

Direction de la recherche sur la faune

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

**2. Détection infrarouge thermique**

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: 2-550-43093-X

## RÉSUMÉ

Nous avons effectué plusieurs expérimentations avec un capteur infrarouge thermique à balayage frontal (FLIR) installé sur un hélicoptère. La majorité des tests ont eu lieu sur le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) à l'île d'Anticosti à l'intérieur de trois enclos de grande superficie (6,0 à 15,7 km<sup>2</sup>). Une expérimentation simple a aussi été réalisée sur l'orignal (*Alces alces*) dans la région de Québec. Pour le cerf, le survol des enclos a été réalisé le long de lignes parallèles, à une vitesse de 70 à 100 km/h et l'altitude lors de la plupart des tests était de 300 pi (environ 91 m) au-dessus du sol. Le FLIR a été maintenu en mode grand angle (28° à l'horizontale × 15° à la verticale) et orienté vers l'avant à un angle de 30° par rapport au nadir. Lors de la première série d'essais (22 au 26 octobre 2001), nous avons constaté que les cerfs pouvaient être détectés sous forme de points jusqu'à environ 500 pi d'altitude. Après quelques survols infructueux, nous avons réussi à compléter l'inventaire de deux enclos. Nous avons détecté 61 cerfs dans le premier enclos et 157 dans le second, pour des densités respectives de 25,0 et 52,8 cerfs/km<sup>2</sup>. Ces valeurs représentent 54 et 89 %, respectivement, des densités de cerfs présentes au moment du survol. La deuxième série d'essais (18 au 20 janvier 2002) s'est avérée infructueuse car les cerfs en pelage d'hiver dégageaient peu de chaleur. La troisième série d'essais (2 au 8 juin 2002) fut également un échec pour diverses raisons techniques. Dans le contexte du Québec, nous concluons que la détection infrarouge thermique n'est pas une approche susceptible de remplacer l'inventaire aérien visuel du cerf. Le couvert végétal agit comme écran et les conditions optimales pour l'utilisation du FLIR sont trop spécifiques. Pour l'orignal, notre expérimentation indique que cet animal semble plus facile à détecter, de sorte qu'il pourrait être avantageux d'utiliser la détection infrarouge thermique à l'étape du dénombrement des animaux dans les réseaux de pistes.



Potvin, F., et L. Breton. 2004. Nouvelles technologies applicables à l'inventaire aérien de la grande faune 2. Détection infrarouge thermique

**Abstract:** We conducted many trials with a forward looking infrared system (FLIR) mounted on a helicopter. Most trials involved white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) on Anticosti Island inside three large enclosures (6.0–15.7 km<sup>2</sup>). A simple experimentation was also conducted on moose (*Alces alces*) in Québec region. Flights for deer were done along parallel lines at a speed of 70–100 km/hr and an altitude of 300 ft (91 m) above ground level in most surveys. The FLIR was used in wide angle mode (28° horizontal × 15° vertical) and oriented at a 30° angle from nadir. During the first trial (22–26 Oct. 2001), deer could be detected as dots up to a 500-ft altitude. After some unsuccessful trials, we completed a survey for two enclosures. We detected 61 deer in the first one and 157 in the second one, for estimated densities of 25.0 and 52.8 deer/km<sup>2</sup>, respectively. These deer densities represent 54% and 89% of actual densities at the time of the surveys. Our second trial on deer (18–20 Janv. 2002) was unsuccessful because deer in winter coat did not emit enough heat. Our last trial (2–8 June 2002) was also a failure for technical reasons. We conclude that thermal infrared cannot replace visual aerial surveys for deer in our context. Canopy cover acts as a barrier and optimal conditions for using the FLIR are too narrow. Our experimentation on moose indicated that this animal could be easily detected, so that it might be advantageous to use thermal infrared for counting moose within the track networks.



**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 Expérimentations sur le cerf .....	3
2.3 Expérimentation sur l'original.....	7
3. RÉSULTATS .....	8
3.1 Cerf .....	8
<i>Première série d'essais</i> .....	8
<i>Deuxième série d'essais</i> .....	8
<i>Troisième série d'essais</i> .....	9
3.2 Original .....	9
4. DISCUSSION .....	17
REMERCIEMENTS .....	20
LISTE DES RÉFÉRENCES.....	21



## 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 et la qualité de ces inventaires. En 2001-2002, nous avons entrepris de tester les trois technologies les plus prometteuses: le positionnement GPS, le système d'information géographique et la détection infrarouge thermique.

La détection infrarouge thermique pour l'inventaire aérien n'est pas une technologie récente puisque des essais ont été réalisés il y a plus de 30 ans (Graves *et al.* 1972; Parker et Driscoll 1972). On concluait alors que les résultats obtenus suggéraient un « optimisme prudent » (Graves *et al.* 1972). Plusieurs expérimentations fructueuses ont eu lieu dans les années 1990 sur l'orignal (*Alces alces*) (Garner *et al.* 1995; Bontaites *et al.* 2000), le cerf de Virginie (Wiggers et Beckerman 1993; Garner *et al.* 1995; Naugle *et al.* 1996; Havens et Sharp 1998) et le cerf rouge (*Cervus elaphus*) (Reynolds *et al.* 1994). Quelques tests ont aussi eu lieu au Québec sur le cerf de Virginie et l'orignal (Groupe A.G.I.R. 1998; D'Astous 1999; Chabot et Plourde 2000).

En 2001-2002, nous avons effectué plusieurs expérimentations avec un capteur infrarouge thermique à balayage frontal (FLIR, *Forward Looking InfraRed*) installé sur un hélicoptère. La majorité des tests ont eu lieu sur le cerf à l'île d'Anticosti à l'intérieur d'enclos de grande superficie. Une expérimentation simple a aussi été réalisée sur l'orignal dans la région de Québec. Ce rapport présente l'ensemble des résultats obtenus avec le FLIR. Nous avons pour principal objectif de vérifier l'applicabilité de cette technologie sous nos conditions pour l'inventaire du cerf de Virginie. Nous voulions aussi comparer les avantages et désavantages du système FLIR avec la technique du double inventaire aérien, que nous utilisons couramment, tant aux plans budgétaire que logistique.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 Secteurs d'étude

Toutes les expérimentations sur le cerf de Virginie ont eu lieu à l'île d'Anticosti. Anticosti est une vaste île boisée de 7943 km<sup>2</sup> 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<sup>e</sup> 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 (16 cerfs/km<sup>2</sup>) (Rochette *et al.* 2003).

Un vaste programme d'aménagement a débuté en 2000 à l'île d'Anticosti afin de tenter de restaurer les sapinières, principal habitat hivernal du cerf, qui sont en voie de disparition à cause du broutement intensif (Potvin *et al.* 2003). Selon la stratégie adoptée, des blocs de forêt (3 à 30 km<sup>2</sup>) sont coupés afin de créer une mosaïque d'habitat hivernal propice au cerf (Beaupré *et al.* 2004). Environ 60 % de la superficie d'un bloc est coupée alors que des parcelles de forêt intacte ainsi que des lisières boisées sont laissées pour constituer le couvert. La régénération naturelle et, au besoin, le reboisement devraient permettre au sapin baumier de se développer s'il est protégé du cerf. C'est pourquoi les blocs sont clôturés (clôture de 3 m de hauteur) pour une période d'environ 10 ans, jusqu'à ce que les tiges soient suffisamment hautes pour échapper au broutement. Immédiatement après la pose des clôtures, une chasse intensive est pratiquée pour réduire la densité à environ 3 cerfs/km<sup>2</sup> afin de permettre à la régénération de sapin de se développer.

Les expérimentations sur le cerf ont eu lieu dans trois enclos: Simonne (6,8 km<sup>2</sup>), Tour de Jupiter (15,7 km<sup>2</sup>) et Perdu (6,0 km<sup>2</sup>). Dans les deux premiers enclos, la coupe a eu lieu à l'été 2001 et ceux-ci ont été clôturés immédiatement après. L'enclos Perdu a été partiellement coupé en 1999 et clôturé en 2002. Dans cet enclos, la coupe a été complétée à l'intérieur même de l'enclos. Les aires de coupe étaient dépourvues de végétation de plus de 1 m de hauteur dans l'enclos Simonne. Une régénération préétablie dense d'épinette blanche (1 à 3 m de hauteur) était présente dans celui de

la Tour de Jupiter alors que, dans l'enclos Perdu, la régénération était modérément dense.

Pour l'original, la seule expérimentation a été réalisée au nord de la ville de Québec dans le secteur des Terres du Séminaire, qui borde au sud-est la réserve des Laurentides. Le test a eu lieu dans une parcelle de 60 km<sup>2</sup> où la densité dépassait 5 orignaux/km<sup>2</sup>.

## **2.2 Expérimentations sur le cerf**

Nous avons réalisé trois séries d'essais avec le capteur infrarouge thermique: du 22 au 26 octobre 2001, du 18 au 20 janvier 2002 et du 2 au 8 juin 2002 . Nous avons utilisé un capteur à balayage frontal FLIR 2000A/B (Flir Systems, Portland, OR), qui opère dans la bande spectrale de 8 à 12 µm (figure 1). Ce capteur possède deux lentilles, une lentille grand angle et une lentille zoom. La résolution est de 1,4 milliradian en mode grand angle (0,14 m à une distance de 100 m). Le FLIR était monté sur le plancher d'un hélicoptère Astar Twin (premier essai) ou Astar 350BA (deuxième et troisième essais). Afin de permettre de capter les images, le FLIR était relié à une enregistreuse vidéo numérique (Sony GV-D900) utilisant des cassettes mini DV. Lors du premier essai, une caméra vidéo numérique (Sony CVX-V3) a été installée à côté du FLIR afin de filmer la même bande en couleurs réelles. Cette seconde caméra était branchée à une enregistreuse Sony DSR-10 utilisant des cassettes mini DV. Le FLIR et les hélicoptères ont été fournis par la compagnie Hélicoptères Canadien Limitée. Les systèmes intégrés d'enregistrement vidéo ont été développés dans le cadre d'une collaboration entre cette compagnie et monsieur Magella Roberge, spécialiste en positionnement cinématique, qui nous a fourni un support technique lors du premier essai.

Le survol des enclos a été réalisé le long de lignes parallèles, à une vitesse de 70 à 100 km/h. L'altitude lors de la plupart des tests était de 300 pi (environ 91 m) au-dessus du sol, mais nous avons fait des expérimentations entre 200 et 500 pi (61 et 152 m). L'altitude était vérifiée avec un altimètre radar. Les lignes de vol parallèles étaient orientées selon un azimuth est-ouest et tracées le long de lignes de latitude. Le

pilote utilisait le GPS de l'hélicoptère pour maintenir le cap et pour changer de ligne (Boer *et al.* 1989; Leptich *et al.* 1994). Le FLIR a été maintenu en mode grand angle ( $28^\circ$  à l'horizontal  $\times$   $15^\circ$  à la verticale) et orienté vers l'avant à un angle de  $30^\circ$  par rapport au nadir. La largeur maximum couverte par l'image à cette position et à une altitude de 300 pi est de 57,5 m. L'opérateur du FLIR prenait place sur le siège arrière et surveillait le déroulement de l'opération à l'écran des enregistreuses vidéo. Pour contrer les reflets, il était entouré d'un rideau opaque.



Figure 1. Illustration du FLIR monté sur un hélicoptère Astar Twin.

Les images du FLIR ont été examinées en laboratoire par les deux auteurs simultanément afin de dénombrer les cerfs sur chaque ligne de vol. Le moniteur possédait les fonctions marche au ralenti, image par image et rapprochement (zoom). La clôture était visible sur les images de sorte que les cerfs à l'intérieur de l'enclos pouvaient facilement être séparés de ceux à l'extérieur. Seuls les points très brillants ou en mouvement, que nous identifions clairement comme étant des cerfs, ont été comptés. À part les cerfs et les orignaux, les plus gros animaux présents sur l'île sont des renards roux (*Vulpes vulpes*), de sorte que la confusion avec une autre espèce animale sur les images infrarouge est improbable. En milieu ouvert, toute la silhouette

du cerf était visible, incluant la tête et les oreilles (points les plus chauds), le corps et les extrémités des pattes (plus froides) (figure 2). En forêt, la mobilité de l'animal servait souvent à confirmer que des points brillants n'étaient pas des objets fixes.



Figure 2. Image de deux cerfs captée par le FLIR à une altitude de moins de 60 m, montrant les zones de chaleur (en blanc). Un troisième cerf est partiellement visible au bas de l'écran.

La densité de cerfs dans les enclos a été calculée selon une estimation quotient (Caughley 1977). La superficie de la parcelle ( $\text{km}^2$ ) sur chaque ligne  $i$  a été calculée comme suit:

$$z_i = \text{longueur (km)} \times 57,5 \text{ m} / 1000 .$$

Le nombre total de cerfs dans l'enclos a été estimé comme:

$$\hat{Y} = RZ ,$$

où  $R = \sum N_i / \sum z_i$ ,  $Z$  étant la superficie de l'enclos et  $N_i$  le nombre de cerfs détectés sur chaque ligne de vol. La variance de l'estimation a été calculée selon la formule pour un échantillon sans remplacement:

$$\text{Var}(\hat{Y}) = \frac{M(M-m)}{m(m-1)} (\sum N_i^2 + R^2 \sum z_i^2 - 2R \sum N_i z_i),$$

où  $m$  est le nombre de parcelles survolées parmi les  $M$  unités formant l'ensemble de l'enclos. Nous avons calculé un intervalle de confiance à 90 % de probabilité (IC 90 %) pour la densité de cerfs en utilisant la formule pour une estimation quotient (Cochran 1977):

$$90\% \text{ CL} = \hat{Y} \pm t_{0,10, m-1} \sqrt{\text{var}(\hat{Y})}.$$

Pour valider la densité de cerfs obtenue avec le FLIR, nous avons calculé le nombre de cerfs présents dans les enclos en reconstruisant la population à partir des animaux récoltés par les chasseurs et de données connexes. Trois saisons de chasse ont eu lieu après les premiers survols. Nous avons utilisé l'âge des animaux récoltés pour distinguer les cerfs qui étaient nés avant chaque survol. Par exemple, pour la récolte de l'automne 2003, seuls les cerfs de 2,5 ans et plus, donc nés en 2001 ou avant, ont été inclus dans la population présente lors des survols d'octobre 2001. Un taux de perte pour les animaux blessés de 8 % a été appliqué à la récolte déclarée par les chasseurs pour tenir compte des cerfs non retrouvés (A. Gingras, comm. pers.). Il est pratiquement impossible pour des chasseurs d'exterminer tous les cerfs présents dans un grand enclos (Van Etten *et al.* 1965). C'est pourquoi nous avons appliqué une densité résiduelle de 3 cerfs/km<sup>2</sup> à tous les enclos. Cette densité est celle estimée dans un enclos plus petit (3,0 km<sup>2</sup>), qui fut chassé intensément durant trois saisons, et est basée sur les courbes de prédiction de la densité de cerfs en fonction de l'effort de chasse et sur des relevés de pistes (G. Laprise, comm. pers.). Pour chaque hiver survenu après les survols, nous avons aussi considéré les pertes naturelles dans l'exercice de reconstruction. Dans l'enclos de la Tour de Jupiter, un inventaire de carcasses a été réalisé en mai 2002 (B. Rochette, non publié). Selon cet inventaire, 331 cerfs seraient morts au cours de l'hiver 2001-2002, ce qui correspond à un taux de mortalité de 45 %. Dans les autres enclos, nous avons appliqué un taux de mortalité de 40 % à la population de cerfs présente en début d'hiver. Une étude télémétrique antérieure a mesuré un tel taux à l'île d'Anticosti lors d'un hiver rigoureux

(Potvin *et al.* 1997). Les hivers 2001-2002 et 2002-2003 ont été classifiés comme rigoureux à l'île. En dehors de l'hiver, nous avons assumé que la mortalité naturelle était négligeable.

### **2.3 Expérimentation sur l'original**

L'expérimentation réalisée sur l'original visait à vérifier si le FLIR permettait de dénombrier plus rapidement et avec plus d'exactitude les animaux présents à l'intérieur des réseaux de pistes (ravages). Le dénombrement des animaux est la deuxième étape de l'inventaire aérien de l'original, la première étant le survol systématique des parcelles de 60 km<sup>2</sup> à l'aide de lignes équidistantes pour délimiter les ravages à partir des pistes et des sentiers. La parcelle où a eu lieu notre essai avait été survolée quelques jours auparavant. Onze ravages récents avaient alors été cartographiés. Le nombre d'originaux présents dans les ravages avait aussi été dénombré. Le 2 mars, huit de ces ravages ont été survolés dans le cadre de notre expérimentation afin d'y dénombrier les originaux. L'équipe prenait place à bord d'un hélicoptère Astar 350D équipé du FLIR 2000A/B. Aucun enregistrement vidéo ne fut réalisé. Le moniteur branché au FLIR était celui d'origine (écran de 23 × 23 cm), monté sur le support du banc avant du passager. L'opérateur du FLIR prenait place à l'arrière, du côté gauche, et le navigateur-observateur était assis du côté droit, derrière le pilote. Le navigateur-observateur avait pour rôle de guider le pilote pour survoler les réseaux de pistes afin de permettre à l'opérateur du FLIR de dénombrier les originaux. L'altitude maintenue était plus haute qu'à l'habitude à cause de la position du navigateur-observateur (normalement assis à l'avant) et du type d'aéronef employé qui n'offre pas une vision verticale aussi bonne que les hélicoptères de type Hughes 500 ou Bell 206. Comme pour les essais précédents, l'opérateur était dans une chambre noire afin de contrer les reflets sur l'écran.

### 3. RÉSULTATS

#### 3.1 Cerf

##### *Première série d'essais*

La première série d'essais sur le cerf a eu lieu du 22 au 26 octobre 2001 (tableau 1). Lors de cette série, nous avons d'abord vérifié l'influence de l'altitude sur la capacité de détecter les cerfs avec le FLIR. Trois groupes de cerfs ont été survolés le 22 octobre par l'hélicoptère, en position semi-stationnaire entre 300 et 700 pi d'altitude (91 et 213 m). En mode grand angle, il était possible de distinguer la forme des animaux jusqu'à environ 300 pi. Les cerfs pouvaient être détectés sous forme de points jusqu'à environ 500 pi. Nous avons donc décidé de réaliser la plupart des essais subséquents à une altitude de 300 pi au-dessus du sol. Deux autres tests, où les enclos Simonne et Tour de Jupiter ont été survolés partiellement, ont révélé un problème majeur causé par la présence de sources de chaleur au sol, comme des roches, souches, troncs et mares d'eau, qui donnaient des signatures aussi brillantes que les cerfs. Pour régler ce problème, nous avons convenu de voler très tôt le matin, au lever du soleil, ou bien lors de journées nuageuses. Un autre test non systématique à l'enclos Simonne, réalisé en après-midi d'une journée nuageuse où il avait plu abondamment, a permis d'enregistrer les images de la meilleure qualité lors de l'ensemble de nos essais.

Nous avons finalement réussi à survoler au complet l'enclos Simonne en après-midi du 25 octobre, sous un couvert de nuages, et celui de la Tour de Jupiter le lendemain matin, également dans des conditions nuageuses (tableau 2). Au total, 61 cerfs ont été détectés dans le premier enclos et 157 dans le second, pour des densités respectives de 25,0 et 52,8 cerfs/km<sup>2</sup>. Par rapport aux populations reconstruites, ces valeurs représentent 54 et 89 %, respectivement, des densités de cerfs présentes au moment du survol (tableaux 3 et 4).

##### *Deuxième série d'essais*

La seconde série d'essais a eu lieu du 18 au 20 janvier 2002, en présence de 50 cm de neige au sol et de températures hivernales sous le point de congélation (tableau 1).

Nous avons réalisé quatre tests qui ont tous révélé que les cerfs en pelage d'hiver dégageaient très peu de chaleur. Les cerfs au soleil donnaient une signature beaucoup plus chaude que ceux à l'ombre. Au surplus, dès que le soleil paraissait, les troncs d'arbres, les cimes et l'eau des cours d'eau non gelés émettaient beaucoup de chaleur, rendant impossible la détection des cerfs.

### *Troisième série d'essais*

La dernière série d'essais a eu lieu du 2 au 8 juin 2002 (tableau 1). Un premier appareil FLIR, défectueux, a dû être remplacé. Le système d'inclinaison du second appareil a cessé de fonctionner à la seconde journée. Nous avons malgré tout pu poursuivre les tests en bloquant le FLIR à un angle fixe de 30°, le même que lors des essais précédents. Au cours des tests en juin, les cerfs à découvert étaient visibles mais ceux en forêt ne pouvaient être détectés à moins d'être en mouvement et de traverser une ouverture. Même lors de survols effectués très tôt le matin, au lever du soleil, la présence de diverses sources de chaleur au sol posait un problème majeur, de sorte que nous avons décidé de suspendre l'expérimentation.

### **3.2 Orignal**

Le 2 mars 2002, l'opérateur du FLIR a détecté au moins 32 orignaux à l'intérieur des huit ravages survolés, comparativement aux 35 orignaux qui avaient été comptés visuellement dans ces mêmes ravages par l'équipe affectée à l'inventaire visuel en février. Les orignaux se sont avérés faciles à détecter en raison de leur grande taille et de la signature claire qu'ils transmettaient. L'opérateur du FLIR détectait beaucoup plus rapidement les bêtes que le navigateur-observateur et en nombre plus élevé.

Tableau 1. Description des expérimentations réalisées sur le cerf de Virginie à l'aide du FLIR à l'île d'Anticosti,

Série d'essais	Date	Heures	Endroit	Conditions météorologiques	Altitude (pi)	Angle par rapport au nadir	Test et résultat
1	22 oct.	≈14 h – 16 h	Port-Menier, Baie-Sainte-Claire	Ensoleillé	300 - 700	0°	<i>Détection de groupes de cerfs</i> • cerfs visibles à ≤300 pi (forme) et à ≤500 pi (points)
	23 oct.	7h10 – 8h22	Simonne	Ensoleillé 90 %; 0° C - 10° C	500	30°	<i>Survol du tiers des lignes</i> • 11 cerfs détectés • beaucoup de sources de chaleur au sol • non valide
	24 oct.	17 h – 17h30	Simonne	Nuageux; pluie forte AM; 5° C - 6° C	<200	Variable	<i>Survol non systématique</i> • excellent contraste entre les cerfs et le sol
	25 oct.	6h50 – 7h40	Tour de Jupiter	Ensoleillé; 8° C – 10° C	300	30°	<i>Survol de la moitié des lignes</i> • 37 cerfs détectés • beaucoup de sources de chaleur au sol • non valide
	25 oct.	15h45 – 17h03	Simonne	Nuageux; 5° C	300	30°	<i>Survol complet</i> • 61 cerfs détectés (25,0 cerfs/km <sup>2</sup> ) • quelques points chauds (roches) • conditions jugées moyennes à bonnes
	26 oct.	7h00 – 9h02	Tour de Jupiter	Nuageux 95 %; pluie forte la nuit; 5° C	300	30°	<i>Survol complet</i> • 157 cerfs détectés (52,8 cerfs/km <sup>2</sup> ) • conditions jugées moyennes à bonnes

---

2	18 janv.	10h30 – 11h05	Tour de Jupiter	Nuageux 95 %; 50 cm de neige; <0° C	300	30°	<i>Survol du quart des lignes</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les cerfs dégagent peu de chaleur</li> <li>• plusieurs sources de chaleur au sol (troncs, cimes, eau)</li> </ul>
	19 janv.	7h40 – 8h25	Tour de Jupiter	Ensoleillé 100 %; 50 cm de neige; <0° C	200	30°	<i>Survol complet</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• au lever du soleil: pas de sources de chaleur au sol mais les cerfs dégagent peu de chaleur (points gris)</li> <li>• le soleil réchauffe rapidement les troncs d'arbres (blancs)</li> <li>• les cerfs au soleil (points blancs) plus visibles que ceux à l'ombre (points gris)</li> </ul>
	20 janv.	7h00 – 7h20	Perdu	Ciel voilé	200	15°	<i>Survol complet</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pas de sources de chaleur au sol mais les cerfs ne sont pas détectés (couchés sous les cimes et immobiles)</li> </ul>
	20 janv.	7h25 – 7h46	Perdu	Ciel voilé	300	15°	<i>Survol complet</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• avec le lever du soleil, beaucoup de sources de chaleur au sol</li> <li>• les cerfs ne sont pas détectés</li> </ul>

---

---

3	2 juin						<i>Ajustement au sol du FLIR</i>
							• appareil défectueux, remplacé
	5 juin		Port-Menier, Baie-Sainte-Claire	Pluie	200 – 500		<i>Tests de détection de groupes de cerfs</i>
							• les cerfs à découvert sont détectés mais ceux en forêt ne le sont pas sauf ceux en mouvement qui traversent une ouverture
	6 juin	PM	Port-Menier	Ensoleillé	200 – 300	30° <sup>a</sup>	<i>Test de détection de groupes de cerfs</i>
							• trop de sources de chaleur au sol
	7 juin	5h15 – 7h06	Tour de Jupiter	Ensoleillé (lever du soleil à 4h10)	350	30° <sup>a</sup>	<i>Survol complet</i>
							• cerfs peu mobiles et points trop petits
							• plusieurs sources de chaleur au sol (troncs, roches, cimes)
	8 juin	4h42 – 6h26	Tour de Jupiter	Ensoleillé	200	30° <sup>a</sup>	<i>Survol complet</i>
							• plusieurs sources de chaleur au sol (cours d'eau, mares)

---

<sup>a</sup> Le système d'inclinaison qui commande l'angle de la lentille étant défectueux, le FLIR a été bloqué à un angle fixe de 30°.

Tableau 2. Densités de cerfs estimées à l'aide du FLIR dans les enclos Simonne et Tour de Jupiter les 25 et 26 octobre 2001.

Enclos	Date	$n$ lignes	Cerfs/km <sup>2</sup>			
			FLIR			Population reconstruite
			$\bar{x}$	Erreur type	IC 90 %	
Simonne	25 oct	23	25,0	3,8	18,5 – 31,5	46,3
Tour de Jupiter	26 oct.	17	52,8	5,7	42,8 – 62,8	59,0

Tableau 3. Reconstruction de la population de cerfs de l'enclos Simonne (6,8 km<sup>2</sup>), basée sur les animaux qui étaient vivants le 1 septembre 2001.

Dates	Source (récolte déclarée)	Pertes (nombre de cerfs)	Population de cerfs à la date la plus hâtive	
			Nombre	Cerfs/km <sup>2</sup>
31 déc. 2003			13 <sup>a</sup>	1,9
1 sept. – 31 déc. 2003	Chasse ≥2,5 ans (19)	21 <sup>b</sup>	34	5,0
1 janv. – 30 avril 2003	Mortalité hivernale	23 <sup>c</sup>	57	8,4
1 sept. – 31 déc. 2002	Chasse ≥1,5 an (16)	17 <sup>b</sup>	74	10,9
1 janv. – 30 avril 2002	Mortalité hivernale	49 <sup>d</sup>	179	26,3
	Chasse ≥0,5 an (52)	56 <sup>b</sup>		
25 oct. – 31 déc. 2001	Chasse ≥0,5 an (126)	136 <sup>b</sup>	315	46,3
1 sept. – 24 oct. 2001	Chasse ≥0,5 an (105)	113 <sup>b</sup>	428	62,9

<sup>a</sup> Assumant une densité résiduelle de 3,0 cerfs/km<sup>2</sup>, incluant les faons (23 %) et les cerfs de 1,5 an (13 %), ou 1,9 cerf adulte/km<sup>2</sup> (≥2,5 ans).

<sup>b</sup> Des pertes de 8 % pour les animaux blessés sont ajoutées à la récolte déclarée.

<sup>c</sup> Assumant un taux de mortalité hivernale de 40 % pour les cerfs présents au 1 janvier 2003 et au 1 janvier 2002.

Tableau 4. Reconstruction de la population de cerfs de l'enclos Tour de Jupiter (15,7 km<sup>2</sup>), basée sur les animaux vivants au 1 septembre 2001.

Dates	Source (récolte déclarée)	Pertes (nombre de cerfs)	Population de cerfs à la date la plus hâtive	
			Nombre	Cerfs/km <sup>2</sup>
31 déc. 2003			30 <sup>a</sup>	1,9
1 sept. – 31 déc. 2003	Chasse ≥2,5 ans (59)	64 <sup>b</sup>	94	6,0
1 janv. – 30 avril 2003	Mortalité hivernale	63 <sup>c</sup>	157	10,0
1 sept. – 31 déc. 2002	Chasse ≥1,5 an (173)	190 <sup>b</sup>	347	22,1
1 janv. – 30 avril 2002	Mortalité hivernale (inventaire de carcasses)	331	733	46,7
	Chasse ≥0,5 an (50)	55 <sup>b</sup>		
26 oct. – 31 déc. 2001	Chasse ≥0,5 an (175)	193 <sup>b</sup>	926	59,0
1 sept. – 25 oct. 2001	Chasse ≥0,5 an (88)	97 <sup>b</sup>	1023	65,2

<sup>a</sup> Assumant une densité résiduelle de 3,0 cerfs/km<sup>2</sup>, incluant les faons (23 %) et les cerfs de 1,5 an (13 %), ou 1,9 cerf adulte/km<sup>2</sup> (≥2,5 ans).

<sup>b</sup> Des pertes de 8 % pour les animaux blessés sont ajoutées à la récolte déclarée.

<sup>c</sup> Assumant un taux de mortalité hivernale de 40 % pour les cerfs présents au 1 janvier 2003.

Tableau 5. Résultats de l'expérimentation du FLIR sur l'original dans une parcelle de 60 km<sup>2</sup> située au nord de Québec.

Ravage	Originaux dénombrés lors	Originaux détectés par
	de l'inventaire aérien visuel	l'opérateur du FLIR
47	2	2
50	12	10
51	0	2? <sup>a</sup>
53	6	7
55	4	4
56	2	1
58	5	4
59	4	2 (4) <sup>b</sup>
Total	35	32

<sup>a</sup> Deux points de chaleur ont été détectés lors d'une première passe mais l'identification d'originaux n'a pas été confirmée. Ces points n'ont pas été retrouvés par la suite.

<sup>b</sup> Deux originaux ont été détectés lors d'une première passe. Deux autres originaux ont été détectés lors d'une seconde passe.

#### 4. DISCUSSION

Nos expérimentations sur le cerf de Virginie avec le capteur infrarouge ont donné des résultats décevants. Seulement deux survols ont permis d'obtenir une estimation de la densité dans les enclos malgré 10 tentatives réparties sur trois périodes d'essai couvrant l'automne, l'hiver et le début de l'été. Deux études récentes, l'une sur le wapiti (*Cervus elaphus*) au Nouveau-Mexique et en Arizona (Dunn *et al.* 2002), l'autre sur le cerf de Virginie au Missouri (Haroldson *et al.* 2003), ont également conclu que la technique de l'infrarouge thermique n'est pas fiable pour ces deux espèces. Même si elles faisaient appel à des équipements de pointe, ces expérimentations ont eu beaucoup moins de succès que celles réalisées 10 ans plus tôt sur le cerf de Virginie (Wiggers et Beckerman 1993; Naugle *et al.* 1996).

Les principales raisons évoquées par Dunn *et al.* (2002) pour l'absence de fiabilité de l'infrarouge thermique sont (1) la grande isolation du pelage des animaux, (2) les sources de chaleur de l'arrière-plan qui rendent la détection difficile ou impossible et (3) le couvert qui agit comme écran. Graves *et al.* (1972) ont suggéré que la détection des cerfs pourrait être meilleure en été qu'en hiver, car le pelage de ceux-ci est alors moins bien isolé. Nos résultats vont dans ce sens puisque que les cerfs en janvier à Anticosti avaient une signature beaucoup moins contrastée, malgré le couvert de neige, qu'en octobre. Pour diminuer les fausses sources de chaleur, plusieurs auteurs ont suggéré de faire les survols de nuit, au début du jour ou lors de journées nuageuses (Graves *et al.* 1972; Garner *et al.* 1995). Nos résultats les plus fructueux sont effectivement survenus lors de journées nuageuses. La neige par contre ne constitue pas un très bon arrière-plan, contrairement à ce que suggéraient Wyatt *et al.* (1980) car, dès que le soleil se levait, les objets en surface devenaient rapidement très « chauds » lors de nos essais en janvier. Pour contrer ce problème, on pourrait penser à voler de nuit mais, encore là, ce n'est pas une solution parfaite car les expériences d'Haroldson *et al.* (2003), sur le cerf de Virginie, jugées peu fiables, ont précisément eu lieu de nuit. Quant au couvert, feuillu ou résineux, plusieurs auteurs ont souligné qu'il empêche de détecter les animaux par voie thermique, si bien que la technique n'est vraiment efficace qu'en milieu ouvert (Wiggers et Beckerman 1993; Reynolds *et al.* 1994; Garner *et al.* 1995; Mitchell 1999). Nous avons constaté ce phénomène à

plusieurs reprises sur nos images vidéo pour les animaux en mouvement en forêt, alors qu'un point devenait visible puis disparaissait complètement. Le faible rendement observé dans l'enclos Simonne, par opposition à celui de la Tour de Jupiter (taux de détection de 54 % vs 89 %) les 25 et 26 octobre 2001, est possiblement associé à un problème de couvert. Dominé par l'épinette blanche, la forêt résiduelle dans l'enclos Simonne est beaucoup plus dense que celle de l'enclos Tour de Jupiter.

L'inventaire aérien visuel n'est pas sans problèmes non plus: résultats souvent variables, travaux consommateurs de temps, conditions météorologiques spécifiques requises, coût élevé (Haroldson *et al.* 2003). Malgré tout, nous considérons que nos techniques traditionnelles d'inventaire visuel ont fait leur preuve, tant pour le cerf de Virginie que pour l'orignal. Pour le cerf notamment, la technique du double inventaire aérien a une large amplitude en terme de conditions météorologiques (Breton et Potvin 1997), puisqu'elle ne requiert pas un éclairage contrasté pour voir les pistes, et elle procure un taux de visibilité spécifique à chaque inventaire. Dans de bonnes conditions, Potvin et Breton (2004) ont estimé qu'en moyenne 75 % des cerfs présents étaient effectivement dénombrés. En fait, les conditions où la détection infrarouge thermique s'est avérée fonctionnelle, dans nos expérimentations, étaient plus strictes que pour l'inventaire visuel. Les survols fructueux ont été faits après de fortes pluies qui avaient refroidi l'arrière-plan et sous un couvert de nuages. Au surplus, même si l'infrarouge thermique s'avérait fonctionnel, il resterait d'autres problèmes à solutionner, dont la difficulté de distinguer les autres espèces animales (Wiggers et Beckerman 1993; Naugle *et al.* 1996). L'examen des images est aussi un travail fastidieux (Reynolds *et al.* 1994), quoique des solutions soient en développement (Laliberte et Ripple 2003). Le coût des équipements et la complexité technologique sont aussi des obstacles importants. Des problèmes de cette nature sont survenus lors de notre troisième série d'essais. Pour qu'une organisation responsable de la faune comme la nôtre puisse utiliser ce genre de technologie, elle devrait pouvoir compter sur une équipe spécialisée pour la prise en charge des travaux. C'est l'approche adoptée pour l'inventaire de l'orignal au New Hampshire, qui est réalisé avec l'infrarouge thermique par une firme externe (Bontaites *et al.* 2000).

Dans le contexte du Québec, nous concluons que la détection infrarouge thermique n'est pas une approche susceptible de remplacer l'inventaire visuel du cerf. D'après nos résultats, les conditions optimales pour le cerf se situeraient en automne, au moment où la canopée est la plus ouverte en raison de la chute des feuilles, et après une pluie continue sur plusieurs heures. Ces conditions ont pour effet d'uniformiser la température de l'arrière plan, y compris les points d'eau. La signature thermique des animaux est alors facilement détectable et la calibration précise des appareils est moins critique. Cependant, le problème d'indentification des espèces demeure entier. Ces conditions sont trop spécifiques et ne peuvent être retenues pour baser un programme d'inventaire.

Pour l'orignal, il pourrait par contre être avantageux d'utiliser la détection infrarouge thermique afin de faciliter le dénombrement des animaux dans les réseaux de pistes, tel que suggéré par D'Astous (1999). Notre expérience limitée sur l'orignal indique que cet animal semble plus facile à détecter que le cerf, possiblement en raison de sa plus grande taille et de sa moins bonne isolation. Ce travail ne nécessite pas un balayage systématique du territoire, lequel ne peut être réalisé que par un FLIR installé à bord d'un aéronef et fixé en mode grand angle. Pour trouver les orignaux, il pourrait être avantageux d'utiliser des détecteurs à main, beaucoup moins coûteux, et d'alterner entre les objectifs grand angle et zoom. Ce type de détecteur a été testé en hélicoptère (Havens et Sharp 1998) et au sol (Boonstra *et al.* 1994; Belant et Seamans 2000; Gill *et al.* 1997; Focardi *et al.* 2001). On les a même récemment employés pour détecter des nids d'oiseaux (Galligan *et al.* 2003). Pour des espèces de milieu ouvert comme le caribou toundrique (*Rangifer tarandus*), d'autres développements sont à venir du côté de l'imagerie multispectrale et de l'imagerie à grande résolution ( $\leq 1$  m), comme par exemple le satellite IKONOS (Laliberte et Ripple 2003).

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à souligner la contribution de Tony Miguel et Paul Desmeules, de la compagnie Hélicoptères Canadiens Limitée, qui nous ont permis de tester le FLIR. Nous remercions également les pilotes d'aéronefs et les mécaniciens de cette compagnie pour leur professionnalisme. Merci à Magella Roberge pour son support technique lors des premiers essais, à Jean-Guy Frenette, pour sa participation à l'expérimentation sur l'original, et à Aïssa Sebbane, pour avoir commenté le manuscrit. Les données nécessaires à la reconstruction des populations de cerfs dans les enclos ont été colligées par André Gingras, Gaétan Laprise, Danièle Morin, Chantal Raymond et Bruno Rochette, de nos bureaux de Sept-Îles et Port-Menier. Le financement de ce projet a été assuré par le ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs.

## LISTE DES RÉFÉRENCES

- BEAUPRÉ, P., C. BÉDARD, C. DUFOUR, A. GINGRAS, C. MALENFANT et F. POTVIN. 2004. Plan général d'aménagement intégré des ressources du milieu forestier de l'île d'Anticosti. Produits forestiers Anticosti inc., Québec.
- BELANT, J. L., et T. W. SEAMANS. 2000. Comparison of 3 devices to observe white-tailed deer at night. *Wildl. Soc. Bull.* 28:154-158.
- BONTAITES, K. M., K. A. GUSTAFSON et R. MAKIN. 2000. A Gasaway-type moose survey in New Hampshire using infrared thermal imagery: preliminary results. *Alces* 36:69-75.
- BOONSTRA, R., C. J. KREBS, S. BOUTIN et J. M. Eadie. 1994. Finding mammals using far-infrared thermal imaging. *J. Mammal.* 75:1063-1068.
- BRETON, L., et F. POTVIN. 1997. Normes d'inventaire aérien des populations de cerf de Virginie. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Rapport 3712-97-09. 44 p.
- CAUGHLEY, G. 1977. Sampling in aerial survey. *J. Wildl. Manage.* 41:605-615.
- CHABOT, A., et Y. PLOURDE. 2000. Inventaire aérien de l'orignal le long des routes 169 et 175 dans le secteur de la réserve faunique des Laurentides. Groupe-Conseil AGIR inc., Rapport présenté au Ministère des Transports du Québec. 22 p.
- COCHRAN, W. G. 1977. Sampling techniques. John Wiley & Sons, N.Y.
- D'ASTOUS, N. 1999. Essais techniques d'un équipement F.L.I.R. (*Forward Looking Infra-Red System*) dans le cadre de repérages aériens d'originaux sur le territoire de l'aménagement hydroélectrique Sainte-Marguerite-3. Hydro-Québec, ESTP Groupe Production, Hydraulique et Environnement. 9 p.
- DUNN, W. C., J. P. DONNELLY et W. S. KRAUSMANN. 2002. Using thermal infrared sensing to count elk in the southwestern United States. *Wildl. Soc. Bull.* 30:963-967.
- FOCARDI, S., A. M. DE MARINIS, M. RIZOTTO et A. PUCCI. 2001. Comparative evaluation of thermal infrared imaging and spotlighting to survey wildlife. *Wildl. Soc. Bull.* 29:133-139.
- GALLIGAN, E. W., G. S. BAKKEN et S. L. LIMA. 2003. Using a thermographic imager to find nests of grassland birds. *Wildl. Soc. Bull.* 31:865-869.
- GARNER, D. L., H. B. UNDERWOOD et W. F. PORTER. 1995. Use of modern infrared thermography for wildlife population surveys. *Environ. Manage.* 19:233-238.

- GILL, R. M. A., M. L. THOMAS et D. STOCKER. 1997. The use of portable thermal imaging for estimating deer population density in forest habitats. *J. Appl. Ecol.* 34:1273-1286.
- GRAVES, H. B., E. D. BELLIS et W. M. KNUTH. 1972. Censusing white-tailed deer by airborne thermal infrared imagery. *J. Wildl. Manage.* 36:875-884.
- GROUPE A.G.I.R. 1998. Inventaire aérien de la grande faune secteur de l'autoroute 40 et de la route 365. Ministère des Transports du Québec. 18 p.
- HAROLDSON, B. S., E. P. WIGGERS, J. BERINGER, L. P. HANSEN et J. B. McANINCH. 2003. Evaluation of aerial thermal imaging for detecting white-tailed deer in a deciduous forest environment. *Wildl. Soc. Bull.* 31:1188-1197.
- HAVENS, K. J., et E. J. SHARP. 1998. Using thermal imagery in the aerial survey of animals. *Wildl. Soc. Bull.* 26:17-23.
- LALIBERTE, A. S., et W. J. RIPPLE. 2003. Automated wildlife counts from remotely sensed imagery. *Wildl. Soc. Bull.* 31:362-371.
- MITCHELL, L. 1999. Dune Acres deer count infrared & GPS survey December 8th, 1998. Dune Acres Deer Committee, Rapport interne. 10 p.
- NAUGLE, D. E., J. A. JENKS et B. J. KERNOHAN. 1996. Use of thermal infrared sensing to estimate density of white-tailed deer. *Wildl. Soc. Bull.* 24:37-43.
- PARKER, H. D. JR., et R. S. DRISCOLL. 1972. An experiment in deer detection by thermal scanning. *J. Range Manage.* 25:480-481.
- POTVIN, F., et L. BRETON. 2004. Testing two aerial survey techniques on deer in fenced enclosures: visual double counts and thermal infrared sensing. *Wildl. Soc. Bull.* (sous presse).
- POTVIN, F., P. BEAUPRÉ et G. LAPRISE. 2003. The eradication of balsam fir stands by white-tailed deer on Anticosti Island, Québec: A 150-year process. *Écoscience* 10:487-495.
- REYNOLDS, P., C. DUCK, D. YOUNGSON et D. CLEM. 1994. An evaluation of airborne thermal imaging for the census of red deer (*Cervus elaphus*) populations in extensive open habitats in Scotland. Pages 162-168 in I. Thompson, éd. *Proceedings of the International Union of Game Biologists XXI congress.* Can. For. Serv., FO18-33.
- 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, Rapport 8080-03-05. 22 p. + annexes.
- VAN ETTEN, R. C., D. F. SWITZENBERG et L. EBERHARDT. 1965. Controlled deer hunting in a square-mile enclosure. *J. Wildl. Manage.* 29:59-73.

WIGGERS, E. P., et S. F. BECKERMAN. 1993. Use of thermal infrared sensing to survey white-tailed deer populations. *Wildl. Soc. Bull.* 21:263-268.

WYATT, C. L., M. TRIVEDI D. R. ANDERSON. 1980. Statistical evaluation of remotely sensed thermal data for deer census. *J. Wildl. Manage.* 44:397-402.