

Direction du développement de la faune
Direction de l'aménagement de la faune de l'Abitibi-Témiscamingue

**MÉTHODE DE CARACTÉRISATION DU CYCLE D'ABONDANCE
DU LIÈVRE À L'AIDE DU DÉNOMBREMENT DE CROTTINS,
À DES FINS DE GESTION DES ANIMAUX À FOURRURE**

par

Guillaume Godbout
Mario Poirier
et
René Lafond

Société de la faune et des parcs du Québec
Québec, Août 2001

Référence à citer :

GODBOUT, G., M. POIRIER et R. LAFOND. 2001. Méthode de caractérisation du cycle d'abondance du lièvre à l'aide du dénombrement de crottins, à des fins de gestion des animaux à fourrure. Société de la faune et des parcs du Québec. Direction du développement de la faune et Direction de l'aménagement de la faune de l'Abitibi-Témiscamingue. Québec. 50 p.

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2001
ISBN : 2-550-38445-8

RÉSUMÉ

Le présent document vise à établir une stratégie d'échantillonnage pour le dénombrement de cottins de lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) dans une optique de gestion des animaux à fourrure, prédateurs de ce dernier. On y retrouve une méthodologie de collecte des données, un plan d'échantillonnage, ainsi que les calculs pour le traitement et l'interprétation des données. Le lecteur trouvera également en annexes des fiches d'inventaire et un exemple de calculs.

Ce document est une version de première génération. Si l'utilisateur a des commentaires ou des améliorations à apporter au document, il est invité à les communiquer au *Coordonnateur animaux à fourrure et piégeage*, à la Direction du développement de la faune de la Société de la faune et des parcs du Québec.

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
RÉSUMÉ.....	.iii
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES ANNEXES.....	ix
1. INTRODUCTION.....	1
2. PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE.....	3
2.1 Taille de l'échantillon	3
2.2 Distribution de l'échantillon.....	4
2.2.1 Échelle régionale.....	4
2.2.2 Échelle locale.....	5
2.2.2.1 Habitat du lièvre	5
2.2.2.2 Critères de qualité des sites	7
2.2.2.3 Rotation des sites d'échantillonnage	9
2.2.2.4 Éclaircies pré-commerciales.....	9
2.2.2.5 Les plantations	10
2.2.2.6 Les zones tampons	11
3. MÉTHODOLOGIE D'ÉCHANTILLONNAGE	13
3.1 Implantation de la grille	13
3.1.1 Matériel requis par grille	13
3.1.2 La planification des travaux.....	13
3.1.2.1 Planification cartographique	13
3.1.2.2 Prospection des sites	14
3.1.2.3 Préparation des poteaux	14
3.1.3 Répartition des tâches	15
3.1.4 L'exécution des travaux.....	15
3.1.5 Considérations techniques	18
3.2 Dénombrement subséquent de crottins.....	19
3.2.1 Notes	19
3.3 Période d'inventaire.....	20
4. TRAITEMENT DES DONNÉES.....	21
4.1 Compilation des données	21
4.2 Analyse statistique	21
GLOSSAIRE	26
REMERCIEMENTS.....	28

LISTE DES RÉFÉRENCES.....	29
ANNEXES.....	29

LISTE DES FIGURES

	<i>Page</i>
Figure 1. Diagramme illustrant une grille d'échantillonnage de crottins de lièvre.	17
Figure 2. Exemple de graphique de la variation temporelle de la densité moyenne de crottins de lièvre.....	25

LISTE DES ANNEXES

	<i>Page</i>
Annexe A - Fiche descriptive d'une grille d'échantillonnage pour le lièvre	31
Annexe B - Fiche d'inventaire de crottins de lièvre	35
Annexe C - Exemple de calcul d'une ANOVA à mesures répétées	39
Annexe D - Exemple de calcul d'un test de Tukey (paramétrique)	41
Annexe E - Exemple de calcul d'un test de Friedman (non paramétrique)	43
Annexe F - Exemple de calcul d'un test de Tukey pour données ordonnées (non paramétrique)	45
Annexe G - Estimation des ressources humaines et financières à consacrer au dénombrement de crottins de lièvre.....	47

1. INTRODUCTION

Selon le plan de gestion québécois du lynx du Canada (*Lynx canadensis*), les différentes phases d'exploitation de cet animal à fourrure de première importance passent par la détermination exacte des phases du cycle d'abondance des populations de lièvre d'Amérique (MEF 1995). Rappelons que pour d'autres espèces d'animaux à fourrure, telles que la martre d'Amérique (*Martes americana*) et le pékan (*Martes pennanti*), le lièvre constitue également une source majeure de nourriture.

Ce lagomorphe fait actuellement l'objet d'un suivi de récolte dans certains territoires structurés (réserves fauniques, zecs, pourvoiries) de plusieurs régions du Québec. Dans certaines régions où le nombre de captures de lynx est important, les données d'exploitation du lièvre sont absentes ou insuffisantes pour donner une image claire des tendances des populations avec la précision nécessaire. De plus, le suivi actuellement en place étant basé sur les récoltes de lièvre, il peut être affecté par les modifications de la réglementation régissant la pratique de la chasse et du colletage, de même que par tous les changements liés aux habitudes des chasseurs et des colleteurs. La présence de certaines disparités régionales, en particulier en ce qui concerne la comptabilisation de l'effort de chasse, rendent également les comparaisons entre les régions difficiles.

Des réserves ont été émises quant à la validité d'un tel suivi dans certaines régions (Godbout 1999). Sans une validation des indicateurs d'abondance du lièvre dans une optique de gestion du lynx ou même en absence pure et simple de tels indicateurs, la prudence impose la considération d'une autre approche.

Des trois méthodes les plus couramment utilisées pour le suivi du lièvre, soit la capture-marquage-recapture, le pistage hivernal et le dénombrement de crottins, c'est la dernière qui semble offrir le meilleur rapport coûts-bénéfices (Godbout 1999). Cette méthode, proposée par Krebs *et al.* (1987), s'appuie sur la relation entre le nombre de crottins observés dans un milieu et le nombre d'individus dans une population. La méthode, reprise et adaptée par Ferron *et al.* (1996), est basée sur le dénombrement annuel de crottins dans des parcelles circulaires situées à intervalles réguliers le long de transects. Le nombre de crottins par parcelle est directement proportionnel à la densité de lièvres. Les variations annuelles du nombre de crottins peuvent donc servir

d'indicateurs de la variation de la taille de la population pendant la même période. L'observateur peut ainsi obtenir un portrait du cycle de populations de l'espèce et s'en servir comme outil de gestion.

Le présent document vise donc à fournir aux gestionnaires une norme d'échantillonnage et d'analyse peu coûteuse basée sur une méthodologie validée. Les gestionnaires pourront ainsi dresser un portrait des variations de l'abondance relative du lièvre dans leur région. De plus, la normalisation de la méthode permet d'obtenir des données qui seront comparables d'une région à l'autre permettant ainsi aux gestionnaires et aux chercheurs québécois d'examiner l'amplitude et le synchronisme des cycles au Québec. Finalement, la méthodologie présentée dans le document donnera aux régions, qui le jugent pertinent, un outil pour valider leurs indices d'abondance basés sur la récolte.

L'utilisateur doit par contre se garder d'estimer des densités absolues de lièvres dans une région à l'aide de cette méthode. Dans sa conception, nous cherchions à établir un outil de mesure qui nous permettrait de détecter les variations et les tendances générales de la population. Ainsi, le protocole expérimental n'est pas basé sur un échantillonnage aléatoire et ne tient pas compte de la représentativité des peuplements ce qui serait nécessaire pour établir une estimation de la densité absolue de lièvres au sein d'une région administrative.

2. PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

2.1 Taille de l'échantillon

Le nombre de grilles à échantillonner dépend de la précision désirée, de la variance et de la moyenne de la population mesurée. Comme la moyenne et la variance ne sont généralement pas connues d'avance, il faut les estimer par un pré-échantillonnage ou utiliser les données d'un milieu comparable. Le nombre de grilles d'échantillonnage se calcule par la formule suivante :

$$n = \left(\frac{t_{\alpha} S}{d} \right)^2$$

où :

n = le nombre de grilles d'échantillonnage

t_{α} = selon la distribution de Student

S = écart-type de la densité de crottins pour la région

d = intervalle de confiance visé pour la moyenne des densités de crottins pour la région

On devrait viser, au minimum, un intervalle de confiance de 20%, au niveau de probabilité de 90%. Le nombre de grilles se calcule donc de la façon suivante :

$$n = \left(\frac{1.66 \times S}{0,20 \times x} \right)^2 \approx \frac{70 \times S^2}{x^2}$$

Si le gestionnaire ne connaît ni la variance, ni la moyenne, le nombre minimal de grilles d'échantillonnage à implanter est de six par région. Cependant, il faut être conscient que la puissance des analyses statistiques en sera fortement affectée. Il serait préférable d'utiliser une vingtaine de grilles d'échantillonnage dans autant de peuplements pour avoir une puissance acceptable.

Le gestionnaire peut également déterminer le nombre de grilles en fonction des grandes zones écologiques qu'il retrouve sur son territoire. Par exemple, au sein d'une même région, le gestionnaire pourrait définir un nombre minimal de grilles pour chaque zone écologique telle que la plaine du Saint-Laurent, le plateau Laurentien, etc. Cet aspect est laissé à la discrétion du gestionnaire.

Il est à noter que, contrairement à d'autres types d'inventaires tels que l'inventaire du castor (Pilon et Macquart 1989), le nombre de grilles n'est aucunement fonction du pourcentage de couverture. On visera plutôt une bonne répartition territoriale. Plus les grilles sont bien réparties sur l'ensemble du territoire concerné, plus le portrait du suivi reflétera la situation régionale du lièvre.

2.2 Distribution de l'échantillon

Le choix de l'emplacement des grilles d'échantillonnage se fait en deux étapes. La première étape vise à déterminer la répartition globale de l'échantillonnage à l'échelle de la région administrative visée. La deuxième vise à choisir l'emplacement exact de chacune des grilles à l'échelle locale.

2.2.1 Échelle régionale

Les régions administratives de la Société de la faune et des parcs du Québec sont des territoires de plusieurs dizaines de milliers de kilomètres carrés. La composition en habitats terrestres de ceux-ci est généralement très diversifiée, incluant des zones forestières, agro-forestières, agricoles, urbaines. La répartition des grilles ne peut pas couvrir l'ensemble de cette mosaïque. Un choix s'impose alors.

Il faut se rappeler que le suivi a pour objectif principal d'aider le gestionnaire à identifier la variation de l'abondance d'une proie importante pour plusieurs animaux à fourrure, principalement le lynx. Ainsi, il serait plus pertinent de cibler les endroits où ces espèces sont retrouvées fréquemment, plutôt que les secteurs où ces prédateurs sont absents ou marginaux. La répartition finale est laissée à la discrétion des gestionnaires.

Au sein des secteurs choisis, c'est-à-dire les secteurs où les prédateurs sont présents, une seconde sélection devrait être réalisée en fonction des caractéristiques suivantes :

- Zones forestières ou agro-forestières.
- Zones les plus éloignées possibles de la présence humaine. Ceci devrait diminuer l'importance de l'exploitation du lièvre et le biais que cela peut représenter. Les

variations observées seront donc attribuables à des changements de population et non à des changements de l'intensité et de l'abondance des prélèvements.

- Zones situées à proximité d'une route d'accès ou d'un sentier.
- Zones où la récolte (la présence) d'animaux à fourrure (ex. lynx, pékan, martre, etc.) est soutenue.

Idéalement, les zones retenues seraient situées à l'intérieur de parcs, de réserves fauniques ou de zones d'exploitation contrôlée. De plus, l'exploitation du lièvre dans ces zones serait faible ou même inexistante.

Une fois les zones d'échantillonnage identifiées, il faut s'assurer d'une distribution la plus répandue possible des grilles d'échantillonnage. Le gestionnaire désirant obtenir un portrait régional de la situation doit chercher à obtenir une mesure répartie sur l'ensemble du territoire ciblé et non une mesure concentrée dans un seul secteur. Sinon, il obtiendra un portrait plutôt local qui risque de ne pas être représentatif du secteur d'intérêt.

2.2.2 Échelle locale

La sélection de l'emplacement exact de chaque grille d'échantillonnage est principalement fonction de l'utilisation potentielle de l'habitat par le lièvre. Nous présentons une échelle de critères pour la sélection.

2.2.2.1 Habitat du lièvre

L'habitat du lièvre n'est pas homogène. Le lièvre est un animal d'écotone préférant les mosaïques. Celles-ci sont composées de trois éléments : le couvert de protection contre les prédateurs, le couvert d'alimentation, le couvert de déplacement.

Le couvert de protection est l'élément essentiel de l'habitat du lièvre. Ce couvert est généralement très dense. Ferron et Ouellet (1992) le décrivent comme étant une zone forestière où le degré d'obstruction visuelle du couvert latéral est supérieur à 85%. Le lièvre recherche les peuplements de conifères en hiver du fait que les peuplements feuillus sont alors beaucoup plus ouverts. De plus, en fonction de l'âge, le peuplement est plus ou moins disponible en hiver selon l'épaisseur de la neige. Un peuplement de

deux mètres de haut sera partiellement enfoui sous la neige et procurera alors peu d'abris contre les prédateurs.

La nourriture estivale du lièvre est composée principalement de plantes vertes. Les lièvres s'alimentent donc en été en bordure des champs, des routes, dans les éclaircies et les sites en régénération. Par contre, en hiver, le lièvre se nourrit essentiellement de bourgeons et de ramilles de feuillus et de conifères. Ainsi, le couvert d'alimentation hivernal sera composé généralement de jeunes peuplements de moins de trois mètres de haut partiellement couverts par la neige (Ferron *et al.* 1996; Rogowitz 1988).

Le couvert de déplacement est une zone de protection essentiellement contre les prédateurs ailés (buses, pygargues, grand-duc, autour, etc.). Ce couvert n'est fréquenté par les lièvres que pour se déplacer entre les couverts de protection et les couverts d'alimentation. Ces couverts sont caractérisés par des peuplements plus matures dont la fermeture de la couronne dépasse 60% (Orr et Dodds 1982 cité dans Ferron *et al.* 1996).

Par ailleurs, l'objectif du suivi étant de détecter les variations des populations de lièvre, il importe de sélectionner des habitats qui répondront à ces attentes. Il est possible que les habitats optimaux correspondant aux meilleures conditions de nourriture et d'abri contre les prédateurs, peu importe la saison, ne soient pas les plus sensibles à ces variations.

Les prédateurs sont un facteur important dans la dynamique des populations de lièvre (Krebs *et al.* 1995). Les habitats optimaux offrant un abri de première qualité contre les prédateurs pourraient atténuer l'amplitude des fluctuations de population de lièvre. En présence de prédateurs nombreux, le lièvre pourrait toujours trouver un refuge suffisant dans ces habitats. Les habitats sub-optimaux présentant des conditions très propices au lièvre, particulièrement au niveau de la nourriture, pourraient rapidement devenir déficient en période d'abondance de prédateurs, en raison d'abris insuffisants. Ces habitats sub-optimaux sont donc susceptibles de montrer les plus grandes variations de population entre les hauts et les bas de cycle du lièvre.

D'ailleurs, en pratique, il est presque impossible de confiner toute la superficie de la grille (8,25 ha) dans un seul type d'habitat (optimal). Ainsi, il est plutôt recommandé et souhaitable de localiser une grille dans des habitats variés répondant tant aux critères d'habitats optimaux que sub-optimaux pour le lièvre. Ces grilles offriront alors toute la diversité d'habitats nécessaire pour une mesure fiable des variations de populations de lièvre.

2.2.2.2 Critères de qualité des sites

Compte tenu de ce qui précède, il est nécessaire de rechercher des peuplements qui seront propices au lièvre pendant toute l'année et durant plusieurs années. Les critères suivants sont théoriques et doivent servir à orienter le choix du site en gardant à l'esprit que certains autres peuplements peuvent tout aussi bien correspondre à nos objectifs en terme d'habitat pour le lièvre. La valeur relative des peuplements pour le lièvre est présentée ici en ordre décroissant : des meilleurs sites aux sites moins favorables.

1. Abri d'été et d'hiver optimal :

- Peuplement de résineux (plus de 75% de la surface terrière en résineux).
- Obstruction visuelle moyenne du couvert latéral supérieur à 85%.
- Peuplement entre 2,4 m et 4,8 m de haut.
- Régénération des tiges de résineux de plus de 5 000 tiges/ha.

2. Abri d'été et d'hiver sub-optimal :

- Peuplement mixte à dominance de résineux (60% à 75% de la surface terrière en résineux).
- Obstruction visuelle moyenne du couvert latéral de 50% à 85% avant la pousse des feuilles.
- Peuplement entre 2,4 m et 4,8 m de haut.
- Régénération des tiges de résineux de 2 500 tiges/ha et plus.

3. Abri d'été, nourriture d'hiver :

- Peuplement mixte à dominance de résineux (60% à 75% de la surface terrière en résineux).
- Obstruction visuelle moyenne du couvert latéral de 50% à 85% avant la pousse des feuilles.
- Peuplement entre 0 m et 2,4 m de haut.
- Régénération des tiges de résineux de 2 500 tiges/ha et plus.

4. Couvert de déplacement :

- Peuplement de résineux (plus de 75% de la surface terrière en résineux) généralement âgé de plus de 30 ans.
- Obstruction visuelle moyenne du couvert latéral de plus de 40% avant la pousse des feuilles.
- Peuplement de plus de 4,8 m de haut.
- Site en voie de commercialisation.

5. Autres habitats sub-optimaux :

- Tous les autres habitats ne correspondant pas aux critères des catégories précédentes. Il peut s'agir de peuplements d'âges variés, jeunes ou matures, de résineux et/ou de feuillus où l'obstruction visuelle latérale est faible.

Il est important de sélectionner des sites qui, *a priori*, renferment des populations de lièvre puisque l'objectif recherché est justement de mesurer les variations de ces populations. Ainsi, les habitats improductifs, stériles pour le lièvre, très ouverts, qui ne présentent aucun intérêt à court et moyen terme ne seront pas retenus, par exemple : les champs, les tourbières, les feux, les coupes forestières ou éclaircies pré-commerciales récentes (voir la section 2.2.2.4), les très vieilles forêts sans strates arbustives (vieille pinèdes, etc.).

Tout en ayant en tête l'objectif d'échantillonner des sites propices au lièvre, le gestionnaire devra s'assurer que les sites choisis sont représentatifs de l'habitat majoritairement fréquenté par l'espèce dans sa région. Il est donc possible que, dans certaines régions, par exemple le Nord du Québec, il soit très difficile de trouver des

sites répondant aux critères optimaux d'habitats et que les peuplements fréquentés par le lièvre aient une composition, une taille et une densité différente de ceux décrits plus haut. Dans ce cas, il est justifié d'adapter la localisation des grilles en fonction de la superficie et des caractéristiques d'habitats où l'on retrouve le lièvre. Ces adaptations risquent cependant de rendre périlleuses les comparaisons interrégionales ainsi que d'affecter le niveau de précision des données.

2.2.2.3 *Rotation des sites d'échantillonnage*

La qualité optimum des sites est intimement reliée à la hauteur des peuplements. Il est évident que le vieillissement du peuplement devrait diminuer à long terme l'efficacité de la grille pour mesurer les changements dans les populations de lièvre. Cependant, comme il est anticipé que les habitats suboptimaux montreront les plus grandes variations entre les hauts et les bas des cycles du lièvre, il n'est donc pas nécessaire de procéder, dans un délai déterminé, à une rotation systématique des grilles sélectionnées.

Par ailleurs, afin de respecter l'objectif de départ, soit de détecter l'abondance plus ou moins grande du lièvre dans des habitats propices à cette espèce, il pourra être nécessaire de procéder au remplacement des grilles qui auront subi des perturbations majeures ou un vieillissement tel qu'elles deviennent inaptes à mesurer les variations des populations. De plus, puisque la mise en place des grilles dans les régions s'est faite dans un court laps de temps, il est fort probable que celles-ci évolueront (vieilliront) dans le temps au même rythme; il est donc plus prudent de procéder progressivement au remplacement des grilles afin d'amortir cette opération sur plusieurs années.

2.2.2.4 *Éclaircies pré-commerciales*

L'examen de la liste de critères à la section 2.2.2.2 révèle un certain degré de liberté quant à la sélection des sites pour l'échantillonnage. Tout de même, certains gestionnaires pourraient avoir de la difficulté à identifier des sites, utilisables à long terme, qui correspondent à ces critères sur leur territoire. Ceci est dû, dans certains cas, à l'importance des coupes d'éclaircies pré-commerciales (EPC) effectuées généralement dans les peuplements à fort potentiel pour le lièvre.

Des travaux en cours visant à documenter l'impact des EPC sur le lièvre tendent à démontrer que ce traitement sylvicole a des effets très négatifs à court terme sur l'habitat du lièvre (P. Blanchette, comm. pers.)¹. Cependant, on constate qu'après une période d'environ cinq ans l'habitat redevient propice au lièvre au fur et à mesure que le couvert se referme et que les tiges de feuillus coupées se régénèrent. L'habitat peut même devenir de meilleure qualité qu'au moment du traitement en créant un entremêlement de couvert dense et de nourriture disponible et abondante. Pour cette raison, il sera préférable d'inclure les peuplements traités en EPC dans le dispositif d'échantillonnage, seulement après une période de cinq ans.

Comme les EPC visent à favoriser la dominance et la croissance des tiges résineuses, il est possible que les peuplements traités ne constituent des habitats propices au lièvre que sur une période relativement brève. De plus, l'EPC conduit à une sorte d'artificialisation de la forêt qui n'est peut-être pas représentative des conditions prévalant sur l'ensemble du territoire. Par conséquent, il faudrait résister à la tentation de rechercher spécifiquement les secteurs d'EPC pour implanter les dispositifs de dénombrement de crottins de lièvre, à moins que la sylviculture intensive fasse en sorte que ces habitats constituent la norme dans une région donnée.

2.2.2.5 *Les plantations*

Certaines observations de terrain laissent entrevoir une utilisation assez forte par le lièvre des plantations (C. Pilon, comm. pers.)². Le gestionnaire pourrait ainsi être tenté d'utiliser ces secteurs comme sites d'échantillonnage, d'autant plus que le ministère des Ressources naturelles en tient un registre.

Le gestionnaire devra par contre tenir compte de certains éléments dans son choix :

1. La plantation et l'entretien qui l'accompagnent créent un environnement propice à une croissance plus rapide du peuplement. Ainsi, comme dans le cas des éclaircies pré-commerciales, une croissance plus rapide réduira la « durée de vie espérée » de la grille.

¹ Direction de la recherche sur la faune

² Direction de l'aménagement de la faune de l'Outaouais

2. De plus, un des buts de la norme est de standardiser le choix du site d'implantation de la grille pour permettre une comparaison des variations d'abondance entre les régions. L'utilisation d'habitats qui s'écartent de cette norme peut rendre difficile une telle comparaison.
3. Dans le cas où cet habitat serait représentatif d'une région en terme de disponibilité, alors la mesure obtenue traduira l'abondance relative du lièvre d'un territoire où peu d'habitats optimaux sont disponibles.

2.2.2.6 *Les zones tampons*

Suite à l'installation d'une grille ou à l'identification d'un site propice, il se peut que ces derniers, ou les peuplements forestiers adjacents, soient visés par divers aménagements forestiers (coupes totales, éclaircies pré-commerciales, élagage, etc.). Ces interventions peuvent amener une perturbation importante de l'habitat et induire des effets pervers sur les déplacements et les domaines vitaux des lièvres et, par conséquent, sur les dénombrements de crottins dans la grille. Comme ces perturbations auraient pour effet d'introduire un biais dans le suivi, il est primordial de préserver une zone minimale de forêt intacte autour de la grille.

Il est difficile de déterminer de façon universelle une zone tampon minimale pour toutes les grilles, dans toutes les régions du Québec. Chaque grille est unique et la bande de protection peut être variable selon l'isolement de la grille, le type de peuplement concerné (pessière noire, sapinière à bouleaux jaune, etc.), la continuité de ces peuplements avec des peuplements adjacents propices au lièvre, de même que la nature (type : coupe totale, EPC, etc.) et l'importance (proportion affectée de la périphérie de la grille) des aménagements forestiers prévus. On peut également considérer que la largeur d'une bande protectrice puisse être variable, sur la périphérie d'une même grille, en fonction des critères précédents. Cependant, aucune activité forestière ou autres perturbations majeures ne devraient intervenir en dedans de 25 mètres de la grille.

Idéalement, une bande générale de protection, correspondant au domaine vital d'un lièvre, serait souhaitable entre la grille et des interventions forestières. Par exemple,

dans un peuplement de pessière noire, où le domaine vital du lièvre a été évalué à 17 ha (Ferron *et al.* 1994), la zone tampon idéale serait de 466 mètres (diamètre du domaine vital). Dans un peuplement plus favorable au lièvre, par exemple la sapinière à bouleau jaune, où le domaine vital du lièvre est beaucoup plus petit (entre 1,4 et 2,8 ha; Ferron *et* Ouellet 1992), les distances de protection pourraient varier entre 100 et 250 mètres.

À la limite, pour des raisons pratiques, la préservation d'une bande autour de la grille, correspondant au rayon du domaine vital d'un lièvre, serait acceptable. Même si, dans cette situation, des travaux majeurs d'aménagements forestiers près de la grille auraient certainement un impact sur le dénombrement de crottins, on peut présumer que cet impact serait ponctuel et atténué dans le temps. La série historique de données ne serait pas compromise quoiqu'il faudrait tenir compte de ce facteur dans l'interprétation des résultats.

REPÈRES POUR L'ÉTABLISSEMENT D'UNE ZONE TAMPON AUTOUR D'UNE GRILLE

Domaine vital	Rayon du domaine vital (mètres)
1,0 ha	56 m
2,0 ha	80 m
4,0 ha	113 m
17,0 ha	233 m

Enfin, pour assurer une protection à long terme et lorsque c'est possible, il est préférable de formaliser cette protection de la grille et de la zone tampon par une entente administrative avec le ministère des Ressources naturelles ou l'industriel forestier ou, à défaut, l'indiquer lors de l'examen des plans quinquennaux et annuels d'aménagements forestiers.

3. MÉTHODOLOGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

Nous avons décrit très techniquement, ci après, chaque étape des travaux pour assurer la meilleure normalisation possible entre les régions. Nous désirons également fournir un maximum de détails pour les personnes qui réaliseront, pour la première fois, ce type d'inventaire.

3.1 Implantation de la grille

3.1.1 Matériel requis par grille

- 48 poteaux d'environ un mètre;
- Bâton à mesurer d'un mètre pour chaque personne;
- Boussole, GPS;
- Ruban marqueur;
- Topofil;
- Fiches d'échantillonnage (annexes A et B);
- Crayons de plomb et feutres permanents;
- Radios portatifs;
- Carte forestière;
- Sacs à dos.

3.1.2 La planification des travaux

3.1.2.1 Planification cartographique

La méthode consiste à planter une grille d'échantillonnage semi-permanente composée de 48 parcelles sur quatre transects longs de 550 m dans un habitat propice au lièvre. Ces transects sont espacés de 50 m, ce qui crée une grille de piquets dont la superficie totale est de 150 m par 550 m (8,25 ha). L'équipe de travail doit identifier au préalable des peuplements forestiers susceptibles de rencontrer les critères retenus en terme d'habitat. Ceci peut être réalisé avec l'aide des cartes forestières (ou éco-forestières lorsque disponibles) du ministère des Ressources naturelles, de renseignements disponibles localement ou sur la base de connaissances acquises lors de travaux de terrains réalisés au préalable. Il s'agit ici d'un exercice cartographique

théorique. Ce n'est que lors de l'exécution des travaux de terrain que nous pourrions valider ces informations.

Il n'est pas nécessaire d'implanter toutes les grilles au cours d'une même année, cela peut d'ailleurs s'échelonner sur plusieurs années selon les ressources dont dispose le gestionnaire. De plus, une telle approche facilite une rotation des sites d'échantillonnage (voir section 2.2.2.3).

3.1.2.2 *Prospection des sites*

Il est fortement recommandé d'effectuer la visite préalable des sites potentiels afin de se concentrer uniquement sur l'implantation de la grille le moment venu. Ces visites se feront en période d'absence de feuilles (ex : en octobre) pour mieux visualiser la qualité du couvert latéral. À cette occasion, on doit marcher assez profondément dans le peuplement (ex : 400 mètres) pour être en mesure de détecter des changements importants au niveau de la qualité du site en terme d'habitat pour le lièvre.

Il est probable que le personnel trouvera des sites de plus de 8,25 ha qui présenteront les caractéristiques souhaitées, mais où il sera impossible de placer une grille régulière de 150 m x 550 m. On pourra alors changer la forme de la grille. Dans une telle situation, il faut se rappeler les règles suivantes :

- les transects doivent être distants de 50 m l'un de l'autre;
- les transects doivent être parallèles;
- 48 poteaux doivent être répartis sur les transects.

Le gestionnaire peut ainsi moduler la longueur et la position de chaque transect tout en maintenant la surface échantillonnée constante. Ceci lui permettra de combiner les résultats obtenus avec ceux des autres grilles d'échantillonnage sans trop affecter la méthodologie d'échantillonnage et la validité des données.

3.1.2.3 *Préparation des poteaux*

Selon l'option choisie, on aura peut-être à tailler des poteaux ou à les peindre (voir annexe G). Les poteaux ne devraient pas dépasser un mètre de longueur afin de

minimiser le poids lors du transport et ne pas avoir moins de 60 centimètres pour demeurer visibles une fois plantés.

Il est aussi recommandé d'identifier les poteaux au préalable, la pluie pouvant rendre cette opération pénible sur le terrain. De plus, on évite les erreurs de marquage au moment de la pose.

3.1.3 Répartition des tâches

Voici les principales tâches qu'auront à se répartir les deux personnes qui implanteront la grille :

- localiser l'emplacement de la parcelle;
- piquer et numéroter le poteau;
- enlever et dénombrer les crottins sur la parcelle;
- marquer adéquatement le transect.

Selon les aptitudes ou les intérêts de chacun, plusieurs approches peuvent être considérées. Il est possible, par exemple, que chacune des personnes effectue l'ensemble des tâches en se répartissant les transects ; ou bien, une personne se charge de localiser les parcelles et marquer les transects alors que l'autre plante les poteaux et dénombre les crottins.

3.1.4 L'exécution des travaux

- A. Rendu dans un secteur identifié, et dans le cas où on n'a pu le faire auparavant, l'équipe sélectionnera le site exact de la grille selon les observations sur le terrain. Si l'endroit n'offre pas de sites intéressants, l'équipe devra explorer un autre secteur.
- B. Lorsque l'équipe est prête à commencer l'implantation de la grille, elle doit choisir un repère (borne), facilement identifiable du bord de la route ou du sentier, pour faciliter le repérage du début du transect. Si un appareil GPS est disponible, l'équipe devrait noter la position; ceci facilitera le repérage de la grille par d'autres personnes lors des futurs dénombrements. En absence de bornes facilement identifiables, l'équipe pourra en créer une à l'aide de piquets, de rubans ou d'un cairn. On ne doit pas

hésiter à décrire les repères pour une grille avec le plus de détails possibles (annexe A).

- C. Chaque personne transporte 24 poteaux dans un sac à dos prévu à cet effet. On installe alors le premier poteau à 25 mètres à l'intérieur du peuplement : c'est là que débute le premier transect. Le piquet devrait être planté solidement dans le sol afin de réduire les risques qu'il ne tombe pendant l'année.
- D. Si ce n'est déjà fait, on identifie le poteau à l'aide d'une échelle alphanumérique. Étant donné que le poteau est situé sur le premier transect, il porte la lettre A. Puisque c'est le premier poteau, il porte également le numéro 1. Ainsi, il est étiqueté A1. Le deuxième poteau du même transect sera étiqueté A2 et ainsi de suite (figure 1).
- E. Une fois le poteau posé, on mesure la parcelle à l'aide d'un mètre. Toutes les crottes situées à l'intérieur du cercle d'un mètre de rayon autour du poteau sont enlevées et comptées. Elles sont facilement reconnaissables grâce à leur forme sphérique et leur taille d'environ un centimètre de diamètre (Ferron *et al.* 1996). Les crottes de plus d'un an, à éliminer de ce premier dénombrement, vont du gris foncé au noir et ont une couleur uniforme. Les crottes de l'année, par contre, sont brunes. De plus, elles se distinguent des crottes plus anciennes par la présence de matériel brun pâle au centre de la crotte (Krebs *et al.* 1987). Le manipulateur doit enlever les crottes même sous les feuilles mortes de l'automne précédent s'il y a lieu et sur une surface un peu plus large que la parcelle pour s'assurer que de vieilles crottes limitrophes ne s'y retrouveront pas l'année suivante. Une fois le décompte effectué, le résultat est noté sur la fiche de dénombrement présentée à l'annexe B. Nous recommandons d'utiliser cette donnée de la première année, à titre indicatif, en raison du caractère subjectif de discrimination entre les crottes de moins d'un an et les plus vieilles.

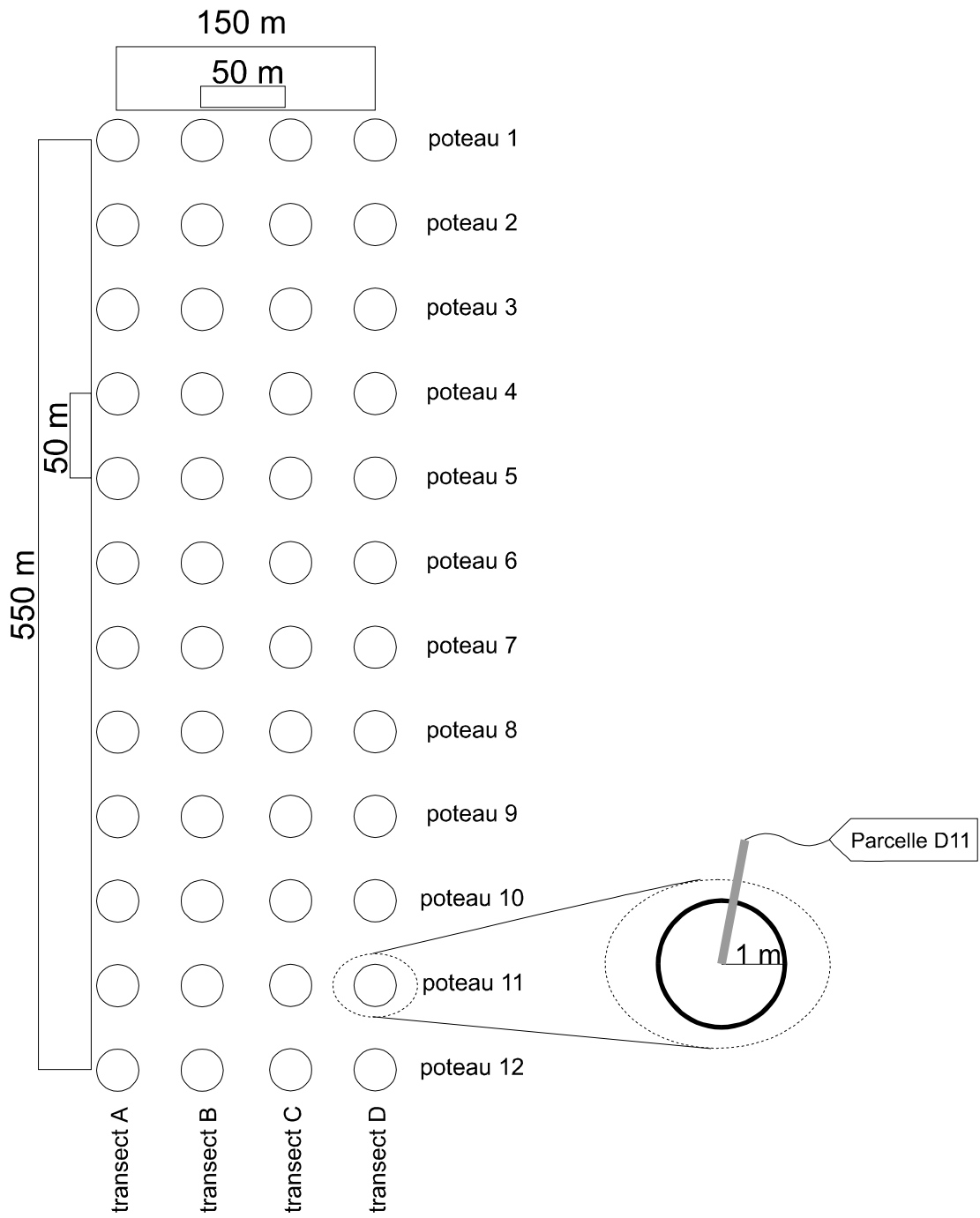


Figure 1. Diagramme illustrant une grille d'échantillonnage de crottins de lièvre.

- F. Ensuite, on prend un azimut qui oriente le transect (et par conséquent toute la grille) dans une direction générale qui sera perpendiculaire au chemin. On se déplace alors sur une distance de 50 mètres pour y installer le second poteau (figure 1). L'azimut devrait également être noté sur la fiche descriptive (annexe A) pour faciliter les visites subséquentes.
- G. Une fois le deuxième poteau installé, on répète l'opération jusqu'à concurrence de 12 poteaux, c'est-à-dire lorsqu'une distance de 550 m a été atteinte (figure 1). Il ne faut pas oublier de marquer abondamment le transect à l'aide de rubans fixés aux arbres afin de bien l'identifier et de faciliter les visites subséquentes.
- H. Les transects doivent être parallèles entre eux; ainsi à la fin de ceux-ci on prend un azimut perpendiculaire. À l'aide du topofil, on mesure une distance de 50 m pour localiser le début du transect suivant (figure 1). En prenant une seconde virée de 90° par rapport à la précédente, on s'assure ainsi de suivre un transect parallèle au premier. Il est fortement recommandé de valider la distance entre deux transects en cours de route : après avoir effectué le transect A et rendu à la parcelle B-6, on peut mesurer la distance entre B-6 et A-6 afin d'apporter des correctifs s'il y a lieu.
- I. À la fin de l'installation de la grille, on s'assure d'avoir complété la fiche (annexe A) qui décrit, entre autres, les habitats où se trouve la grille, de même que la localisation exacte des poteaux A-1 et D-1. On peut faire le croquis du site et de la grille.

3.1.5 Considérations techniques

- Il est essentiel de respecter strictement l'emplacement prévu pour le poteau : on le pique exactement au cinquantième mètre, en tenant compte que, si la parcelle tombe sur un substrat où l'on ne peut planter le poteau (ex. un cap rocheux, un petit ruisseau, un trou d'eau, etc.), on déplace la parcelle immédiatement après l'obstacle. Le poteau suivant est planté à 50 m de l'emplacement théorique et non à 50 m de la parcelle relocalisée. Si l'obstacle est trop important, on peut envisager de ne pas implanter de poteaux à cet endroit, donc une grille de 47 parcelles au lieu de 48.

- Il pourrait être utile d'établir un point de repère (au bout du chemin ou du sentier) permettant de localiser le dernier poteau (D-1) et de noter la position GPS (annexe A), au cas où la situation exigerait de commencer la grille à l'envers.
- Faire un croquis du site, de la grille et des repères une fois la grille installée pourrait s'avérer également utile dans le futur (annexe A).
- Dans un contexte de très grande rareté d'endroits propices qui obligerait le gestionnaire à planter deux grilles à proximité l'une de l'autre, elles devront être distantes d'au moins 500 m. Puisque le lièvre a un domaine vital d'une superficie de dix-sept hectares en pessière (Ferron et Ouellet 1992), correspondant théoriquement à un cercle de 466 m de diamètre (voir la section 2.2.2.6), le fait de distancer les grilles de 500 m permettra d'éviter le chevauchement des domaines vitaux. On doit toutefois rechercher le plus grand éparpillement possible des grilles.

3.2 Dénombrement subséquent de crottins

Une équipe composée de deux personnes dénombre les crottins dans chacune des grilles. On utilisera pour ce faire la fiche apparaissant à l'annexe B. Les dénombrements subséquents se font de la même façon que lors de l'implantation de la grille :

1. mesurer la parcelle à l'aide d'un mètre ou d'un bâton d'un mètre de long;
2. compter toutes les crottes (sphérique, 1 cm de diamètre, couleur brune);
3. enlever toutes les crottes sur la parcelle et son pourtour.

3.2.1 Notes

- Il est essentiel de faire le dénombrement à tous les ans. Bien que les crottins de plus d'un an soient rares et identifiables, les risques d'erreurs sont tout de même élevés. Par conséquent, lorsqu'une année de dénombrement est sautée, les mesures récoltées représentent théoriquement deux années et la contribution de chacune des années ne peut être déterminée. Ceci crée un biais qui peut fausser les résultats, et non pas une, mais deux années de suivi peuvent être perdues. Quant aux données de la première année elles peuvent cependant être conservées à titre indicatif.

- Il faut prévoir l'entretien du site :
 - ✓ Apporter des poteaux de rechange pour renouveler certains poteaux endommagés. Si l'endroit exact d'un poteau manquant demeure introuvable, il ne faut pas tenter de faire une lecture approximative. L'équipe doit en prendre note et installer une nouvelle parcelle en suivant les directives décrites à la section 3.1.4. L'absence de données sera absorbée dans le traitement statistique puisqu'il est basé sur le nombre de crottins par unité de surface.
 - ✓ Ne pas oublier le rouleau de ruban afin d'entretenir le marquage des transects.

3.3 Période d'inventaire

1. Tel que mentionné ci-dessus, le dénombrement de crottins doit être fait tous les ans, et à la même période.
2. Les mesures devraient être prises après la fonte des neiges juste avant que les strates herbacée et arbustive ne recouvrent le sol. Ces conditions sont retrouvées environ entre la fin avril et la fin mai, selon les régions ou les conditions climatiques, et s'étendent généralement sur une période de deux semaines. Cette période permet de réaliser l'échantillonnage sur un substrat un peu plus sec qu'immédiatement après la fonte des neiges. De plus, l'absence ou la faible densité de la végétation de la strate herbacée rend la surface des parcelles bien visible, ce qui évite d'omettre de dénombrer des crottins.
3. S'il reste des plaques de neige en forêt, il n'est pas recommandé de tenter de dénombrer les crottins. Ceci risque de sous-évaluer l'indice.
4. Les grilles peuvent servir d'une année à l'autre tant et aussi longtemps que le peuplement représente un habitat propice au lièvre.

4. TRAITEMENT DES DONNÉES

4.1 Compilation des données

On compile les données de dénombrement à l'aide des calculs suivants :

$$D = \frac{\sum_{i=1}^p C_i}{A_p \times \sum p_i}$$

où :

D = la densité de crottins pour une grille d'échantillonnage (crottins/m²)

C_i = le nombre de crottins dénombrés dans une parcelle de 1m de rayon

A_p = l'aire d'une parcelle soit π m² (environ 3,14 m²)

Σp_i = le nombre de parcelles dans la grille d'échantillonnage

Ceci permet de produire un tableau du type suivant :

Grille d'échantillonnage	Densité (crottins/m ²)			
	Année 1999	Année 2000	Année 2001	Année 2002
1 (Σp _i =48)	7,00	1,00	2,00	1,50
2 (Σp _i =48)	28,90	35,60	20,90	6,10
3 (Σp _i =48)	24,90	14,00	18,80	5,70
4 (Σp _i =48)	34,10	11,80	3,00	7,10
5 (Σp _i =48)	21,60	12,10	6,70	7,30

4.2 Analyse statistique

L'analyse statistique se décompose en trois parties. La première partie consiste à calculer la densité moyenne annuelle (\bar{D}) et l'erreur sur la moyenne ($s_{\bar{x}}$). Pour ce faire, on doit utiliser les formules suivantes :

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

où :

D_i = la densité mesurée dans la grille d'échantillonnage *i*

n = le nombre de grilles d'échantillonnage

$$s_x = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

où :

$$s = \text{l'écart-type de la densité moyenne annuelle} = \sqrt{\frac{\sum D_i^2 - \frac{(\sum D_i)^2}{n}}{n-1}}$$

n = le nombre de grilles d'échantillonnage

Les résultats de ces calculs sont ensuite rapportés sous forme graphique pour illustrer les tendances de la population (figure 2). C'est à partir de ce graphique que le gestionnaire sera en mesure de déceler la présence des cycles de population et, le cas échéant, d'en estimer l'amplitude. Il permettra également de connaître avec une certaine précision les tendances annuelles de l'abondance relative du lièvre.

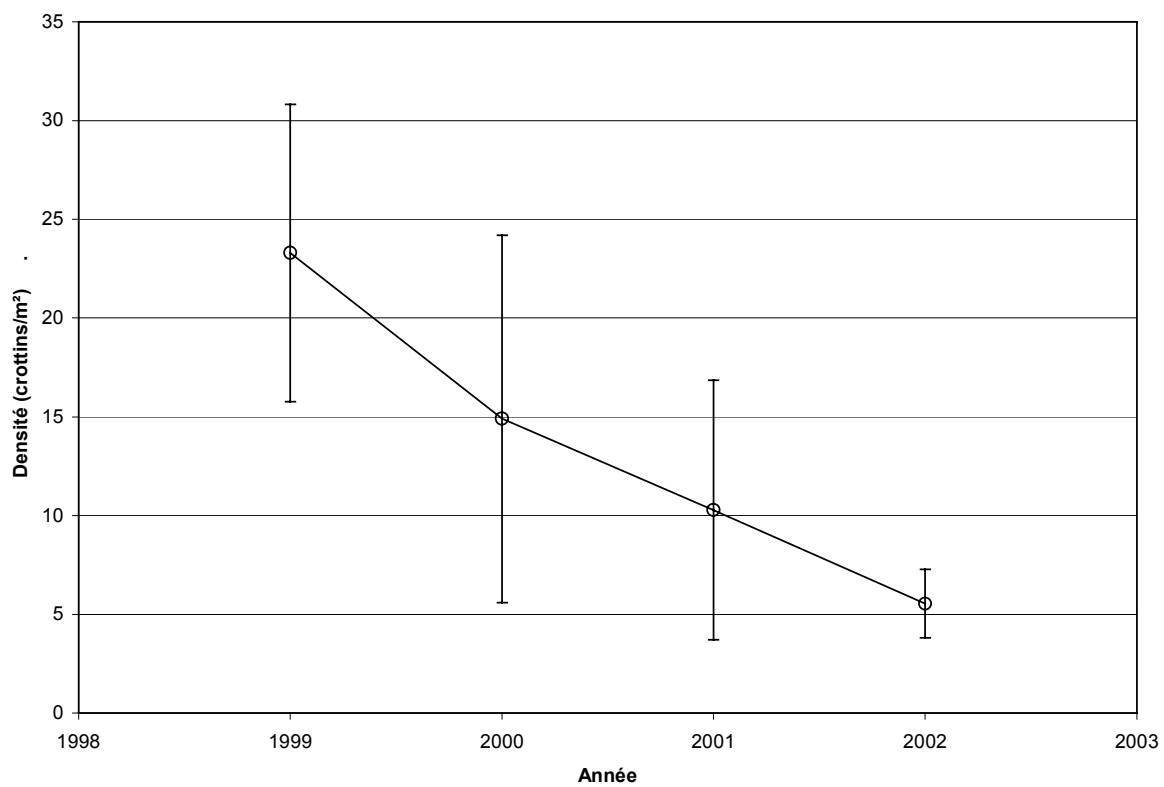
La deuxième analyse statistique consiste à évaluer si les variations observées entre les années sont significatives. Pour ce faire, on utilise une analyse de variance (ANOVA) à mesures répétées. Une telle analyse indiquera au gestionnaire si les moyennes mesurées sont identiques ou non.

L'ANOVA repose sur deux prémisses :

1. La variance de la population de la région d'une année à l'autre est constante, c'est-à-dire que dans notre exemple $\sigma^2_{1999} = \sigma^2_{2000} = \sigma^2_{2001} = \sigma^2_{2002}$,
2. Les échantillons sont prélevés de populations normales.

Les déviations de ces prémisses peuvent être testées. Pour l'homogénéité de la variance, le test de Bartlett (Zar 1984, p. 181-183) peut être utilisé. Pour ce qui est de la normalité de l'échantillon elle peut être faite avec une analyse graphique des données ou par des tests comme le χ^2 , Komolgorov-Smirnov ou Wilk-Shapiro (Zar 1984, p. 88-96). Selon Zar (1984, p. 70), l'ANOVA est très robuste à des déviations même assez considérables de la normalité et de l'homogénéité de la variance. En cas de doute cependant, l'utilisation d'un test non paramétrique tel que le test de Friedman est recommandé. Un exemple de calcul pour ces deux dernières analyses est présenté aux annexes C et E.

L'analyse de variance indique si les moyennes sont différentes significativement mais elle n'indique pas lesquelles diffèrent. Pour ce faire, un test de comparaisons multiples doit être calculé. Il existe plusieurs tests possibles, mais celui qui est le plus couramment utilisé c'est le test de Tukey avec quelques modifications pour les mesures répétées (Zar 1984, p. 266). Ce test repose sur les mêmes prémisses que l'ANOVA. Quoique robuste, il est particulièrement sensible à l'hétérogénéité de la variance. Si le gestionnaire n'est pas en mesure de présumer de l'homogénéité de la variance, l'utilisation d'un test non paramétrique s'impose. En conjonction avec le test de Friedman, il est recommandé d'utiliser le test de Tukey pour données ordonnées (Zar 1984, p. 230-231). Un exemple de calcul est fourni aux annexes D et F.



Note : Les barres représentent l'intervalle de confiance 95% avec $\alpha = 0,10$.

Figure 2. Exemple de graphique de la variation temporelle de la densité moyenne de crottins de lièvre.

GLOSSAIRE

Azimut : un azimut, également appelé virée, est une direction mesurée à l'aide d'une boussole. L'azimut représente généralement l'angle par rapport au nord géographique. Un azimut plein est donc de 90°.

Couronne : la couronne représente la strate supérieure de la forêt. Cette strate est formée par la cime des arbres du peuplement. Le degré de fermeture de la couronne est une évaluation de la proportion des strates inférieures du peuplement qui sont à ciel ouvert.

Couvert latéral : mesure de la qualité du milieu comme couvert d'abri ou de fuite. Cette mesure permet d'estimer la distance de visibilité d'un animal par rapport à un prédateur qui le poursuivrait. Le couvert latéral est intimement lié à la densité d'un peuplement. Plus le couvert latéral est élevé, plus la densité du peuplement est élevée et plus ce dernier représente un bon abri pour une proie. Un indice de l'importance du couvert latéral est l'obstruction visuelle obtenue à l'aide d'une planche à profil de végétation (Ferron *et al.* 1996).

Grille : une grille est une série de parcelles réparties à intervalles réguliers sur un certain nombre de transects parallèles. La grille est l'unité d'échantillonnage pour évaluer la densité moyenne de crottins de lièvre sur le territoire.

Hauteur moyenne du peuplement : cette mesure correspond à la hauteur réelle des arbres d'une essence donnée d'un peuplement. Cette mesure peut être obtenue à l'aide de clinomètres ou de règles extensibles.

Nombre de tiges à l'hectare : le nombre de tiges à l'hectare représente une mesure de la densité d'un peuplement. Il représente donc le nombre de troncs par unité de surface.

Parcelle : une parcelle est une superficie circulaire d'un mètre de rayon répartie à intervalles réguliers sur un transect. La parcelle sert à délimiter une surface sur laquelle sont dénombrés les crottins de lièvre.

Surface terrière : la surface terrière est la somme des surfaces des sections de troncs de plus de 10 cm de diamètre situés à 1,30 m de hauteur au-dessus du niveau moyen du sol (hauteur de poitrine). Elle est donc calculée en mesurant le diamètre à la hauteur de poitrine d'un échantillon d'arbres dans un peuplement.

REMERCIEMENTS

Nous aimerions remercier MM. Jean Ferron et Alain Caron, du département de Biologie et Sciences de la santé de l'Université du Québec à Rimouski, pour leur aide et leurs conseils pour établir cette stratégie d'échantillonnage. De plus, nous aimerions souligner l'apport de tous les coordonnateurs régionaux de la Société de la faune et des parcs du Québec qui nous ont fait part de leurs commentaires au sujet de la méthodologie.

Merci également à MM. Michel Crête, François Potvin et Pierre Blanchette, de la Direction de la recherche sur la faune, pour leur expertise scientifique, de MM^{es} Lucie Gignac et Nicole Blanchette pour la préparation des fiches techniques, de même que MM^{es} Lise Nadeau et Jacinthe Bouchard pour la mise en forme et l'édition du document.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- FERRON, J. et J.P. OUELLET. 1992. Daily partitioning of summer habitat and use of space by the snowshoe hare in southern boreal forest. *Can. J. Zool.* 70 : 2178-2183.
- FERRON, J., F. POTVIN et C. DUSSAULT, 1994. Impact à court terme de l'exploitation forestière sur le lièvre d'Amérique en forêt boréale. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction de la faune et des habitats, Service de la faune terrestre, 75p.
- FERRON, J., R. COUTURE et Y. LEMAY. 1996. Manuel d'aménagement des boisés privés pour la petite faune. Fondation de la faune du Québec, Sainte-Foy, pp. 71-72.
- FRIEDMAN, M. 1940. A comparison of alternate tests of significance for the problem of m rankings. *Ann. Math. Statist.* 11 : 86-92.
- GODBOUT, G. 1999. Détermination de la présence d'un cycle de population du lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) au Québec et des méthodes de suivi applicables à cette espèce. Rapport de recherche de maîtrise. Rimouski : Université du Québec à Rimouski. 109 p.
- KENDALL, M.G. et B. BABINGTON-SMITH. 1939. The problem of m rankings. *Ann. Math. Statist.* 10 : 275-287.
- KREBS, C.J., B.S. GILBERT, S. BOUTIN et R. BOONSTRA. 1987. Estimation of snowshoe hare density from turd transects. *Can. J. Zool.* 65 : 565-567.
- KREBS, C.J., S. BOUTIN, R. BOONSTRA, R.E. SINCLAIR, J.N.M. SMITH, M.R.T. DALE, K. MARTIN et R. TURKINGTON. 1995. Impact of food and predation on the snowshoe hare cycle. *Science* 269 : 1112-1115
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1995. Plan de gestion du lynx du Canada au Québec 1995 : Objectifs de gestion et stratégie d'exploitation. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Québec. 30 p.
- ORR, C.D. et D.G. DODDS. 1982. Snowshoe hare habitat preferences in Nova Scotia spruce-fir forests. *Wildl. Soc. Bull.* 10 : 179-182.
- PILON, C. et M. MACQUART. 1989. Guide technique d'inventaire aérien des colonies de castor. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction régionale de l'Outaouais, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, 18 p.
- ROGOWITZ, G.L. 1988. Forage quality and use of reforested habitats by snowshoe hares. *Can. J. Zool.* 66 : 2080-2083.
- ZAR, J.H. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2^e édition, Prentice Hall, New Jersey. 718 p.

ANNEXES

Annexe A - Fiche descriptive d'une grille d'échantillonnage pour le lièvre

FICHE DESCRIPTIVE D'UNE GRILLE D'ÉCHANTILLONNAGE POUR LE LIÈVRE

**NOM/N° DE
GRILLE:** _____

**DATE
D'IMPLANTATION:** _____

LOCALISATION (Mercator UTM):	NAD 27 <input type="checkbox"/>	NAD 83 <input type="checkbox"/>	ZONE UTM : <input type="text"/> <input type="text"/>
Poteau	Est : <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	411111	Est : <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
A-1:	Nord : <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	D-1:	Nord : <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
N° Carte : _____ Déclinaison : _____ Azimut : _____			

DESCRIPTION DES HABITATS EN TERME DE:

Composition:	_____
Densité:	_____
Hauteur:	_____
Régénération:	_____

CROQUIS DE LA GRILLE:

OBSERVATEUR(S) : _____

COMMENTAIRES :

Annexe B - Fiche d'inventaire de crottins de lièvre

FICHE D'INVENTAIRE DE CROTTINS DE LIÈVRE

**NOM/N° DE
GRILLE:** _____

DATE: _____

POTEAU	TRANSECTS				REMARQUES		
	A	B	C	D			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
TOTAL							

OBSERVATEUR(S) :	
COMMENTAIRES :	

Annexe C - Exemple de calcul d'une ANOVA à mesures répétées

Cinq grilles d'échantillonnage de crottins de lièvres ont été inventoriées pendant quatre ans. Les données sont des densités en crottins/m². Nous désirons déterminer si les densités sont égales pendant les quatre années.

Dans l'exemple de calcul suivant :

a = le nombre d'années

b = le nombre de grilles

N = la taille de l'échantillon = a x b

Total DL = le degré de liberté total du test = N – 1

Année DL = le degré de liberté des années = a – 1

Grille DL = le degré de liberté des grilles = b – 1

Résidus DL = le degré de liberté des résidus ou de l'erreur = (a – 1)(b – 1)

X_{ij} = la densité pour une grille et une année donnée.

Grand Total = $\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b X_{ij}$ = la somme des colonnes ou des lignes

$$C = \text{facteur de correction} = \frac{\left(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b X_{ij} \right)^2}{N}$$

SC = somme des carrés

MC = moyenne des carrés = SC/DL

Alors si :

H_0 : la densité moyenne de crottins des quatre années est la même.

H_A : la densité moyenne de crottins des quatre années n'est pas la même.

et

$$\alpha = 0,10$$

Exemple	Année 1999	Année 2000	Année 2001	Année 2002	Total (B _j)
Grille 1	7,00	1,00	2,00	1,50	11,50
Grille 2	28,90	35,60	20,90	6,10	91,50
Grille 3	24,90	14,00	18,80	5,70	63,40
Grille 4	34,10	11,80	3,00	7,10	56,00
Grille 5	21,60	12,10	6,70	7,30	47,70
					Grand total
Total (G _i)	116,50	74,50	51,40	27,70	270,10

$$00 \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b X_{ij}^2 = 5\,907.390$$

Total DL = N - 1 = 20 - 1 = 19

Année DL = a - 1 = 4 - 1 = 3

Grille DL = b - 1 = 5 - 1 = 4

Résidus DL = (a - 1)(b - 1) = 12

$$00 C = \frac{\left(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b X_{ij} \right)^2}{N} = \frac{72954.01}{20} = 3647.7005$$

$$SC \text{ Total} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b X_{ij}^2 - C = 5\,907.390 - 3\,647.7005 = 2\,259.6895$$

$$00 SC \text{ Année} = \frac{\sum_{i=1}^a G_i^2}{b} - C = \frac{(116.5)^2 + (74.5)^2 + (51.4)^2 + (27.7)^2}{5} = 4\,506.350 - 3\,647.7005 = 858.6495$$

$$00 SC \text{ Grille} = \frac{\sum_{j=1}^b B_j^2}{a} - C = \frac{(11.5)^2 + (91.5)^2 + (63.4)^2 + (56)^2 + (47.7)^2}{4} = 4\,483.8375 - 3\,647.7005 = 836.1370$$

$$SC \text{ Résidus} = SC \text{ Total} - SC \text{ Année} - SC \text{ Grille} = 2\,259.6895 - 858.6495 - 836.1370 = 564.903$$

Source de la variation	SC	DL	MC
Total	2 259.6895	19	
Année	858.6495	3	286.2165
Grille	836.1370	4	209.0343
Résidus	564.903	12	47.0753

$$F = \frac{MC \text{ Année}}{MC \text{ Résidus}} = \frac{286.2165}{47.0753} = 6.0800$$

$$F_{0.1(1),3,12} = 2.46 \text{ (Zar 1984 : 486-521)}$$

Rejette H_0 .

$$0,005 < P < 0,01$$

Annexe D - Exemple de calcul d'un test de Tukey (paramétrique)

Puisque l'ANOVA à mesures répétées (annexe C) a trouvé une différence significative, un test de Tukey est réalisé pour déterminer quelles moyennes sont différentes.

$$H_0 : \mu_A = \mu_B$$

$$H_A : \mu_A \neq \mu_B$$

$$\alpha = 0,10$$

	Année 1999	Année 2000	Année 2001	Année 2002
Grille 1	7,00	1,00	2,00	1,50
Grille 2	28,90	35,60	20,90	6,10
Grille 3	24,90	14,00	18,80	5,70
Grille 4	34,10	11,80	3,00	7,10
Grille 5	21,60	12,10	6,70	7,30
Moyenne (\bar{X})	23,30	14,90	10,28	5,54
Rang	4	3	2	1
n	5	5	5	5

Selon l'Annexe C :

$$MC \text{ résidus} = 47,0753 = s^2$$

$$DL \text{ résidus} = 12 = v \text{ (le degré de liberté du test)}$$

$$SE = \sqrt{\frac{s^2}{2} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)} \quad \text{et} \quad q = \frac{\bar{X}_B - \bar{X}_A}{SE}$$

Comparaison (B vs A)	Différence ($\bar{X}_B - \bar{X}_A$)	SE	q	$q_{0,10, 12, 4}$ (Zar 1984 : 522-537)	Conclusion
1999 vs 2002	17,76	3,0684	5,7880	3,621	Rejette H_0
1999 vs 2001	13,02	3,0684	4,2433	3,621	Rejette H_0
1999 vs 2000	8,40	3,0684	2,7376	3,621	Accepte H_0
2000 vs 2002	9,36	3,0684	3,0504	3,621	Accepte H_0
2000 vs 2001	4,62	3,0684	1,5057	3,621	Accepte H_0
2001 vs 2002	4,74	3,0684	1,5447	3,621	Accepte H_0

Conclusion générale : $\mu_{2002} = \mu_{2001} \neq \mu_{1999}$

Puisque $\mu_{2001} = \mu_{2000} = \mu_{1999}$, nous ne pouvons assigner l'an 2000 à un groupe de moyenne ou à l'autre. Ainsi, une erreur de type II a été commise, c'est-à-dire que nous avons accepté l'hypothèse nulle H_0 lorsque celle-ci est fausse. Pour corriger la situation, un nombre de grilles plus élevé serait nécessaire pour augmenter la puissance de l'analyse.

Annexe E - Exemple de calcul d'un test de Friedman (non paramétrique)

Cinq grilles d'échantillonnage de crottins de lièvres ont été inventoriées pendant quatre ans. Les données sont des densités en crottins/m². Nous désirons déterminer si les densités sont égales pendant les quatre années.

Dans l'exemple de calcul suivant :

a = le nombre d'années

b = le nombre de grilles

N = la taille de l'échantillon = a x b

R_i = somme des rangs d'une année donnée

$$\chi_r^2 = \frac{12}{ba(a+1)} \sum R_i^2 - 3b(a+1) = \text{la valeur statistique calculée}$$

v = le degré de liberté = a - 1

H_O : La densité moyenne de crottins des quatre années est la même.

H_A : La densité moyenne de crottins des quatre années n'est pas la même.

α = 0,10

Les données sont les suivantes (les données entre parenthèses sont les rangs) :

	Année 1999	Année 2000	Année 2001	Année 2002
Grille 1	7,00 (4)	1,00 (1)	2,00 (3)	1,50 (2) ³
Grille 2	28,90 (3)	35,60 (4)	20,90 (2)	6,10 (1)
Grille 3	24,90 (4)	14,00 (2)	18,80 (3)	5,70 (1)
Grille 4	34,10 (4)	11,80 (3)	3,00 (1)	7,10 (2)
Grille 5	21,60 (4)	12,10 (3)	6,70 (1)	7,30 (2)
Somme des rangs (R _i)	19	13	10	8
a = 4	b = 5	N = 20		

³ Les rangs sont calculés pour chaque grille en fonction de l'année. Dans notre exemple, les densités de la grille 1 sont classées de 1 à 4, ensuite les densités de la grille 2 et ainsi de suite.

$$\chi_r^2 = \frac{12}{ba(a+1)} \sum R_i^2 - 3b(a+1)$$

$$\chi_r^2 = \frac{12}{(5)(4)(4+1)} [(19)^2 + (13)^2 + (10)^2 + (8)^2] - (3)(5)(4+1)$$

$$\chi_r^2 = 0.12[694] - 75$$

$$\chi_r^2 = 83.28 - 75$$

$$\chi_r^2 = 8,28$$

$$v = a - 1 = 3$$

$$\chi_{0.10,3}^2 = 6,251^4 \text{ (Zar 1984 : 479-482)}$$

Rejette H_0
 $0,025 < P < 0,05$

⁴ La distribution de F peut également être utilisée pour déterminer si χ_r^2 est significative ou non (Kendall et Babington-Smith 1939 cités par Zar 1984). Bien que cela fonctionne mieux qu'avec la distribution χ^2 (Friedman 1940 cité par Zar 1984), la distribution F est beaucoup plus difficile à utiliser.

Annexe F - Exemple de calcul d'un test de Tukey pour données ordonnées (non paramétrique)

Puisque le test de Friedman (annexe E) a trouvé une différence significative, un test de Tukey est réalisé pour déterminer quelles moyennes sont différentes.

Dans l'exemple de calcul suivant :

a = le nombre d'années

b = le nombre de grilles

N = la taille de l'échantillon = a x b

R_i = somme des rangs d'une année donnée

$$SE = \sqrt{\frac{ba(a+1)}{12}} = \text{l'erreur standard}$$

$$q = \frac{R_B - R_A}{SE} = \text{la valeur statistique calculée}$$

Alors si :

H₀ : μ_A = μ_B

H_A : μ_A ≠ μ_B

et

α = 0,10

	Année 1999	Année 2000	Année 2001	Année 2002
Grille 1	7,00 (4)	1,00 (1)	2,00 (3)	1,50 (2)
Grille 2	28,90 (3)	35,60 (4)	20,90 (2)	6,10 (1)
Grille 3	24,90 (4)	14,00 (2)	18,80 (3)	5,70 (1)
Grille 4	34,10 (4)	11,80 (3)	3,00 (1)	7,10 (2)
Grille 5	21,60 (4)	12,10 (3)	6,70 (1)	7,30 (2)
Somme des rangs (R _i)	19	13	10	8
a = 4	b = 5			

$$SE = \sqrt{\frac{ba(a+1)}{12}} \quad \text{et} \quad q = \frac{R_B - R_A}{SE}$$

Comparaison (B vs A)	Différence (R _B - R _A)	SE	q	q _{0,10,∞,4} (Zar 1984 : 522-537)	Conclusion
1999 vs 2002	11	2,8868	3,8105	3,240	Rejette H ₀
1999 vs 2001	9	2,8868	3,1177	3,240	Accepte H ₀
1999 vs 2000	6	2,8868	2,0785	3,240	Accepte H ₀
2000 vs 2002	5	2,8868	1,7321	3,240	Accepte H ₀
2000 vs 2001	3	2,8868	1,0392	3,240	Accepte H ₀
2001 vs 2002	2	2,8868	0,6928	3,240	Accepte H ₀

Conclusion générale : $\mu_{1999} \neq \mu_{2002}$

Puisque $\mu_{2001} = \mu_{2000} = \mu_{1999}$ et $\mu_{2002} = \mu_{2001} = \mu_{2000}$, nous ne pouvons assigner les années 2000 et 2001 à un groupe de moyenne ou à l'autre. Ainsi, une erreur de type II a été commise, c'est-à-dire que nous avons accepté l'hypothèse nulle H₀ lorsque celle-ci est fautive. Pour corriger la situation, un nombre de grilles plus élevé serait nécessaire pour augmenter la puissance de l'analyse.

Annexe G - Estimation des ressources humaines et financières à consacrer au dénombrement de crottins de lièvre

A - RESSOURCES CONSACRÉES À LA PLANIFICATION ET LA PRÉPARATION

1. Ressources humaines :

- ✓ On doit d'abord identifier les secteurs où l'on désire placer nos grilles. La connaissance du territoire et des récoltes d'animaux à fourrure, principalement le lynx du Canada, devrait faire en sorte que cette étape soit assez courte, soit moins d'une journée.
- ✓ Ensuite, on recherche les bons peuplements théoriques à partir de cartes forestières du MRN dans les secteurs retenus. Cet aspect de la démarche peut nécessiter des entrevues avec les gens du MRN ou avec des responsables de CAAF des compagnies forestières. De plus, certaines visites sur le terrain sont très fortement recommandées (voir 3.1.2). Ainsi, il serait bon de prévoir environ un minimum d'une semaine pour cette partie de la planification qui peut s'effectuer n'importe quand entre l'automne et le printemps (en absence de feuilles).
- ✓ Le temps consacré aux préparatifs de terrain va varier selon le type de poteaux que l'on entend utiliser. Si l'on doit tailler et peindre nos poteaux, on peut compter environ 2 heures pour 100 poteaux. Si ce sont des poteaux déjà taillés, il ne nous reste qu'à les peindre (peinture en aérosol), ce qui devrait nécessiter ½ heure pour 100 poteaux.
- ✓ En résumé, on peut estimer que la planification et la préparation devraient prendre environ deux semaines selon le nombre de grilles à installer et les préparatifs requis pour les poteaux.

2. Ressources financières :

- ✓ Si l'on prend pour acquis que nous disposons déjà de matériel de terrain (boussole, GPS, topofil, sacs à dos, etc.), les seuls achats sont alors les poteaux de 1 m (3 pieds) et la peinture fluorescente.

- ✓ Poteaux à tailler soi-même : Pour les poteaux de 3 pieds, on peut utiliser par exemple des planches de 1"x3" de 12 pieds, pour un coût d'environ 0,31 ¢/poteau.
- ✓ Poteaux d'arpenteur : il s'agit de poteaux de 1po x 2 po de 3 pieds de long vendus en paquet de 25 au coût de 15,00 \$, ce qui donne 0,60 ¢/poteau. Des achats en lot peuvent réduire les coûts. Ces poteaux peuvent être achetés peints mais cela augmente le coût de 10,00 \$ par paquet.
- ✓ Peinture : l'achat d'un gallon de peinture orange s'amortira davantage sur un grand nombre de poteaux. Les coûts sont les suivants : gallon de peinture fluorescente = 100,00 \$; gallon de peinture rouge = 30,00 \$; bonbonne de peinture fluorescente en aérosol = 5,00 \$.
 - Le bout d'un poteau d'arpenteur peint sur une longueur de 6 pouces représente $0,25 \text{ pi}^2$. Si un gallon de peinture fluorescente peut couvrir 420 pi^2 , cela représente environ 1 680 poteaux et un coût de 2,86 \$ pour 48 poteaux. Si une bonbonne aérosol peut couvrir 21 pi^2 (ce qui est plausible) le coût de revient est identique au gallon. On peut toutefois être sûr qu'avec une bonbonne on peut peindre nos 48 poteaux ce qui revient à 5,00 \$.

3. Coût total pour une grille :

- ✓ Poteaux : le prix pour 48 poteaux va varier de 14,88 \$ à 42,24 \$ selon qu'on les taille ou non.
- ✓ Peinture fluorescente : le prix peut varier entre 2,86 \$ et 5,00 \$ selon qu'on prenne un gallon ou une bonbonne aérosol.
 - Exemple : en Abitibi-Témiscamingue on prendra des poteaux d'arpenteur de 3 pieds à 0,54 ¢/poteau (achat en lot de 1 000) et peints avec l'aérosol, pour un coût total par grille (48 poteaux) de 30,92 \$ (25,92 \$ + 5,00 \$).

B - VARIABLES UTILISÉES POUR L'ESTIMATION DU TEMPS REQUIS

1- Temps consacré à la marche entre les poteaux :

- ✓ Les arpenteurs estiment généralement à 4 km/h la vitesse de marche en forêt. Avec le matériel, les manipulations (boussole, topofil, recherche de parcelle, etc.) et le type de peuplement recherché (régénération très dense), notre observateur aura une vitesse moindre qui sera tout au plus de 1 km/h.

2- Temps consacré au dénombrement de crottins sur une parcelle :

- ✓ En moyenne, il faut compter 10 minutes, pour une personne, pour le dénombrement des crottins sur une parcelle de 3,14 m². Cette valeur peut varier selon l'abondance de crottins et la densité de végétation et de débris au sol.

C - CALCUL DU TEMPS REQUIS POUR L'IMPLANTATION ET LE DÉNOMBREMENT D'UNE GRILLE

1- Le transit :

- ✓ La distance totale à parcourir est de 2 350 mètres (47 x 50 mètres). Alors, si la vitesse de marche est de 1 km/h, il semble réaliste d'estimer à 2,5 heures le temps total de transit.

2- Le dénombrement :

- ✓ Si l'on admet qu'en moyenne ça prend 10 minutes par parcelle pour effectuer le dénombrement de crottins, il faut donc compter 8 heures au total pour effectuer les 48 parcelles.

3- Les autres manipulations :

- ✓ Les différentes manipulations lors de l'installation, soit les lectures de boussole ou de GPS, la pose des poteaux et des rubans, peuvent facilement équivaloir au temps de transit, soit 2,5 heures.

4- Temps total requis:

- ✓ Une personne seule doit envisager une durée de 13 heures pour effectuer l'implantation et le dénombrement d'une grille, soit 8 heures à dénombrer, 2,5

heures à marcher et 2,5 heures pour d'autres manipulations. Comme les équipes sont composées de deux personnes, le temps requis devrait diminuer environ de moitié, ce qui donne 4 heures de dénombrement et 2,5 heures de marche et de manipulation soit un total de 6,5 heures.

- ✓ Lors des dénombrements subséquents, on peut envisager entre 5 et 6 heures de travail pour chacune des personnes (4 heures de dénombrements et 1,25 heure de transit).
- ✓ Note : Ces estimations sont basées sur une méthode de travail où chaque manipulateur assume en solo l'ensemble des tâches sur respectivement deux transects et où les visites préalables de terrain ont évité toute perte de temps reliée à la recherche d'un site adéquat.