

Direction de la recherche sur la faune

**NOUVELLES TECHNOLOGIES APPLICABLES À L'INVENTAIRE AÉRIEN
DE LA GRANDE FAUNE**

1. Positionnement GPS et système d'information géographique

par

François Potvin,

et

Laurier Breton

Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs

Québec, Août 2004

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2004

ISBN: 2-550-43092-1

RÉSUMÉ

Dans le but d'améliorer l'efficacité et la qualité des inventaires aériens, nous avons expérimenté le positionnement GPS et le système d'information géographique (SIG) dans le cadre de travaux réalisés à l'île d'Anticosti, au nord-ouest du lac Saint-Jean ainsi qu'en Abitibi-Témiscamingue. L'utilisation du GPS pour suivre un plan de vol, selon des lignes de longitude ou de latitude, a très bien fonctionné. L'enregistrement en continu du parcours de l'aéronef a aussi été effectué avec succès à l'aide d'un système adapté à cette fin. Un test de précision pour positionner en vol à partir d'un hélicoptère un objet fixe à l'aide du GPS a donné une erreur de seulement 21 ± 8 m ($\bar{x} \pm$ écart type, $n = 9$). Plusieurs centaines de groupes de cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*) ont été localisés de cette façon avec le GPS à l'île d'Anticosti, dans le cadre de doubles inventaires aériens, pendant que leurs attributs étaient notés sur un formulaire papier. Du côté du SIG, nous avons utilisé à plusieurs reprises des cartes de vol papier adaptées à l'inventaire aérien du cerf et de l'orignal (*Alces alces*), qui avaient été confectionnées à l'aide du logiciel *ArcView*. Une expérience de navigation utilisant un support cartographique virtuel a également eu lieu, mais elle n'a pas fonctionné à cause d'un problème de reflets sur l'écran. Cependant, ce problème peut être solutionné facilement car il existe sur le marché des écrans adaptés à de telles conditions de luminosité. En raison du coût élevé des aéronefs, nous concluons que les programmes d'inventaire aérien devraient adopter les solutions que nous avons développées quand elles sont appropriées aux objectifs visés.

Potvin, F., et L. Breton. 2004. Nouvelles technologies applicables à l'inventaire aérien de la grande faune 1. Positionnement GPS et système d'information géographique

Abstract: We experimented GPS and GIS technologies in order to increase the efficiency and quality of aerial surveys. Experiments were conducted on Anticosti Island, in north-western lac Saint-Jean area, and in Abitibi-Témiscamingue area. We used GPS to navigate more precisely along aerial survey lines using transects delineated along longitude or latitude lines. The tract of the aircraft was also successfully recorded with an adapted system. The accuracy of locating in flight from a helicopter a fixed object with a GPS was $21 \pm 8 \text{ m}$ ($\bar{x} \pm \text{SD}$, $n = 9$). On Anticosti Island, we located this way hundreds of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in double count surveys using a GPS, while their attributes were noted on a paper form. As regards GIS technologies, we used over many times paper maps adapted for aerial surveys of deer and moose (*Alces alces*), that were built with the *ArcView* software. Another test involved the use of a virtual map on a computer to navigate, but this proved unsuccessful due to excessive reflection on the screen. This problem can be easily solved because screens with high luminosity are actually available. We conclude that the solutions experimented should be made part of aerial survey programs when they fit their objectives because the costs of aircrafts are very high.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	III
TABLE DES MATIÈRES	V
1. INTRODUCTION	1
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	2
2.1 Secteurs d'étude	2
2.2 Positionnement GPS.....	2
2.3 Système d'information géographique (SIG).....	5
3. RÉSULTATS ET DISCUSSION	8
3.1 Navigation à l'aide du GPS	8
3.2 Enregistrement du parcours	9
3.3 Enregistrement de la position des groupes de cerfs observés.....	10
3.4 Cartes de vol papier adaptées à l'inventaire aérien.....	11
3.5 Navigation en utilisant un support cartographique virtuel.....	14
4. CONCLUSION.....	16
REMERCIEMENTS	17
Liste des références.....	18
ANNEXE 1 – Formulaire de prise de données pour les groupes de cerfs observés lors d'inventaires aériens à l'île d'Anticosti.....	20

1. INTRODUCTION

Au Québec, les plans de gestion du cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) et de l'orignal (*Alces alces*) s'appuient sur des objectifs de densité de population par zone de chasse. L'inventaire aérien est la seule technique qui permet de mesurer directement l'abondance et la répartition de la grande faune sur des territoires aussi vastes. Cependant, les programmes d'inventaire aérien nécessitent d'importants budgets en raison du coût élevé des aéronefs. Au cours des dernières années, plusieurs technologies nouvelles sont apparues, lesquelles sont susceptibles d'améliorer l'efficacité de ces inventaires et d'en augmenter la qualité. En 2001-2002, nous avons entrepris de tester trois technologies qui nous semblaient prometteuses: le positionnement GPS, le système d'information géographique (SIG) et la détection infrarouge thermique. Ce premier rapport présente les résultats obtenus avec le positionnement GPS et le SIG. Il décrit les expérimentations réalisées pour ce projet de même que d'autres applications sur le même thème effectuées dans le cadre de divers autres travaux (Potvin et Gingras 2002; Potvin *et al.* 2001, 2002, 2004).

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Secteurs d'étude

La majorité de nos expérimentations ont eu lieu à l'île d'Anticosti. Anticosti est une vaste île boisée de 7943 km² située dans le golfe Saint-Laurent. Les principales espèces arborescentes y sont l'épinette blanche (*Picea glauca*), le sapin baumier (*Abies balsamea*) et l'épinette noire (*P. mariana*). Quelque 150 à 220 cerfs de Virginie ont été introduits à la fin du 19^e siècle par Henri Menier. La population de cerfs a proliféré très rapidement malgré un habitat de pauvre qualité (la forêt boréale) et des conditions hivernales rigoureuses. Le dernier inventaire aérien a estimé le cheptel à 125 000 cerfs, soit une densité moyenne de 16 cerfs/km² (Rochette *et al.* 2003).

Pour l'original, nous avons fait certaines expérimentations dans deux autres secteurs, l'un situé au nord-ouest du lac Saint-Jean et l'autre en Abitibi-Témiscamingue. Le secteur du lac Saint-Jean appartient à l'aire commune 25-03 de la compagnie forestière Abitibi-Consolidated. Il est formé de 21 grandes aires d'intervention (10 à 256 km²) ayant fait l'objet de coupes avec protection de la régénération et des sols (CPRS) entre 1991 et 1997. Le nord de l'aire commune appartient au domaine bioclimatique de la pessière noire à mousses et la portion sud au domaine de la sapinière à bouleau blanc (Grondin 1996). La densité de l'original y est faible, soit moins de 1 original/10 km² (Potvin *et al.* 2001). En Abitibi-Témiscamingue, les expérimentations se sont déroulées dans six blocs (52 à 106 km²) coupés par CPRS entre 1990 et 2002. Avant coupe, ces blocs étaient dominés par des peuplements résineux, sauf un où il s'agissait de forêt mélangée. La densité de l'original dans ce secteur varie de modérée à élevée (1 à 13 orignaux/10 km²) (Potvin *et al.* 2004).

2.2 Positionnement GPS

La technologie GPS a été utilisée à trois fins lors des inventaires aériens: (1) pour permettre au pilote de suivre les lignes de vol plus facilement et avec plus de précision, (2) pour enregistrer le parcours détaillé de l'aéronef et (3) pour localiser les groupes de cerfs observés durant l'inventaire. Cette technologie sert aussi couramment pour naviguer entre la base d'opération, les blocs d'inventaire et les

dépôts de carburant. Nous n'aborderons pas cette application car elle est bien connue (Leptich *et al.* 1994; Beringer *et al.* 1998).

Dès 1986, avant l'arrivée du GPS, nous avons utilisé le système de navigation maritime LORAN-C pour suivre les lignes de vol (Potvin *et al.* 1987). Même si ce système était beaucoup moins précis que le GPS, il permettait de couvrir plus efficacement des secteurs où la navigation visuelle est quasi impossible, comme par exemple la portion est de l'île d'Anticosti où il y a absence de relief et où les lacs et les tourbières se confondent en hiver. La navigation avec le LORAN-C a été appliquée de façon similaire au Nouveau-Brunswick (Boer *et al.* 1989). L'approche développée avec le LORAN-C a été conservée avec l'arrivée du GPS. Lors de l'inventaire aérien d'un secteur, les lignes de vol sont généralement parcourues en alternance en directions nord et sud. Nous avons utilisé les lignes de longitude pour tracer le plan de vol. Pour obtenir un espacement de l'ordre de 500 m, les lignes étaient distantes de 0,4 minute de longitude, compte tenu qu'une minute de longitude correspond à environ 1250 m à la latitude de l'île d'Anticosti. Le pilote maintenait le cap en vérifiant la longitude affichée sur le GPS de l'aéronef (affichage dd et mm.mm, c'est-à-dire degrés, minutes et centièmes de minutes). Dans certains cas où les lignes de vol étaient orientées en directions est et ouest, nous avons adopté une procédure similaire en traçant le plan de vol selon les lignes de latitude.

Pour enregistrer en continu le parcours de l'aéronef, nous avons fait appel au système *TruckBase™ Silvitrac*, loué du Groupe Système Forêt, une firme de Québec qui fournit l'équipement et le support géomatique. Ce système a été développé pour être installé sur des équipements forestiers comme des abatteuses. Le module comprenait une valise robuste contenant un GPS et un ordinateur, le tout branché à une antenne externe. Une carte à mémoire flash PCMCIA enregistrait l'information en continu, selon un intervalle prédéfini (5 secondes dans notre expérimentation). La carte numérique a ensuite été insérée dans un ordinateur portable et son contenu a été importé directement dans un SIG *ArcView* sous forme d'un fichier de type *shapefile*, grâce au logiciel *Import SLV* version 2.0.

Pour enregistrer en temps réel la position des groupes de cerfs observés lors du double inventaire aérien (Breton et Potvin 1997), nous avons utilisé un GPS modèle *Garmin™ III+*. Le GPS était fixé sur une planche de contreplaqué à l'aide d'une bande de velcro, avec son écran orienté en mode paysage. La planche servait de support pour la carte de vol et le formulaire de prise de données (annexe 1). En plus de sa forme triangulaire qui facilitait la lecture, ce modèle avait comme avantage d'être rapide d'opération car un seul bouton permettait à la fois de générer un point GPS (*waypoint*) et de l'enregistrer. Le double inventaire aérien nécessite que les groupes de cerfs aperçus par les deux observateurs soient enregistrés séparément. Quand un groupe était rapporté, à la verticale de l'aéronef, le navigateur enregistrerait aussitôt un point GPS. Il notait également sur le formulaire papier, à la ligne correspondant au numéro généré par le GPS, les attributs du groupe: taille du groupe vu par l'observateur avant seulement, par l'observateur arrière seulement ou par les deux observateurs, numéro de la parcelle (facultatif), direction de l'aéronef de même que toute remarque pertinente comme par exemple la catégorie d'animal (faon, mâle avec bois, etc.). Une fois le survol complété, il était nécessaire d'attacher le fichier des localisations enregistrées dans le GPS avec le tableau des enregistrements notés sur le formulaire. Pour ce faire, le fichier des localisations a été exporté à l'aide des logiciels *MapSource* de *Garmin™* ou *DNR Garmin* et transformé en format dbf. Le tableau des enregistrements pour sa part a été saisi à l'aide du logiciel *Excel* et exporté également en format dbf. À l'aide du logiciel *ArcView* (ESRI 1996), les deux tables ont ensuite été rattachées (opération *join*) en utilisant le numéro de la localisation GPS comme identifiant unique.

Dans le but de mesurer l'erreur de position associée aux localisations des groupes de cerfs effectuées en vol, un test de précision a été réalisé en janvier 2002 à l'île d'Anticosti. Un baril d'essence, dont la position exacte avait été établie au sol à l'aide du GPS en mode continu, a servi de cible. L'hélicoptère Bell 206L s'est dirigé vers la cible à la vitesse et l'altitude de l'inventaire aérien (100 km/h, 60 m) à neuf reprises, dans des directions variées. Quant l'hélicoptère était à la verticale du baril, les observateurs donnaient un signal au navigateur comme s'il s'agissait d'un groupe de cerfs afin qu'il procède à l'enregistrement d'une localisation. Les localisations résultant

des neuf essais ont ensuite été comparées à la position de la cible afin de calculer les écarts.

2.3 Système d'information géographique (SIG)

Nous avons fait appel au SIG (logiciel *ArcView*), dans un premier temps, pour produire des cartes de vol adaptées à nos besoins d'inventaire. Ces essais ont eu lieu à l'île d'Anticosti, au nord-ouest du lac Saint-Jean et en Abitibi-Témiscamingue, et ont utilisé une procédure similaire. Les couches d'information de base provenaient des cartes topographiques 1:20 000 en format numérique de la Banque de données topographiques du Québec (BDTQ). Elles comprenaient l'hydrographie surfacique (lacs et rivières larges), l'hydrographie linéaire (rivières étroites et ruisseaux), les milieux humides et dénudés, le réseau routier et les courbes hypsométriques. La délimitation des aires de coupe, obtenue des industriels forestiers ou des inventaires forestiers récents, a été ajoutée à la base de données. Nous avons utilisé une projection MTM (*Modified Transverse Mercator*) pour construire cette dernière. Après diverses expérimentations, la symbologie suivante a été adoptée pour les cartes de vol:

<u>Élément</u>	<u>Couleur</u>
Hydrographie surfacique	Bleu pâle, contour bleu foncé
Hydrographie linéaire	Bleu foncé
Milieus humides et dénudés	Jaune pâle
Réseau routier	Noir
Coupes	Blanc
Fonds de la carte	Gris pâle ou vert pâle

Pour l'île d'Anticosti et le secteur à l'ouest du lac Saint-Jean, nous disposions, en guise de lignes de vol, d'une grille latitudes-longitudes tracée selon un espacement de 0,5 minute, produite par le Groupe Système Forêt. Pour le secteur à l'ouest du lac Saint-Jean, les lignes de longitude ont été utilisées telles quelles comme lignes de vol. Comme l'inventaire visait la couverture complète de grandes aires de coupe, un espacement de 0,5 minute de longitude (600 m environ) était approprié dans ces milieux très ouverts (l'espacement usuel est de 500 m). À Anticosti, les parcelles

d'inventaire (2 ou 3,5 km de longueur, selon l'inventaire) ont été tracées manuellement à l'aide d'un crayon directement sur les cartes papier, en utilisant les lignes de la grille comme repères. Quand des lignes de longitude plus rapprochées étaient nécessaires, celles-ci étaient aussi tracées directement sur les cartes au cours des premières années. À partir de 2002 à l'île d'Anticosti, de même qu'en Abitibi-Témiscamingue, nous avons généré les lignes de vol à l'aide du logiciel *ArcView* et de l'utilitaire *GSFoutils* du Groupe Système Forêt. La procédure consistait à bâtir un tableau de coordonnées des points de départ et d'arrivée pour chaque ligne, avec le logiciel *Excel*. Le fichier était ensuite exporté dans *ArcView*, en format dbf, et les lignes de vol étaient créées en reliant deux à deux les points correspondant à chaque ligne de vol. Le tableau 1 montre un tel fichier de points pour un bloc qui contient 10 lignes de vol.

Tableau 1. Exemple de fichier de points construits avec le logiciel *Excel* et utilisé pour générer des lignes de vol. Chaque ligne de vol contient deux points, un point de départ (première ligne) et un point d'arrivée (deuxième ligne).

Numéro de ligne	Latitude		Longitude		Latitude	Longitude
	Degrés	Minutes	Degrés	Minutes	Degrés	Degrés
V-01	48	0,0	78	35,2	48,00000000	-78,58666667
V-01	48	3,0	78	35,2	48,05000000	-78,58666667
V-02	48	0,0	78	35,6	48,00000000	-78,59333333
V-02	48	3,0	78	35,6	48,05000000	-78,59333333
V-03	48	0,0	78	36,0	48,00000000	-78,60000000
V-03	48	3,0	78	36,0	48,05000000	-78,60000000
V-04	48	0,0	78	36,4	48,00000000	-78,60666667
V-04	48	3,0	78	36,4	48,05000000	-78,60666667
V-05	48	0,0	78	36,8	48,00000000	-78,61333333
V-05	48	3,0	78	36,8	48,05000000	-78,61333333
V-06	48	0,0	78	37,2	48,00000000	-78,62000000
V-06	48	3,0	78	37,2	48,05000000	-78,62000000
V-07	48	0,0	78	37,6	48,00000000	-78,62666667
V-07	48	3,0	78	37,6	48,05000000	-78,62666667
V-08	48	0,0	78	38,0	48,00000000	-78,63333333
V-08	48	3,0	78	38,0	48,05000000	-78,63333333
V-09	48	0,0	78	38,4	48,00000000	-78,64000000
V-09	48	3,0	78	38,4	48,05000000	-78,64000000
V-10	48	0,0	78	38,8	48,00000000	-78,64666667
V-10	48	3,0	78	38,8	48,05000000	-78,64666667

Dans un deuxième temps, nous avons voulu nous affranchir de la carte papier en naviguant avec un support cartographique virtuel couplé à un GPS. Nous avons adapté aux besoins de l'inventaire aérien le système de navigation développé pour les abatteuses forestières par le Groupe Système Forêt (Anon. 2002). Conçu pour réaliser et mettre à jour les travaux de récolte forestière, ce système montre à l'opérateur l'emplacement de l'abatteuse à l'écran en temps réel, superposé sur le fond du plan de coupe. Il est composé d'un ordinateur robuste *Getac CA-35* (ordinateur de type ardoise électronique à écran tactile, sans clavier) et du logiciel *ArcPad*, auquel nous avons branché le GPS *Garmin™ III+*. L'expérimentation a eu lieu en Abitibi-Témiscamingue en janvier 2003. Les différentes couches de la carte, y compris les lignes de vol, ont été construites comme précédemment et gravées sur un CD. Une interface *ArcPad*, spécifique aux besoins de l'inventaire aérien, a été mise au point par le Groupe Système Forêt. Outre différents outils et boutons pour faciliter l'affichage de la carte, l'interface permettait la saisie, directement à l'écran, de points (animaux), de lignes (pistes, sentiers) et de polygones (contour de ravages) de même que leurs attributs (classe d'âge et sexe des animaux). L'ordinateur possédait un écran tactile de 30 cm et était opéré à l'aide d'un crayon.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Navigation à l'aide du GPS

Dans tous les inventaires aériens que nous avons réalisés depuis 1994, le pilote de l'aéronef a utilisé le GPS pour suivre le plan de vol, selon des lignes de longitude ou de latitude. Cette application a très bien fonctionné. À l'ouest du méridien de Greenwich, les valeurs des longitudes augmentent de l'est vers l'ouest. Si la lecture de la longitude affichée par le GPS de l'aéronef dépasse celle de la ligne de vol, le pilote doit ramener l'appareil vers la droite, quand il vole en direction nord, et vers la gauche, quand il vole en direction sud. L'inverse prévaut si la lecture de la longitude est inférieure à celle de la ligne de vol. Tous les pilotes sont parvenus à maîtriser la technique après une courte période d'essai, généralement en moins d'une heure. Lors du survol de repères facilement localisables sur la carte (intersection de routes, rive de lac, petite île), nous avons constaté que l'écart de position par rapport à la ligne de vol prévue dépassait très rarement 100 m. Des lignes aussi rapprochées que 0,2 minute de longitude (environ 250 m à la latitude de l'île d'Anticosti) ont ainsi pu être parcourues sans aucun chevauchement entre les bandes observées. Quand les lignes du plan de vol étaient rapprochées, il pouvait être plus efficace de voler une ligne sur deux pour faciliter les manoeuvres de virage, par exemple commencer par les lignes impaires et finir par les lignes paires. Enfin, il convient de souligner qu'il faut éviter d'utiliser les lignes des systèmes de coordonnées UTM (*Universal Transverse Mercator*) ou MTM, qui apparaissent sur les cartes topographiques, pour dresser un plan de vol. Comme ces lignes ne sont pas orientées en direction nord, il devient nécessaire dans ce cas d'utiliser la fonction *Go To* du GPS et de fixer un point à atteindre pour chaque ligne de vol, ce qui demande plus de manipulations au pilote. Une autre alternative est la fonction *Use Grid* qui génère des lignes selon un espacement prédéfini, mais dont l'utilisation s'avère complexe. Nous avons constaté qu'il était beaucoup plus simple de faire correspondre les lignes de vol à des fractions exactes de minutes de longitude ou de latitude, par exemple 0,2, 0,4, 0,6 minute, etc., ou 0,25, 0,50, 0,75 minute, etc

3.2 Enregistrement du parcours

L'enregistrement en continu du parcours de l'aéronef a été effectué durant six jours en janvier 2002 à l'île d'Anticosti. Le système *TruckBase™ Silvitrac* a fonctionné sans problème. Ce système a une très grande capacité de stockage qui dépasse les besoins d'un inventaire aérien. En utilisant un intervalle de cinq secondes, un point est enregistré à tous les 139 m, à 100 km/h, et à tous les 222 m, à 160 km/h. Ceci totalise 720 points par heure de vol, soit 3600 points pour une journée typique de cinq heures. En comparaison, un GPS usuel (*Garmin™ 12XL*) est limité à 1024 points en mode parcours continu (*Track*). Le système testé permet de visualiser l'ensemble du parcours et de vérifier l'écart entre la ligne de vol planifiée et celle parcourue. La figure 1 illustre une portion d'enregistrement réalisée lors de l'expérimentation.

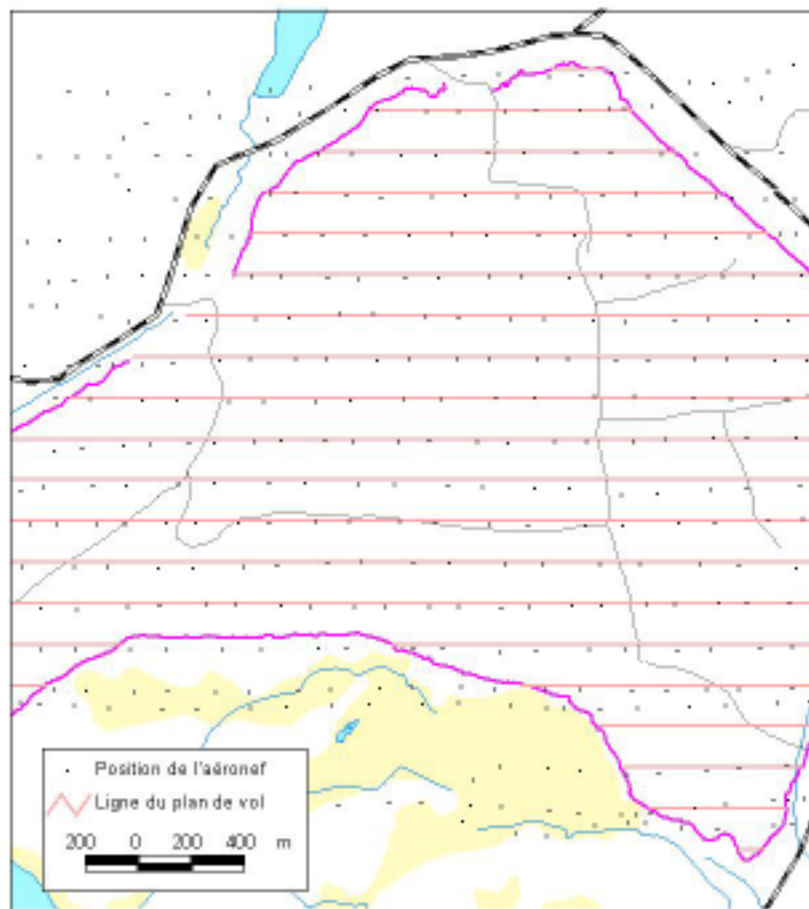


Figure 1. Illustration de l'enregistrement du parcours de l'aéronef à l'aide du système *TruckBase™ Silvitrac*, réalisé à l'île d'Anticosti en janvier 2002.

3.3 Enregistrement de la position des groupes de cerfs observés

L'erreur moyenne du positionnement GPS lors du test de simulation réalisé en hélicoptère sur un objet fixe est de seulement 21 ± 8 m ($\bar{x} \pm$ écart type, $n = 9$). Les localisations enregistrées à partir de l'hélicoptère en mouvement étaient situées entre 7 et 36 m de la cible et dispersées dans toutes les directions (figure 2). Cette erreur est bien inférieure à celle estimée quand le positionnement des groupes est fait sur une carte papier à l'échelle du 1:20 000, laquelle serait de l'ordre de 200 m (Potvin et Gingras 2002). Compte tenu de la précision inhérente des cartes 1:20 000 ($\pm 0,5$ mm sur la carte, soit ± 10 m sur le terrain) et de la taille minimale des peuplements délimités sur la carte forestière (4 ha, soit 200×200 m), l'utilisation du GPS permet de positionner les groupes de cerfs avec suffisamment de précision pour mettre en relation les localisations de cerfs et les peuplements forestiers dans les analyses de sélection d'habitat.

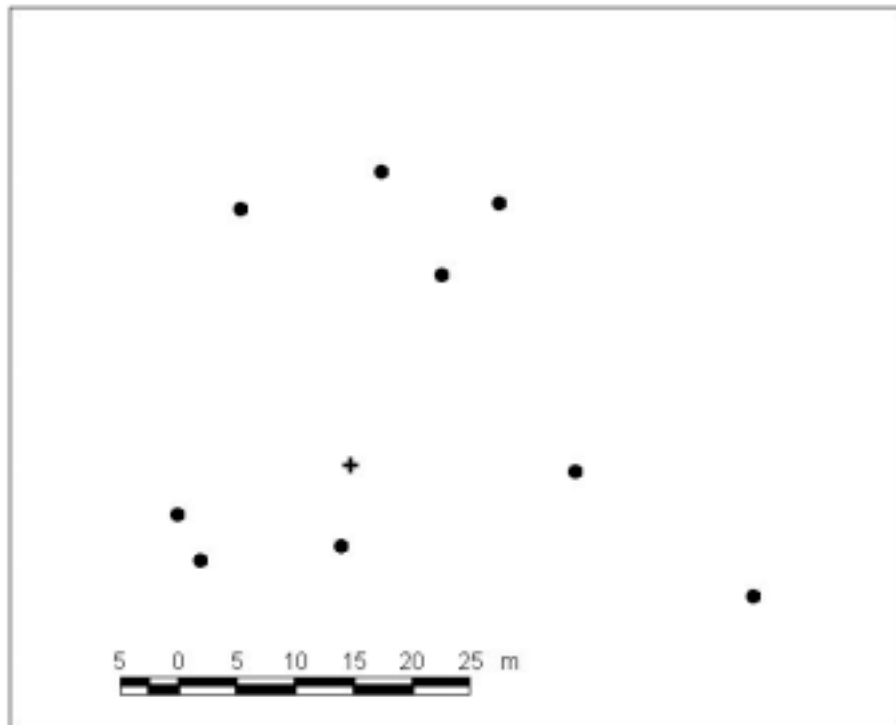


Figure 2. Localisations GPS enregistrées lors de neuf essais en hélicoptère au-dessus d'une cible fixe (+) à l'île d'Anticosti.

Au plan opérationnel, l'utilisation conjointe du GPS pour enregistrer la localisation des groupes de cerfs et d'un formulaire de prise de données pour noter leurs attributs a bien fonctionné. Plusieurs centaines de groupes ont ainsi été positionnés à l'île d'Anticosti en janvier 2002, août 2002 et août 2003. Idéalement, il faudrait pouvoir enregistrer l'ensemble de l'information, c'est-à-dire la position du groupe et ses attributs, en une seule opération. En raison du grand nombre de groupes de cerfs, de leur proximité et de la nécessité de parfois corriger certaines inscriptions, l'utilisation d'un formulaire papier, couplée au GPS, demeure actuellement l'approche la plus sûre. Au cours des prochaines années, il est à prévoir que des systèmes d'enregistrement numérique plus conviviaux seront disponibles.

3.4 Cartes de vol papier adaptées à l'inventaire aérien

Les figures 3 et 4 illustrent deux cartes de vol papier utilisées pour l'inventaire du cerf (Anticosti) et de l'orignal (Abitibi-Témiscamingue). Ces cartes ont été construites à l'aide du logiciel *ArcView*. Par rapport à des cartes topographiques usuelles, les cartes adaptées offrent plusieurs avantages:

- l'échelle est spécifique au besoin (1:20 000, 1:40 000, 1:50 000, etc.);
- l'étendue de la carte est ajustée à l'aire d'étude (pas besoin de rassembler plusieurs feuillets limitrophes);
- il est possible de scinder l'aire d'étude en secteurs d'inventaire ayant chacun leur carte et d'inclure une bande de chevauchement entre les cartes pour faciliter la navigation;
- il est possible d'intégrer de l'information non disponible sur les cartes topographiques (coupes, etc.) et de mettre à jour les divers éléments d'information (par exemple le réseau routier).

Le principal désavantage des cartes de vol adaptées est lié à la nécessité de confectionner une base de données géographiques, une opération complexe et parfois coûteuse. Cependant, les logiciels, tels *ArcView* et *ArcGIS*, sont de plus en plus conviviaux. De plus, la FAPAQ dispose maintenant de la majorité des données cartographiques nécessaires à de tels projets.

Au plan des mises en garde, il faut utiliser un papier suffisamment résistant pour que la carte puisse être pliée sans déchirer. Les colorations foncées pour les thèmes des cartes sont à éviter car il est impossible d'y inscrire de l'information. Enfin, pour les impressions en couleur, certains types de papier sont sensibles à l'eau et se tachent facilement.

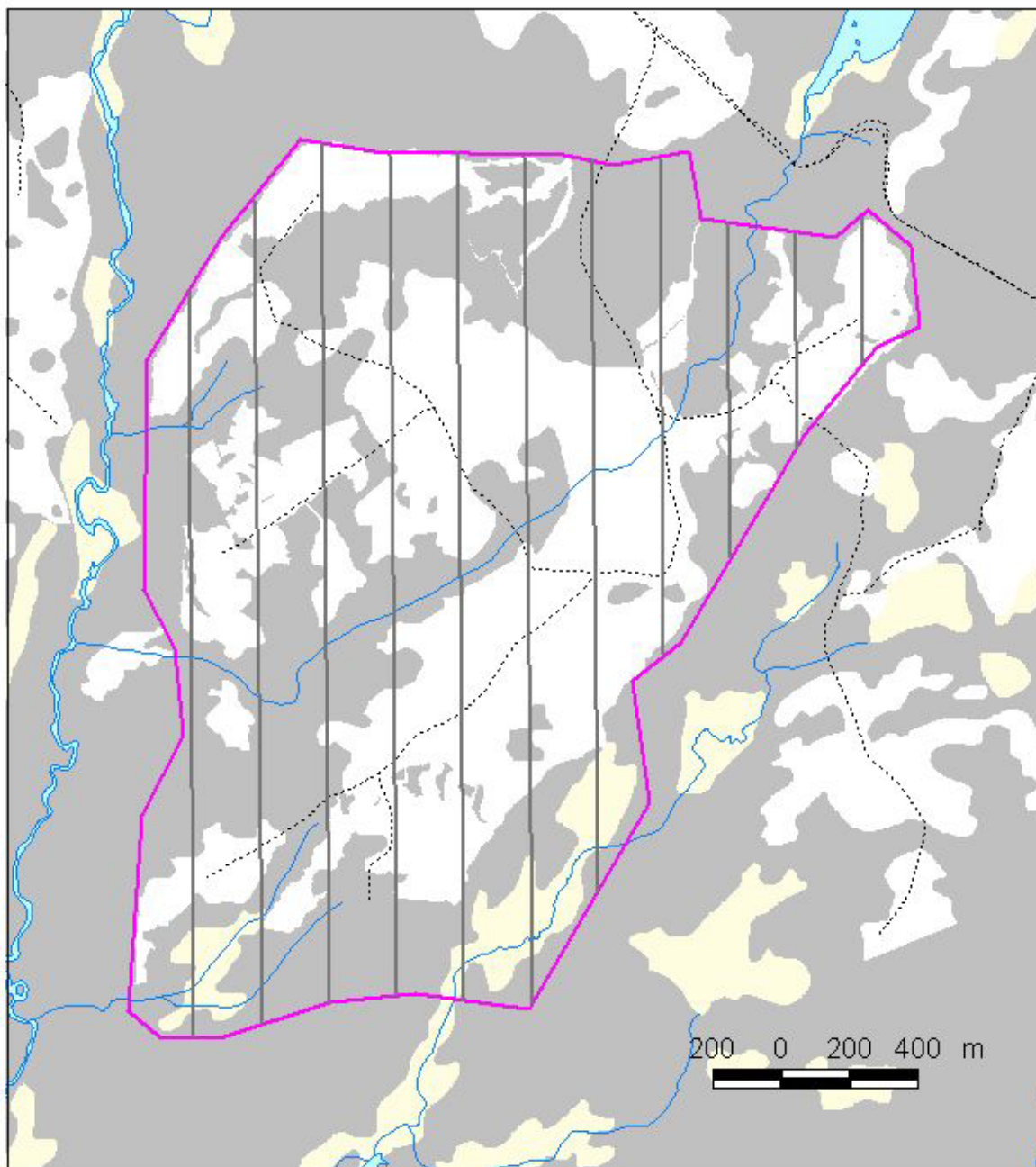


Figure 3. Carte de vol à l'échelle 1:20 000 utilisée pour l'inventaire aérien du cerf dans un enclos de 6 km² à l'île d'Anticosti.

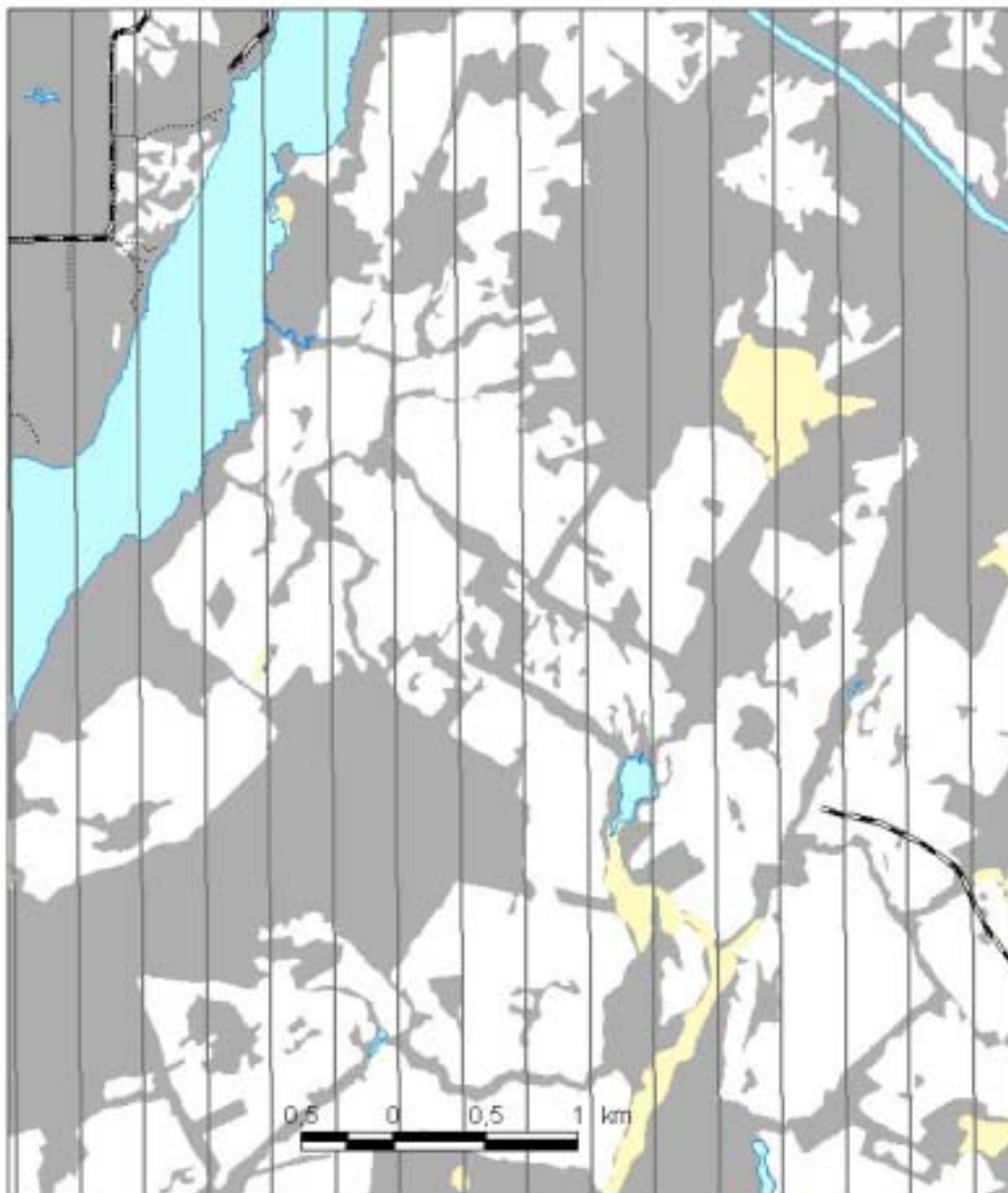


Figure 4. Carte de vol à l'échelle 1:40 000 utilisée pour l'inventaire aérien de l'original dans une portion d'un bloc de 99 km² en Abitibi-Témiscamingue.

3.5 Navigation en utilisant un support cartographique virtuel

Préalablement à l'inventaire de l'original en Abitibi-Témiscamingue en janvier 2003, nous avons réalisé un test en camion avec l'équipement de navigation virtuelle. Effectué dans la région de Québec, ce test a confirmé que le système était opérationnel. La position du véhicule apparaissait au bon endroit et s'actualisait rapidement. La carte elle-même se repositionnait dès que la position du véhicule approchait à environ 5 cm du bord de l'écran. Les boutons de visualisation (échelle, déplacement [*pan*], etc.) fonctionnaient efficacement. Enfin, nous avons simulé des saisies de données (points, lignes, polygones) sans aucune difficulté apparente.

Toutes les couches de base pour l'inventaire, y compris les lignes de vol, ont été importées sans difficulté dans l'ordinateur *Getac*. Cependant, dès les premières minutes de l'essai en aéronef, un problème majeur a surgi, rendant le système non opérationnel. Dans un hélicoptère, la lumière en provenance du plafond et des fenêtres est abondante, ce qui créait des reflets sur l'écran et le rendait illisible. Ce problème n'existait pas dans des véhicules plus fermés comme des abatteuses ou des camions. Nous avons donc dû renoncer à l'essai et utiliser à la place les cartes papier apportées pour nous dépanner en cas de besoin. Une fois l'inventaire complété, le système de saisie a cependant été utilisé pour transcrire l'information des cartes papier en format numérique et l'importer dans notre base de données pour traitement géomatique.

Nous n'avons pas eu l'occasion de tester à nouveau le système de navigation virtuelle. Cependant, nous savons qu'il existe actuellement des solutions techniques au problème de reflet. Par exemple, la compagnie *IEI World* commercialise des ardoises électroniques à grande luminosité pouvant être lues directement en plein soleil (<http://en.ieiworld.com>). Certains modèles *Getac* récents ont aussi été conçus pour de telles conditions (<http://www.getac.com>).

Par ailleurs, nous avons eu des contacts avec deux organismes qui ont fait appel à des systèmes de navigation du même type que celui que nous avons testé. La Direction de la conservation des forêts, du ministère des Ressources naturelles, de la

Faune et des Parcs, a mis sur pied le projet RARS (Relevé aérien à Référence spatiale des perturbations naturelles) (Yves Boilard, comm. pers.). Ce système utilise le logiciel de navigation *PC Mapper 5* de *Corvalis Microtechnology™* et une ardoise électronique *Panasonic* de la série *Toughbook*. Il est maintenant opérationnel et servira, en 2004, à faire les relevés d'épidémies d'insectes et de feux de forêt. De son côté, l'équipe de gestion du Parc de la Gatineau a réalisé l'inventaire aérien du castor en naviguant avec un ordinateur portable sur lequel était installé le logiciel *Fugawi* (Stéphane Bergeron, comm. pers.). Ce système peu coûteux (environ 150 \$) peut utiliser des cartes topographiques en format image et permet la saisie de points. Cependant, contrairement aux systèmes plus coûteux, il n'est pas conçu pour saisir des lignes ou des polygones. Il existe actuellement sur le marché différents systèmes qui permettent la navigation virtuelle, en couplant un GPS et un ordinateur équipé d'un module approprié.

L'utilisation d'un support cartographique virtuel couplé à un GPS offre plusieurs avantages. Tout d'abord, il facilite la navigation car la position de l'aéronef est visible en tout temps sur la carte. La localisation des observations est aussi plus précise, spécialement dans les endroits où il y a peu de repères physiques. Le transfert de l'information à une base de données géographiques en vue de l'analyse est aussi facilité, particulièrement dans le cas des systèmes qui permettent la saisie dans un format compatible avec *ArcView* (ex. *ArcPad*). Au plan des désavantages, il s'agit de systèmes complexes et l'ensemble d'un programme d'inventaire risque d'être à la merci d'un bris technique. Il faut donc apporter des cartes papier « au cas où ». Un avantage des cartes papier est qu'elles sont plus grandes qu'un écran d'ordinateur, de sorte que la totalité d'une parcelle ou d'un secteur d'inventaire est visible sur une même carte. Les échanges avec le pilote sont aussi plus faciles avec des cartes papier, même si celles-ci peuvent parfois être encombrantes. Enfin, pour l'inventaire de l'original, il est actuellement plus facile de transférer sous forme de cartes papier les observations nécessaires à la deuxième équipe qui réalise le dénombrement et le sexage des animaux (Courtois 1991). Le transfert de cette information en format numérique sera éventuellement plus convivial, mais ce n'est pas encore le cas.

4. CONCLUSION

Le coût des aéronefs pour l'inventaire aérien est extrêmement élevé. Actuellement, le tarif horaire d'un hélicoptère de type Bell 206L ou Astar est de l'ordre de 1000 \$. Afin de parvenir à minimiser les coûts, il faut une bonne planification des travaux (bases d'opération, dépôts d'essence, séquence de survol des blocs). Lors du survol, le GPS permet plusieurs économies en réduisant les temps de navette (Leptich *et al.* 1994; Beringer *et al.* 1998). Son utilisation pour suivre les lignes de vol améliore également la précision de la navigation, allège la tâche du navigateur et rend le pilote plus autonome. L'enregistrement à l'aide du GPS du parcours et des observations (groupes d'animaux, ravages) pour sa part améliore la qualité de l'information. Elle permet aussi de réduire le temps de recherche quand il faut retourner vérifier certains sites, comme c'est le cas pour le dénombrement et le sexage des orignaux. Enfin, le SIG permet actuellement de construire des cartes de vol plus fonctionnelles. La navigation virtuelle pour sa part permettra éventuellement d'alléger la tâche ardue de préparer les plans de vol et de transférer directement l'information dans la base de données en vue de compilations ultérieures.

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à souligner le professionnalisme de tous les pilotes d'aéronefs qui ont été associés à nos divers inventaires au cours des dernières années. Nous sommes particulièrement redevables envers Gaétan Laprise, Danièle Morin et Bruno Rochette, techniciens de la faune, pour leur implication dans les survols réalisés à l'île d'Anticosti. Merci également à Aïssa Sebbane qui a commenté le manuscrit. Le financement de ce projet a été assuré par le ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs et par la Chaire de recherche industrielle CRSNG – Produits forestiers Anticosti.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- ANON. 2002. A tool for forest management / Un outil d'aide aux travaux d'aménagement. ArcNorth News 5(2):8-9.
- BERINGER, J., L. P. HANSEN et O. SEXTON. 1998. Detection rates of white-tailed deer with a helicopter over snow. Wildl. Soc. Bull. 26:24-28.
- BOER, A. H., G. REDMOND et T. J. PETTIGREW. 1989. Loran-C: a navigation aid for aerial surveys. J. Wildl. Manage. 53:228-230.
- BRETON, L., et F. POTVIN. 1997. Normes d'inventaire aérien des populations de cerf de Virginie. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, Rapport 3712-97-09. 44 p.
- COURTOIS, R. 1991. Normes régissant les travaux d'inventaires aériens de l'orignal. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Québec, Rapport 1907. 24 p.
- ESRI. 1996. ArcView GIS. Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, CA. 340 p.
- GRONDIN, P. 1996. Écologie forestière. Pages 133-279 *in* Manuel de foresterie. Presses de l'Université Laval, Québec.
- LEPTICH, D. J., D. G. BECK et D. E. BEAVER. 1994. Aircraft based Loran-C and GPS accuracy for wildlife research on inland study sites. Wildl. Soc. Bull. 22:561-565.
- POTVIN, F., et A. GINGRAS. 2002. L'habitat hivernal du cerf sur l'île d'Anticosti défini à partir des inventaires aériens de 1998, 1999 et 2000. Société de la faune et des parcs du Québec, Québec, Rapport 8037-02-01. 37 p.
- POTVIN, F., L. BRETON, P. BERTRAND et A. LUSSIER. 1987. Développement d'une technique d'inventaire aérien pour la population de cerfs d'Anticosti. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Québec, Rapport 1514. 37 p.
- POTVIN, F., L. BRETON et L. P. RIVEST. 2002. Testing a double-count aerial survey technique for white-tailed deer, *Odocoileus virginianus*, in Québec. Can. Field-Nat. 116:488-496.
- POTVIN, F., L. BRETON et R. COURTOIS. 2004. Réaction du castor, de l'orignal et du lièvre à la coupe avec protection de la régénération et des sols en forêt boréale: une réévaluation après 10 ans. Société de la faune et des parcs du Québec, Québec, Rapport 8110-04-06. 26 p..
- POTVIN, F., R. COURTOIS et C. DUSSAULT. 2001. Fréquentation hivernale de grandes aires de coupe récentes par l'orignal en forêt boréale. Société de la faune et des parcs du Québec, Québec, Rapport 8025-01-06. 35 p.

ROCHETTE, B., A. GINGRAS et F. POTVIN. 2003. Inventaire aérien du cerf de Virginie de l'île d'Anticosti - Été 2001. Société de la faune et des parcs du Québec, Québec, Rapport 8080-03-05. 22 p. + annexes.

**Annexe 1 – Formulaire de prise de données pour les groupes de cerfs observés
lors d'inventaires aériens à l'île d'Anticosti**

BLOC: _____					DATE: _____						
# GPS	PE	DIR	GROUPE		REM	# GPS	PE	DIR	GROUPE		REM
		N/S	AV	AR				N/S	AV	AR	
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
8						8					
9						9					
0						0					
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
8						8					
9						9					
0						0					
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
8						8					
9						9					
0						0					
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
8						8					
9						9					
0						0					
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
8						8					
9						9					
0						0					

La première colonne est le numéro du point généré par le GPS à la position du groupe. Les deux premiers chiffres du numéro sont complétés manuellement.