



# Évaluation de deux méthodes d'inventaire hivernal pour l'estimation des populations régionales de dindons sauvages au Québec



## ÉQUIPE DE RÉALISATION

---

Auteurs :

**Service de la gestion des espèces et des habitats terrestres :**  
Pierre Blanchette  
Claude Daigle

**Département de biologie, Université Laval :**  
Maxime Lavoie

---



Photo : P. Blanchette

BLANCHETTE, P., M. LAVOIE et C. DAIGLE (2016). *Évaluation de deux méthodes d'inventaire hivernal pour l'estimation des populations régionales de dindons sauvages au Québec*, Québec, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats et Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune, 40 p.

**Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2016**

**ISBN 978-2-550-76414-4 (Imprimé)**

**ISBN 978-2-550-76415-1 (PDF)**

**© Gouvernement du Québec, 2016**

## REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à mesdames Stéphanie Cholette et Sarah Sherman Quirion et à messieurs François Landry, Florent Lemieux, Simon Pelletier, Claude Sirois et Guillaume Tremblay pour leur implication dans les travaux de terrain et pour le soutien géomatique. Nous remercions également monsieur G. Daigle du Service de consultation statistique de l'Université Laval pour ses conseils en matière d'analyses statistiques. Enfin, nous remercions madame Annie Cauchon pour la révision du texte.

---

## RÉSUMÉ

Le but de la présente étude était de mesurer le taux de détection des groupes de dindons sauvages lors d'un inventaire routier hivernal en profitant de la disponibilité d'oiseaux munis d'un radio-émetteur. Des variables liées aux conditions d'inventaire (date, heure, température, observateurs) ont été mesurées pour déterminer si elles pouvaient influencer le taux de détection des groupes de dindons sauvages dans les conditions climatiques propres au Québec. Également, la technique basée sur l'échantillonnage par la distance a été testée pour juger de son applicabilité dans nos conditions hivernales et paysagères. Les résultats de l'inventaire routier ont été comparés à ceux qui ont été obtenus par un inventaire aérien effectué dans les mêmes secteurs, et ce, pour évaluer les avantages et les inconvénients de ces deux techniques. Les objectifs secondaires étaient de statuer sur l'applicabilité de ces deux techniques d'inventaire dans les conditions climatiques du Québec et de proposer un protocole normatif, le cas échéant.

Le projet a été réalisé dans trois secteurs des régions de l'Estrie et de la Montérégie qui présentaient une composition différente de leur paysage, entre le 14 janvier et 17 mars 2013. Trois observateurs ont parcouru en véhicule les trois tracés d'inventaire et ont noté la position des groupes de dindons sauvages détectés ainsi que le nombre d'individus qui les composaient et ont vérifié la présence d'un dindon sauvage muni d'un émetteur (taupe) dans le groupe. La probabilité de détection des groupes avec taupe a été modélisée à partir d'un modèle généralisé linéaire mixte à fonction binomiale avec comme variable aléatoire le numéro du groupe de dindons. Les effets des covariables suivantes : le secteur, l'observateur, la date (jour julien), la température au début de la virée, la variation quotidienne de la température (température à la fin de l'inventaire – température au début de l'inventaire) ainsi que l'interaction entre le secteur et le jour julien et celle entre le secteur et l'observateur ont été considérés dans le modèle. Également, une fonction de détection par secteur a été générée à l'aide du logiciel Distance version 5.0. Enfin, les résultats bruts obtenus en mars 2013 à partir de l'inventaire aérien ont été comparés à ceux de l'inventaire routier effectué durant la même période.

Les observateurs ont vu de cinq à neuf groupes de dindons sauvages en moyenne par passe. Les résultats du modèle de détection des groupes de dindons sauvages avec taupe incluant les covariables testées démontrent que l'interaction entre le secteur et l'observateur influençait significativement le taux de détection. La différence entre les observateurs est significative

seulement dans un des secteurs, un des observateurs ayant obtenu un taux de détection moins élevé que les deux autres. La probabilité de détection calculée à partir de ce modèle a varié de 0,17 à 0,30 selon les secteurs tandis que les densités ajustées des populations de dindons sauvages à partir des probabilités de détection ont varié de 1,2 à 7,2 dindons sauvages/km<sup>2</sup> selon le secteur. Les probabilités de détection déterminées à partir de l'approche par la distance ont été plus élevées que celles qui ont été mesurées à partir des groupes avec taupe, variant de 0,34 à 0,55. Les taux de rencontre moyens des groupes de dindons sauvages ont varié de 4 à 7 groupes/100 km de route. Les résultats obtenus à partir de l'inventaire aérien démontrent que le nombre moyen de groupes vus par les observateurs a été comparable à celui qui a été mesuré à partir de l'inventaire routier, mais que le nombre moyen de dindons par groupe a été deux fois moins élevé, les dindons sauvages fuyant lors de l'approche de l'aéronef, et ce, avant que les observateurs puissent les dénombrer. Ce biais et le fait que la méthode d'inventaire aérienne requiert plus de ressources financières favorisent l'approche par l'inventaire routier pour évaluer adéquatement la densité des populations de dindons sauvages. Un protocole d'inventaire basé sur l'approche par la distance est proposé à la fin du document.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>V</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>V</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>SECTEURS A L'ETUDE</b> .....	<b>3</b>
<b>METHODES</b> .....	<b>5</b>
Suivi télémétrique .....	5
Inventaire aérien .....	7
Analyses statistiques .....	7
<b>RESULTATS</b> .....	<b>10</b>
Inventaire routier.....	10
Inventaire aérien .....	15
Évaluation des coûts.....	16
<b>DISCUSSION</b> .....	<b>19</b>
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>22</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>23</b>
<b>ANNEXE 1 CARTES DES TRACÉS UTILISÉS POUR L'INVENTAIRE ROUTIER À L'HIVER 2013 ET DE LA ZONE TAMPON CORRESPONDANT À DEUX FOIS LA DISTANCE MAXIMALE DE DÉTECTION PAR SECTEURS</b> .....	<b>24</b>
<b>ANNEXE 2 CARTES DES VIRÉES DE VOL PAR SECTEURS EFFECTUÉES LORS DE L'INVENTAIRE AÉRIEN DES GROUPES DE DINDONS SAUVAGES EN MARS 2013</b> .....	<b>28</b>
<b>ANNEXE 3 RELATIONS ENTRE LA PROBABILITÉ DE DÉTECTION DES GROUPES DE DINDONS SAUVAGES AVEC TAUPE EN FONCTION DU JOUR JULIEN (A), DE LA TEMPÉRATURE AU DÉBUT DE LA JOURNÉE (B) ET DE LA VARIATION DE LA TEMPÉRATURE AU COURS DE LA JOURNÉE (C)</b> .....	<b>32</b>
<b>ANNEXE 4 FONCTIONS DE DÉTECTION DES GROUPES DE DINDONS SAUVAGES PAR LA DISTANCE PAR SECTEURS</b> .....	<b>34</b>
<b>ANNEXE 5 PROTOCOLE D'INVENTAIRE ROUTIER HIVERNAL À L'AIDE DE LA TECHNIQUE BASÉE SUR L'ÉCHANTILLONNAGE PAR LA DISTANCE</b> .....	<b>36</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Description des virées d'inventaire des groupes de dindons sauvages à l'hiver 2013 .....	4
Tableau 2.	Description des variables mesurées lors de l'inventaire des groupes de dindons sauvages à l'hiver 2013.....	6
Tableau 3.	Résultats bruts de l'inventaire routier hivernal des groupes de dindons sauvages à l'hiver 2013 .....	10
Tableau 4.	Résultats des tests du type III des effets fixes sur le taux de détection des groupes de dindons sauvages avec taupe. Les valeurs en gras sont significatives. ....	11
Tableau 5.	Probabilité de détection des groupes de dindons sauvages avec taupe et densité ajustée des groupes et des populations de dindons sauvages par secteurs étudiés à partir de l'inventaire routier à l'hiver 2013.....	13
Tableau 7.	Probabilité de détection, taux de rencontre et demi-largeur effective de l'aire échantillonnée déterminés à partir de l'approche basée sur la distance par secteurs (données tronquées à 95 % du percentile des distances mesurées) .....	16
Tableau 8.	Résultats bruts de l'inventaire hivernal aérien des groupes de dindons sauvages en mars 2013.....	17
Tableau 9.	Comparaison des résultats bruts entre l'inventaire aérien et l'inventaire routier en mars 2013.....	17
Tableau 10.	Comparaison des coûts en ressources financières et humaines des inventaires aérien et routier.....	18

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Secteurs à l'étude et tracés utilisés durant l'inventaire des groupes de dindons sauvages à l'hiver 2013.....	4
Figure 2.	Moyenne des moindres carrés du taux de détection des groupes de dindons sauvages avec taupe par observateurs et par secteurs. Les barres indiquent les intervalles de confiance à 95 %. L'étoile indique une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les observateurs pour le secteur considéré. ....	12
Figure 3.	Taux naïf de détection des groupes de dindons sauvages avec taupe en fonction de la taille maximale des groupes observée à l'hiver 2013 .....	13

Figure 4.	Proportion de l'ensemble des groupes de dindons sauvages détectés en fonction du nombre d'heures après le lever du soleil à l'hiver 2013.....	14
Figure 5.	Proportion de l'ensemble des groupes de dindons sauvages observés selon le type d'habitat à l'hiver 2013.....	14
Figure 6.	Coefficient de variation de la densité moyenne de groupes de dindons sauvages ajustée en fonction du taux de détection mesuré à partir d'une procédure par rééchantillonnage (du type jackknife, 1 000 répétitions par nombre de passes) .....	15

## INTRODUCTION

La gestion du grand gibier nécessite de mesurer régulièrement l'abondance des populations pour ajuster les mesures en vue d'assurer une exploitation durable de la ressource. L'abondance des individus peut être mesurée de façon absolue, c'est-à-dire le nombre total d'individus dans une population, mais cette approche requiert des ressources financières et humaines importantes et n'est pas vraiment utile à des fins de gestion. En effet, la gestion requiert le suivi de l'abondance relative d'une population régionale (par exemple le nombre d'individus/km<sup>2</sup>) ou peut également se contenter d'un indice relatif de l'abondance pour comparer des populations entre elles ou suivre les tendances d'une population en fonction des années (par exemple nombre de pistes/km ou nombre de captures/unité d'effort; Caughley, 1977). L'abondance relative des populations doit être inférée à partir d'échantillonnages. Le choix de la méthode est important si l'on veut obtenir une estimation juste de l'abondance des populations. La méthode utilisée pour estimer la taille des populations animales varie en fonction du comportement de l'espèce, des caractéristiques bioclimatiques du territoire, de la précision désirée et des ressources disponibles. Au moment de dénombrer les individus, un problème se pose fréquemment : certains animaux présents ne sont pas détectés, ce qui entraîne un biais dans l'estimation de la taille de la population. Ce problème est d'autant plus important que ce biais de la détection est souvent causé par diverses sources (comportement de l'animal, habileté de l'expérimentateur, type d'habitat, date, etc.) et induit une variation additionnelle qui n'est pas liée à la précision de cette estimation (Royle et Dorazio, 2008).

La technique basée sur l'échantillonnage par la distance (*line-transect-based distance*; Buckland et collab., 2001) a été proposée pour estimer la densité des populations de dindons sauvages à partir d'un inventaire routier (Butler et collab., 2007). Cette technique estime la probabilité de détection à partir de la distance de l'objet à la virée d'inventaire. Un élément fondamental de cette méthode est le choix de la fonction de détection, laquelle décrit la probabilité de détection comme une fonction de la distance du point d'observation par rapport à l'objet observé (Royle et Dorazio, 2008). Cependant, cette approche requiert un effort d'échantillonnage relativement important si le taux de rencontre avec le sujet étudié est faible. En effet, pour ajuster une fonction de détection, il est nécessaire de faire minimalement de 60 à 80 observations (Buckland et collab., 2001). De plus, cette approche a pour condition d'application que la détection doit être parfaite sur la virée d'inventaire (distance = 0 m). Or, il a été démontré que pour certaines espèces, cette condition ne peut être satisfaite en raison du comportement d'évitement de l'espèce face à la

virée si celle-ci est, par exemple, une route (Thomas et collab., 2010a). Dans le cas précis du dindon sauvage, ce problème ne semble pas exister puisque Erxleben et collab. (2011) ont démontré que les groupes de dindons sauvages se distribuent aléatoirement le long des routes en hiver. Par ailleurs, l'objet observé ne doit pas bouger ou, du moins, il ne doit pas s'enfuir rapidement lorsque l'observateur approche. En effet, si l'animal s'enfuit avant sa détection, cela pose un problème, car la méthode suppose une indépendance de la position de l'animal et de la ligne ou du point d'inventaire. Enfin, les mesures de distance doivent être exactes. Les erreurs engendrées par des mesures imprécises entraînent des biais importants, particulièrement dans une approche par point d'inventaire (Buckland et collab., 2001).

L'utilisation d'appelants est une technique pouvant servir à mesurer la précision et l'efficacité à détecter les animaux ou des groupes d'animaux (Rivera-Milan et collab. 2004; Butler et collab., 2007; Strobel et Buttler, 2014). Cette approche permet aussi de mesurer l'effet de variables liées aux conditions d'observation comme l'ensoleillement, la taille des groupes, l'expérience des observateurs ou encore la distance des groupes à la virée. Cependant, elle ne permet pas de mesurer les effets de variables liées au comportement de l'animal, car les appelants sont statiques une fois qu'ils sont distribués dans le paysage. Or, plusieurs facteurs propres au comportement de l'espèce étudiée peuvent influencer le taux de détection par les observateurs. Ainsi, si les animaux sont plus actifs à une certaine période de la journée, ils auront plus de chance d'être détectés par les observateurs. De même, si le tracé est effectué à partir d'une route, le comportement de l'animal peut varier selon qu'il est attiré par cette route (par exemple pour manger du gravier) ou qu'il l'évite. Également, la température peut influencer l'activité de l'animal et donc, la probabilité de le détecter. Enfin, les animaux peuvent se trouver temporairement hors de la zone d'inventaire et ne pas être disponibles au moment du passage des observateurs.

L'utilisation d'animaux marqués par télémétrie permet de mesurer le taux de détection et les effets de variables liées à la fois aux observateurs et aux animaux eux-mêmes. Ces animaux marqués (taupes), lorsqu'ils sont localisés, permettent de vérifier s'ils sont disponibles dans l'aire échantillonnée durant l'inventaire et s'ils ont été détectés par les observateurs. Ainsi, par une stratégie d'échantillonnage adéquate (entre autres en s'assurant de la répétition des mesures ainsi que de l'indépendance entre les observateurs et ceux qui effectuent les repérages télémétriques), on peut évaluer le taux de détection des animaux et les effets de variables liées aux conditions d'expérience.

Dans le cadre d'une étude plus générale sur l'écologie du dindon sauvage au Québec, des inventaires routiers hivernaux ont été réalisés pour mesurer le taux de détection des groupes de dindons sauvages et les effets de variables liées à la fois aux conditions d'inventaire et au comportement de cette espèce. Des variables liées aux conditions d'inventaire (date, heure, température, observateurs, etc.) ont été mesurées pour déterminer si elles pouvaient influencer le taux de détection des groupes de dindons sauvages dans les conditions climatiques propres au Québec. Également, la technique basée sur l'échantillonnage par la distance a été testée pour juger de son applicabilité dans les conditions du Québec. Enfin, les résultats issus de l'inventaire routier ont été comparés à ceux qui ont été obtenus par un inventaire aérien effectué dans les mêmes secteurs, et ce, pour évaluer les avantages et les inconvénients de ces deux techniques. Les objectifs secondaires étaient de statuer sur l'applicabilité de ces deux techniques d'inventaire dans les conditions climatiques du Québec et de proposer un protocole normatif, le cas échéant.

## **SECTEURS A L'ETUDE**

La présente étude a été réalisée dans trois secteurs du sud du Québec, dans les régions de l'Estrie et de la Montérégie. Le premier secteur (Asbestos) est localisé dans la zone de chasse 6, le deuxième (Dunham) dans la zone de chasse 5 et le troisième (Huntingdon) dans la zone de chasse 8 (figure 1). Le milieu forestier domine dans les deux premiers secteurs alors que le milieu agricole domine dans le secteur d'Huntingdon (tableau 1).

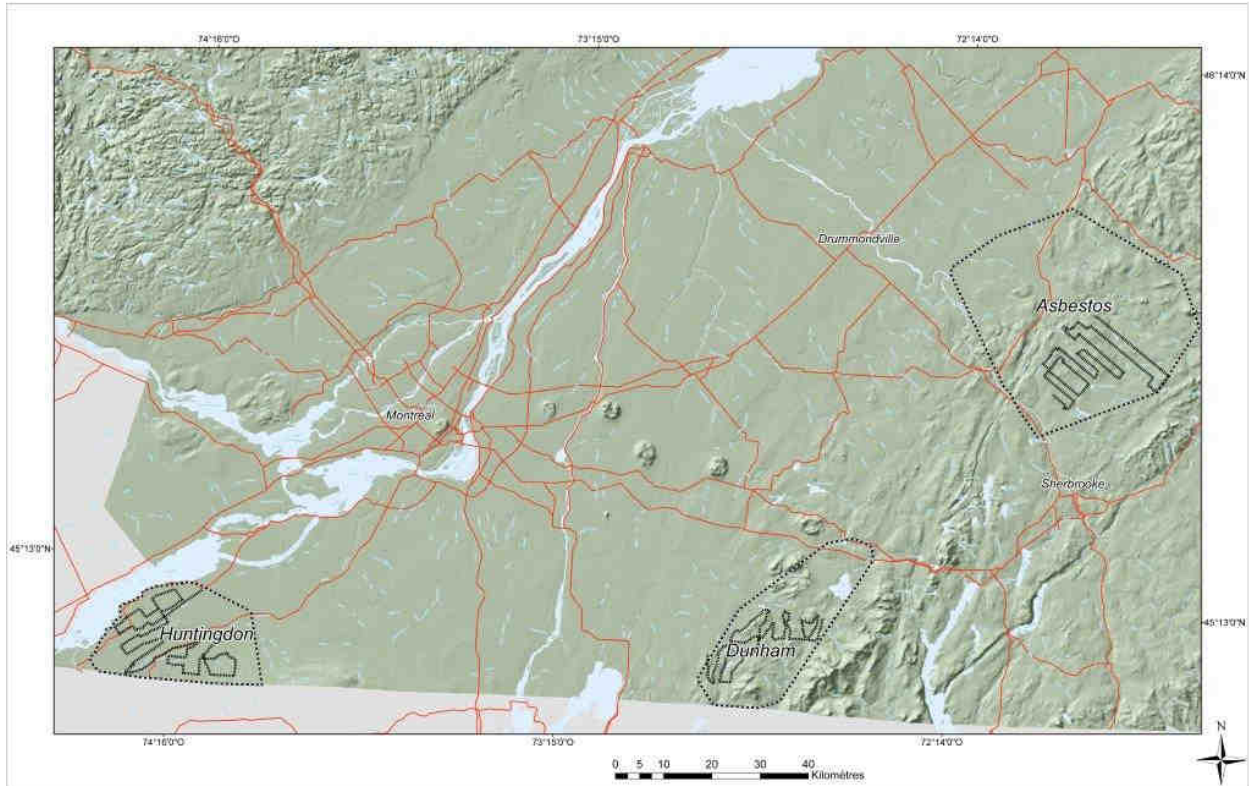


Figure 1. Secteurs à l'étude et tracés utilisés durant l'inventaire des groupes de dindons sauvages à l'hiver 2013

Tableau 1. Description des virées d'inventaire des groupes de dindons sauvages à l'hiver 2013

Secteur (zone de chasse)	Longueur (km)	Pourcentage de forêt dans le secteur	Pourcentage d'agriculture dans le secteur	Nombre de groupes avec taupe disponibles	Nombre de passes effectuées
Asbestos (6)	145,9	62,4	33,2	8	10
Dunham (5)	116,1	67,7	22,1	7	8
Huntingdon (8)	153,1	42,1	54,9	6	8

## METHODES

### Suivi télémétrique

Dans les trois secteurs, des dindons sauvages femelles ont été capturés en hiver en 2011 et 2012 (Lavoie et autres, 2014). Dans le secteur d'Asbestos, ils ont été équipés d'un radio-émetteur VHF ou GPS alors que dans les deux autres secteurs, seuls des radio-émetteurs VHF ont été utilisés. Un programme de suivi télémétrique hebdomadaire des individus équipés d'un émetteur VHF (Advance Telemetry Systems, Isanty, Minnesota, États-Unis; Sirtrack, Havelock North, Nouvelle-Zélande) ou GPS/Argos (Microwave Telemetry inc., Columbia, Maryland, États-Unis) a été réalisé tout au long de l'étude, c'est-à-dire jusqu'à l'été 2013. Ainsi, chaque semaine durant l'hiver, un observateur devait localiser les dindons sauvages munis d'un émetteur VHF par triangulation. La position exacte de chaque individu triangulé a été déterminée à l'aide du logiciel Loas (version 4.0, Ecological Software Solutions™). Pour les individus munis d'un émetteur GPS, cinq localisations quotidiennes étaient obtenues par transmission satellitaire Argos.

Dans chacun des secteurs, un tracé a été déterminé à partir des routes accessibles en hiver en excluant les autoroutes. Le tracé a été établi de manière à ce qu'il traverse le plus d'endroits occupés par les dindons sauvages munis d'un émetteur (ci-après appelé « taupe ») pour obtenir la taille d'observation maximale de groupes avec une taupe à des fins d'analyse statistique. Pour chaque tracé, trois points de départ possibles ont été établis, soit à chacun des bouts et au centre du tracé. Les tracés ont été numérisés et téléchargés sur un ordinateur robuste de terrain (PS236 de Getac ou SXPAD de Geneq) muni d'ArcPad (10.0) sur un fond de cartes écoforestières et topographiques (annexe 1).

L'inventaire routier des groupes de dindons sauvages s'est déroulé du 14 janvier au 17 mars 2013 et a été effectué par trois observateurs différents. L'attribution d'un secteur à un observateur s'est faite au hasard la première semaine et, par la suite, les observateurs ont changé de secteur d'une semaine à l'autre. L'inventaire s'effectuait au plus tôt une demi-heure après le lever du soleil jusqu'au plus tard au coucher du soleil, sans égard à la température extérieure et à l'ensoleillement, en l'absence de précipitations ou de brouillard, alors que les vents étaient inférieurs à 21 km/h. Le point de départ et le sens du parcours étaient déterminés de façon aléatoire. L'inventaire s'effectuait à la vitesse maximale de 30 km/heure dans une camionnette (*pick-up*).

Lorsque l'observateur voyait un groupe de dindons sauvages, il notait sa position (centre du groupe) sur l'ordinateur robuste de terrain en se repérant à partir des éléments du paysage (boisés, routes, bâtiments, etc.). Il notait également le nombre maximal d'animaux composant le groupe et les variables suivantes : secteur, observateur, date, heure, température au début et à la fin de la journée, ensoleillement et type d'habitat (voir tableau 2). Enfin, l'observateur vérifiait si une taupe était présente dans le groupe à l'aide d'un récepteur et d'une antenne Yagi directionnelle. Une observation durait de 5 à 10 minutes. Durant la période de l'inventaire routier, un suivi télémétrique indépendant a été réalisé moins de 48 heures avant ou après le passage des observateurs dans la majorité des cas (92 %). Ce suivi permettait de déterminer chaque semaine la position des groupes de dindons avec taupe.

Tableau 2. Description des variables mesurées lors de l'inventaire des groupes de dindons sauvages à l'hiver 2013

<b>Variable mesurée</b>	<b>Description</b>
Secteur	Asbestos, Dunham, Huntingdon
Observateur	A, B et C
Date	Jour julien
Heure	Nombre d'heures après le lever du soleil
Taille	Nombre de dindons sauvages dénombrés par groupe
Présence d'une taupe	0 = absente, 1 = présente
Température	Degré Celsius
Ensoleillement	Pourcentage de ciel dégagé
Type d'habitat	Forêt
	Champ de maïs
	Champ de soya
	Pâturage
	Champ indéterminé
	Milieu anthropique
	Route

## **Inventaire aérien**

Des survols en aéronef (Cessna, modèle 172) ont été effectués entre le 6 et le 26 mars 2013 pour comparer le nombre de groupes de dindons sauvages détectés par inventaire aérien et par inventaire routier, et pour mesurer les ressources nécessaires à la réalisation de ce type d'inventaire. Les vols étaient effectués au cours de journées sans précipitation par deux observateurs, l'un assis à côté du pilote et l'autre en arrière, du même côté que le pilote. Des virées de vol parallèles et équidistantes de 1 km couvrant la totalité des secteurs à l'étude ont été numérisées et transférées sur des ordinateurs robustes de terrain munis d'ArcPad sur un fond de cartes écoforestières et topographiques (annexe 2). L'avion devait survoler les virées à basse altitude (environ 450 m) à une vitesse constante d'environ 148 km/h. Le pilote disposait d'une carte papier et d'un GPS avec les azimuts à suivre afin de s'orienter. Lorsqu'un des observateurs voyait un groupe de dindons, il notait sa position sur l'ordinateur ainsi que le nombre d'oiseaux vus. Cependant, la vitesse élevée à laquelle l'avion volait et le comportement de fuite des dindons sauvages à l'approche de l'appareil remettent en cause la fiabilité des positionnements des groupes sur la carte. En conséquence, nous n'allons comparer que les résultats bruts de l'inventaire aérien avec ceux de l'inventaire routier réalisé au mois de mars seulement.

## **Analyses statistiques**

Le suivi télémétrique a servi à déterminer si un groupe de dindons avec taupe était disponible ou non pour l'inventaire routier. On a considéré que le groupe était disponible s'il était présent dans la zone inventoriée de chaque secteur. Celle-ci correspond à la zone de chaque côté de la route d'inventaire d'une largeur qui équivaut à la distance maximale des observations mesurées pour le secteur. Ainsi, on obtient une variable binomiale correspondant à la détection ou non du groupe avec taupe disponible au moment de l'inventaire. La probabilité de détection des groupes avec taupe a été modélisée à partir d'un modèle généralisé linéaire mixte (procédure GLIMMIX de SAS, version 9.3; SAS Institute inc., Cary, Caroline du Nord, États-Unis) à l'aide de la fonction binomiale avec pour variable aléatoire le numéro du groupe de dindons. Les effets des covariables suivantes : le secteur, l'observateur, la date (jour julien), la température au début de la virée, la variation quotidienne de la température (température à la fin de l'inventaire – température au début de l'inventaire) ainsi que l'interaction entre le secteur et le jour julien et celle entre le secteur et l'observateur ont été considérés dans le modèle.

La technique basée sur l'échantillonnage par la distance avec le logiciel Distance, version 5.0 (Thomas et collab., 2010 b) a été utilisée pour modéliser la probabilité de détection des groupes de dindons sauvages en fonction de leur distance par rapport à la route d'inventaire. Comme il n'y avait pas suffisamment de groupes détectés dans chacune des passes pour la modélisation, toutes les passes par secteur ont été combinées. Ainsi, le taux de détection, le taux de rencontre et la distance effective de détection ont été calculés à partir des observations de toutes les passes combinées pour chaque secteur. La distance effective de détection est la distance de la route à partir de laquelle la probabilité de détecter un groupe de dindons sauvages au-delà de cette distance égale celle de ne pas détecter un groupe en deçà de cette distance. Elle est habituellement utilisée pour estimer la densité des groupes – aire effective = longueur de la route x (2 x largeur effective). Les données ont été tronquées : les détections qui étaient supérieures à 95 % du percentile des distances n'ont pas été prises en considération, et ce, pour éviter la surdispersion (Buckland et collab., 2001). Nous avons choisi l'estimateur sur la base du critère AIC (le plus faible). Cet estimateur est une fonction d'ajustement de base proposée par le logiciel (uniforme, polynomiale négative, demi-normale ou taux de risque) et d'une « série d'expansion » (cosinus ou polynomiale) qui permet un meilleur ajustement des données à la fonction d'ajustement de base (Buckland et collab., 2001). Dans le cadre de la présente étude, cette approche ne permet pas d'estimer la densité des groupes de dindons sauvages, car un même groupe a été vu plusieurs fois au cours de l'hiver, ce qui constitue de la pseudo-réplication. Par contre, elle a été utilisée pour vérifier si l'on pouvait ajuster une fonction de probabilité de détection des groupes de dindons sauvages par la distance et estimer sa variabilité entre les secteurs dans des conditions semblables à celles qui pourraient prévaloir dans le cadre d'un inventaire formel.

#### Calcul de la densité des groupes de dindons sauvages et des populations des secteurs étudiés

L'estimation de la densité des groupes de dindons sauvages a été calculée à partir du taux de détection des groupes avec taupe. Un taux de détection a été calculé par secteur à l'aide de la procédure GLIMMIX de SAS en incorporant seulement le secteur comme paramètre du modèle. Le nombre moyen de groupes de dindons sauvages observés par secteur et le nombre moyen de dindons sauvages par groupe par secteur ont permis de calculer une densité de dindons sauvages dans les secteurs inventoriés.

Ainsi :

$$\text{Densité des groupes}/10 \text{ km}^2 \text{ (DG)} = ([\text{NMG}/\text{P}]/2\text{L} * \text{long}) * 10$$

et

$$\text{Densité de dindons sauvages}/\text{km}^2 \text{ (N)} = \text{DG}/10\text{km}^2 * \text{NMD}/10$$

Où :

P = probabilité de détection obtenue des groupes de dindons sauvages avec taupe par secteur;

NMG = nombre moyen de groupes vus dans une passe par secteur;

L = distance maximale de détection des groupes de dindons sauvages du parcours par secteur;

Long = longueur totale du parcours par secteur;

NMD = nombre moyen de dindons sauvages par groupe par secteur.

L'erreur-type sur la densité des groupes de dindons sauvages/km<sup>2</sup> (DG) est obtenue par l'équation suivante :

$$V_{(DG)} = [P^2 \times V_{(NMG)}] + [NMG^2 \times V_{(P)}] + [V_{(P)} \times V_{(NMG)}];$$

$$ET_{(DG)} = \sqrt{V_{(DG)}} / \text{surface de l'aire échantillonnée en km}^2;$$

Où :

ET<sub>(DG)</sub> = erreur-type de DG;

V<sub>(NMG)</sub> = (erreur-type de MNG)<sup>2</sup>;

V<sub>(P)</sub> = (erreur-type de P)<sup>2</sup>.

L'erreur-type sur la densité de dindons sauvages/km<sup>2</sup> (N) est obtenue par l'équation suivante :

$$V_{(N)} = [NMD^2 \times V_{(DG)}] + [DG^2 \times V_{(NMD)}] + [V_{(NMD)} \times V_{(DG)}];$$

$$ET_{(N)} = \sqrt{V_{(N)}} / 10;$$

Où :

ET<sub>(N)</sub> = erreur-type de N;

V<sub>(NMD)</sub> = (erreur-type de MND)<sup>2</sup>;

V<sub>(DG)</sub> = (erreur-type de DG)<sup>2</sup>.

Les superficies des lacs et des zones urbaines ont été soustraites de l'aire échantillonnée.

Afin de déterminer le nombre de passes nécessaires pour obtenir une estimation avec un coefficient de variation minimal, nous avons utilisé une approche du type *jackknife*, qui consiste à échantillonner 1 000 fois au hasard parmi les résultats obtenus, et ce, pour 2 à 10 passes.

Enfin, les ressources humaines et financières utilisées ont été compilées pour estimer les coûts liés aux deux techniques d'inventaire (routier et aérien). Les frais de séjour (hébergement) des observateurs n'ont pas été pris en compte, car l'on considère que si cette méthode est utilisée à l'avenir, elle sera réalisée par du personnel déjà sur place.

## RESULTATS

### Inventaire routier

Les observateurs ont vu de cinq à neuf groupes de dindons sauvages en moyenne par passe (tableau 3). Le taux de détection naïf (c'est-à-dire calculé à partir des résultats bruts) varie selon le secteur; il est plus élevé dans le secteur d'Asbestos et moins élevé dans le secteur de Dunham. La même tendance est observée pour la distance maximale et moyenne de détection (tableau 3).

Tableau 3. Résultats bruts de l'inventaire routier hivernal des groupes de dindons sauvages à l'hiver 2013

Secteur (zone de chasse)	Nombre moyen de groupes vus par passe (erreur- type)	Nombre moyen de dindons vus par passe (erreur-type)	Nombre moyen de dindons par groupe (erreur- type)	Taux de détection naïf des groupes avec taupe (en %)	Distance maximale de détection (en m)	Distance moyenne de détection (en m)
Asbestos (6)	9,3 (0,9)	173,4 (31,5)	18,6 (8,6)	33	1 593	380
Dunham (5)	5,7 (0,9)	83,4 (17,7)	18,1 (7,1)	19	392	130
Huntingdon (8)	6,0 (1,4)	73,0 (26,8)	15,2 (4,5)	21	1 214	361

Les résultats du modèle de détection des groupes de dindons sauvages avec taupe incluant les covariables testées sont présentés au tableau 4. L'observateur ainsi que l'interaction entre le secteur et l'observateur ont significativement influencé le taux de détection. La différence entre les observateurs est significative seulement dans le secteur d'Asbestos, l'observateur C ayant obtenu un taux de détection moins élevé que les deux autres (figure 2). À titre informatif, les relations entre la probabilité de détection des groupes de dindons sauvages avec taupe et le jour julien, la température au début de la journée et la variation de la température au cours de la journée sont présentées à l'annexe 3.

La taille maximale observée des groupes de dindons sauvages avec taupe, qui est indicatrice de leur taille réelle, n'est pas corrélée avec le taux de détection naïf (figure 3). Également, il ne semble pas y avoir de relation entre l'heure de la journée et le nombre de groupes de dindons sauvages observés (test du Chi carré entre les fréquences observées et attendues  $P > 0,05$ ; figure 4).

Tableau 4. Résultats des tests du type III des effets fixes sur le taux de détection des groupes de dindons sauvages avec taupe. Les valeurs en gras sont significatives.

Effet	DDL Num.	DDL Res.	Valeur F	Pr > F
Secteur	2	25	1,40	0,2657
Jour julien	1	130	0,31	0,5806
Température au début	1	130	0,62	0,4310
Variation de la température	1	130	0,21	0,6454
Observateur	2	130	3,07	<b>0,0500</b>
Jour julien * secteur	2	130	2,21	0,1143
Secteur * observateur	4	130	3,20	<b>0,0154</b>

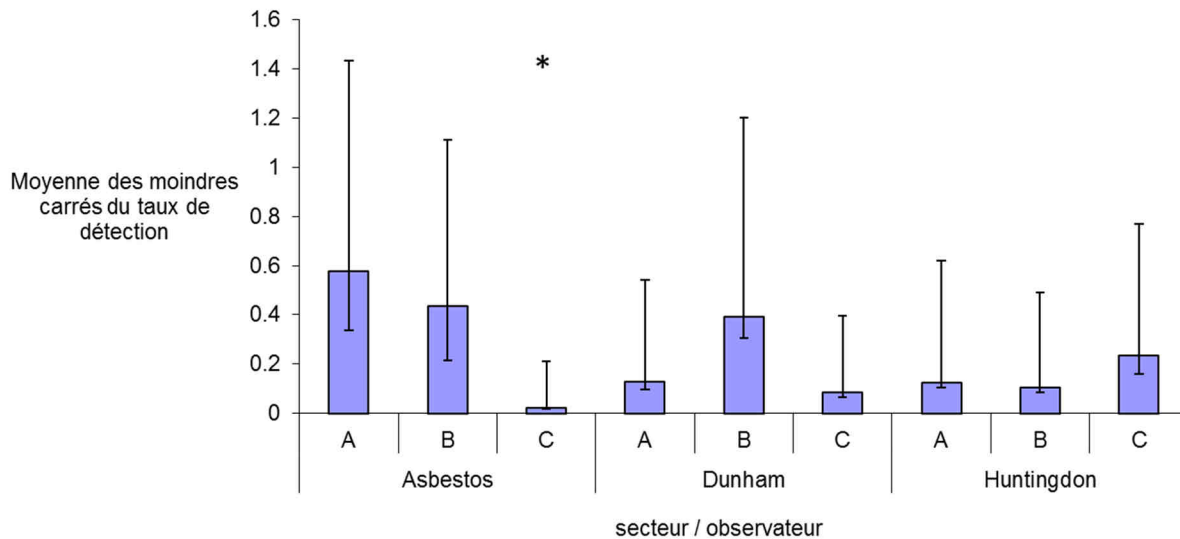


Figure 2. Moyenne des moindres carrés du taux de détection des groupes de dindons sauvages avec taupe par observateurs et par secteurs. Les barres indiquent les intervalles de confiance à 95 %. L'étoile indique une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les observateurs pour le secteur considéré.

Enfin, près de 50 % des groupes de dindons sauvages ont été observés dans des champs de maïs (figure 5).

La probabilité de détection par secteur calculée à partir des groupes de dindons sauvages avec taupe est présentée au tableau 5. Elle est la plus faible dans le secteur de Dunham et la plus élevée dans le secteur d'Asbestos. La densité estimée des groupes de dindons sauvages ajustée à partir du taux de détection moyen et du nombre moyen de groupes de dindons sauvages vus par passe et par secteur est présentée au tableau 5. La densité des groupes dans le secteur de Dunham est beaucoup plus élevée que dans les deux autres secteurs et est consécutive au taux de détection et à la superficie qui sont plus faibles. La densité de la population du secteur de Dunham est la plus élevée des trois secteurs étudiés (tableau 5).

À partir de l'échantillonnage des résultats obtenus, la variabilité de l'estimation de la densité des groupes ajustée en fonction du taux de détection diminue rapidement selon le nombre de passes effectuées pour atteindre un plateau à partir d'environ six visites (figure 6).

Tableau 5. Probabilité de détection des groupes de dindons sauvages avec taupe et densité ajustée des groupes et des populations de dindons sauvages par secteurs étudiés à partir de l'inventaire routier à l'hiver 2013

Secteur (superficie inventoriée, en km <sup>2</sup> )	Probabilité de détection		Densité ajustée			
			Groupe de dindons sauvages (n <sup>bre</sup> /10 km <sup>2</sup> )		Population de dindons sauvages (n <sup>bre</sup> /km <sup>2</sup> )	
	P	Erreur- type	D	Erreur- type	D	Erreur- type
Asbestos (453)	0,3029	0,0699	0,7	0,07	1,3	0,14
Dunham (85)	0,1681	0,0583	4,0	0,04	7,2	2,80
Huntingdon (363)	0,2033	0,0704	0,8	0,01	1,2	0,18

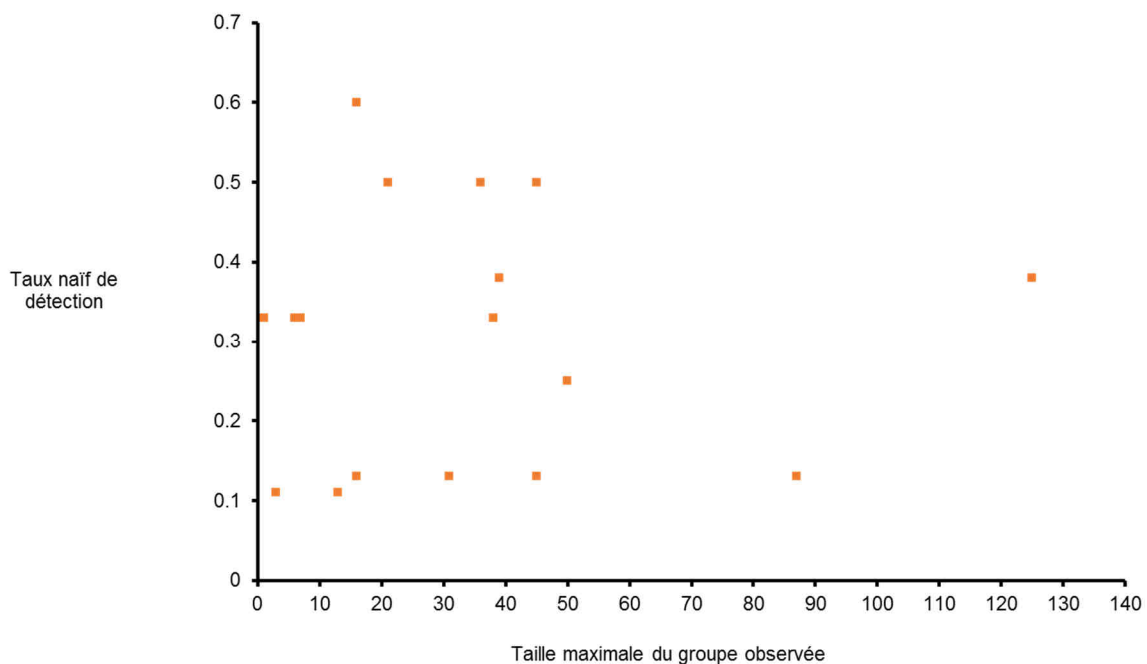


Figure 3. Taux naïf de détection des groupes de dindons sauvages avec taupe en fonction de la taille maximale des groupes observée à l'hiver 2013

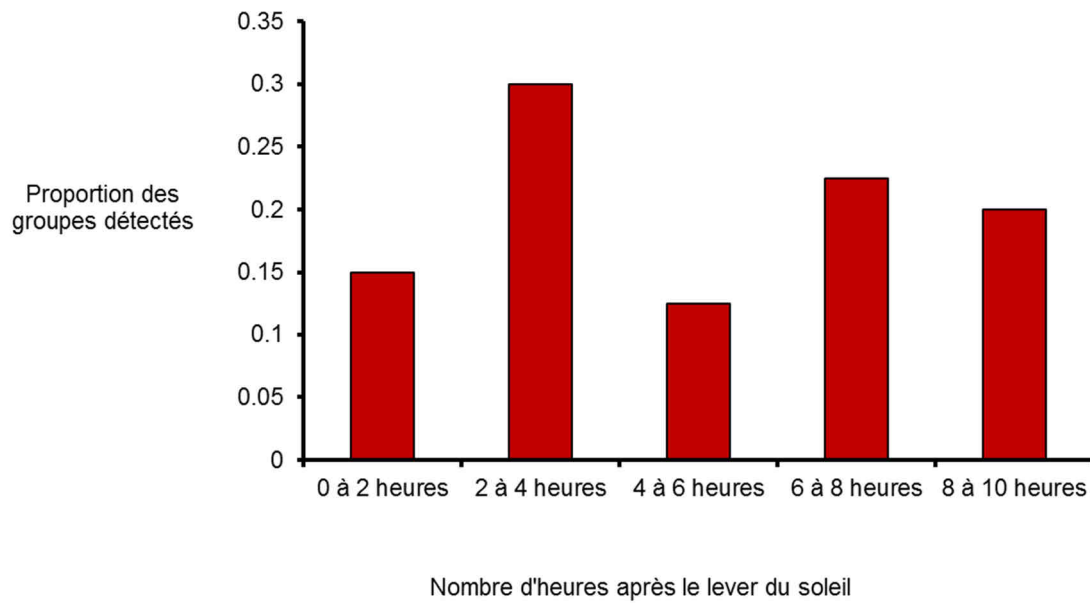


Figure 4. Proportion de l'ensemble des groupes de dindons sauvages détectés en fonction du nombre d'heures après le lever du soleil à l'hiver 2013

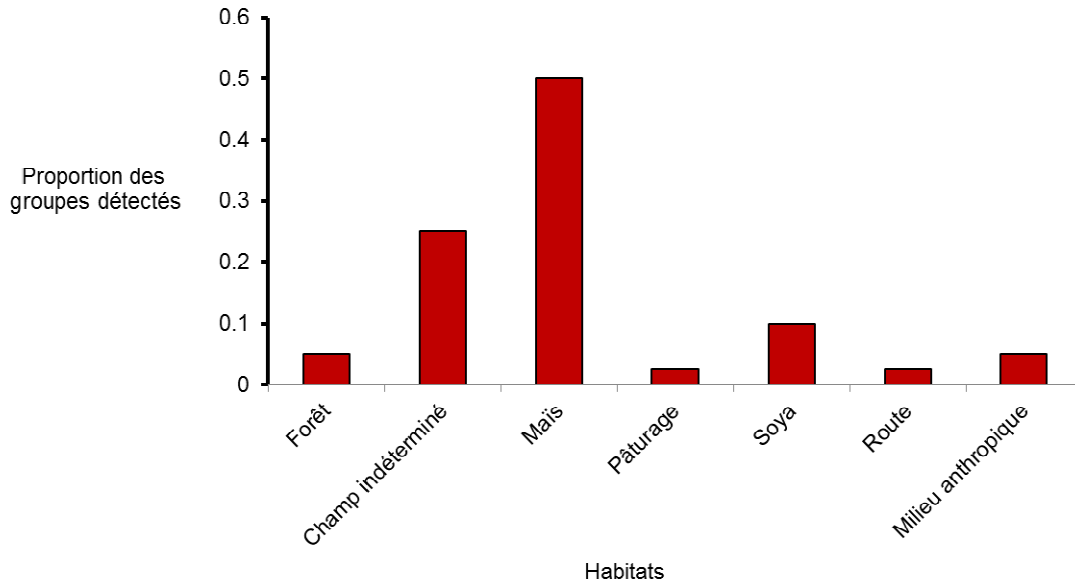


Figure 5. Proportion de l'ensemble des groupes de dindons sauvages observés selon le type d'habitat à l'hiver 2013

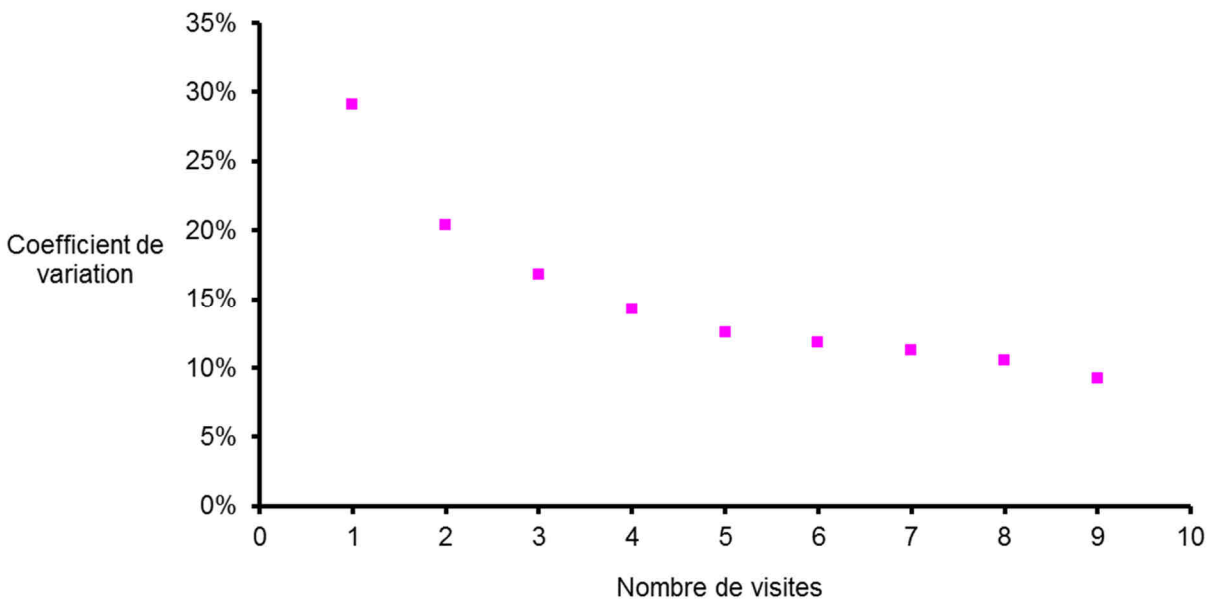


Figure 6. Coefficient de variation de la densité moyenne de groupes de dindons sauvages ajustée en fonction du taux de détection mesuré à partir d'une procédure par rééchantillonnage (du type jackknife, 1 000 répétitions par nombre de passes)

La probabilité de détection déterminée à partir de la distance est plus élevée que celle qui est mesurée à partir des groupes avec taupe (tableau 7) et, contrairement à celle-ci, elle est maximale dans le secteur de Dunham et minimale dans le secteur d'Asbestos (tableau 7). C'est également dans le secteur de Dunham que la demi-largeur effective de détection est la plus faible. Les fonctions de probabilité par la distance sélectionnées (AIC le plus faible) par secteurs sont présentées à l'annexe 4. Le taux de rencontre moyen des groupes de dindons sauvages a été le plus élevé dans le secteur d'Asbestos (environ 7 groupes/100 km de route) et le plus faible dans le secteur d'Huntingdon (environ 4 groupes/100 km de route).

## Inventaire aérien

Le tableau 8 présente les résultats bruts de l'inventaire aérien par secteurs. À des fins de comparaison avec l'inventaire routier, seuls les groupes vus dans les zones inventoriées à partir de la route (soit une zone tampon autour des tracés de largeur égale à deux fois la distance maximale de détection) sont considérés.

Le tableau 9 présente une comparaison des résultats bruts obtenus en mars 2013 en fonction des deux méthodes d'inventaire. Bien que le nombre moyen de groupes de dindons sauvages soit similaire, le nombre moyen d'individus par groupe diffère grandement : il est près de deux fois plus élevé dans l'inventaire routier.

## Évaluation des coûts

Le tableau 10 présente une comparaison des coûts en ressources humaines et financières des inventaires aérien et routier. À des fins de comparaison, nous avons estimé les coûts nécessaires pour effectuer un inventaire dans une zone de chasse, soit 1 500 km de parcours ou 6 heures de vol en avion.

Tableau 7. Probabilité de détection, taux de rencontre et demi-largeur effective de l'aire échantillonnée déterminés à partir de l'approche basée sur la distance par secteurs (données tronquées à 95 % du percentile des distances mesurées)

Paramètre	Estimation	Coefficient de variation	Intervalle de confiance à 95 %	
Asbestos				
P (probabilité de détection)	0,343	12,0 %	0,270	0,435
T (taux de rencontre moyen, n <sup>bre</sup> /km)	0,071	32,5 %	0,040	0,128
L (demi-largeur effective, m)	545,7	12,0 %	430,0	692,6
Dunham				
P (probabilité de détection)	0,549	11,0 %	0,440	0,685
T (taux de rencontre moyen, n <sup>bre</sup> /km)	0,057	45,2 %	0,047	0,116
L (demi-largeur effective, m)	215,3	11,0 %	172,4	268,7
Huntingdon				
P (probabilité de détection)	0,470	10,8 %	0,379	0,583
T (taux de rencontre moyen, n <sup>bre</sup> /km)	0,038	51,2 %	0,019	0,082
L (demi-largeur effective; m)	570,3	10,8 %	459,5	707,9

Tableau 8. Résultats bruts de l'inventaire hivernal aérien des groupes de dindons sauvages en mars 2013

Secteur (zone de chasse)	Nombre de passes effectuées	Nombre moyen de groupes vus par passe	Nombre moyen d'individus vus par passe	Nombre moyen d'individus par groupe
Asbestos (6)	7	10,6	96,1	9,1
Dunham (5)	4	5,3	25,0	4,8
Huntingdon (8)	3	1,0	15,7	7,5

Tableau 9. Comparaison des résultats bruts entre l'inventaire aérien et l'inventaire routier en mars 2013

Type d'inventaire	Nombre moyen de groupes vus par passe (erreur-type)	Nombre moyen (erreur-type) d'individus vus par groupe	Distance (m) moyenne (erreur-type) du groupe par rapport à la route	Distance (m) moyenne (erreur-type) du groupe par rapport à la forêt
Routier	7,2 (0,7)	17,6 (1,6)	160 (9)	142 (11)
Aérien	7,5 (1,2)	8,4 (0,8)	193 (13)	95 (12)

Tableau 10. Comparaison des coûts en ressources financières et humaines des inventaires aérien et routier

Type d'inventaire	Effort	Ressources financières			Coûts pour un scénario d'inventaire d'une zone de chasse (1 500 km de route ou 6 heures de vol)
		Transport	Frais de séjour	Total	
	1 journée : 150 km de parcours + 150 km de transit	Essence : 300 km à (15l/100 km) x 1,45 \$/l = 65,25 \$	8,10 \$	73,35 \$	733,50 \$ 10 jours-personnes
Aérien	1 heure de vol	235 \$	16,20 \$	251,20 \$	1 507,20 \$ 2 jours-personnes

## DISCUSSION

L'utilisation de la télémétrie pour mesurer le taux de détection s'est avérée judicieuse. L'exercice a permis de constater que la probabilité de détection des groupes de dindons sauvages en hiver n'est pas significativement influencée par la date, l'heure de la journée ou la température. De plus, la taille du groupe ne semble pas avoir d'influence sur le taux de détection (figure 4). Toutefois, Butler et collab. (2007) ont démontré, à partir de l'utilisation d'appelants, que la taille du groupe et sa distance par rapport à la route influençaient significativement sa détection en hiver. Leur étude s'est déroulée au Texas où la couverture de neige est probablement faible, voire inexistante ou discontinue, ce qui rend la détection des dindons plus difficile, particulièrement si le groupe est loin de la route et compte peu d'individus. Bien que l'influence de la distance du groupe par rapport à la route d'inventaire sur le taux de détection n'ait pas été mesurée dans la présente étude, le contraste entre la couleur foncée du dindon sauvage et la couleur de la neige facilite leur détection, même à une distance importante de la route. De plus, les dindons sauvages bougent et interagissent entre eux, ce qui attire l'attention de l'observateur et contribue à leur détection, contrairement à des appelants statiques.

L'effet significatif de l'interaction de l'observateur et le secteur suggère qu'il peut y avoir un biais de détection causé par l'observateur, mais que celui-ci varie en fonction des secteurs considérés. Les inventaires de groupes de dindons sauvages devraient donc être réalisés par plus d'un observateur, et ce, dans le but de minimiser ce biais potentiel. Également, avant les inventaires, les observateurs devraient comparer leur capacité à détecter des groupes à l'aide d'appelants et s'ajuster au besoin.

Il est également important de tenir compte du type de paysage visité. Dans la présente étude, par exemple, le secteur de Dunham présentait une proportion du territoire en milieu agricole plus faible que les deux autres secteurs. La distance maximale d'observation d'un groupe de dindons sauvages mesurée dans le milieu forestier a été de près de 150 m de la route alors qu'elle a été de près de 1 600 m en milieu agricole. Dans un paysage dominé par la forêt, le taux de détection risque donc d'être plus faible que dans un paysage dominé par l'agriculture, d'où l'importance de tenir compte du taux de détection pour ajuster les résultats des inventaires selon le type de paysage visité. Si une zone de chasse présente des secteurs dont la proportion de milieux forestier et agricole est contrastée, il serait judicieux de stratifier la zone et de calculer un taux de détection pour chacune des strates.

Par ailleurs, la délimitation de l'aire échantillonnée est un élément crucial de l'estimation de la densité d'une population animale. Dans le cas de l'estimation de la densité des groupes de dindons sauvages à partir des groupes avec taupe, la distance maximale de détection obtenue par secteur a été utilisée pour déterminer l'aire échantillonnée. Cette façon de faire suppose que la totalité de l'aire a été réellement échantillonnée, ce qui n'est pas le cas. En effet, plusieurs sections des trajets ne peuvent être observées en raison de la topographie, de la présence de forêts ou d'autres obstacles. Cependant, dans la présente étude, puisque les trajets ont été visités plusieurs fois au cours de l'hiver et que les groupes de dindons sauvages ne sont pas statiques dans le paysage, il est raisonnable de supposer que tous les groupes présents dans l'aire effective ont pu être observés. Il faut par contre soustraire de l'aire effective les superficies qui ne sont pas propices au dindon sauvage, par exemple les plans d'eau ou les zones urbaines. Dans le cas de la technique basée sur l'échantillonnage par la distance, la distance effective de détection permet de déterminer une aire effective d'échantillonnage sur une base probabiliste. Cette façon de faire permet d'obtenir une estimation robuste de la densité des populations animales et qui indépendante des décisions subjectives de l'expérimentateur.

Il faut rappeler que les résultats issus de l'échantillonnage par la distance obtenus dans la présente étude doivent être interprétés avec prudence. En effet, les observations utilisées pour tester cette technique sont en fait des pseudo-répliques, ce qui viole une condition d'application, soit l'indépendance entre les observations (Thomas et collab. 2010a). Par contre, cet exercice a permis de constater que cette approche pourrait être appliquée avec succès dans nos conditions bioclimatiques. Nous avons obtenu des fonctions d'ajustement robustes et des probabilités de détection ayant des coefficients de variation relativement faibles. Il s'agirait de parcourir une distance suffisante pour obtenir un nombre de groupes supérieur à 60 (Buckland et collab. 2001). Selon les taux de rencontre obtenus, il faudrait planifier des parcours d'inventaire variant de 850 à 1 500 km selon les densités de groupes de dindons sauvages présentes dans la région. Les parcours peuvent être effectués sur plusieurs jours et être continus ou discontinus dans la zone. L'important est d'éviter un chevauchement entre les sections des parcours, de viser à échantillonner systématiquement le territoire et de stratifier l'aire d'étude en secteurs homogènes, ce qui permet d'obtenir une estimation plus précise de la densité des groupes de dindons sauvages (Thomas et collab. 2007). Par contre, dans les zones où la densité de dindons sauvages est faible, il faudrait opter pour une stratégie différente, car le nombre de groupes observés risque de ne pas être suffisant pour obtenir un modèle robuste. Une approche utilisant

des parcours d'inventaire plus courts mais réalisés plusieurs fois durant l'hiver permettrait d'obtenir un indice relatif de la densité des populations de dindons sauvages suffisamment précis pour suivre les tendances des populations dans le temps. Selon nos résultats, six répétitions seraient nécessaires pour minimiser la variabilité de l'estimation de la densité des groupes de dindons sauvages.

Butler et collab. (2007) ont obtenu une probabilité de détection basée sur la distance plus élevée que dans la présente étude (62 % contre 34 à 55 % selon le secteur). Par contre, aux fins de leur étude, ils n'ont utilisé que les groupes de dindons sauvages vus à moins de 100 m de la route, ce qui a probablement biaisé leur taux de détection à la hausse, car selon les fonctions de détection, lorsque la distance par rapport à la route augmente, la détection diminue. De plus, ils ont déterminé que la probabilité de détection était plus élevée et moins biaisée en hiver par comparaison avec l'automne. Les auteurs expliquent leurs résultats par le fait que la végétation dense présente en automne nuit à la détection de groupes de dindons sauvages, particulièrement près du tracé d'inventaire. L'attraction de la route chez les sujets d'étude entraîne une surestimation de la densité alors que le comportement d'évitement de la route chez l'animal conduit à une sous-estimation de la densité (Buckland et collab. 2001).

Les densités des populations de dindons sauvages mesurées dans la présente étude ne valent que pour les secteurs étudiés et ne peuvent être attribuées à l'ensemble des zones de chasse auxquelles ils appartiennent. En effet, les secteurs inventoriés ont été délimités de façon à optimiser les rencontres avec des groupes de dindons sauvages avec taupes et ne sont donc peut-être pas représentatifs de la zone de chasse. Toutefois, l'exercice a permis de constater que l'on pourrait mesurer la densité de populations régionales de dindons sauvages avec un coefficient de variation sous la barre des 15 %. En fait, un seul des trois secteurs présentait une variation plus importante (Dunham = 39 %), soit celui dont le paysage comprenait une plus faible proportion en milieu agricole, ce qui a entraîné un taux de détection plus faible.

Les résultats de l'inventaire aérien démontrent que cette méthode est peu adaptée pour détecter les groupes de dindons sauvages, du moins si l'on utilise un avion. En effet, bien que les observateurs aient détecté un nombre moyen de groupes de dindons sauvages comparable à celui qui a été mesuré à partir de l'inventaire routier, le nombre moyen de dindons par groupe a été moins de la moitié (tableau 9). Lors de l'inventaire aérien, les observateurs ont noté que la majorité des dindons sauvages étaient en fuite lorsque l'avion passait au-dessus d'eux. Cette

situation a entraîné une sous-estimation du nombre d'individus par groupe, car plusieurs dindons étaient probablement déjà sous couvert forestier et invisibles pour les observateurs lors du passage de l'avion. Bien que l'inventaire aérien puisse nécessiter moins de ressources humaines, les coûts associés à l'utilisation d'un aéronef sont plus du double que ceux d'un inventaire routier.

## CONCLUSION

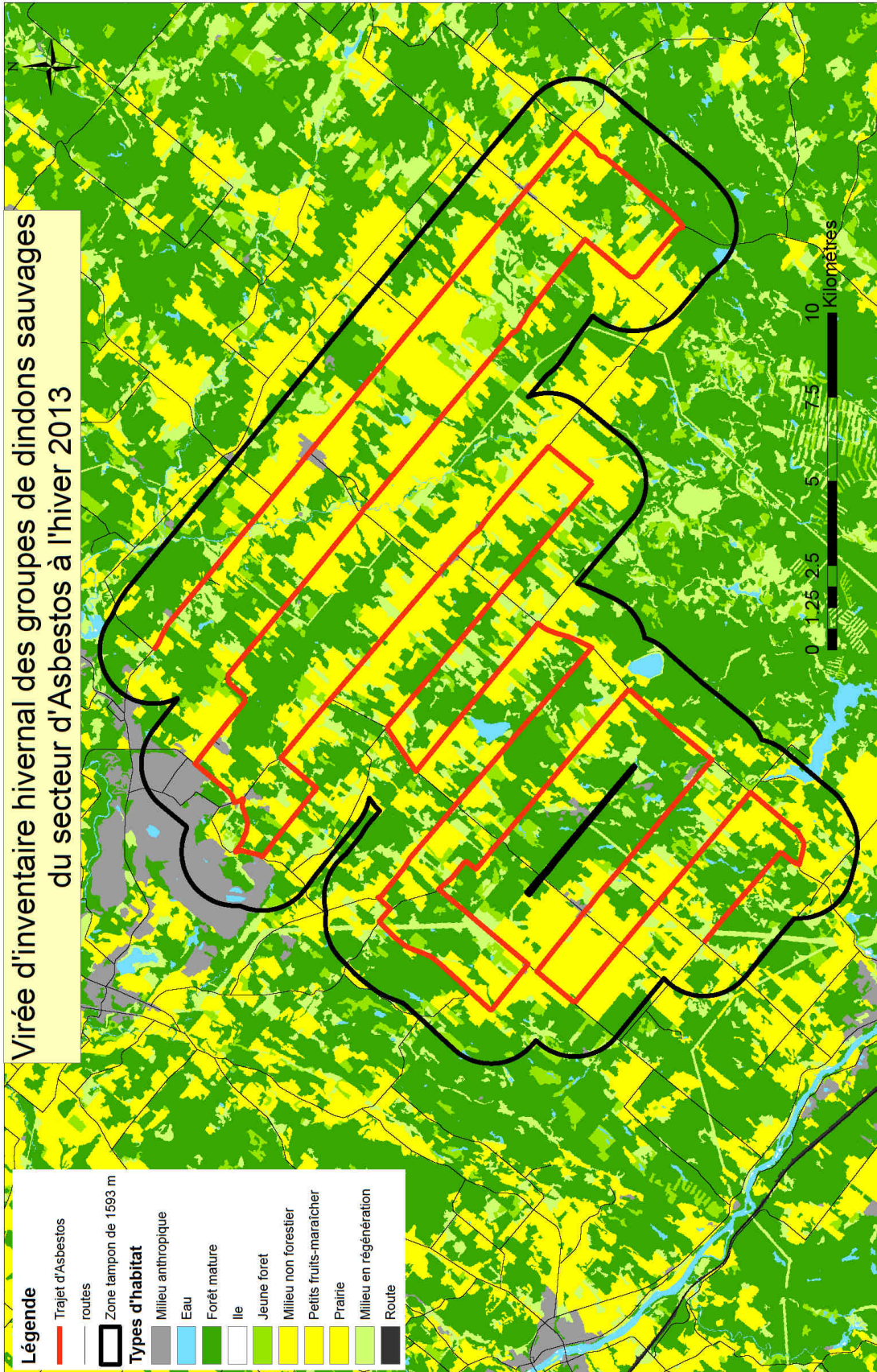
Le dindon sauvage est une espèce en pleine expansion au Québec. Le climat y influence toutefois la dynamique des populations (Lavoie et collab., soumis pour publication) et donc, l'évolution de la taille de ces populations. De plus, la chasse au dindon sauvage est en progression constante au Québec. En fonction de l'intensité de cette exploitation à l'échelle régionale, cette situation pourrait également influencer les tendances des populations. Les résultats obtenus permettent d'affirmer qu'un inventaire routier hivernal des groupes de dindons sauvages serait une méthode envisageable pour mesurer la densité relative des populations de cette espèce. Les taux de détection obtenus par l'utilisation des groupes avec taupe ou par l'échantillonnage par la distance ont un coefficient de variation relativement faible, ce qui a permis de calculer une densité des groupes de dindons sauvages avec une précision acceptable. Cet exercice a aussi permis de préciser les conditions d'application d'une telle méthode et l'influence des divers paramètres qui peuvent interférer dans ce type d'inventaire. La technique basée sur l'échantillonnage par la distance serait à privilégier dans les zones de chasse où les populations de dindons sauvages sont déjà bien établies et relativement denses. L'annexe 5 présente un protocole type qui pourrait être utilisé pour l'exécution de cette technique. Pour les zones de chasse où la densité des populations de dindons sauvages est relativement faible ou lorsque la présence de l'espèce est discontinue sur le territoire, une approche utilisant un trajet d'observation plus court mais visité plusieurs fois durant l'hiver serait probablement plus adéquate pour mesurer une densité relative de dindons sauvages. En effet, l'échantillonnage par la distance requiert un nombre important ( $n > 60$ ) d'observations pour obtenir une fonction de détection robuste, ce qui risque d'être impossible dans les zones de faible densité. Néanmoins, il faudrait tester ces deux méthodes dans des conditions réelles, soit à l'échelle des zones de chasse, avant d'étendre les inventaires à l'ensemble des zones de chasse où l'espèce est présente. Enfin, la méthode d'inventaire hivernale à l'aide d'un aéronef semble peu prometteuse, car le nombre de dindons sauvages qu'il est possible d'observer est beaucoup plus faible par comparaison avec l'inventaire routier, et ce, en raison de la fuite des oiseaux avant leur détection. Cette méthode requiert également des ressources financières plus importantes.

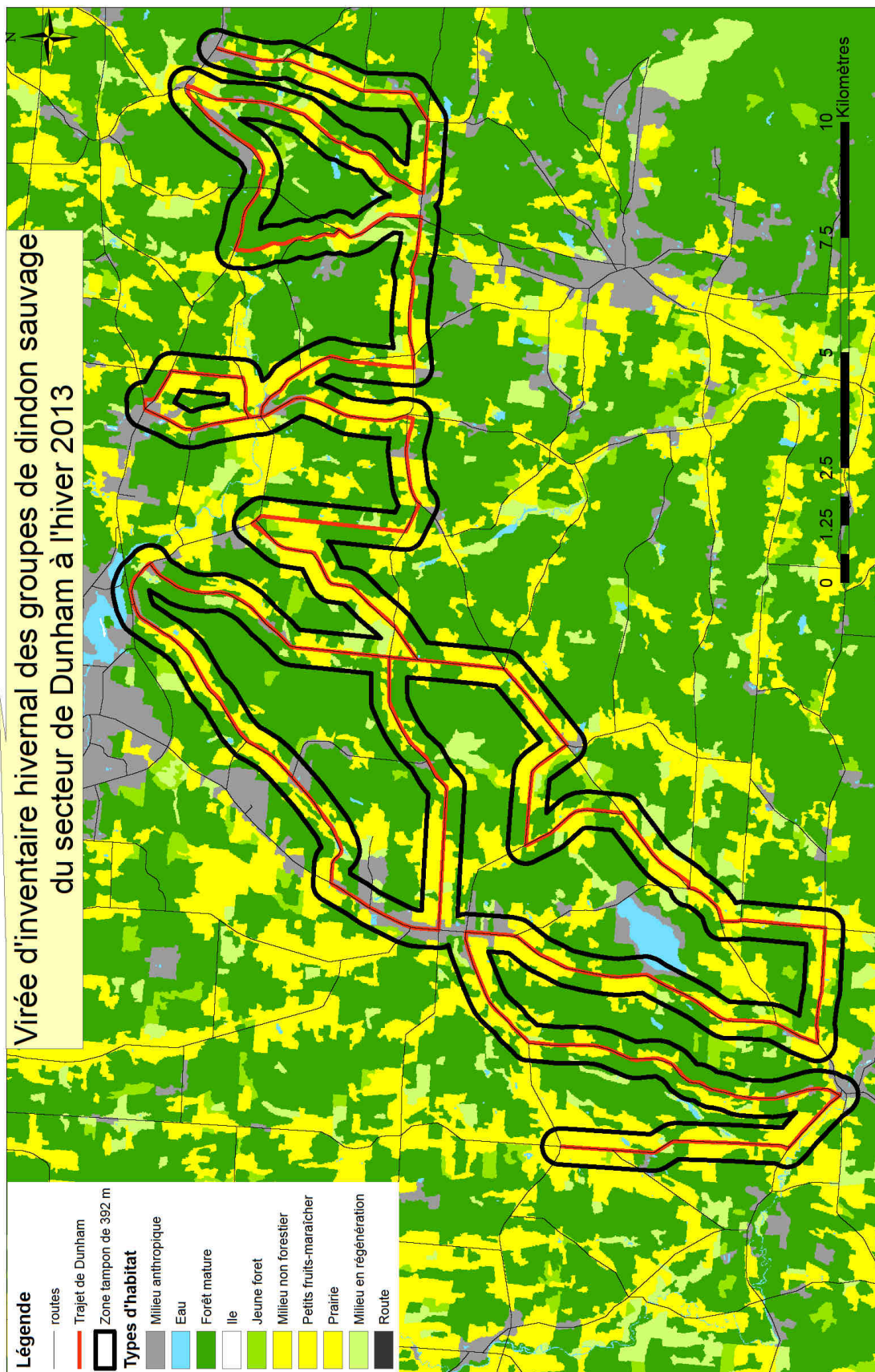
**BIBLIOGRAPHIE**

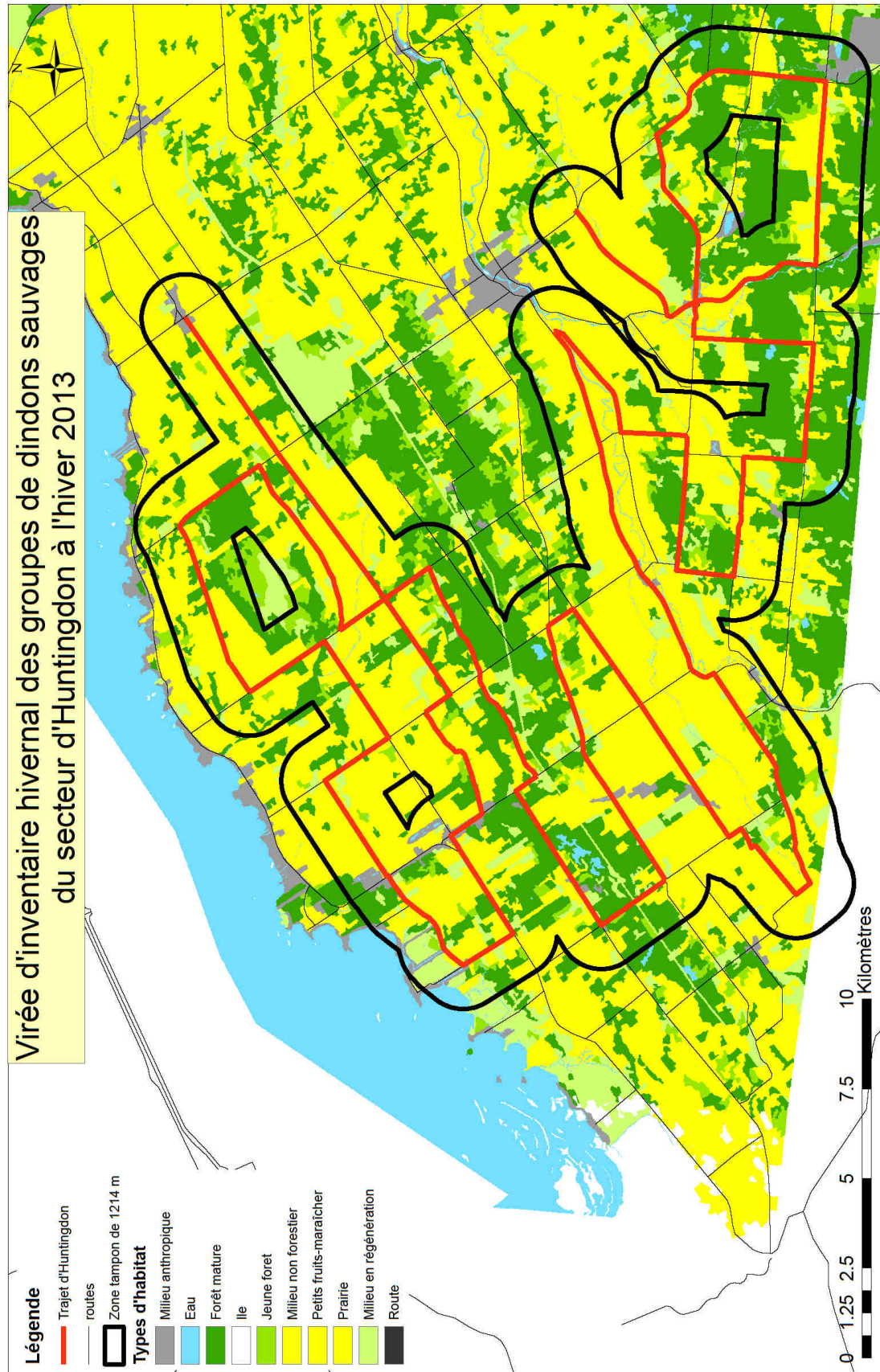
- BLANCHETTE, P. et F. LANDRY (2015). *Modèle de répartition spatiale du dindon sauvage au Québec. Présentation d'une méthode et de son application*, Québec, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la faune terrestre et de l'avifaune, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Secteur de la faune et des parcs, 58 p.
- BUCKLAND, S. T., et autres (2001). *Introduction to Distance Sampling. Estimating Abundance of Biological Populations*, New York, Oxford University Press, 432 p.
- BUTLER, M. J., et autres (2007). "Road-Based Surveys for Estimating Wild Turkey Density in the Texas Rolling Plains", *Journal of Wildlife Management*, vol. 71, p. 646-1653.
- CAUGHLEY, G. (1977). *Analysis of Vertebrate Populations*, New York, John Wiley & Sons.
- ERXLEBEN, et autres (2011). "Wild Turkey (*Meleagris gallopavo*) Association to Roads: Implication for Distance Sampling", *European Journal of Wildlife Research*, vol. 57, p. 57-65.
- LAVOIE, M., et autres (soumis pour publication). Winter Conditions Affect Population Dynamics of Wild Turkey at the Northern Edge of their Distribution. IBIS.
- LAVOIE, M., et autres (2014). "A Seffer Net Propelled Device to Capture Wild Turkey", *Wildlife Society Bulletin*, vol. 38, p. 439-442.
- RIVERA-MILAN, F. F., M. E. ZACCAGNINI et S. B. CANAVELLI (2004). "Field Trials of Line-Transect Surveys of Bird Carcasses in Agro-Ecosystems of Argentina's Pampas Region", *Wildlife Society Bulletin*, vol. 32, p. 1219-1228.
- ROYLE, A. J., et R. M. DORAZIO (2008). *Hierarchical Modeling and Inference in Ecology. The Analysis of Data from Populations, Metapopulations and Communities*, Londres, Academic Press.
- STROBEL, B. N., et M. J. BUTTLER (2014). "Monitoring Whooping Crane Abundance Using Aerial Surveys: Influences on Detectability", *Wildlife Society Bulletin*, vol. 38, p. 188-195.
- THOMAS, L., et autres (2010a). "Distance Software: Design and Analysis of Distance Sampling Surveys for Estimating Population Size", *Journal of Applied Ecology*, vol. 47, p. 5-14.
- THOMAS, L., et autres (2010 b). Distance 5.0. Release 2, Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK.
- THOMAS, L., R. WILLIAMS et D. SANDILANDS (2007). "Designing Line Transect Surveys for Complex Survey Regions", *J. Cetacean Res. Manage*, vol. 9, p. 1-13.

## **ANNEXE 1**

### **Cartes des tracés utilisés pour l'inventaire routier à l'hiver 2013 et de la zone tampon correspondant à deux fois la distance maximale de détection par secteurs**

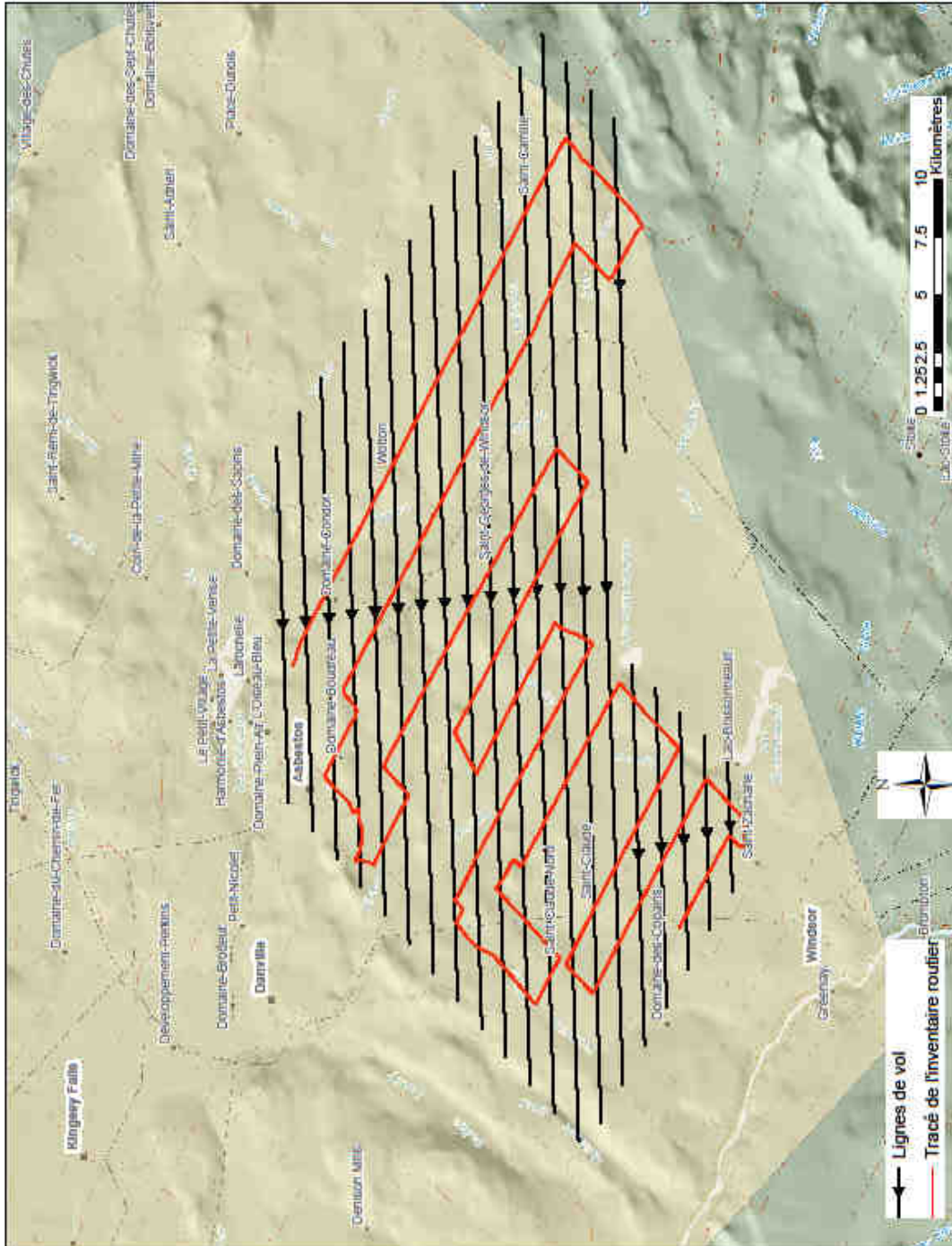






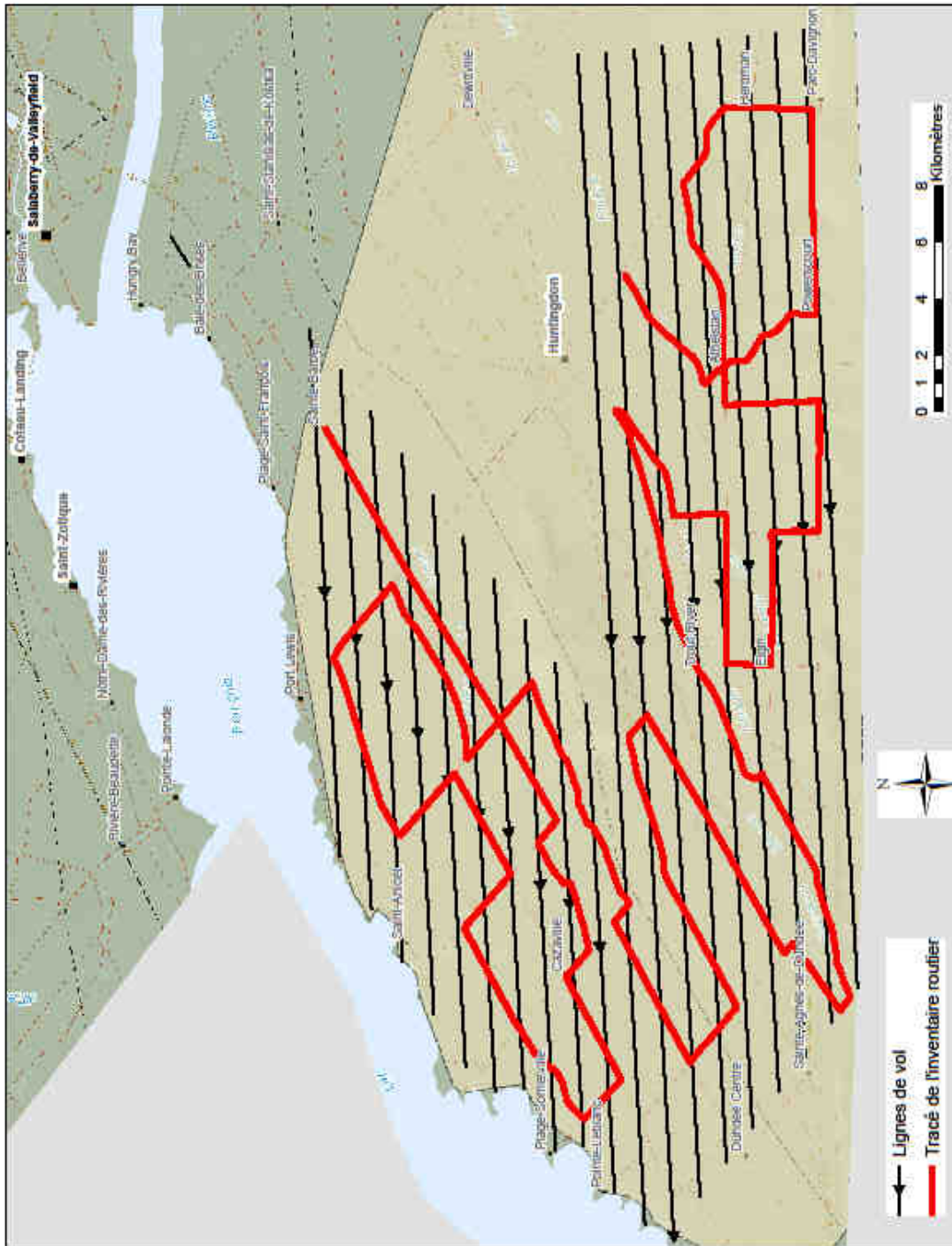
## **ANNEXE 2**

# **Cartes des virées de vol par secteurs effectuées lors de l'inventaire aérien des groupes de dindons sauvages en mars 2013**



Secteur d'Asbestos



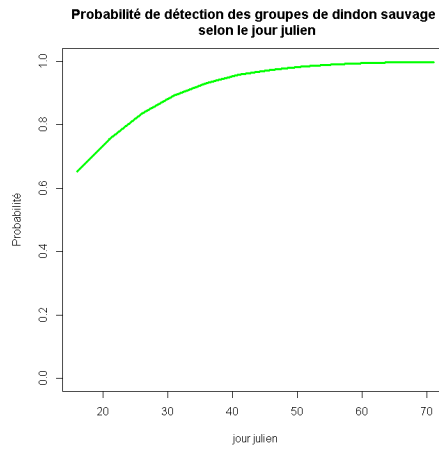


Secteur d'Huntingdon

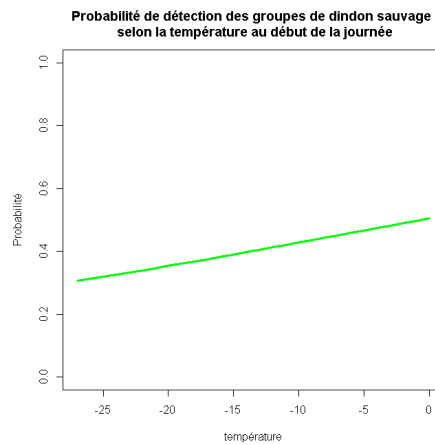
### **ANNEXE 3**

**Relations entre la probabilité de détection des groupes de dindons sauvages avec taupe en fonction du jour julien (a), de la température au début de la journée (b) et de la variation de la température au cours de la journée (c)**

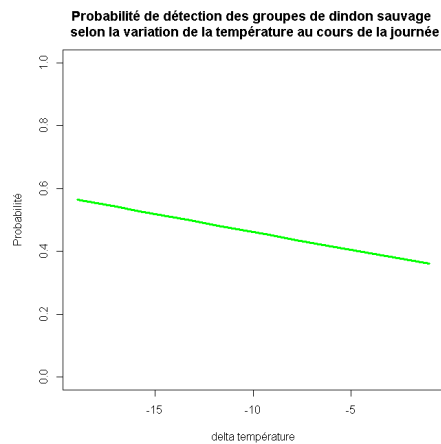
a)



b)



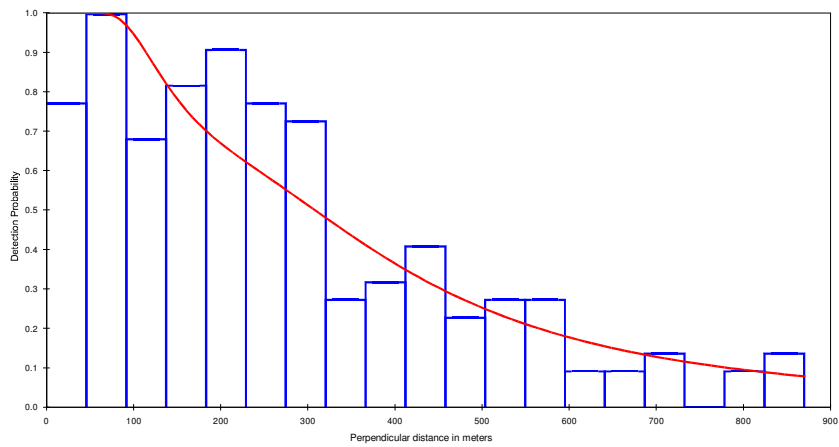
c)



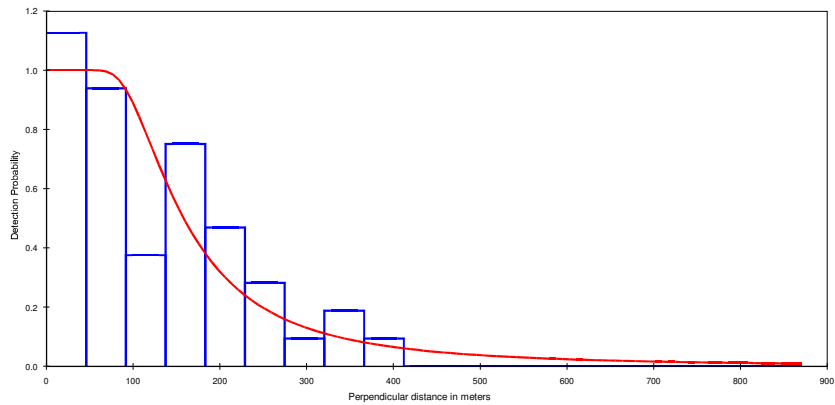
**ANNEXE 4**

**Fonctions de détection des groupes de dindons sauvages  
par la distance par secteurs**

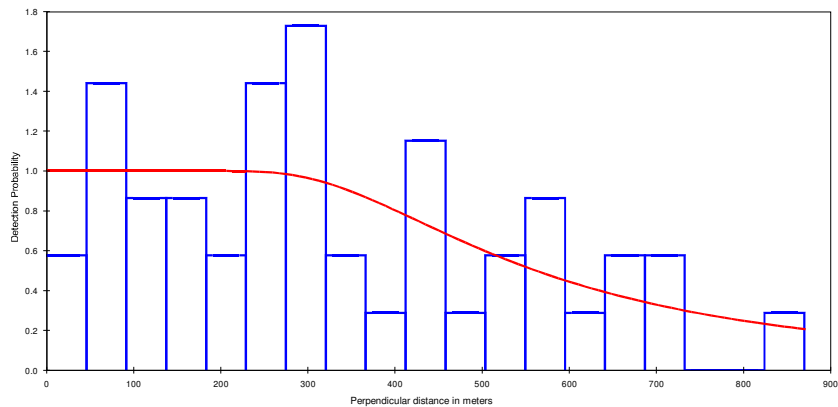
## Asbestos : Fonction taux de risque avec ajustements polynomiaux



## Dunham : Fonction demi-normale sans ajustement



## Huntingdon : Fonction demi-normale avec ajustements polynomiaux



## **ANNEXE 5**

### **Protocole d'inventaire routier hivernal à l'aide de la technique basée sur l'échantillonnage par la distance**

## Généralités

L'échantillonnage par la distance est une technique qui consiste à mesurer une densité d'individus à l'aide d'une fonction de détection basée sur la distance de l'objet d'étude par rapport à la route d'inventaire. Le trajet doit être suffisamment long pour détecter minimalement 60 objets (ici des groupes de dindons sauvages) afin d'obtenir une fonction de détection robuste. Compte tenu du taux de rencontre mesuré dans le présent rapport (0,05 groupe/km de route), il faut planifier de parcourir une longueur minimale de 1 200 km dans l'ensemble de la zone. Pour ce faire, il faut choisir aléatoirement des tronçons d'une longueur variant de 150 à 180 km à partir des routes principales, secondaires et des rangs qui sont déneigés en hiver. Il faut éviter d'utiliser les autoroutes ainsi que les routes principales très passantes et de traverser les grandes municipalités. Chaque tronçon indépendant devra être visité en une journée de travail.

Pour l'ensemble de la zone de chasse visée, on suggère que deux ou trois observateurs différents participent à l'inventaire, et ce, pour éviter un biais possible causé par l'observateur. On suggère également que l'inventaire s'effectue à l'aide d'une camionnette (*pick-up*) pour optimiser la visibilité des groupes de dindons sauvages à partir de la route et pour assurer la sécurité.

## Sélection des tronçons de route

Dans chaque zone de chasse visée, on détermine une aire d'étude à partir de la carte de répartition spatiale du dindon sauvage (Blanchette et Landry, 2015) en considérant le territoire ayant une probabilité de détection non nulle ( $> 0\%$ ). Dans cette aire d'étude, on cible les routes accessibles en hiver en ne tenant pas compte des tronçons d'autoroutes, de routes très passantes ou de ceux traversant de grandes municipalités (plus de 2 km dans une zone urbaine). À partir de cette toile de routes, il faut positionner un point de départ tous les 5 km. Par la suite, il faut choisir aléatoirement un point de départ et un sens et positionner un trajet de 150 à 180 km de long. Le tronçon doit être le plus linéaire possible et les changements de direction doivent être déterminés aléatoirement. Il est important de répéter cette étape jusqu'à l'obtention du nombre de trajets requis pour l'aire considérée. Les tronçons de route doivent être mutuellement exclusifs (c'est-à-dire qu'ils ne doivent pas se chevaucher) et ne doivent pas se croiser. Si l'aire d'étude présente des secteurs dont la proportion de milieux forestier et agricole est contrastée, il faut distribuer le nombre de tronçons en fonction de la proportion de ces secteurs afin de calculer une fonction de détection pour chaque secteur de l'aire.

## Méthode d'inventaire

La technique basée sur l'échantillonnage par la distance est relativement simple. Il s'agit de parcourir le trajet d'inventaire à faible vitesse (vitesse maximale de 30 km/h) et de noter les groupes de dindons sauvages vus par l'observateur. Ce dernier doit mesurer la distance perpendiculaire du groupe par rapport à la route, noter le nombre de dindons sauvages formant le groupe et des informations liées aux conditions d'inventaire (date, heure, température, précipitations, etc.). Pour déterminer la distance du groupe par rapport à la route, l'observateur doit mesurer la distance (à l'aide d'un télémètre) du dindon le plus près de la route et l'angle par rapport au sens de la route.

## Conditions d'inventaire

- L'inventaire doit se faire en janvier et février, entre une demi-heure après le lever du soleil jusqu'au plus tard au coucher du soleil, sans égard à la température extérieure et à l'ensoleillement, en l'absence de précipitations ou

de brouillard, alors que les vents sont inférieurs à 21 km/h (max. = bonne brise à l'échelle de Beaufort);

- Le point de départ du parcours (l'une ou l'autre des extrémités) est déterminé de façon aléatoire;
- L'inventaire s'effectue à la vitesse maximale de 30 km/heure;
- À des fins de sécurité, il faut utiliser les clignotants d'urgence ou avoir un gyrophare.

#### Prise de données

- Lorsqu'un groupe de dindons ( $\geq 1$  dindon) est observé :
  - S'arrêter sur le bord du chemin de façon sécuritaire;
  - Déterminer les coordonnées géodésiques du point d'observation à partir du système GPS;
  - Avec le télémètre, mesurer la distance du plus proche dindon et l'angle de la visée par rapport à la route;
  - Noter le numéro du groupe (numéro séquentiel), la date, l'heure, le type d'habitat, le nombre maximal de dindons observés, etc. (Voir la base de données annexée.) L'observation du groupe de dindons ne devrait pas se prolonger plus de cinq minutes.

**Forêts, Faune  
et Parcs**

**Québec** 