

Etude sur les applications potentielles d'outils SIG dans la planification d'échantillonnage en foresterie

Jean-Marie Bilodeau, B.Sc.A, ing.f, Candidat M.Sc.
Yvan Bédard, a.g. Ph.D.
Laboratoire de Système d'information à Référence Spatiale
Département des Sciences Géodésiques et de Télédétection

Kim Lowell, Ph.D. en Foresterie
Département des Sciences Forestières

Centre de Géomatique
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
Canada, G1K 7P4
Téléphone : (418) 656-3203
Fax : (418) 656-7411

Résumé

La connaissance du territoire est essentielle pour une gestion saine et efficace des ressources naturelles. En foresterie, la distribution des échantillons sur le territoire étudié a un impact sur la validité des données utilisées dans un système d'information à référence spatiale (SIRS). La prise de décision rattachée à cette connaissance est meilleure si les données récoltées sont de qualité supérieure. L'utilisation d'un SIG pour chacune des étapes dans le processus d'inventaire forestier peut permettre d'obtenir une meilleure représentativité des résultats que l'on obtiendra lors de la compilation. L'analyse des différentes étapes de l'inventaire a fait ressortir plusieurs points importants. Les principaux sont : la diminution des manipulations de l'information lors de l'étape du transfert et de la vérification entre la photo et la carte, l'élimination de l'étape du dessin et de la planimétrie, une amélioration de la distribution des placettes à l'intérieur des strates forestières, une simplification de l'étape de la mise en plan et une amélioration potentielle des compilations. Plus spécifiquement pour l'étape de la distribution spatiale des échantillons, une fois les échantillons répartis dans les strates selon le mode de distribution conditionnel des échantillons (Richard 1969), il faut distribuer spatialement ces derniers. Parmi les méthodes analysées nous avons retenu une distribution spatiale des échantillons qui tient compte de la répartition des strates sur le territoire. Cette démarche nous amène donc une meilleure répartition spatiale des échantillons sur le territoire et ce en tenant compte des différentes contraintes spatiales identifiées. Cette amélioration ne se traduira

pas par une modification de la précision statistique mais par une valeur estimée plus représentative de la réalité.

Abstract

Knowledge of the land is essential to manage natural resources efficiently. In forestry, the spatial distribution of samples has an impact on the precision of the information obtained. Using GIS in forest survey has the potential to produce better and more representative results. Potential improvements are : less manipulation of the information in the transfer and some verification of data between arial photography and forest maps, elimination of the final drawing of the map and the planimetry, better spatial distribution of the sample inside each stratum, facilitate the drawing of sample positions on the map after their measurement and a better way to do data compilation. Specifically the spatial distribution of the sample, can be improved when using a GIS. Using such a tool, samples can be distributed spatially in the same manner as strata are distributed within the territory. This paper also describes the spatial constraints which must be respected in forest survey.

Problématique

Dans le contexte forestier actuel, l'industrie forestière québécoise doit relever de plus en plus de défis. Une meilleure utilisation de la ressource et une meilleure utilisation des territoires alloués par le gouvernement font, entre autres, partie de leurs responsabilités. Pour sa part le Ministère de l'Énergie et des Ressources (M.E.R.) doit optimiser l'allocation des territoires de coupe afin que ces derniers soient sélectionnés de façon judicieuse et équitable pour tous les bénéficiaires de Contrat d'Approvisionnement et d'Aménagement Forestier (C.A.A.F.).

Une étape essentielle pour la détermination des allocations est d'obtenir une juste connaissance du territoire. Cette image de la réalité est obtenue par inventaire forestier.

Au Québec les étapes de l'inventaire forestier sont : une prise de photographies aériennes, une photo-interprétation et une production d'une carte forestière, la planification des échantillons, la mesure de ces derniers, leur mise en plan et leur compilation. Chacune de ces étapes a son importance et est assujettie à différentes contraintes.

Objectifs

Le présent article est tiré d'un projet de recherche actuellement en cours et a pour but d'analyser le processus d'inventaire forestier et d'identifier les améliorations que l'on peut y apporter avec l'utilisation d'un logiciel SIG. Par la suite nous concentrerons nos efforts sur l'étape de la distribution spatiale des échantillons tout en analysant les différentes contraintes spatiales auxquelles le gestionnaire a à faire face.

Cette recherche porte sur la méthodologie de l'inventaire forestier utilisé au Québec. Cet inventaire en est un d'aménagement et il se répète tous les dix ans. La méthode de distribution des échantillons est celle que l'on retrouve dans les normes d'inventaire forestier du M.E.R. et consiste en un échantillonnage aléatoire stratifié avec distribution conditionnelle des observations (Richard 1969). La présente recherche s'appuie sur cette méthode et se concentre d'avantage sur la distribution spatiale des échantillons.

Étapes de l'inventaire forestier à améliorer

L'analyse de l'utilisation d'un logiciel SIG dans les différentes étapes de l'inventaire forestier fait ressortir plusieurs améliorations que l'on peut apporter à ce processus. Une analyse de chacune des étapes identifie les éléments suivants :

Transfert des informations de la photographie aérienne sur la carte

L'étape du transfert consiste à prendre les contours et les appellations des peuplements forestiers identifiés sur la photo et de les retranscrire sur la carte de base. Cette étape est manuelle et peut amener un déplacement des contours et des erreurs au niveau des appellations. Une méthode qui donnerait la possibilité au photo-interprète d'entrer directement les contours et les appellations dans un SIG éliminerait cette étape.

Vérification des informations retranscrites entre la photographie aérienne et la carte

La vérification est une étape fastidieuse qui consiste à vérifier la correspondance de l'ensemble des informations inscrites sur la photo par rapport aux inscriptions sur la carte

brouillon. Cette étape peut être simplifiée en vérifiant la formation de polygones dans un SIG. De plus, on peut interroger la carte avec toutes les identifications cartographiques possibles et le système pourra alors nous afficher les codes (ex : Sapinière 30 ans = SS B3 30) en erreur. Par ailleurs, la numérotation des peuplements forestiers se fait automatiquement sans risque d'oubli ou de répétition. De futurs développements dans le domaine de l'entrée de données par balayage (scanner) pourra éliminer l'étape du transfert d'information de la photo sur la carte brouillon et l'utilisation d'un vidéo-restituteur pourra améliorer la précision spatiale en tenant compte du relief..

Dessin final de la carte et planimétrie des peuplements forestiers

Une fois les vérifications effectuées, il faut procéder au dessin final de la carte forestière. Cette étape peut être entièrement éliminée. Le dessin n'est plus nécessaire si les informations de la carte brouillon sont numérisées. De plus comme le nombre de manipulations est diminué, l'information risque moins de déformations. Pour ce qui est de la planimétrie, elle s'effectue automatiquement par le SIG lorsque ce dernier a une fonction de calcul automatique des superficies. La précision en est améliorée puisqu'une étape est éliminée et que la superficie est numérisée directement à partir des coordonnées des polygones.

Plan de sondage

Cette étape présente des perspectives intéressantes en matière de SIG. Selon que l'on désire modifier ou non le processus de distribution des échantillons sur le territoire, le SIG peut devenir un outil nous permettant d'obtenir une meilleure représentation de la réalité. Dans une procédure normale, on se sert des résultats des inventaires précédents pour déterminer le nombre de placettes que recevra chacune des strates. Une fois que l'on a distribué les échantillons entre les strates, il faut les placer spatialement. Or les méthodes aléatoires, systématiques ou autres telles qu'appliquées actuellement respectent les lois statistiques mais ne peuvent tenir compte entièrement de la répartition des strates sur le territoire. Cette situation est principalement causée par la difficulté de localiser l'emplacement réel des différentes strates sur les cartes forestières. Or avec un SIG, il devient facile de localiser une strate donnée et sa distribution pour les différents secteurs

du territoire. De plus, nous pouvons afficher facilement les zones (inaccessibilité, parc ou autres) qui ne sont pas désirées et que nous devons exclure du plan de sondage. Ceci ouvre donc de nouvelles opportunités dans la distribution spatiale des échantillons sur le territoire.

Sondage

L'étape du sondage consiste à cueillir les données sur le terrain avec un carnet de note électronique. Elle peut difficilement être influencée par l'utilisation d'un SIG. Toutefois le chargé de projet pourra imprimer des informations supplémentaires (carte de localisation) pour le chef d'équipe afin que celui-ci se localise sur le terrain. Enfin les données pourraient être transférées automatiquement dans le SIG.

Mise en plan des placettes sur la carte forestière

Cette étape consiste à identifier avec précision sur la carte, l'emplacement où la placette fut implantée sur le terrain. Par la suite on doit identifier les composantes territoriales de ce site (Strate cartographique, compartiment, unité administrative...). De par sa nature, cette étape peut être grandement modifiée par l'utilisation d'un SIG. Premièrement, la mise en plan peut se faire directement à l'écran. On utilisera les orientations et distances inscrites par le chef d'équipe lors du sondage dans le carnet de note électronique. Par la suite en utilisant des fonctions de superposition de polygones (overlay), la transcription des informations cartographiques s'effectue automatiquement. Cette étape en est une d'importance car elle permet d'attribuer les données recueillies dans la placette à la bonne strate forestière. En plus, le SIG permettra de comparer l'endroit exact des placettes sur le terrain par rapport au plan de sondage initial. Ceci permettra d'afficher toutes les dérogations au plan de sondage. Ceci amène donc un élément qualitatif supplémentaire. De plus, avec l'avènement des systèmes portatif de positionnement par satellite, il pourrait être intéressant de positionner la placette échantillon sur le terrain en obtenant les coordonnées avec un récepteur GPS. Ceci faciliterait la mise en plan et le calcul des orientations et distances sur le terrain ne serait plus nécessaire.

Compilation des données d'inventaire

La compilation consiste à calculer le volume de bois de chacune des strates forestières. Elle permet également d'obtenir les informations sur le nombre de tiges, la surface terrière, le diamètre moyen, l'état de la défoliation et plusieurs autres informations concernant les strates. Un SIG est un outil de gestion des données forestières. En plus de pouvoir posséder au stockage et à l'édition des données, il serait intéressant de penser mettre un programme de compilation en relation directe avec un SIG, ou encore d'effectuer directement la compilation d'inventaires forestiers avec des outils SIG. Cette étape pourrait nous donner des résultats immédiatement après avoir effectué la mise en plan des virées, Un tel système pourrait produire automatiquement des cartes thématiques pré-programmées en fonction de la valeur de certaines variables.

La distribution spatiale des échantillons

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la méthode d'échantillonnage utilisée au Québec est celle de l'échantillonnage aléatoire stratifié avec distribution conditionnelle des observations. Sans modifier cette approche, la localisation des strates peut nous permettre de placer nos échantillons de façon plus représentative. La méthode proposée, en tenant compte de la répartition des strates, devrait nous donner une image plus fidèle de la réalité.

Lors de la rédaction de cet article, la méthode qui suit est en phase de validation. Les observations ici présentées sont préliminaires et sont sujettes à des validations supplémentaires.

La méthodologie présentée vise à distribuer les échantillons sur le territoire selon la répartition spatiale des strates sur ce dernier. Afin d'analyser la répartition des strates, nous divisons le territoire en plus petits secteurs. Comme subdivision nous utilisons une division territoriale existante sur la forêt Montmorency qui est le compartiment (superficie approximative de 100 à 300 ha.). La première étape consiste à déterminer le nombre de placettes par strate selon la distribution conditionnelle des échantillons (Richard, 1969). Par la suite la détermination spatiale de chaque placette s'effectue selon les étapes suivantes :

- Exclure du territoire les superficies non-désirées déterminées par certaines contraintes énumérées dans la prochaine section (Figure 1)
- Calculer le pourcentage de chacune des strates par compartiment par rapport au total de la strate du territoire
- Multiplier ce pourcentage par le nombre de placettes prévu pour cette strate. Le résultat nous donne la distribution des échantillons par strate, par compartiment (Figure 2)
- Il ne reste qu'à travailler avec une carte thématique (représentation des différentes strates) pour placer nos échantillons en respectant les différentes contraintes spatiales dictées par la situation.

Analyse des contraintes spatiales

Afin de bien cerner la problématique de la distribution spatiale, il est de mise de faire ressortir les différentes contraintes spatiales auxquelles le gestionnaire a à faire face dans la planification d'un échantillonnage. Ces contraintes spatiales sont généralement provoquées par la présence de quatre types de contraintes primaires : temporelles, financières, statistiques et opérationnelles.

Contraintes financières

Ces contraintes restreignent le gestionnaire quant au nombre de placettes à disposer sur le territoire et à les placer à des endroits accessibles à coût raisonnable . Ces endroits doivent avoir un accès facile et ne pas se situer trop loin des chemins, rivières ou lacs. De plus, afin de limiter le coût de la cueillette de données, les échantillons doivent se regrouper selon la production journalière normale d'une équipe de travail (six placettes regroupées sur une distance variant entre 1.5 et 2 km). Ces contraintes financières se traduisent par les contraintes spatiales correspondantes.

Contraintes statistiques

Elles sont fixées par le gestionnaire afin d'obtenir une précision optimum (coût versus précision) sur les résultats d'un échantillonnage. Elles consistent principalement à

déterminer le nombre de placettes par strate. Ainsi, les virées doivent être placées de façon à :

- Répartir les échantillons sur le territoire
- Echantillonner plusieurs conditions topographiques
- Ne pas croiser une autre virée

Ces contraintes, comme les précédentes, se traduisent par des contraintes spatiales.

Contraintes opérationnelles

Ces contraintes sont amenées généralement afin de faciliter la vérification des travaux ou de localiser plus précisément les échantillons lors de la mise en plan. Actuellement elles consistent principalement à :

- Placer les virées dans des endroits où la pente est de moins de 50%
- Placer les virées sur une ligne droite ou ne pas comporter plus d'un angle aigu avec l'azimut de la virée
- Identifier les points de départ et d'arrivée à des points géographiques facilement localisables sur la photographie ou sur la carte.

Certaines de ces contraintes spatiales n'existeraient pas si le positionnement de la placette s'effectuait à l'aide d'outils GPS. Toutefois, comme ce n'est pas le cas actuellement, nous devons considérer les contraintes spatiales engendrées par ces éléments opérationnels.

Contraintes temporelles

En foresterie, ces contraintes se rencontrent principalement quand on désire quantifier des phénomènes perturbateurs. Par exemple, si on désire connaître l'état de la défoliation d'un secteur en particulier et que l'on veut que cette information soit le plus à jour possible, il faudra que la prise de données s'effectue après la période où l'insecte aura été actif. Sauf

en cas d'inventaire particulier, cette contrainte n'aura pas d'impact sur la localisation spatiale des échantillons. C'est pourquoi nous n'en tiendrons pas compte dans les présentes.

Observations

La procédure de distribution spatiale des échantillons avec le respect des différentes contraintes spatiales démontre certains avantages. Avec quelques informations supplémentaires de base, il est possible de planifier un échantillonnage représentatif et qui respecte la répartition des strates sur le territoire. Ces informations de base sont:

- Un tableau du nombre de placettes par strate, par compartiment
- Une carte de travail nous permettant d'afficher chacune des strates à échantillonner ainsi que les zones à exclure

Avec ces outils, le chargé de projet positionne les placettes dans chacun des compartiments en respectant les strates, et les autres contraintes spatiales énumérées précédemment. Cet exercice identifie des pistes intéressantes en ce qui concerne la distribution spatiale des échantillons. Les observations préliminaires qui ressortent de cet exercice sont les suivantes :

- La dimension du compartiment permet un respect de la distribution spatiale des échantillons dans les strates
- La contrainte de la ligne droite (pour la virée) est la plus difficile à respecter
- On peut travailler sur un seul compartiment à la fois, mais il est préférable de garder en mémoire la situation des compartiments adjacents. Ceci nous aidera à respecter les contraintes spatiales identifiées précédemment
- Il est préférable de valider le positionnement des placettes avec les photographies aériennes étant donné la différence des informations que l'on y retrouve par rapport à une carte numérique.

Dans l'ensemble du test effectué il est assez facile de respecter la distribution spatiale planifiée. Toutefois il est possible que certaines contraintes spatiales soient difficiles à respecter et qu'il soit donc impossible de placer les échantillons tel que prévu. Il faut alors déplacer certaines placettes dans des compartiments voisins.

Validations des résultats

Afin de valider les résultats préliminaires, il faut pousser davantage cette réflexion. Des analyses supplémentaires visent essentiellement à confirmer les pistes de solution et à apporter des modifications s'il y a lieu. En ce qui regarde la distribution spatiale des échantillons, les démarches suivantes sont à effectuer :

- Travailler avec une autre division que le compartiment (ex : feuillet 1:20 000)
- Distribuer les échantillons par compartiment, non seulement par strate regroupée mais par strate de base (composée des peuplements forestiers portant la même appellation)
- Analyser la possibilité de placer beaucoup plus de virées sur le territoire et faire un choix au hasard parmi celles-ci.
- Classifier les contraintes spatiales dans un ordre d'importance.
- Analyser les relations et opérateurs spatiaux afin de dresser les étapes à suivre pour automatiser le processus de la distribution spatiale des échantillons.

Conclusion

L'inventaire forestier est un processus laborieux et coûteux. Etant donné les nombreuses attentes des intervenants du milieu forestier et l'utilisation de plus en plus accrue que l'on fait des données d'inventaire, il faut que ces dernières soient précises et le plus fidèles possible de la réalité. La démarche proposée ne modifie en rien la précision statistique obtenue par les compilations. Toutefois, une distribution spatiale qui respecte la répartition des strates sur le territoire nous permet d'obtenir des valeurs plus représentatives de la réalité. Cette représentativité est assurée par la méthode proposée

car on peut placer les échantillons là où se localise les strates forestières que l'on désire échantillonner. Un outil tel qu'un SIG permet d'améliorer la qualité de l'information récoltée et peut amener une diminution importante des coûts de certaines étapes de l'inventaire forestier. La démarche a également permis de mettre en évidence certains éléments de recherche qui pourront être développés et qui, une fois mis en place, amèneront des économies de temps, d'argent, ainsi qu'une meilleure qualité de données.

Remerciements

Les auteurs désirent remercier le Conseil de la Recherche en Sciences Naturelles et en Génie du Canada pour leur apport financier à la réalisation de ce projet.

Bibliographie

- Anonyme
1984 Ministère de l'Énergie et des Ressources. Normes d'inventaire forestier, Ste-Foy, Canada, 177 p.
- Bélanger, J.
 Statistique et échantillonnage, quelques définitions et principes de base. Université Laval, Ste-Foy, Canada, notes de cours.
- Cochran, W.G.
1977 Sampling Techniques. Third edition. John Wiley & Sons, Wiley series in probability and mathematical statistics-applied, N.Y.. 428p.
- Dixon, C. & Leach, B.
1977 Sampling Methods for Geographical Research. Concepts and Techniques in Modern Geography (CATMOG). The Institute of British Geographers, 47p.
- Duplat, P. et Perrote, G.
1981 Inventaire et estimation de l'accroissement des peuplements forestiers. Office National des Forêts. France, 432p.

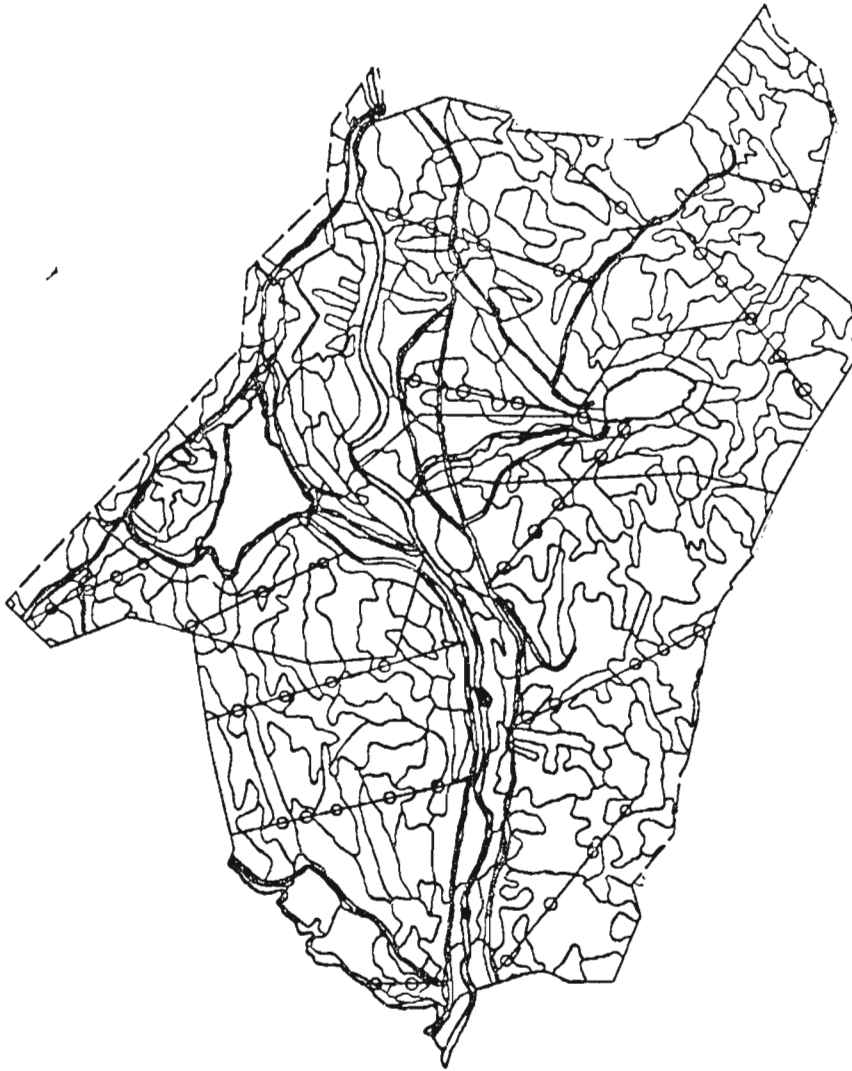
- Frontier, S.
1983 Stratégie d'échantillonnage en écologie. Les Presses de l'Université Laval, Ste-Foy, Canada, 494p.
- Richard, A.
1977 Statistique. Notes de cours (Biométrie), Université Laval, Ste-Foy, Canada, 3 volumes.
- Richard, Yvon.
1971 Échantillonnage aléatoire stratifié avec distribution conditionnelle des observations. Ministère des Terres et Forêts, Mémoire #3.
- Rossi, Peter H. et al.
1983 Handbook of Survey Research. Social and Demographic Research Institute. University of Massachusetts. Academic Press, E.U., 755p.

SAFIRS



Exclusion des territoires non désirés
Figure 1

SAFIRS



Distribution spatiale des échantillons
Figure 2