

Etant donné que les placettes étudiées présentent sur la photographie des formes géométriques rectangulaires, nous appliquons sur terrain la formule de Héron pour la mesure de surface qui est basé sur la mesure des côtés, ainsi que les diagonales de ce rectangle, d'où il en sort la formule ci-dessous.

$$Q_1 = S(S - a)(S - b)(S - c) \quad \text{ou} \quad S = \frac{a + b + c}{2}$$

$$Q_2 = S'(S' - f)(S' - e)(S' - c) \quad \text{ou} \quad S' = \frac{e + f + c}{2}$$

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2} + \frac{Q_3 + Q_4}{2}$$

où Q représente la surface d'une placette.

En terrain plat, l'estimation de la surface à la méthode de Héron est très précise.

3.3. - Résultats des superficies sur le terrain.

Placette Epicéa.

$$S_1 = 213 + 22,9 + 210 = 222,9$$

2

$$Q_1 = 222,9 (222,9 - 22,9) (222,9 - 213) (222,9 - 210)$$

$$Q_1 = 2366 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 212 + 20 + 213 = 222,5$$

2

$$S_3 = 212 + 211 + 22,9 = 222,8$$

2

$$Q_2 = 222,5 (222,5 - 212) (222,5 - 20) (222,5 - 213)$$

$$Q_2 = 2119,99 \text{ m}^2$$

$$Q_3 = 222,8 (222,8 - 212) (222,8 - 211) (222,8 - 22,9)$$

$$Q_3 = 2382,412 \text{ m}^2$$

$$S_4 = 20 + 210 + 211 = 220,5$$

2

$$Q_4 = 220,5 (220,5 - 20) (220,5 - 210) (220,5 - 211)$$

$$Q_4 = 2099,99$$

$$Q = 0,4494$$

Placette feuillue B.

$$S_1 = 71 + 130 + 147 = 174$$

2

$$Q_1 = 174 (174 - 147) (174 - 130) (174 - 71)$$

$$Q_1 = 4614 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 124 + 147 + 65 = 168$$

2

$$Q_2 = 3998 \text{ m}^2$$

$$S_3 = 130 + 140 + 65 = 167,5$$

2

$$Q_3 = 4207 \text{ m}^2$$

$$S_4 = 71 + 124 + 140 = 167,5$$

$$Q_4 = 4397 \text{ m}^2$$

$$Q_B = 0,8609 \text{ ha}$$

Placette feuillue A.

$$S_1 = 66 + 108 + 136 = 155 \quad Q_1 = 3509 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 85 + 88 + 136 = 154,4 \quad Q_2 = 3634 \text{ m}^2$$

$$S_3 = 88 + 108 + 106 = 151 \quad Q_3 = 4290 \text{ m}^2$$

$$S_4 = 66 + 65 + 106 = 128,5 \quad Q_4 = 2803 \text{ m}^2$$

$$Q_A = 0,7119 \text{ ha}$$

3.4. - Estimation es surfaces placettes étudiées.

	Placette A Feuillue (ha)	Placette B Feuillue (ha)	Epicéa (ha)	Total (ha)
Terrain	0,7119	0,8609	0,4494	2.022
Photographie 1/4.000	0,7056	0,83520	0,4320	1.9728
Photographie 1/21.000				1.984

4. - Comparaison des résultats des surfaces.

On voit qu'un calcul assez simple peut donner une bonne idée de la précision obtenue en estimant les surfaces à l'aide d'une grille de points.

En fréquence relative, pour l'échelle du 1/4000 on a un résultat de 2,4 % et, pour l'échelle du 1/21.000 de 1,8 % par rapport aux mesures sur le terrain.

La sous estimation des mesures de surfaces à l'aide d'une grille de points est due probablement à la non correction de l'échelle des photographies.

Les seules indications pratiqués qu'on peut donner, sont les suivantes :

— Lorsque l'image à mesurer est allongée, il faut éviter que les alignements de points de la grille soient parallèles au plus grand diamètre de l'image. (BOUCHON, 1979).

— En moyenne, plus la maille est petite, meilleure est la précision.

5. - Comptage des arbres sur parcelle d'Epicéa.

Les mesures ont été effectuées au 1/4.000 et au 1/21.000 sur paire stéréoscopique : sur la feuille d'Epicéa uniquement.

Au 1/4.000 le diamètre utilisé pour les arbres est de 8,5 mm.

Au 1/21.000 le diamètre utilisé pour les arbres est de 1,7 mm.

Résultats : Placette Epicéa.

1/4.000

1er cercle d'essai : nombre d'arbres = 39

2ème cercle d'essai : nombre d'arbres = 41

Nombre d'arbres à l'ha : 387.

1/21.000

1er cercle d'essai : 31

2ème cercle d'essai : 34

Nombre d'arbres à l'ha : 314.

Un premier élément important à signaler, est la sous estimation des valeurs acquises sur les photos par rapport à celles obtenues sur le terrain.

Sur le terrain, on a estimé la densité à 580 arbres/ha. Cette sous estimation est d'environ

45 % pour l'échelle du 1/21.000 et de

33 % pour l'échelle du 1/4.000.

Comparons les aux valeurs citées déjà par des auteurs :

SPURR (1952) : à l'échelle du 1/5.000, la sous-estimation est de l'ordre de 20 à 40 % pour une évaluation d'un peuplement de *Dipterocarpus* en Asie.

SEELY (1960) : signale qu'on ne trouve rarement plus de 50 % du nombre réel d'arbres.

REMEIGN (1983) : donne les raisons de ces sous-estimations.

- Les arbres sont soit cachés par des dominants, soit par des couronnes plus larges, ce qui est le cas ici.
- Les couronnes ne sont pas bien individualisées si le peuplement est dense.

CONCLUSION :

Les travaux de photo interprétation appuyés par des contrôles au sol et de cartographie sont d'une importance capitale.

Ils permettent de fournir une estimation de paramètres avec une meilleure précision (donc pour une précision donnée, d'alléger le dispositif d'inventaire). Ainsi, la rapidité d'obtention de résultats sur photographie aérienne est très avantageuse.

Les résultats de mesures de hauteurs (barre à parallaxe), de densité et d'estimation de surface (grille de points), vont tous dans un même sens, d'une sous-estimation. Pour les hauteurs d'arbres, cette sous-estimation est de l'ordre de 8 % à l'échelle du 1/4.000 et de 9 % à l'échelle du 1/21.000 par rapport aux mesures prises au mètre ruban.

Le comptage des arbres a donné une sous-estimation d'environ 45 % à l'échelle du 1/21.000 et de 33 % à l'échelle du 1/4.000.

La méthode d'estimation de surface par grille s'est montrée absolument précise, avec des fréquences relatives de 1,8 % à 2,4 %, pour l'échelle respectives du 1/4.000 et du 1/21.000 par rapport aux mesures de terrains.

Toutes ces valeurs peuvent être corrigée et maîtrisée pour différents types de peuplements.

Un cas digne de remarque est celui où nous voudrions connaître une hauteur d'arbre (facilement repérable) dix ans, vingt ans etc... avant la date prise de telle photo récente que nous avons sous les yeux. Si on dispose des photos de missions aériennes anciennes relatives au même secteur, le même actuel interpréteur pourra mesurer la hauteur du même arbre à telle année proche et aussi à telle année plus ancienne. Seule la photo aérienne permettra d'y parvenir qui est plus, s'agissant d'une mesure d'accroissement en hauteur, donc d'une différence par un même opérateur, chaque donnée sera entachée d'une erreur vraisemblablement de même sens : l'erreur sur la différence pourra être étonnement faible.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUCHON 1979, — Comparaison de mesures de surfaces par comptage de point, station de sylviculture et de production, centre National de Recherche Forestière, INRA, Chanpenoux, 54280. Annales des Sciences Forestières, 36 (4) 321.330.
- DUPLAT, P et PERROTTE, G., 1981 — Inventaire forestier et estimation de l'accroissement des peuplements forestiers, office National Forestier, section technique, 432 pages.
- FAO, 1977 — Formation F.A.O./SIDA en inventaire forestier. Fonds de dépôt Suédois TEFRAF,, 99 SWE : YAOUDE, Cameroun, le 10/01 AU 3/02/1977. 284 pages.
- FARCY, C., 1984 — Essai d'une approche forestière quantitative de la photographie aérienne, appliquée à la hauteur et la densité de peuplements équiennes d'Epicea. UCL, faculté des sciences Agronomiques, 107 Pages.
- NYSSONEN, A. 1955 — On the estimation, the growing stock from aerial photographs. Comm. Inst. For. Fum, 46; 157;
- REMEIJN, 1983 — Photo interprétation, inforesy IIC, Eushede, 138 pages.
- SPURR, SH. 1952 — Forest inventory, theronald press company, New york, 476 pages.
- YESSAD Sid Ahmed, 1985 — Utilisation de la photo aérienne dans le cadre d'un inventaire rural : Aspect forestier. UCL, faculté des Sciences Agronomiques EFOR, 111 pages.