



BRUXELLES ENVIRONNEMENT
LEEFMILIEU BRUSSEL
- IBGE·BIM -



*Mission d'appui financée par
l'IBGE et confiée à
l'asbl W & M*



Mission d'appui pour la mise en place d'un recensement chevreuil dans le massif sonien

Rapport final

CELINE MALENGREAU

vzw Wildlife and Man asbl

JIM CASAER

vzw Wildlife and Man asbl - Instituut voor Natuur en Bosonderzoek

Août 2008

Table des matières

TABLE DES FIGURES.....	5
TABLE DES TABLEAUX	5
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	6
CHAPITRE 2 : LES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE RECENSEMENT DES CHEVREUILS.....	8
2.1. PROBLÉMATIQUE DES MÉTHODES DE RECENSEMENT DE CHEVREUILS	8
2.2. LES MÉTHODES DE RECENSEMENT DE CHEVREUILS EXISTANTES	8
2.2.1. <i>L'indice kilométrique d'abondance effectué à pieds, à l'aube et au crépuscule.....</i>	<i>9</i>
2.2.2. <i>Le recensement par parcours en voiture, au crépuscule.....</i>	<i>9</i>
2.2.3. <i>Le recensement par parcours en voiture et aux phares, de nuit.....</i>	<i>10</i>
2.2.4. <i>La taille moyenne des groupes.....</i>	<i>10</i>
2.2.5. <i>Les relevés d'indices de présence</i>	<i>10</i>
2.2.6. <i>L'analyse des tableaux de chasse.....</i>	<i>11</i>
2.2.7. <i>L'effort de chasse</i>	<i>11</i>
2.2.8. <i>L'approche sur secteur d'observation</i>	<i>11</i>
2.2.9. <i>La poussée sur secteur ou sur secteur échantillon</i>	<i>12</i>
2.2.10. <i>L'affût collectif.....</i>	<i>12</i>
2.2.11. <i>La battue à blanc (totale ou partielle).....</i>	<i>12</i>
2.2.12. <i>Le strip transect.....</i>	<i>13</i>
2.2.13. <i>Les relevés visuels et auditifs (RVA)</i>	<i>13</i>
2.2.14. <i>La méthode « Capture-Marquage-Recapture » (CMR).....</i>	<i>13</i>
2.2.15. <i>Le « Distance Sampling »</i>	<i>14</i>
2.2.16. <i>Le comptage des tas de matières fécales.....</i>	<i>14</i>
2.3. CHOISIR UNE MÉTHODE DE DÉNOMBREMENT.....	14
2.3.1. <i>Le but du monitoring des populations.....</i>	<i>14</i>
2.3.2. <i>Précision, justesse et fidélité</i>	<i>15</i>
2.3.3. <i>Déteçtabilité</i>	<i>16</i>
2.3.4. <i>Echantillonnage</i>	<i>16</i>
2.3.5. <i>L'utilisation des indices</i>	<i>17</i>
2.3.6. <i>Conclusion</i>	<i>17</i>
CHAPITRE 3 : MÉTHODE INDICIAIRE CHOISIE : L'INDICE KILOMÉTRIQUE D'ABONDANCE (IKA OU IK).....	19
3.1. JUSTIFICATION DU CHOIX DE LA MÉTHODE	19
3.2. PRINCIPE GÉNÉRAL DE LA MÉTHODE.....	19
3.3. CARACTÉRISTIQUES ET CHOIX DES CIRCUITS IKA	19
3.4. RÉPÉTITION, PÉRIODE, HORAIRE ET DURÉE DES OBSERVATIONS	20
3.5. LES OBSERVATEURS	21
3.6. MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR EFFECTUER LES PARCOURS	21
3.7. DISTRIBUTION ET RÉCUPÉRATION DES FORMULAIRES.....	21
3.8. BRIEFING À RÉALISER AVANT LE PREMIER RECENSEMENT.....	22
3.9. TRAITEMENT DES RÉSULTATS (GROUPE CHEVREUIL, 1991).....	22
3.10. LOGICIEL IKA	24
3.11. PREMIERS RÉSULTATS.....	24
3.11.1. <i>Calcul de l'« IKA 2008 »</i>	<i>24</i>
3.11.2. <i>Comparaison des résultats obtenus le soir et le matin.....</i>	<i>26</i>
3.11.3. <i>Comparaison des résultats obtenus sur les 4 parties de la Forêt de Soignes (fragmentation du massif grâce à l'autoroute et au ring).....</i>	<i>26</i>
3.11.4. <i>Comparaison des résultats obtenus en fonction du nombre de répétitions effectuées.....</i>	<i>27</i>
3.12. PREMIÈRES CONCLUSIONS	28
CHAPITRE 4 : LES MÉTHODES DE RECENSEMENT ABSOLUES À ENVISAGER EN FORÊT DE SOIGNES.....	29
4.1. JUSTIFICATION DU CHOIX DE DIFFÉRENTES MÉTHODES.....	29

4.2. LE DISTANCE SAMPLING	29
4.2.1. <i>Principe de la méthode</i>	29
4.2.2. <i>Application en Forêt de Soignes</i>	30
4.3. LE COMPTAGE DES TAS DE MATIÈRES FÉCALES.....	31
4.3.1. <i>Définition d'un tas de matières fécales (« pellet group »)</i>	31
4.3.2. <i>Le « Faecal standing crop counts » (FSC)</i>	31
4.3.2.1. <i>Le « Faecal standing crop plot counts »</i>	31
4.3.2.2. <i>Le « Faecal standing crop strip transect counts »</i>	32
4.3.3. <i>Le « Faecal Accumulate Rate » (FAR)</i>	32
4.3.4. <i>Le temps de décomposition des matières fécales chez le chevreuil</i>	33
4.3.5. <i>Le taux de défécation journalier chez le chevreuil</i>	34
4.3.6. <i>Le « Faecal standing crop line transect counts » (comptage des tas de matières fécales traité par distance sampling)</i>	34
4.3.7. <i>Avantages et inconvénients des méthodes de comptage de tas de matières fécales FSC et FAR (MAYLE et al, 1999)</i>	35
4.4. COMPARAISON DES MÉTHODES ABSOLUES RETENUES POUR LA FORÊT DE SOIGNES ET CONCLUSION	36
BIBLIOGRAPHIE	38
ANNEXES	42

Table des figures

Figure 1 : a. erreur liée à la fidélité, b. erreur liée à la justesse et c. résultat d'une méthode de suivi présentant une bonne précision (fidélité et justesse) (d'après Mayle et al. 1999) ; la taille réelle de la population est le centre de la croix	15
Figure 2 : Schéma des différents méthodes possibles et leur application (adapté de MILLS, 2007 ; MAYLE <i>et al.</i> , 1999)	18
Figure 3 : Comparaison de l'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) obtenu le soir et le matin.....	26
Figure 4 : Comparaison de l'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) obtenu sur les 4 parties de la Forêt de Soignes	27
Figure 5 : Comparaison de l'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) et de son intervalle de confiance en fonction du nombre de répétitions effectuées	28
Figure 6 : Calcul de la distance perpendiculaire entre l'animal et le parcours effectué dans le cadre de la méthode Distance sampling (d'après BORCHERS <i>et al.</i> , 2002)	30

Table des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des différentes méthodes de recensement des chevreuils	8
Tableau 2 : Résumé des différentes méthodes de recensement des chevreuils existantes (suite)	9
Tableau 3 : Présentation des résultats des circuits IKA	23
Tableau 4 : Valeur de t en fonction du nombre de séries m.....	23
Tableau 5 : Nombre de chevreuils observés en 2008 sur chaque parcours IKA de la Forêt de Soignes	24
Tableau 6 : Calcul de l'IKA pour chaque parcours IKA de la Forêt de Soignes	25
Tableau 7 : Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) et valeurs de ses limites inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance, calculé pour l'ensemble des circuits de la Forêt de Soignes (résultats obtenus en 2008)	25
Tableau 8 : Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) moyen et écart-type, calculés jour par jour	25
Tableau 9 : Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) et valeurs de ses limites inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance, calculés le soir et le matin	26
Tableau 10 : « Caractéristiques » des 4 parties de la Forêt de Soignes.....	26
Tableau 11 : Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) et valeurs de ses limites inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance, calculés pour les 4 parties de la Forêt de Soignes	27
Tableau 12 : Avantages (+) et inconvénients (-) des différentes méthodes de comptage de tas de matières fécales (adapté de CAMPBELL <i>et al.</i> , 2004 ; LAING <i>et al.</i> , 2003 ; MAYLE <i>et al.</i> , 1999).....	36

Chapitre 1 : Introduction

Le chevreuil (*Capreolus capreolus*) figure parmi un des plus grands mammifères présents en Forêt de Soignes. L'espèce y est présente partout, mais sa densité varie très fort selon les parties considérées.

La densité moyenne sur l'ensemble du site est estimée à 5 individus par 100 ha. Ainsi, la population sur l'ensemble du massif – dans son acception la plus large (forêt domaniale répartie sur les trois régions du pays, Donation royale, parcs et grands domaines privés liés) – avoisinerait les 250 individus. Un suivi scientifique plus précis de l'espèce devrait permettre d'affiner cette donnée.

La Forêt de Soignes est peu accueillante et sa capacité d'accueil pour cette espèce typique des lisières est réduite. Cette faible densité s'explique par la structure végétale particulière de la Forêt de Soignes (grandes surfaces de hêtraies équiennes peu diversifiées où le sous-bois est quasi absent ainsi que les lisières, clairières et prairies).

D'autres éléments ont été invoqués pour expliquer la taille réduite de la population de chevreuil et sa faible densité, mais leurs effets réels restent difficiles à définir :

- les attaques par des chiens errants (fait rare mais qui peut être très destructeur) ;
- le dérangement lié à la présence de promeneurs (qui restent ou non sur les chemins) accompagnés ou non de chien(s) ;
- la fragmentation du massif par la présence de routes, autoroutes, lignes de chemin de fer,... plus ou moins infranchissables.

Il est également possible que la population sonienne soit relativement isolée d'autres populations de chevreuil, mais la réalité de cet isolement et ses effets pour un massif de cette taille restent sujets à caution.

Actuellement, cette population n'est pas en danger mais elle subit les contraintes de cette forêt périurbaine (pression du public, routes...). Toute réintroduction d'animaux venant d'ailleurs est hasardeuse (les quelques animaux réintroduits ont rapidement été tués par des voitures) et doit être autant que possible évité. De ce fait, si la population diminue, elle risque la disparition, or les gestionnaires veulent maintenir une population « sauvage » de chevreuils.

Une mission d'appui pour la mise en place d'un recensement chevreuil sur l'ensemble du massif sonien a ainsi été confiée à l'asbl Wildlife and Man et se réalise en partenariat avec l'Institut voor Natuur en Bosonderzoek (INBO).

Etant donné la large gamme de techniques de recensement du chevreuil, le chapitre 2 de ce rapport intermédiaire présente ces différentes méthodes, qu'elles soient indiciaires ou absolues, ainsi que les critères dont il faut tenir compte dans le choix des méthodes.

Concernant la technique de suivi de tendance de population, celle que nous avons retenue comme la plus pertinente et ayant fait l'objet d'une validation en peuplement feuillu est celle de l'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA). Cette méthode indiciaire est décrite avec précision au chapitre 3 sur base de la littérature et de l'expérience de terrain. Dans le cadre de ce projet, cet outil a été mis en place afin de commencer le suivi de la population de chevreuil de la Forêt de Soignes dès le printemps 2008.

Enfin, le chapitre 4 reprend les méthodes absolues pouvant être appliquées à la Forêt de Soignes. Libre choix a été laissé aux gestionnaires de la Forêt de Soignes de mettre en œuvre les moyens nécessaires pour appliquer la méthode qui lui semblera la plus indiquée sur base des recommandations émises dans ce rapport.

Chapitre 2 : Les différentes méthodes de recensement des chevreuils

2.1. Problématique des méthodes de recensement de chevreuils

Les méthodes de dénombrement des populations de chevreuils sont nombreuses mais sont lourdes d'application sans nécessairement être fiables. L'expérience d'ANDERSEN (1953) nous le prouve : il a voulu exterminer une population de chevreuils estimée au préalable à environ 70 individus. Finalement, 213 furent prélevés avant que le territoire ne soit « vidé ». C'est pourquoi les gestionnaires s'orientent vers des méthodes indiciaires, plus simples à mesurer, traduisant de manière indirecte et fiable l'évolution des effectifs de chevreuil, moyennant des conditions d'applications strictes.

Dans ce chapitre, nous présentons brièvement les différentes méthodes existantes, qu'elles soient absolues, indiciaires ou les deux à la fois. Nous présentons également leurs avantages et leurs inconvénients. Finalement, nous décrivons les différents paramètres importants dont il faut tenir compte dans le choix d'une méthode de recensement.

2.2. Les méthodes de recensement de chevreuils existantes

Les tableaux suivants nous synthétisent les différentes méthodes de recensement de chevreuils existantes associées à leurs références bibliographiques respectives.

Tableau 1 : Synthèse des différentes méthodes de recensement des chevreuils

<i>Nom de la méthode</i>	<i>Méthode indiciaire / absolue</i>	<i>Références bibliographiques</i>
L'indice kilométrique d'abondance effectué à pieds, à l'aube et au crépuscule	Indiciaire	Ballon 1999 ; Delorme 1989, 2003 ; Groupe Chevreuil 1991 ; Vincent et Bideau 1982, Vincent et al 1991, 1996
Le recensement par parcours en voiture, au crépuscule	Indiciaire / Absolue	Boscardin 1999 ; réunion Groupe Chevreuil 2007
Le recensement par parcours en voiture et aux phares, de nuit	Indiciaire / Absolue	Mayle et al. 1999 ; Van Laere et al. 1999
La taille moyenne des groupes	Indiciaire	Ballon 1999 ; Vincent et al. 1995
Les relevés d'indices de présence	Indiciaire	Albaret et al. 1991 ; McIntosh et al. 1995 ; Mayle et al., 1999, 2000 ; Putin et Albaret 1999
L'analyse des tableaux de chasse	Indiciaire / Absolue	Gaillard et al. 1996 ; Hewison et al. 1996 ; Groupe Chevreuil 1989 ; Mayle et al. 1999 ; McIntosh et al. 1995 ; Toïgo et al. 2006
L'effort de chasse	Indiciaire	McIntosh et al. 1995
L'approche sur secteur d'observation	Absolute	Boscardin 1999 ; Mayle et al. 1999 ; Van Laere et al. 1999

Tableau 2 : Résumé des différentes méthodes de recensement des chevreuils existantes (suite)

<i>Nom de la méthode</i>	<i>Méthode indiciaire / absolue</i>	<i>Références bibliographiques</i>
La poussée sur secteur ou sur secteur échantillon	Absolue	Boscardin 1999 ; Mayle et al. 1999
L'affût collectif	Absolue	Focardi et al. 2005 ; Mayle et al. 1999
La battue à blanc (totale ou partielle)	Absolue	Mayle et al. 1999 ; Boscardin 1999
Le strip transect	Absolue	Vincent et al. 1996
Les relevés visuels et auditifs (RVA)	Absolue	Reby et al. 1998, 2000 ; Rossi et al., 2002
La méthode « Capture-Marquage-Recapture » (CMR)	Méthode de référence	Boscardin 1999 ; Gaillard et al. 1986 ; Mayle et al. 1999 ; Seber 1982 ; Vincent et al. 1991
Le « Distance Sampling »	Absolue	Borchers et al 2002 ; Buckland et al 2001 ; Focardi et al. 2005, 2002a, 2002b ; Gill et al 1997 ; Marques & Buckland 2003 ; Mayle et al 1999 ; Smart et al. 2004 ; Ward et al. 2004
Le comptage des tas de matières fécales	Absolue	Campbell et al. 2004 ; Hemami et al., 2005 ; Laing et al. 2003 ; McIntosh et al. 1995 ; Marques et al. 2001 ; Mayle et al. 1999, 2000 ; Smart et al. 2004
Le comptage des tas de matières fécales traité par distance sampling	Absolue	Marques et al. 2001, Mayle et al. 1999

2.2.1. L'indice kilométrique d'abondance effectué à pieds, à l'aube et au crépuscule

Cette méthode consiste à découper le territoire étudié en différents secteurs de 2 à 300 ha sur lesquels est implanté un parcours à effectuer à pieds. Le réseau de circuits est parcouru à plusieurs reprises en fin de période hivernale pendant les phases de pic d'activité des animaux, sur une durée de 2 h au lever du jour et au crépuscule (BALLON, 1999). Ainsi, l'indice kilométrique d'abondance (IKA ou IK) est tout simplement le nombre de chevreuils observés par kilomètre parcouru. Il s'agit de la méthode de référence pour mesurer l'évolution du niveau de chevreuil en forêt. Elle a été validée par rapport à des effectifs connus (DELORME, 2003 ; VINCENT *et al.*, 1991).

Cette méthode est décrite avec précision au chapitre suivant.

2.2.2. Le recensement par parcours en voiture, au crépuscule

En milieu ouvert, cette méthode consiste à découper le territoire étudié en différents secteurs de 1000 à 2000 ha sur lesquels est implanté un parcours à effectuer en voiture. En moyenne, 20 km de chemins carrossables pour 1000 ha sont nécessaires. Deux personnes au minimum doivent être présentes dans chaque voiture et le comptage est effectué simultanément sur l'ensemble des circuits (BOSCARDIN, 1999).

Ces parcours en voiture sont réalisés le plus souvent dans les deux dernières heures de l'après-midi, en février, mois pendant lequel la taille des groupes est importante et la visibilité à son maximum. L'opération est répétée un maximum de fois et plusieurs calculs sont possibles :

- soit on conserve le chiffre le plus élevé qui est alors proche de l'effectif si le réseau de circuits permet d'observer tous les chevreuils présents ;
- soit on calcule la moyenne observée et son intervalle de confiance ;
- soit on calcule un indice kilométrique d'abondance (nombre moyen de chevreuils observés par km parcourus) et son intervalle de confiance (BOSCARDIN, 1999). Ce dernier mode de calcul a été récemment validé en France dans les territoires d'études (Réunion Groupe Chevreuil, 2007).

2.2.3. Le recensement par parcours en voiture et aux phares, de nuit

Le principe de cette méthode est identique à celui de la précédente, à part que les circuits sont effectués dans les 2 à 3 heures qui suivent la tombée de la nuit, par trois ou quatre personnes par véhicule (2 observateurs qui sont munis chacun d'un phare, un chauffeur et éventuellement une personne qui note les observations). La vitesse de progression est d'environ 10 à 15 km/h. Dans différents territoires en France, les résultats ont été convertis en indice kilométrique et ont ensuite été comparés avec ceux obtenus avec la méthode CMR : il n'y a aucune corrélation entre l'évolution de l'IKA nocturne et l'évolution de l'effectif estimé par CMR (VAN LAERE *et al.*, 1999).

Cette méthode est rapide et a un faible coût au niveau personnel et équipement. Cependant, elle est applicable uniquement dans les territoires munis d'un bon système de routes et chemins. Elle requiert également une bonne visibilité (MAYLE *et al.*, 1999).

2.2.4. La taille moyenne des groupes

En hiver, le chevreuil constitue des associations de 3 à 4 individus. A Dourdan, en France, il a été montré qu'en période de forte densité des groupes de plus de 5 individus pouvaient être observés (VINCENT *et al.*, 1995). Cette méthode n'a été testée que dans cette population et n'est pas encore validée en milieu forestier (BALLON, 1999).

2.2.5. Les relevés d'indices de présence

Des relevés de frottis, grattis, moquettes (groupes de matières fécales), empreintes et coulées ont été réalisés durant plusieurs années dans un massif boisé de 4500 ha en France où une population de chevreuils d'effectif initial très faible s'est développée rapidement. Ces relevés ont été effectués chaque année sur les mêmes transects (de 2 m de large), répartis sur l'ensemble du massif et parcourus à pieds dans le courant du mois d'avril. Les données ont été exprimées sous forme d'indice kilométrique (nombre d'indices de présence / nombre kilomètres parcourus) (ALBARET *et al.*, 1991).

Il est démontré qu'il existe une relation linéaire très significative, pour tous les types d'indices, entre le nombre d'indices de présence relevés et l'effectif de chevreuils. Cependant, les différents indices ne traduisent pas de la même façon les variations des effectifs de chevreuils. Ainsi, il a été montré que, lorsque les densités de chevreuils sont faibles, le relevé des seuls grattis et frottis apporte suffisamment d'informations pour construire un indicateur d'abondance (ALBARET *et al.*, 1991). PUTIN et ALBARET (1999) ont également appliqué cette méthode dans un autre territoire et ont obtenu des résultats tout à fait satisfaisants.

Un autre exemple est celui de MCINTOSH *et al.* (1995) qui ont réalisé une étude durant 5 ans sur un même territoire afin d'étudier une population de chevreuils soumise à une forte

pression de chasse (réduction d'une densité de 12 à 3 chevreuils/km²). Ils ont observé que le nombre moyen de « pellet groups » (tas de matières fécales) par parcelle a diminué de manière régulière suite à cette diminution de densité.

Dans les territoires où la neige est présente de manière fiable, les coulées pourraient être utilisées comme moyen d'estimer la densité de la population en comparant le nombre de coulées entrantes avec le nombre de coulées sortantes de l'aire d'étude le jour suivant (DZIECIOLOWSKI, 1976). Cela suppose qu'un même animal passe à la même place des jours consécutifs. Etant donné que cette supposition n'est pas nécessairement vraie, la méthode est plutôt utilisée en tant qu'indice de présence des animaux (PUCEK *et al.*, 1975). Elle peut également être appliquée dans les territoires où le type de sol (sableux par exemple) permet d'observer clairement les empreintes ou coulées (MAYLE *et al.*, 1999).

En outre, MAYLE *et al.* (2000) ont trouvé des corrélations hautement significatives entre le nombre de tas de matières fécales et le nombre de coulées par 100 m dans des territoires où le chevreuil était soit la seule espèce présente, soit lorsqu'il était l'espèce principale (il vivait alors avec le daim).

2.2.6. L'analyse des tableaux de chasse

Les tableaux de chasse peuvent être considérés comme indices révélateurs de l'évolution des populations présentes, tant qu'il n'y a pas de changement trop fort de la pression de chasse.

Dans les régions où un plan de chasse est instauré et où le nombre des animaux à prélever est fixé en concertation avec plusieurs groupes d'intérêt (forestiers, chasseurs, conservation de la nature, autorités,...), des aspects autres que le nombre de chevreuils présents peuvent être déterminants dans la fixation de ce quota (prévision d'une future plantation,...).

De plus, les mâchoires des animaux prélevés permettent d'estimer l'âge des animaux et ainsi d'étudier à posteriori les cohortes (ensemble des animaux nés une même année). Cela permet d'estimer la taille de la population un cycle de vie en retard. L'inconvénient de cette méthode est la précision dans la détermination de l'âge des animaux.

2.2.7. L'effort de chasse

Lors des actes de chasse, différents éléments peuvent être employés en tant qu'indicateur d'abondance tels que le nombre moyen de chevreuils observés par heure, le nombre moyen d'heures d'effort de chasse requis pour prélever un chevreuil,...

MCINTOSH *et al.* (1995) ont constaté que le nombre moyen de chevreuils observés par heure ainsi que le nombre moyen de « pellet groups » par parcelle diminue de manière régulière lorsque le nombre moyen d'heures d'effort de chasse requis pour prélever un chevreuil augmente.

2.2.8. L'approche sur secteur d'observation

L'approche sur secteur d'observation consiste à découper le territoire étudié en secteurs de 80 à 150 ha qui sont simultanément parcourus par un observateur mobile dont le rôle est de compter les chevreuils présents sur son secteur. Elle est appliquée au printemps avant le

débourrement de la végétation arbustive, à l'aube ou au crépuscule durant 2h à 2h30. L'effectif est obtenu après élimination des doubles comptages effectués sur un même secteur ou avec un secteur voisin (BOSCARDIN, 1999).

Selon BOSCARDIN (1999), cette méthode est peu onéreuse en observateurs. Cela dépend toutefois de la taille du massif et de sa proximité à une grande ville. Ces observateurs doivent être très compétents car elle nécessite l'identification des chevreuils, opération difficile en l'absence de marquage. Elle nous donne un effectif mais sans intervalle de confiance (BOSCARDIN, 1999). Dans la Réserve nationale de chasse et de faune sauvage de Chizé, en France, cette méthode sature à une densité d'environ 15 chevreuils / 100 ha et ne permet pas de mettre en évidence des variations d'effectifs. Ceci s'explique par le fait qu'aux environs de ce seuil de densité, il devient impossible pour l'observateur de différencier tous les individus d'un même secteur (VAN LAERE *et al.*, 1999).

2.2.9. La poussée sur secteur ou sur secteur échantillon

Cette méthode repose sur le même principe que la précédente hormis que des observateurs fixes sont également présents : les observateurs mobiles sont chargés de mettre en mouvement les chevreuils alors que les fixes notent tous leurs déplacements. Elle est généralement utilisée lorsque la population de chevreuils est importante (de 10 à 25 chevreuils / 100 ha) et que le milieu est bien pourvu en chemins permettant d'observer les animaux (BOSCARDIN, 1999 ; MAYLE *et al.*, 1999). Cette méthode a été testée en Forêt de Soignes par TOUSSAINT (2001).

2.2.10. L'affût collectif

Cette méthode repose sur le même principe que les précédentes hormis que tous les observateurs sont fixes (MAYLE *et al.*, 1999).

2.2.11. La battue à blanc (totale ou partielle)

Cette méthode est employée sur des territoires à fortes densités de chevreuils (plus de 25 chevreuils / 100 ha) et repose sur des battues « à blanc » destinées à vider un territoire des animaux qui y sont remisés. Etant donné qu'il est rare de pouvoir opérer sur la totalité du territoire, les battues sont le plus souvent effectuées sur des secteurs échantillons. Le comptage s'effectue généralement en avril, au cours de la journée, pendant les heures de remise des animaux. Lorsque l'on effectue une battue totale, on peut travailler plus tôt en saison, dès le mois de février (BOSCARDIN, 1999).

Plusieurs secteurs échantillons sont parcourus durant la journée, par des traqueurs mobiles pendant que des observateurs fixes sont placés en périphérie et observent les déplacements des chevreuils. Au niveau du nombre de personnes nécessaires, BOSCARDIN (1999) estime qu'il est recommandé de disposer de 80 à 100 personnes pour une traque de 100 ha !

Le nombre de chevreuils retenus est le nombre de chevreuils sortis de l'enceinte ou traversant la ligne des traqueurs diminué du nombre de chevreuils entrés dans l'échantillon (BOSCARDIN, 1999). Comme pour l'approche sur secteur d'observation, la battue totale ne nous donne pas d'intervalle de confiance. De plus, elle est lourde d'application et le résultat est incertain. En effet, il n'est pas du tout évident de faire bouger tous les animaux, même avec des chiens et donc seule la taille minimale de la population est estimée (MAYLE *et al.*, 1999).

2.2.12. Le strip transect

La méthode du *strip transect* se base sur le principe que l'on estime le nombre d'animaux présents dans une bande d'une certaine largeur « w ». La densité de la population est alors calculée en divisant le nombre d'animaux observés par l'aire inventoriée. Cette dernière étant égale à $2wL$ (L = longueur du transect) (BORCHERS *et al.*, 2002).

Cette méthode a été utilisée par VINCENT *et al.* (1996) afin d'estimer la taille d'une population de daims. Pour mesurer la largeur du transect, un observateur s'est promené le long du transect et s'arrêtait tous les 100 m environ. A chacun de ces points, une autre personne portant un panneau brun de 40 cm de haut et d'1 m de long (représentant un chevreuil) se promenait perpendiculairement au transect. La distance maximale jusqu'à laquelle le panneau était encore visible pour l'observateur était considérée comme étant la largeur « w » en ce point. Les résultats obtenus par VINCENT *et al.* (1996) sur une population de taille connue ont montré que cette méthode sous-estimait la taille de la population.

2.2.13. Les relevés visuels et auditifs (RVA)

La méthode des relevés visuels et auditifs est applicable au chevreuil en milieu forestier et ne nécessite aucune manipulation d'animaux. Selon elle, le calcul de la densité repose sur l'observation par corps des chevreuils et de leur comportement vocal. Les données ont pour l'instant été récoltées dans un seul massif forestier en France, durant l'hiver au cours de circuits pédestres effectués au crépuscule. Ces circuits empruntent des routes, des chemins forestiers ainsi que des passages balisés à l'intérieur des parcelles. Les résultats obtenus ont été comparés avec ceux obtenus par la méthode CMR et sont sensiblement identiques. Il convient de rappeler qu'il s'agit d'une phase exploratoire et que des expérimentations complémentaires devraient être effectuées (REBY *et al.*, 1998, 2000).

2.2.14. La méthode « Capture-Marquage-Recapture » (CMR)

Cette méthode consiste à capturer des chevreuils (à l'aide de filets ou de cages-pièges) qui sont relâchés munis d'un collier qui identifie l'individu de manière univoque. Ensuite, un protocole de recaptures, visuelles ou réelles, est installé. Il permet de calculer la proportion d'animaux marqués dans l'échantillon repris. En supposant que la proportion d'animaux marqués dans l'échantillon observé est identique à celle au sein de la population, on en déduit l'effectif total en connaissant le nombre d'animaux marqués vivants au sein de la population étudiée (GAILLARD *et al.*, 1986 ; MAYLE *et al.*, 1999 ; VINCENT *et al.*, 1991 ; SEBER, 1982).

La méthode CMR est donc une méthode absolue de dénombrement du chevreuil puisqu'elle nous donne un effectif calculé et accompagné d'un intervalle de confiance. Elle est utilisée comme méthode de référence dans différents territoires d'étude en France (Chizé, Trois-Fontaines, Dourdan,...). Elle est cependant très onéreuse en temps, en personnel et en matériel de marquage. De plus, afin d'obtenir des résultats fiables, différentes conditions doivent être respectées, notamment l'assurance de disposer de deux-tiers de la population marquée et de travailler avec une population fermée (GAILLARD *et al.*, 1986 ; MAYLE *et al.*, 1999 ; VINCENT *et al.*, 1991 ; SEBER, 1982).

2.2.15. Le « Distance Sampling »

Le « Distance Sampling » est une méthode qui, depuis les dernières années, gagne de plus en plus en importance dans l'estimation des populations d'animaux en général (WILLIAMS *et al.*, 2001 ; LANCIA *et al.*, 2005 ; BORCHERS *et al.*, 2002).

Dans l'estimation de l'abondance des populations de chevreuils, cette méthode est considérée comme étant une des méthodes les plus fiables (après la méthode CMR), à condition que les protocoles d'utilisation soient bien respectés et que les conditions sur lesquelles repose cette méthode ne soient pas violées (voir 4.2). La méthode a d'ailleurs déjà été appliquée au chevreuil avec succès dans différents types de territoires (FOCARDI *et al.*, 2002a, 2002b, 2005 ; SMART *et al.*, 2004 ; WARD *et al.*, 2004).

Son plus grand avantage est qu'elle permet de calculer le pourcentage des animaux vus (ou non-vus) sur base de la distribution des distances entre l'animal observé et l'observateur (voir 4.2). Par conséquent, la méthode « Distance sampling » permet d'estimer l'abondance, et donc la densité, de la population de chevreuils étudiée.

Cette méthode est décrite avec précision au chapitre 4.

2.2.16. Le comptage des tas de matières fécales

Plusieurs méthodes différentes de comptage de tas de matières fécales existent mais leur principe est le même. Elles consistent à dénombrer les tas de matières fécales dans des parcelles échantillons qui peuvent être soit carrées, soit sous forme de transect. La densité de la population de chevreuil est ensuite calculée à l'aide d'une formule tenant compte du temps de décomposition des matières fécales et du taux de défécation des chevreuils (MAYLE *et al.*, 1999, 2000).

Le principe et la manière d'appliquer les différentes méthodes, accompagnées de leurs avantages et inconvénients, sont décrits avec précision au chapitre 4.

2.3. Choisir une méthode de dénombrement

2.3.1. Le but du monitoring des populations

La première, et peut-être la plus importante, question à se poser avant de choisir une méthode de dénombrement, c'est de définir le but du suivi de la population.

Yoccoz *et al.* (2001) distinguent deux buts possibles :

- Le suivi des populations dans le cadre de recherches scientifiques, préférablement en combinaison avec des traitements expérimentaux ;
- Le suivi des populations dans un objectif de gestion.

Dans le premier cas, des populations sont suivies afin de tester des hypothèses définies à l'avance. Dans le deuxième cas, on prend des décisions de gestion et on suit les populations afin d'évaluer les conséquences de la gestion mise en œuvre.

Dans le cadre de la gestion de la faune sauvage, on retrouve de plus en plus souvent une forme mixte entre les deux buts du suivi qui relève de l'« Adaptive Management » (WALTERS *et al.*, 1986 ; NICHOLS *et al.*, 1995). Dans ce système, on se base sur la connaissance actuelle

pour formuler différentes hypothèses quant aux conséquences possibles des différents modes de gestion. La mise en œuvre pratique de cette connaissance alliée à un suivi rigoureux des évolutions des populations de gibier permet d'améliorer cette connaissance. Cette manière de travailler est, par exemple, suggérée pour la gestion des populations de chevreuil par GUIBERT (1999) qui recommande l'application d'un plan de chasse triennal sur base de l'évaluation, à posteriori, des résultats de la gestion des trois années écoulées. En Flandre, la faisabilité et l'applicabilité de ce mode de gestion des populations de chevreuils sont actuellement testées par l'INBO (CASAER, 2006).

La gestion des populations devient dans ce cas une forme d'expérience. Cette manière de travailler s'impose dans le domaine de la recherche scientifique sur la gestion de la faune sauvage, puisqu'il est difficilement envisageable d'organiser des expériences à l'échelle d'une population exclusivement dédiée à cette recherche.

2.3.2. Précision, justesse et fidélité

Un deuxième élément majeur qui intervient dans le choix d'une méthode de suivi est le niveau d'exigence attendu quant à la « valeur de confiance » que l'on peut attribuer aux résultats. Une méthode de suivi est d'autant plus précise que la valeur mesurée coïncide avec la vraie valeur, théorique par définition, que l'on cherche à atteindre, soit le nombre de chevreuils présents.

La précision d'une méthode est plus aisée à définir par l'erreur qu'elle engendre. Elle est essentiellement liée à deux types de caractéristiques (Figure 1) :

- la justesse ou le biais (accuracy en anglais) ;
- la fidélité (precision en anglais).

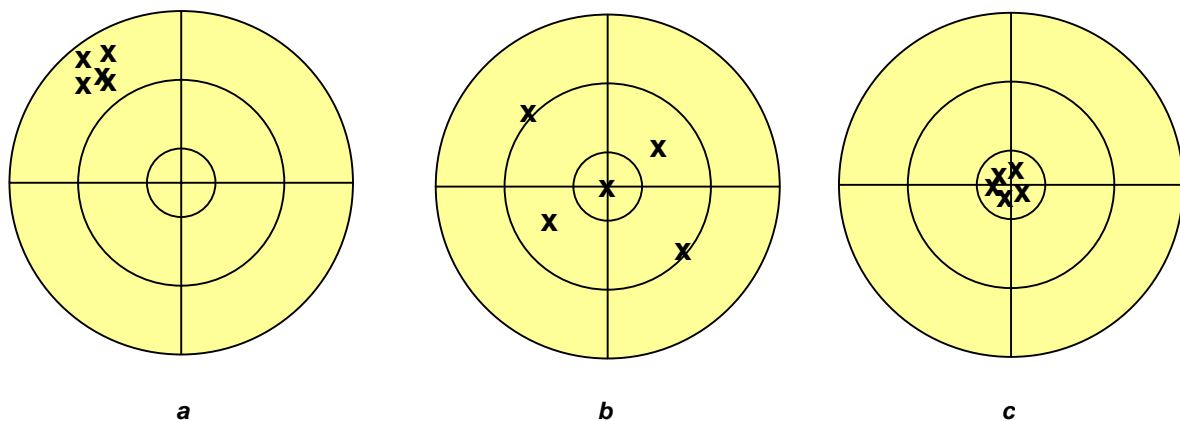


Figure 1 : a. erreur liée à la fidélité, b. erreur liée à la justesse et c. résultat d'une méthode de suivi présentant une bonne précision (fidélité et justesse) (d'après Mayle et al. 1999) ; la taille réelle de la population est le centre de la croix

En réalité, le choix de la méthode de dénombrement est avant tout un compromis entre la précision souhaitée et le coût de la mise en œuvre de cette méthode. Si l'objectif est bel et bien l'estimation de la taille de la population, la méthode choisie doit nécessairement fournir une estimation (ou une mesure) de la précision de la mesure.

Puisque la connaissance de la taille réelle de la population est impossible, raison pour laquelle on a recourt à une estimation, l'évaluation de la justesse de la méthode est basée sur

des essais de validation que l'on retrouve dans la littérature, ou sur l'approche statistique qui forme la base de la méthodologie (ex. : les CMR).

La fidélité (ou l'intervalle de confiance), indispensable pour comparer des estimations consécutives d'une année à l'autre, est calculée grâce aux répétitions de la méthode de dénombrement au cours de la même année. Elle est donc, en partie, fonction du nombre de répétitions (plus les répétitions sont nombreuses, plus la précision est élevée).

2.3.3. Déteçtabilité

La déteçtabilité de l'espèce à dénombrer est, probablement, la question la plus spécifique dans le choix d'une méthode de suivi ou d'estimation de l'abondance (YOCOZ *et al.*, 2001 ; WILLIAMS *et al.*, 2002). La question est d'autant plus pertinente dans le cas du suivi des animaux, comme le chevreuil, qui vivent en forêt (GILL *et al.*, 1997 ; GAILLARD *et al.*, 1993). Une estimation fiable de la taille d'une population d'ongulés en forêt passe inévitablement par une estimation de la déteçtabilité, soit la proportion d'animaux vus au sein de la population présente. Plusieurs méthodes décrites ci-dessus ont été développées afin de résoudre ce problème.

Le CMR permet, par la connaissance du nombre d'animaux marqués comparé au nombre d'animaux marqués vus, d'estimer le pourcentage des animaux présents vus. Ce coefficient permet ensuite de calculer la taille de la population (voir 2.2.14). Le recours à des animaux équipés de colliers-émetteurs afin de connaître le nombre d'animaux présents dans la zone de comptage au moment du recensement, peut être considéré comme une variation de la méthode CMR (HEWISON *et al.*, 2007).

Les méthodes basées sur le principe de « distance sampling » utilisent la distribution des distances sur lesquelles les animaux sont observés, ce qui permet d'établir une estimation de la déteçtabilité en fonction de la distance entre l'animal et l'observateur. Cette information est utilisée afin de calculer la « surface observée » (BUCKLAND *et al.*, 2001). En forêt, cette méthode permet de corriger le nombre de chevreuils dénombrés en fonction de la distance entre les animaux observés et l'observateur et d'annuler l'effet des obstacles visuels (variation locale de la densité de la végétation arbustive, présence de ronces ou des fougères,...).

Les méthodes indirectes, comptages des tas de matières fécales (SMART *et al.*, 2004), des traces (MAYLE *et al.*, 2000) ou des vocalises (REBY *et al.*, 1998, 2000) évitent le problème lié à la déteçtabilité des animaux, mais sont confrontées à la difficulté d'établir la relation entre les éléments comptés et le nombre d'individus de la population.

2.3.4. Echantillonnage

Les populations d'ongulés vivent généralement sur des surfaces étendues et leur gestion est, et c'est conseillé, pratiquée à l'échelle de la population. Le coût de la main d'œuvre est en général trop élevé par rapport aux moyens financiers accordés au suivi des populations. Il est donc généralement impossible de réaliser des comptages sur toute l'aire de dispersion de la population (REBY *et al.*, 1998). Ce problème est encore aggravé du fait de la grande hétérogénéité dans la distribution des chevreuils en fonction de la disponibilité des ressources en forêt et des changements saisonniers des besoins des animaux.

Le choix des zones à compter (trajets, parcelles forestières,...) constitue la deuxième source d'erreur d'estimation de la populations présente. Bien qu'il existe pas mal de méthodes statistiques – en théorie – pour résoudre les problèmes dus à l'échantillonnage, la plupart ne sont pas, ou difficilement, applicables aux estimations d'une population de chevreuils (ex. : random sampling).

2.3.5. L'utilisation des indices

Vu les problèmes mentionnés ci-dessus, différentes équipes de recherche ont consacré beaucoup d'efforts au développement et aux tests de fiabilité et d'applicabilité des « indices » comme outil de gestion des populations d'ongulés (VINCENT *et al.*, 1991, 1992,1996 ; MAYLE *et al.*, 2000). En plus, certaines méthodes développées en tant que méthodes d'estimation de l'abondance peuvent être considérées comme des méthodes indiciaires (ex : battue à blanc, approche sur secteurs, comptage des tas de matières fécales, comptage nocturne,...) dès qu'on n'essaye plus de convertir le chiffre obtenu en nombre de chevreuils présents.

La fiabilité d'un indice dépend de la nature de la relation entre l'indice et la taille de la population présente. Bien que cette relation ne doive pas nécessairement être linéaire ni constante, une corrélation forte est recherchée. VINCENT *et al.* (1996) ont par exemple montré que, bien que la relation entre l'indice kilométrique et le nombre de chevreuils présents ne soit pas linéaire, la méthode se prête très bien pour suivre l'évolution d'une population de chevreuils.

Les tableaux de chasse peuvent également être considérés comme indices révélateurs des populations présentes, tant qu'il n'y a pas de changement trop fort de pression de chasse.

2.3.6. Conclusion

Le schéma ci-dessous (Figure 2) permet de choisir, en fonction de l'objectif assigné au suivi de la population, les ressources financières et les circonstances locales, la méthode à appliquer.

Afin de choisir une méthode de recensement, nous suggérons d'utiliser les critères suivants :

- La méthode permet-elle d'estimer la précision du résultat ?
- La méthode est-elle validée ou repose-t-elle sur une base théorique ?
- La méthode est-elle applicable et/ou faisable dans le territoire à étudier ?

En plus de ces critères, afin de choisir parmi les méthodes basées sur l'observation directe des animaux et qui tentent de dénombrer la population présente plutôt que de suivre son évolution, la possibilité d'estimer la détectabilité est indispensable.

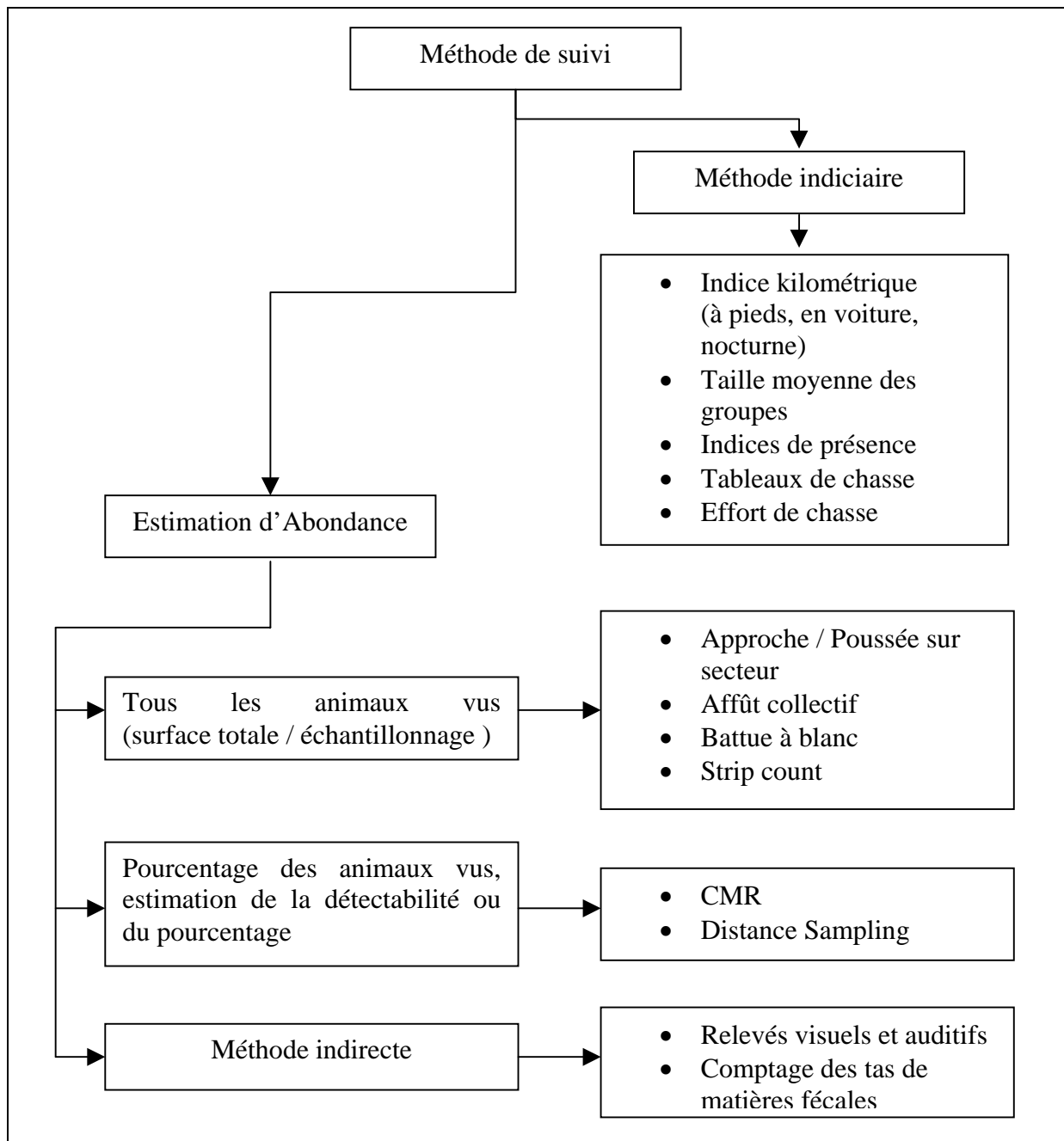


Figure 2 : Schéma des différents méthodes possibles et leur application (adapté de MILLS, 2007 ; MAYLE *et al.*, 1999)

Chapitre 3 : Méthode indiciaire choisie : L'indice kilométrique d'abondance (IKA ou IK)

3.1. Justification du choix de la méthode

En ce qui concerne la méthode indiciaire applicable en Forêt de Soignes dans le cadre de ce projet, l'indice kilométrique d'abondance effectué à pieds a été retenu. Actuellement, il s'agit de la méthode de référence pour mesurer l'évolution d'une population de chevreuils en forêt en France. De plus, il s'agit d'une des rares méthodes indiciaires validées. Elle est d'ailleurs déjà utilisée sur plusieurs territoires en Belgique.

3.2. Principe général de la méthode

L'indice kilométrique d'abondance (IKA ou IK) est la méthode de référence pour mesurer l'évolution du niveau de chevreuil en forêt. Elle a été validée par rapport à des effectifs connus. Son principe est simple : en hiver, un observateur à pieds se déplace à allure régulière dans une forêt donnée à une certaine probabilité d'observer des chevreuils. Cette probabilité de rencontre dépend à la fois du nombre d'individus présents mais également de la répartition de ces animaux dans le massif forestier ou encore de la nature du milieu. De cette manière, l'IKA est tout simplement le nombre de chevreuils observés par kilomètres parcourus (DELORME, 2003). Le suivi strict du protocole est nécessaire afin de pouvoir utiliser valablement cette méthode.

Cette méthode permet d'apprécier l'évolution des populations suivies plus en terme de niveau que de valeur absolue. Elle nous indique si la population diminue, stagne ou augmente de façon significative. En tout cas, les enseignements dégagés par l'utilisation de cette méthode ne peuvent s'apprécier qu'à long terme. C'est ainsi que les décisions correctrices éventuelles (modification du plan de chasse en France par exemple) doivent prendre en considération un délai suffisant pour tenir compte de la biologie de l'espèce. Une périodicité de trois ans semble raisonnable (GROUPE CHEVREUIL, 1991).

3.3. Caractéristiques et choix des circuits IKA

Les circuits IKA doivent être répartis régulièrement sur la zone d'étude de façon à assurer une couverture homogène du milieu (GROUPE CHEVREUIL, 1991).

En principe, un circuit de 5 à 7 km pour 2 à 300 ha, en moyenne, est installé à l'échelle du massif étudié (BALLON, 1999). Pour le GROUPE CHEVREUIL (1991), le seuil de 3 km / 100 ha (soit un circuit pour 200 ha) constitue un minimum. Cependant, d'après notre expérience en Belgique, nous recommandons de ne pas dépasser 5 km par circuit afin de pouvoir rester concentré tout au long du parcours.

De plus, pour le GROUPE CHEVREUIL (1991), en cas de sortie simultanée sur l'ensemble des circuits, ces derniers doivent être suffisamment éloignés pour éviter les doubles comptages.

Finalement, le tracé même du circuit IKA a été élaboré avec l'aide des agents forestiers. Il se présente sous la forme d'une boucle et son trajet épouse les éléments fixes tels que les

routes, les chemins, les layons,... Les recoupements ont été évités (GROUPE CHEVREUIL, 1991). L'équilibre entre garantir le seuil des 3 km / 100 ha et éviter que les parcours soient trop proches l'un de l'autre a été recherché.

Au total, 25 parcours ont été installés sur l'ensemble de la Forêt de Soignes (partie domaniale et 3 propriétés privées¹) : 2 parcours en Région wallonne, 7 en Région bruxelloise, 14 en Région flamande et 2 à cheval sur les Régions bruxelloise et flamande. Les différents parcours IKA ainsi que leur longueur respective se trouvent en annexe.

3.4. Répétition, période, horaire et durée des observations

L'unité de base dans le recueil des données est constituée par le réseau de n circuits, appelé par la suite « série », couvrant toute la zone (GROUPE CHEVREUIL, 1991). Chaque réseau de circuits est parcouru complètement au minimum à quatre reprises pendant les phases de pic d'activité des animaux, sur une durée de deux à trois heures au lever du jour et au crépuscule (BALLON, 1999). Pour le GROUPE CHEVREUIL (1991), ce réseau doit être parcouru le plus de fois possible mais au minimum deux fois. Dans le cas de la Forêt de Soignes, il a été suggéré de réaliser huit répétitions en 2008 et d'estimer ensuite ce que l'on aurait gagné en précision (en réalisant huit répétitions au lieu de quatre).

En ce qui concerne la période d'observation idéale, pour le GROUPE CHEVREUIL (1991), elle se situe entre le 1^{er} janvier et le 31 mars car durant cette période :

- La visibilité est maximale avant le départ de la végétation arbustive et herbacée ;
- Les animaux sont cantonnés et la détectabilité est homogène entre les deux sexes.

En Région flamande, étant donné que la chasse au chevreuil est ouverte jusqu'au 15 mars, les comptages commencent à partir de cette date dans cette Région. En Région wallonne, ils commencent fin février. En ce qui concerne la Forêt de Soignes, en 2008, les comptages ne pourront commencer qu'aux alentours du 15 mars (question de planning). Pour les années suivantes, nous proposons d'effectuer les recensements dès le 15 janvier, à compter d'un recensement par semaine. En outre, autant de sorties devraient être réalisées le matin et le soir.

Les jours et heures de recensements prévus en 2008 se trouvent en annexe. Les jours de comptage ont été fixés en évitant de succéder trop rapidement aux week-ends et mercredis après-midi afin de limiter l'effet du dérangement. Les deux périodes retenues sont le mardi soir et le mercredi matin.

Quant à la durée totale d'un recensement, elle a été fixée à 1h45. Le rendez-vous pour le premier IKA est fixé quant à lui à 45 minutes avant le début du comptage, afin de permettre aux différents groupes de recevoir un briefing. Pour les autres comptages, le rendez-vous est fixé à 30 minutes avant le début du comptage.

Pour information, les heures de lever et de coucher du soleil sont disponibles à l'adresse Internet suivante : <http://www.astro.oma.be/GENERAL/INFO/frinfo.html>.

¹ Dolce La Hulpe, châteaux de La Hulpe et de Marnix

3.5. Les observateurs

En cas d'opérations faisant appel à un grand nombre d'observateurs (ce qui est le cas en Forêt de Soignes), des sorties groupées permettent de réaliser en une seule opération une série complète, ce qui nécessite autant d'observateurs que de circuits. Les séries devraient alors être espacées d'une semaine (GROUPE CHEVREUIL, 1991).

Idéalement, chaque observateur devrait reconnaître son parcours auparavant.

En outre, la mise en œuvre de l'IKA implique la participation de plusieurs observateurs qui, presque toujours, sont considérés comme ayant un même niveau de compétence (DELORME, 1989). Or, DELORME (1989) a supposé que celle-ci était variable selon les participants et que la qualité de l'observateur affectera les estimations d'effectifs. Il a ainsi mis en évidence un effet observateur et recommande de n'employer qu'un personnel expérimenté ou de préparer des programmes d'échantillonnage où les observateurs sont affectés aléatoirement aux différentes visites dans différents parcours. De plus, pour le GROUPE CHEVREUIL (1991), les observateurs seront dans la mesure du possible les mêmes chaque année.

En pratique, pour la Forêt de Soignes, deux solutions sont envisageables :

- Soit la même personne effectue toujours le même parcours chaque année : il faut alors être sûr de sa participation chaque année (et, ce, pour de nombreuses années !)
- Soit nous effectuons une tournante dans les observateurs : chaque observateur aura donc un nouveau circuit à chaque fois. Nous proposons par exemple de diviser les 25 circuits en différents groupes: un observateur sera donc affecté à un groupe et ne devra connaître que quelques circuits.

La dernière solution a été retenue. Six groupes ont ainsi été formés (1 en Région wallonne, 2 en Région bruxelloise et 3 en Région flamande). La répartition des circuits dans les différents groupes se trouve en annexe.

3.6. Matériel nécessaire pour effectuer les parcours

Chaque observateur devra se munir d'une montre, d'une paire de jumelles, d'un crayon (on évite les bics pour des raisons pratiques) et d'une feuille de relevé de terrain (voir annexe). Celle-ci comprendra au verso une carte sur laquelle le trajet à effectuer est repris. Il devra être respecté scrupuleusement (GROUPE CHEVREUIL, 1991).

Chaque chevreuil ou groupe de chevreuils observés (c'est-à-dire chaque « contact ») reçoit un numéro d'ordre qui sera reporté sur la carte à l'endroit précis de l'observation. Le lieu, l'heure et le type d'individus observés seront notés (GROUPE CHEVREUIL, 1991). La distinction Adulte/Chevillard et Mâle/Femelle n'est pas nécessaire pour le calcul même de l'IKA mais est toujours intéressante à renseigner. Les observations d'autres animaux tels que le sanglier peuvent également être renseignées sur le formulaire.

3.7. Distribution et récupération des formulaires

Les chefs de groupe seront responsables de la distribution et de la récupération des formulaires pour chaque parcours effectué. Il y aura donc un rendez-vous avant le comptage (pour distribuer le formulaire et s'assurer que tous les observateurs sont présents) et un autre après (pour récupérer les formulaires). Les responsables devront s'assurer que les formulaires

ont bien été complétés entièrement. Ils les transmettront ensuite à leur cantonnement qui les transmettra à l'INBO à chaque répétition. Une copie des formulaires sera effectuée et archivée par le cantonnement.

3.8. Briefing à réaliser avant le premier recensement

Les points importants à souligner lors du briefing sont les suivants :

- Ne pas se promener avec la carte en main mais plutôt la mettre dans sa poche car une feuille blanche est visible de très loin ;
- Donner un numéro pour chaque observation de chevreuil(s) mais pas pour les observations d'autres espèces ;
- Bien reporter sur la carte le lieu de contact avec les chevreuils ; indiquer simplement une croix pour les observations d'autres ongulés ; ne pas reporter sur la carte les autres observations (renard,...) ;
- Si l'observateur n'est pas sûr à 100% de l'identification du type d'animal (jeune/adulte, mâle/femelle), le mettre en « Indéterminé » ;
- Ne pas oublier de remplir les lignes « Total ».

Un rappel sur la morphologie du chevreuil (schémas, photos) peut également être effectué.

3.9. Traitement des résultats (GROUPE CHEVREUIL, 1991)

Pour rappel, chaque observation de chevreuil par corps est appelée « contact ». La série de n circuits est parcourue m fois. Trois types de résultats sont obtenus :

$$1. \text{ IKCi} = \frac{\text{nombre de contacts obtenus sur le circuit } i}{\text{nombre de kilomètres du circuit } i}$$

Il est calculé pour chaque circuit réalisé.

$$2. \text{ IKSj} = \frac{\text{somme de IKCi de la Jè série}}{\text{nombre de circuits (= n)}}$$

Cette valeur est calculée pour chaque série.

$$3. \text{ IKA} = \frac{\text{somme des IKSj}}{\text{nombre de séries (= m)}}$$

Il s'agit de l'indice annuel.

Les résultats des circuits seront alors présentés sous la forme du Tableau 3 suivant :

Tableau 3 : Présentation des résultats des circuits IKA

Circuit	Série 1	Série 2	Série j	Série m	
1					
2					
3					
i			I _{kci}		
.					
.					
.					
n					
Nombre de circuits	I _{Ks1}	I _{Ks2}	I _{k_{sj}}	I _{Ksm}	IKA

L'indice annuel va permettre les comparaisons dans le temps. Comme il s'agit de la moyenne des séries effectuées, il est possible de calculer les bornes de l'intervalle de confiance de cette valeur à l'aide des formules suivantes :

Borne inférieure : $L_i = IKA - t * E$

Borne supérieure : $L_s = IKA + t * E$

où t est la valeur d'une variable aléatoire servant de coefficient correcteur. Cette valeur dépend du nombre de répétitions des séries (voir Tableau 4) :

Tableau 4 : Valeur de t en fonction du nombre de séries m

Nombre de séries m	Valeur de t
2	12,71
3	4,30
4	3,18
5	2,78
6	2,57
7	2,45
8	2,36

et E l'erreur-type, calculée suivant la formule :

$$E = \sqrt{\frac{(I_{Ks1} - I_{Ka})^2 + \dots + (I_{Ksm} - I_{Ka})^2}{m * (m - 1)}}$$

Plus le nombre de répétitions m est grand et plus l'intervalle de confiance sera réduit, ce qui conduit à une meilleure précision. C'est pourquoi nous avons proposé de réaliser 8 répétitions la première année (2008). Sur base des résultats obtenus, nous évaluerons si la variance diminue significativement en réalisant plus de 4 répétitions.

Les valeurs de l'IKA et de leurs bornes pourront être reportées sur un graphique afin de comparer les résultats obtenus au fil des années.

3.10. Logiciel IKA

Un logiciel IKA a été créé afin de permettre à l'utilisateur de faciliter les calculs et la représentation graphique de l'évolution de l'IKA dans le temps (DEJ, 1998). Ce produit a été réactualisé récemment et présenté lors de la dernière réunion du Groupe Chevreuil en France (novembre 2007). Dès que les dernières modifications auront été apportées, ce logiciel nous sera fourni (MICHALLET, comm. pers.).

3.11. Premiers résultats

3.11.1. Calcul de l'« IKA 2008 »

Les tableaux suivants (Tableau 5, Tableau 6 et Tableau 7) nous donnent les résultats de l'« IKA 2008 ». Ils sont donnés à titre indicatif puisque seule la comparaison avec les résultats obtenus en 2009 pourra nous donner une information quant à l'évolution de la population de chevreuils de la Forêt de Soignes (diminution, stagnation ou augmentation). Les résultats sont représentés sur deux cartes en annexe.

Tableau 5 : Nombre de chevreuils observés en 2008 sur chaque parcours IKA de la Forêt de Soignes

<i>Parcours</i>	<i>18-mars</i>	<i>2-avr</i>	<i>08-avr</i>	<i>16-avr</i>	<i>22-avr</i>	<i>30-avr</i>	<i>06-mai</i>	<i>14-mai</i>	<i>Moyenne</i>
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	6	10	4	2	2	1	3	5	4
3	0	3	5	4	1	1	3	3	3
4	5	5	5	13	5	1	2	2	5
5	17	8	14	6	18	12	9	6	11
6	2	2	4	2	0	1	4	1	2
7	2	0	7	0	0	2	0	2	2
8	10	7	9	9	8	6	4	7	8
9	2	4	11	3	3	2	1	7	4
10	0	2	5	1	1	4	1	1	2
11	0	2	6	2	4	7	3	0	3
12	2	1	1	2	0	1	1	2	1
13	0	0	1	2	0	1	0	4	1
14	4	1	2	7	3	0	4	5	3
15	8	5	3	11	1	9	1	4	5
16	3	2	7	5	9	0	4	8	5
17	5	0	14	7	5	8	3	4	6
18	6	9	15	4	10	0	3	3	6
19	5	4	6	3	3	2	2	2	3
20	1	3	0	1	0	3	0	0	1
21	8	0	10	9	7	2	4	9	6
22	7	7	9	10	4	3	4	4	6
23	12	22	4	10	11	14	7	12	12
24	3	5	8	2	6	3	3	6	5
25	0	4	4	3	2	0	3	0	2
Total	108	106	154	118	103	83	69	97	105

Tableau 6 : Calcul de l'IKA pour chaque parcours IKA de la Forêt de Soignes

<i>Parcours</i>	<i>18-mars</i>	<i>2-avr</i>	<i>08-avr</i>	<i>16-avr</i>	<i>22-avr</i>	<i>30-avr</i>	<i>06-mai</i>	<i>14-mai</i>
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1,20	2,00	0,80	0,40	0,40	0,20	0,60	1,00
3	0,00	0,62	1,03	0,82	0,21	0,21	0,62	0,62
4	1,02	1,02	1,02	2,66	1,02	0,20	0,41	0,41
5	2,84	1,34	2,34	1,00	3,01	2,01	1,50	1,00
6	0,49	0,49	0,98	0,49	0,00	0,24	0,98	0,24
7	0,41	0,00	1,45	0,00	0,00	0,41	0,00	0,41
8	1,61	1,13	1,45	1,45	1,29	0,97	0,64	1,13
9	0,35	0,70	1,91	0,52	0,52	0,35	0,17	1,22
10	0,00	0,48	1,21	0,24	0,24	0,97	0,24	0,24
11	0,00	0,35	1,05	0,35	0,70	1,22	0,52	0,00
12	0,39	0,19	0,19	0,39	0,00	0,19	0,19	0,39
13	0,00	0,00	0,23	0,46	0,00	0,23	0,00	0,91
14	0,86	0,22	0,43	1,51	0,65	0,00	0,86	1,08
15	1,76	1,10	0,66	2,42	0,22	1,98	0,22	0,88
16	0,57	0,38	1,33	0,95	1,71	0,00	0,76	1,52
17	1,21	0,00	3,39	1,70	1,21	1,94	0,73	0,97
18	1,25	1,87	3,12	0,83	2,08	0,00	0,62	0,62
19	0,98	0,79	1,18	0,59	0,59	0,39	0,39	0,39
20	0,25	0,75	0,00	0,25	0,00	0,75	0,00	0,00
21	1,78	0,00	2,23	2,00	1,56	0,45	0,89	2,00
22	1,42	1,42	1,83	2,03	0,81	0,61	0,81	0,81
23	2,64	4,83	0,88	2,20	2,42	3,07	1,54	2,64
24	0,54	0,90	1,45	0,36	1,08	0,54	0,54	1,08
25	0,00	0,74	0,74	0,56	0,37	0,00	0,56	0,00

Tableau 7 : Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) et valeurs de ses limites inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance, calculé pour l'ensemble des circuits de la Forêt de Soignes (résultats obtenus en 2008)

<i>Limite inférieure</i>	<i>IKA</i>	<i>Limite supérieure</i>
0,68	0,85	1,01

En regardant maintenant en détails les résultats, nous pouvons réaliser quelques constatations :

- le plus grand nombre de chevreuils observés (154) correspond au soir du 8 avril alors que le plus petit nombre correspond au matin du 6 mai (69). Cependant, en calculant l'IKA moyen par jour (et son écart-type), il s'avère que l'écart-type du 8 avril est très grand alors que celui du 6 mai est le plus petit (Tableau 8) ;
- sur les huit répétitions du parcours 1, aucun chevreuil n'a été observé ;
- les parcours sur lesquels le plus de chevreuils sont observés sont les parcours 5 et 23, avec une moyenne de 11 à 12 chevreuils par répétition ;
- dès la fin avril, le nombre de chevreuils observés par répétition diminue (débourrement de la végétation).

Tableau 8 : Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) moyen et écart-type, calculés jour par jour

	<i>18-mars</i>	<i>2-avr</i>	<i>08-avr</i>	<i>16-avr</i>	<i>22-avr</i>	<i>30-avr</i>	<i>06-mai</i>	<i>14-mai</i>
IKA Moyen	0,86	0,85	1,24	0,97	0,80	0,68	0,55	0,82
Ecart-type	0,81	1,00	0,87	0,79	0,83	0,80	0,42	0,63

3.11.2. Comparaison des résultats obtenus le soir et le matin

Le Tableau 9 et la Figure 3 ci-dessous nous permettent de comparer les résultats obtenus le soir avec ceux du matin. Nous pouvons constater que la valeur de l'IKA peut être considérée la même le soir et le matin. Par contre, l'intervalle de confiance est plus petit pour les observations réalisées le matin. Ceci pourrait s'expliquer par un dérangement moins important le matin.

Tableau 9 : Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) et valeurs de ses limites inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance, calculés le soir et le matin

	<i>Soir</i>	<i>Matin</i>
Limite inférieure (Li)	0,42	0,64
IKA	0,86	0,83
Limite supérieure (Ls)	1,31	1,02

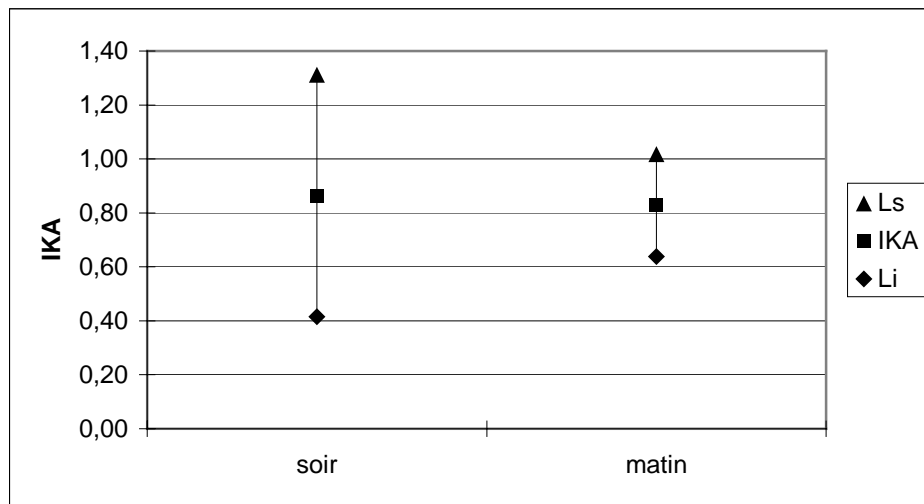


Figure 3 : Comparaison de l'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) obtenu le soir et le matin

3.11.3. Comparaison des résultats obtenus sur les 4 parties de la Forêt de Soignes (fragmentation du massif grâce à l'autoroute et au ring)

Par curiosité, nous pouvons diviser la Forêt de Soignes en 4 parties grâce à l'autoroute et au ring, et ensuite calculer l'IKA correspondant à chaque partie (Tableau 10). Etant donné que le parcours 8 est à cheval sur 2 partie, il n'a pas été pris en compte dans les résultats suivants (Tableau 11 et Figure 4).

Tableau 10 : « Caractéristiques » des 4 parties de la Forêt de Soignes

Partie	Parcours compris dans chaque partie
NO	6 et 7
NE	1 à 5
SO	9 à 21
SE	22 à 25

Tableau 11 : Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) et valeurs de ses limites inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance, calculés pour les 4 parties de la Forêt de Soignes

Partie Forêt de Soignes	Limite inférieure	IKA	Limite supérieure
Nord – Ouest	0,11	0,41	0,71
Nord – Est	0,18	0,52	0,85
Sud – Ouest	0,21	0,52	0,83
Sud – Est	0,31	0,81	1,31

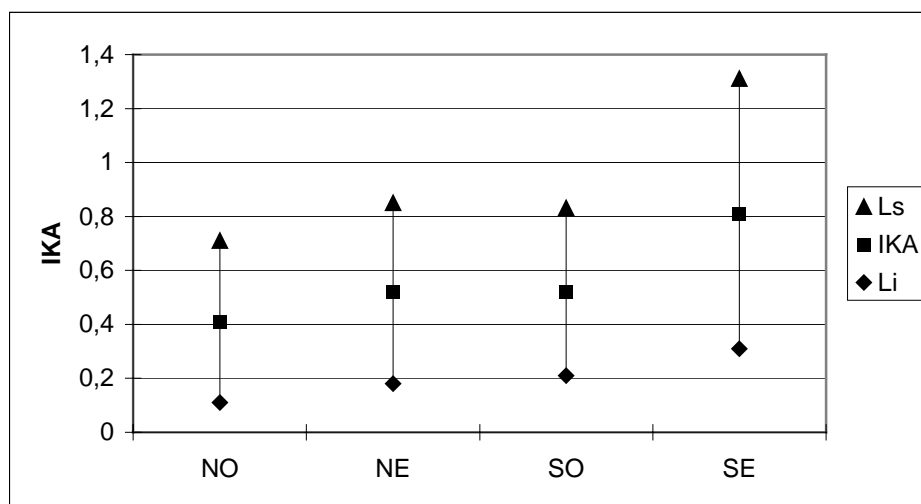


Figure 4 : Comparaison de l'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) obtenu sur les 4 parties de la Forêt de Soignes

3.11.4. Comparaison des résultats obtenus en fonction du nombre de répétitions effectuées

Afin de pouvoir estimer la précision obtenue lorsque le nombre de répétitions augmente, une analyse a été réalisée à partir de différentes simulations employant les résultats obtenus en 2008. Les résultats sont représentés à la Figure 5 ci-dessous.

Le graphique nous montre bien l'intérêt d'effectuer le plus grand nombre de répétitions possible (diminution de l'intervalle de confiance et donc augmentation de la précision des résultats). Cependant, nous pouvons émettre deux remarques :

- nous ne voyons pas tellement de différence entre les résultats obtenus avec 4 répétitions (nombre recommandé par le Groupe Chevreuil) et ceux obtenus avec 8 répétitions ;
- il faudrait effectuer quatre fois plus de répétitions (n=16) pour diminuer de moitié l'intervalle de confiance ; ces 16 répétitions devraient alors être réalisées en partie durant le mois de mai où la visibilité est moins importante.

Ainsi, le nombre de 4 répétitions pourrait être retenu pour les années suivantes.

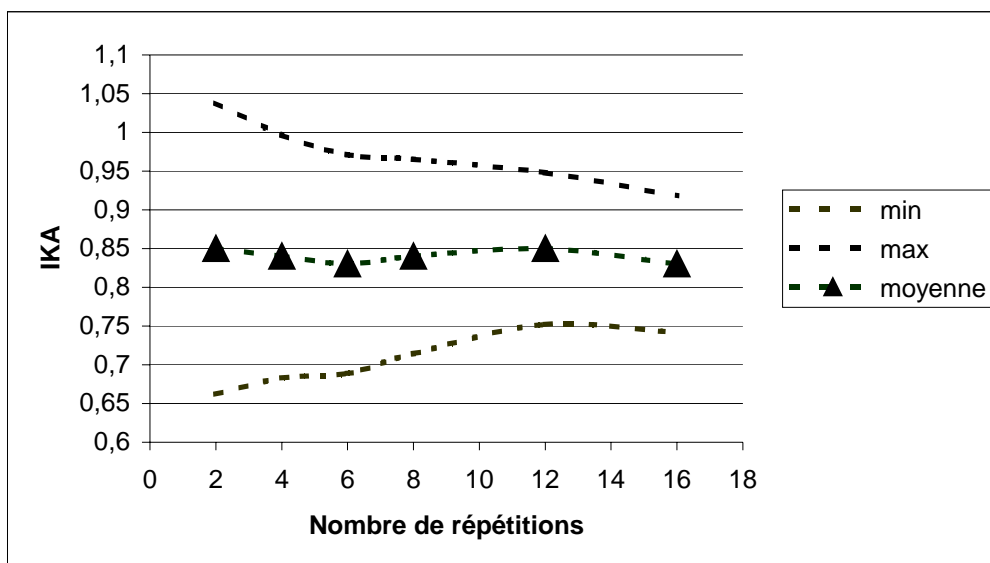


Figure 5 : Comparaison de l'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) et de son intervalle de confiance en fonction du nombre de répétitions effectuées

3.12. Premières conclusions

Comme il a déjà été mentionné précédemment, seule la comparaison avec les résultats obtenus les années suivantes pourra nous donner une information quant à l'évolution de la population de chevreuils de la Forêt de Soignes (diminution, stagnation ou augmentation). Il est donc nécessaire d'assurer correctement la continuité de cet outil.

En ce qui concerne le nombre de répétitions à effectuer, si l'IBGE décide d'en effectuer, en 2009 quatre au lieu de huit, nous conseillerons d'effectuer ces quatre répétitions d'une part uniquement le matin étant donné que l'intervalle de confiance du matin est plus petit que celui du soir, et d'autre part avant la mi avril pour éviter de recenser durant le débourrement de la végétation.

Chapitre 4 : Les méthodes de recensement absolues à envisager en Forêt de Soignes

4.1. Justification du choix de différentes méthodes

Sur base des critères de la conclusion du chapitre 2, nous pouvons déjà éliminer les méthodes suivantes puisque :

- soit elles ne sont pas validées pour le chevreuil ;
- soit elles nous donnent un effectif mais sans intervalle de confiance et/ou sans nous permettre d'estimer la détectabilité des animaux.

Il s'agit du recensement par parcours en voiture et aux phares de nuit, de l'analyse des tableaux de chasse, de l'approche sur secteur d'observation, de la poussée sur secteur, de l'affût collectif, de la battue à blanc, du *strip transect* ainsi que des relevés visuels et auditifs.

Parmi les méthodes restantes, la méthode CMR est difficilement envisageable en Forêt de Soignes car elle nécessite la présence de 2/3 d'animaux marqués dans la population. Il nous reste donc le distance sampling et le comptage des tas de matières fécales.

4.2. Le distance sampling

4.2.1. Principe de la méthode

Le distance sampling est basé sur l'idée qu'il est nécessaire de pouvoir évaluer la détectabilité des animaux dans l'estimation de l'abondance d'une population de chevreuils (voir 2.3.6).

Normalement, la densité d'une population de chevreuils se trouvant dans une certaine zone est estimée comme étant le nombre d'animaux vus divisé par la surface inventoriée (battue à blanc, approche sur secteur, affût collectif, *strip counts*,...). L'abondance n'est rien d'autre que la densité multipliée par la surface. Cependant, en appliquant cette méthode, nous supposons que tous les animaux sont détectés, ce qui n'est sans doute pas la réalité. Hormis le problème de détectabilité, reste encore le problème des doubles comptages.

Dans la méthode *distance sampling*, l'hypothèse de départ est que la probabilité de détecter un animal diminue en fonction de la distance entre l'observateur et l'animal (BUCKLAND *et al.*, 2001). Ceci est par ailleurs prouvé dans la plupart des expériences dans lesquelles cette distance a été notée (FOCARDI *et al.*, 2002, 2005 ; WARD *et al.*, 2004).

Pour chaque animal observé, la distance perpendiculaire entre l'animal et le parcours à effectuer par l'observateur est mesurée. Elle peut l'être de deux manières : soit directement, soit en utilisant la distance animal-observateur et le sinus de l'angle formé entre la ligne observateur-animal et le parcours à suivre (Figure 6).

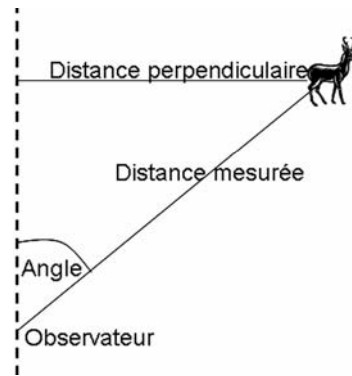


Figure 6 : Calcul de la distance perpendiculaire entre l'animal et le parcours effectué dans le cadre de la méthode Distance sampling (d'après BORCHERS *et al.*, 2002)

La densité peut ensuite être calculée en utilisant le programme « Distance » (disponible sur internet à l'adresse suivante : <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>) et les informations récoltées sur le terrain (nombre d'animaux vus et distances entre l'observateur et chaque animal observé).

Quatre règles doivent cependant être respectées afin d'obtenir des résultats fiables :

- Tous les animaux qui se trouvent sur le trajet sont observés ;
- Les animaux sont vus avant de se déplacer ou les déplacements des animaux sont aléatoires par rapport à la position de l'observateur ;
- Les distances sont mesurées correctement ;
- Les différentes observations d'animaux sont indépendantes les unes des autres.

Durant les dernières années, l'utilisation des caméras thermiques est devenue de plus en plus populaire pour les raisons suivantes (GILL *et al.*, 1997 ; MAYLE *et al.*, 1999) : les chevreuils se cachent moins pendant la nuit que pendant la journée et le pourcentage d'animaux vus est plus élevé comparé à l'utilisation des phares pendant la nuit (FOCARDI *et al.*, 2001). Durant des tests de fiabilité de la méthode réalisés en Angleterre, il a été démontré que la plupart des animaux ne bougeaient pas pendant la nuit (WARD *et al.*, 2004).

4.2.2. Application en Forêt de Soignes

La présence de nombreuses routes semi-carrossables en Forêt de Soignes, qui en plus sont souvent rectilignes, crée des circonstances idéales pour appliquer cette méthode absolue. L'absence d'un sous-étage arbustif dans certaines parties de la forêt augmente la détectabilité des animaux. La méthode est conçue spécialement pour résoudre le problème de la visibilité très variable, typique pour des hêtraies ayant ou non de la régénération ou un sous-étage arbustif.

Etant donné que cette méthode n'a pas encore été appliquée en Belgique (pour des chevreuils) et que le coût de l'achat d'une caméra thermique est non négligeable (http://www.flirthermography.com/belgium_french/cameras/all_cameras.asp), il serait préférable de réaliser une étude ou phase pilote avant de prendre la décision d'appliquer cette méthode comme méthode de dénombrement en Forêt de Soignes.

Pendant cette étude pilote, la faisabilité mais surtout la précision et le nombre de répétitions nécessaires afin d'atteindre la précision désirée pourraient être déterminés. Cette précision et le nombre de répétitions nécessaires seront fonction du nombre d'animaux vus

par nuit de comptage et de l'intervalle de confiance obtenu (voir 2.3.2). En plus, durant cette étude pilote, l'utilisation d'une caméra thermique à la place de phares doit être justifiée par le nombre d'animaux supplémentaires vus avec cette caméra (FOCARDI *et al.*, 2001).

4.3. Le comptage des tas de matières fécales

Plusieurs méthodes différentes de comptage des tas de matières fécales existent. Elles sont décrites ci-dessous.

4.3.1. Définition d'un tas de matières fécales (« pellet group »)

Par définition, un tas de matières fécales est constitué de minimum 6 crottes qui sont identifiées comme ayant été produites lors de la même défécation (MAYLE *et al.*, 2000). Un jugement subjectif doit parfois être réalisé pour des tas de matières fécales séparés, particulièrement dans le cas où l'animal a clairement déféqué pendant qu'il marchait, ceci résultant en un chapelet de matières fécales (MCINTOSH *et al.*, 1995).

4.3.2. Le « Faecal standing crop counts » (FSC)

4.3.2.1. Le « Faecal standing crop *plot* counts »

Cette méthode est plutôt appropriée dans des territoires à densité moyenne de chevreuils (10-30 / km²) (MAYLE *et al.*, 1999).

Le territoire doit d'abord être clairement identifié sur carte et divisé en différents types d'habitats, puisque le type d'habitat influence le taux de décomposition. Les parcelles d'échantillonnage doivent être réparties sur l'ensemble de l'aire d'étude et allouées proportionnellement à chaque type d'habitat présent (MAYLE *et al.*, 1999). Le nombre de ces parcelles et leur taille dépendront du niveau de justesse requis et des ressources disponibles. Des parcelles de 7*7 m sont recommandées dans le cas où une seule personne effectue les relevés (MAYLE *et al.*, 1999).

Les parcelles sont ensuite prospectées avec attention. Le nombre de tas de matières fécales trouvés dans les parcelles est compté pour chaque espèce lorsque plusieurs espèces de Cervidés sont présentes sur le même territoire. Dans ce cas, il arrive parfois qu'il soit impossible de déterminer à quelle espèce appartiennent les matières fécales. Elles sont alors renseignées comme « espèce ou classe inconnue » (MAYLE *et al.*, 1999, 2000).

En ce qui concerne les tas de matières fécales se trouvant juste à la limite des parcelles, ils sont alternativement comptés et rejetés (MAYLE *et al.*, 1999, 2000).

Finalement, la densité de chevreuils par hectare (D) peut être calculée pour chaque habitat en tenant compte du nombre moyen de tas de matières fécales par hectare, du temps de décomposition spécifique à l'habitat et du taux de défécation spécifique à l'espèce (MAYLE *et al.*, 1999) :

D = nb moyen tas de matières fécales par ha / [temps de décomposition (jours) * taux de défécation journalier (tas de matières fécales / jour)]

Il est alors possible ensuite de connaître la densité sur l'ensemble du territoire (ainsi que l'intervalle de confiance) en connaissant l'aire et de la densité propre à chaque type d'habitat.

4.3.2.2. Le « *Faecal standing crop strip transect counts* »

Cette méthode est plutôt appropriée dans des territoires à faible densité de chevreuils (<10/km²) (MAYLE *et al.*, 1999).

Au lieu d'être carrées comme précédemment, les parcelles ont une forme de fin transect d'un mètre de large. Leur longueur dépendra du niveau de justesse requis : de 500 à 2000 m. Quant à leur nombre, il dépendra de leur longueur individuelle et de la longueur totale de transect à inventorier (ex : 3 transects sont nécessaires pour avoir au total 2000 m d'échantillon) (MAYLE *et al.*, 1999).

Une fois le territoire divisé en différents types d'habitats, les transects devront être clairement identifiés sur carte de manière à ce qu'ils traversent des aires représentatives de chaque habitat. Ils ne doivent cependant pas être parallèles aux ruisseaux, routes, limites topographiques ou toutes autres limites qui pourraient influencer l'utilisation de l'habitat par le chevreuil. Lorsqu'un type d'habitat se trouve dans une vallée et que le chevreuil est susceptible d'utiliser les zones inférieures plutôt que les supérieures, les transects devront être en pente (MAYLE *et al.*, 1999, 2000).

Les transects sont ensuite parcourus et le nombre de tas de matières fécales trouvés dans les parcelles est compté par espèce. Un morceau de bois d'un mètre de long devrait être utilisé pour mesurer la largeur du transect ainsi qu'une boussole afin de suivre scrupuleusement le transect et assurer un minimum de biais ou de sélectivité. En effet, il peut y avoir une tendance à dévier du transect afin de se diriger vers des tas de matières fécales, ce qui sur-estimerait la taille de la population (MAYLE *et al.*, 1999, 2000).

Finalement, la densité de chevreuils par hectare (D) peut être calculée pour chaque habitat de la même manière que précédemment (MAYLE *et al.*, 1999) :

D = nb moyen tas de matières fécales par ha / [temps de décomposition (jours) * taux de défécation journalier (tas de matières fécales / jour)]

Il est possible ensuite de connaître la densité sur l'ensemble du territoire (ainsi que l'intervalle de confiance) en connaissant l'aire et la densité propre à chaque type d'habitat.

4.3.3. Le « *Faecal Accumulate Rate* » (FAR)

Cette méthode est plutôt appropriée dans des territoires à forte densité de chevreuils (>30/km²) où les tas de matières fécales s'accablent vite au sol (BUCKLAND, 1992 ; MAYLE *et al.*, 1999 ; SMART *et al.*, 2004).

Comme pour les méthodes précédentes, le territoire doit d'abord être clairement identifié sur carte et divisé en différents types d'habitats. Les parcelles d'échantillonnage doivent être réparties sur l'ensemble de l'aire d'étude et allouées proportionnellement à chaque type d'habitats présents ((MAYLE *et al.*, 1999 ; MCINTOSH *et al.*, 1995).

La taille de ces parcelles peut aller jusque 7*7 m lorsqu'une seule personne effectue les relevés et 10*10 m lorsque deux personnes sont présentes. Elles doivent être matérialisées de manière exacte sur le terrain (avec un piquet à chaque coin par exemple) pour s'assurer de les retrouver facilement lors d'une prochaine visite (MAYLE *et al.*, 1999).

Les parcelles sont alors prospectées avec attention et chaque tas de matières fécales rencontré est compté puis enlevé. La technique la plus pratique est de diviser la parcelle en carrés de 1 m² et de prospecter chaque bloc. Le nombre de tas de matières fécales présents lors du premier passage sur la parcelle permet d'obtenir une estimation de la population basée sur la méthode précédente (FSC) (MAYLE *et al.*, 1999 ; MCINTOSH *et al.*, 1995).

Afin d'évaluer le temps de décomposition des matières fécales, des tas de matières fécales fraîches présentes lors du premier passage peuvent être laissées sur place et identifiées. Idéalement, 6 groupes par type d'habitat devraient être marqués (MAYLE *et al.*, 1999).

Ensuite, toutes les parcelles sont revisitées une seconde fois et le nombre de tas de matières fécales accumulés depuis la première visite sont comptés (MAYLE *et al.*, 1999 ; MCINTOSH *et al.*, 1995).

Finalement, la densité de chevreuils par hectare (D) peut être calculée pour chaque habitat en tenant compte du nombre moyen de tas de matières fécales par hectare, du nombre de jours entre les deux visites et du taux de défécation spécifique à l'espèce (MAYLE *et al.*, 1999) :

D = nb moyen tas de matières fécales par ha / [temps entre 2 visites (jours) * taux de défécation journalier (tas de matières fécales / jour)]

La taille des parcelles est choisie pour aider la précision du comptage des tas de matières fécales mais le risque de rater des groupes dans des parcelles comprenant une végétation dense est impossible à exclure. C'est pourquoi le comptage de tas de matières fécales représente probablement une sous-estimation de la densité de chevreuils (MCINTOSH *et al.*, 1995).

4.3.4. Le temps de décomposition des matières fécales chez le chevreuil

Le temps de décomposition des matières fécales semble varier en fonction de la saison, du type d'habitat, de la météo et d'autres facteurs (LAING *et al.*, 2003 ; WELCH *et al.*, 1990 ; RACTCLIFFE AND MAYLE, 1992). Par contre, HEMAMI *et al.* (2005) ont constaté dans leur étude que le temps de disparition des matières fécales de chevreuil ne diffère pas entre les habitats et les mois. Les travaux de MITCHELL *et al.* (1985) ont quant à eux montré que les tas de matières fécales sont susceptibles de persister au moins 6 mois dans les habitats relativement pauvres (par exemple les terrains frais, humides avec des sols acides et peu d'activités d'invertébrés).

Dans les territoires où des données sur ce temps de décomposition sont déjà disponibles, dans la méthode FAR, la 2^{ème} visite devrait avoir lieu juste avant ce temps de décomposition pour éviter la perte d'un nombre significatif de tas de matières fécales suite à leur décomposition (LAING *et al.*, 2003 ; MAYLE *et al.*, 1999 ; MCINTOSH *et al.*, 1995). Cette 2^{ème} visite doit également avoir lieu avant qu'il n'y ait besoin de réaliser un ajustement des

résultats lié aux animaux morts naturellement ou tués entre les visites (MAYLE *et al.*, 1999 ; MCINTOSH *et al.*, 1995).

Ce temps de décomposition sera plus court dans les habitats ouverts et particulièrement s'il pleut beaucoup ou s'il fait chaud. MAYLE *et al.* (1999) donnent dans leur livre différents temps de décomposition dans différents habitats. Si aucune information n'est disponible, une période de 2 à 3 mois est acceptable (MAYLE *et al.*, 1999).

Les chiffres donnés par MAYLE *et al.* (1999) sont plutôt à considérer à titre d'information. En effet, dans leur étude, HEMAMI et DOLMAN (2005) ont obtenu des temps de décomposition plus courts que les chiffres rapportés par MAYLE *et al.* (1999). Ainsi, s'ils avaient employé la méthode FAR avec l'intervalle entre les deux visites basé sur ces chiffres, ils auraient sensiblement sous-estimé le nombre de chevreuils. Ceci montre l'importance de mesurer, au travers d'une étude pilote, le temps de décomposition spécifique à l'habitat et à la période d'étude lorsque l'on veut estimer un nombre d'animaux à partir d'un comptage de tas de matières fécales (MAYLE *et al.*, 1999 ; LAING *et al.*, 2003).

4.3.5. Le taux de défécation journalier chez le chevreuil

Selon MITCHELL *et al.* (1985), le taux de défécation journalier est de 17 tas de matières fécales par chevreuil par jour dans des habitats « pauvres » et 23 dans des habitats « riches ». Ils ont, en définitive, utilisé par la suite le nombre moyen de 20 tas de matières fécales par jour pour le chevreuil.

4.3.6. Le « Faecal standing crop line transect counts » (comptage des tas de matières fécales traité par distance sampling)

Le comptage des tas de matières fécales peut également être traité en utilisant la méthode distance sampling (MARQUES *et al.*, 2001, MAYLE *et al.*, 1999).

Le territoire d'étude est stratifié et un système aléatoire de transects est superposé sur chaque aire devant être échantillonnée. Sur le terrain, le point de départ de chaque transect est localisé et la boussole est alors utilisée pour suivre l'orientation du transect. Le nombre de tas de matières fécales de chaque espèce est compté et leur distance à la « ligne de marche » est mesurée (MARQUES *et al.*, 2001 ; MAYLE *et al.*, 1999).

Etant donné qu'il est nécessaire de ne pas perdre cette ligne de marche ou ligne de transect, une corde peut être utilisée ou alors une deuxième personne doit être présente de telle manière à ce que cette ligne soit précisément localisée lorsque la distance entre le tas de matières fécales et la ligne du transect est mesurée. Cette distance doit être une distance perpendiculaire à partir du centre du tas de matières fécales jusque la ligne du transect (MARQUES *et al.*, 2001 ; MAYLE *et al.*, 1999).

Dans cette méthode, il n'est plus nécessaire de détecter tous les tas de matières fécales (MARQUES *et al.*, 2001). Par exemple, dans leur étude, MARQUES *et al.* (2001) n'ont pas compté les tas de matières fécales se situant au-delà de 2 m de la ligne du transect. Des modèles informatiques sont alors utilisés pour estimer la probabilité qu'un tas de matières fécales localisé à l'intérieur de la zone soit détecté et ensuite estimer la densité de tas de matières fécales (BUCKLAND, 1992). Le logiciel « Distance » peut être employé pour faciliter les calculs.

Connaissant la densité de matières fécales, la densité de chevreuils est ensuite calculée comme pour la méthode FSC (MAYLE *et al.*, 1999).

4.3.7. Avantages et inconvénients des méthodes de comptage de tas de matières fécales FSC et FAR (MAYLE *et al.*, 1999)

Les avantages et inconvénients de chaque méthode de comptages de tas de matières fécales sont repris dans le Tableau 12.

En pratique, les méthodes FSC sont préférées par les auteurs et praticiens, malgré le peu d'éléments confirmant cette décision. En moyenne, la méthode FSC prend 80 minutes par parcelle d'échantillonnage alors qu'il faut 1,6 à 1,9 fois plus de temps pour la méthode FAR (CAMPBELL *et al.*, 2004).

Selon SMART *et al.* (2004), CAMPBELL *et al.* (2004) et MAYLE *et al.* (1999), la méthode FSC donne généralement des estimations d'abondance plus justes que la méthode FAR alors que c'est l'inverse pour MARQUES *et al.* (2001) ! Les conclusions sont donc différentes selon les études.

Les méthodes FAR seraient moins sujettes au biais lorsqu'elles sont appliquées dans les conditions environnementales appropriées (CAMPBELL *et al.*, 2004). Un autre avantage de ces méthodes FAR est qu'elles ne font pas intervenir le temps de décomposition des matières fécales (LAING *et al.*, 2003). Cependant, elles peuvent ne pas être très performantes lorsque les densités de chevreuil sont basses (MAYLE *et al.*, 1999). Effectivement, dans la méthode FSC, les tas de matières fécales sont accumulés sur une plus longue période que pour la méthode FAR. Par conséquent, cette dernière méthode peut souffrir d'un plus grand nombre de comptages nuls et de plus petits nombres de tas de matières fécales par unité. Ceci conduit à une justesse plus faible pour FAR lorsque les densités de chevreuil sont basses (RATCLIFFE, 1987 ; BUCKLAND, 1992).

Il ne faut pas non plus oublier que, dans la méthode FAR, le temps entre deux visites doit être court pour éviter que des nouveaux tas de matières fécales soient perdus suite à leur décomposition (LAING *et al.*, 2003).

Toutefois, les deux méthodes exigent la détection de tous les tas de matières fécales localisés à l'intérieur des parcelles d'échantillonnage, et donc sont demandeuses en temps (MARQUES *et al.*, 2001).

Une approche alternative est l'utilisation de la méthode du comptage des tas de matières fécales traité par distance sampling, qui serait potentiellement plus efficace et moins sujette au biais, notamment parce que dans cette méthode, il n'est plus nécessaire de détecter tous les tas de matières fécales (MARQUES *et al.*, 2001). Bien que cette méthode soit statistiquement valable, elle nécessite un effort supplémentaire en termes de collecte d'information sur le terrain et de traitement des données.

Tableau 12 : Avantages (+) et inconvénients (-) des différentes méthodes de comptage de tas de matières fécales (adapté de CAMPBELL *et al.*, 2004 ; LAING *et al.*, 2003 ; MAYLE *et al.*, 1999)

Paramètre		FSC		FAR		Comptage de crottes avec traitement en distance sampling
Justesse de la méthode	?	Différente selon les auteurs	?	Différente selon les auteurs	?/+	Potentiellement plus juste que les méthodes par plot dans les habitats avec une forte végétation au sol ou lorsque la végétation est variée ; et relativement plus rapide à faible densité
Nombre de visites	+	Une seule visite est requise	-	Deux visites sont requises	+	Une seule visite est requise
Equipement	+	Faible coût	-	Matérialisation des placettes nécessaire	+	Faible coût
Acquisition des résultats	+	Aucun délai	-	Délai dans l'obtention de l'estimation de la population = intervalle entre 2 visites	-	Traitement statistique plus lourd
Traitement informatique	+	Léger	+	Léger	-	Demande l'utilisation d'un logiciel informatique spécifique pour traiter les données et calculer la densité de la population
Sources d'erreur	-	La justesse de l'estimation de la densité sera influencée par : 1. la justesse de l'estimation du taux de défécation et de ; 2. la vitesse de décomposition	+	La justesse de l'estimation de la densité sera influencée par la justesse de l'estimation du taux de défécation uniquement	-	La justesse de l'estimation de la densité sera influencée par : 1. la justesse de la mesure de la distance perpendiculaire des crottes à la ligne du transect ; 2. la définition de la fonction de détectabilité ; 3. de l'estimation du taux de défécation et de décomposition.

4.4. Comparaison des méthodes absolues retenues pour la Forêt de Soignes et conclusion

En termes de précision, selon SMART *et al.* (2004), la méthode FSC est la méthode donnant les estimateurs de densité les plus justes mais la méthode *distance sampling*, utilisant l'image thermique, lui est supérieure en terme de fidélité et de force statistique. Parmi les méthodes s'intéressant aux matières fécales, la méthode FAR est la moins performante en terme de fidélité et de force statistique et est inférieure en justesse à la méthode FSC. La justesse de la méthode FAR et celle de *distance sampling* utilisant l'image thermique sont équivalentes.

En termes de mise en application, par rapport au *distance sampling*, les méthodes basées sur les matières fécales nécessitent la connaissance de la vitesse de décomposition des matières fécales et se basent sur un taux de défécation théorique difficilement vérifiable. De plus, la vitesse de décomposition est éminemment variable en fonction du type d'habitat, de la saison et des conditions climatiques.

La mise en œuvre de la méthode du *distance sampling*, qui utilise l'imagerie thermique, est particulièrement coûteuse en investissement. La précision de cette méthode est fonction

du nombre d'animaux observés qui lui même dépend de la densité de chevreuils et de leur détectabilité. En Forêt de Soignes, on suppose que la densité est faible mais que la visibilité est généralement très bonne.

Il serait idéal de pouvoir tester les deux approches – *distance sampling* et les différentes méthodes de dénombrement des matières fécales – au travers d'une étude de faisabilité en Forêt de Soignes. Une telle étude devrait définir l'efficacité ainsi que les coûts associés et permettrait de choisir objectivement la technique la mieux adaptée au massif sonien.

Finalement, suite à différentes réunions, il a été proposé d'appliquer la méthode du comptage des crottes sur la brigade 1 de la Région bruxelloise. Cette méthode demande cependant du temps et il y a beaucoup de paramètres pour lesquels nous ne connaissons pas la valeur. L'estimation de ces paramètres fera l'objet en elle-même d'un sujet de travail de fin d'études. Remarquons que les paramètres seront valables uniquement pour la saison durant laquelle ils auront été évalués durant la période d'étude.

Bibliographie

- ALBARET, M., PEROUX, R., GAILLARD, J.M. et LARTIGES, A. (1991). Les relevés d'indices de présence comme indicateur des variations d'effectifs chez le chevreuil (*Capreolus capreolus*). *Gibier Faune Sauvage*, **8**, 231-250
- ANDERSEN, J. (1953). *Analysis of a Danish Roe deer population*. Danish Revue of Game Biology, **2**, 127-155
- BALLON, P. (1999). Indicateurs de la relation population – environnement pour le suivi des populations de chevreuils en milieu forestier de plaine. *Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse*, **244**, 22-29
- BORCHERS, D.L., BUCKLAND, S.T. and ZUCCHINI, W. (2002). *Estimating Animal Abundance, Closed Populations*. Springer Verlag, London, 312 pp
- BOSCARDIN, Y. (1999). Les méthodes de dénombrement des populations de chevreuils. *Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse*, **244**, 17-21
- BUCKLAND, S.T. (1992). *Review of deer count methodology*. Unpublish report to the Scottish Office
- BUCKLAND, S.T., ANDERSON, D.R., BURNHAM, K.P., LAAKE, J.LM., BORCHERS, D.L. and THOMAS, L. (2001). *Introduction to Distance Sampling, Estimating abundance of biological populations*. Oxford. University Press, 432 pp
- CAMPBELL, D., SWANSON, G. M., AND SALES, J. (2004). Comparing the precision and cost-effectiveness of faecal pellet group count methods. *Journal of Applied Ecology*, **41**, 1185-1196
- CASAER, J. (2006). Gebruik van bio-indicatoren voor beheer van reewild. *Jaarboek INBO*, 60-61
- DEJ, F. (1998). Le logiciel « indice kilométrique » pour le suivi des populations de chevreuils. *Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse*, **244**, 38-40
- DELORME, D. (1989). L'effet observateur : une source de biais lors de l'application de l'indice kilométrique d'abondance (I.K.A.) pour le dénombrement de chevreuils (*Capreolus capreolus*). *Gibier Faune Sauvage*, **6**, 309-314
- DELORME, D. (2003). Gestion moderne du Chevreuil : de la validation à l'application des bio-indicateurs. *Forêt wallonne*, **63**, 39-44
- DZIECIOLOWSKI, R. (1976). Estimation ungulate numbers in a forest by tracks counts. *Acta Theriologica*, **21**, 217-222 in MAYLE *et al* (1999)
- FOCARDI, S., DE MARINIS, A.M., RIZZOOTTO, M. AND PYUCCI A. (2001). Comparative Evaluation of Thermal Imaging and Spotlighting to Survey Wildlife. *Wildlife Society Bulletin*, **29**, 133-139
- FOCARDI, S., ISOTTI, R., PELLICIONI, E. R., AND IANNUZZO, D. (2002a). The use of distance sampling and mark-resight to estimate the local density of wildlife populations. *Environmetrics*, **13**, 177-186
- FOCARDI, S., ISOTTI, R., AND TINELLI, A. (2002B). Line transect estimates of ungulate populations in a Mediterranean forest. *Journal of Wildlife Management*, **66**, 48-58

- FOCARDI, S., MONTANARO, P., ISOTTI, R., RONCHI, F., SCACCO, M., AND CALMANTI, R. (2005). Distance sampling effectively monitored a declining population of Italian roe deer *Capreolus capreolus italicus*. *Oryx*, **39**, 421-428
- GAILLARD, J.M., BOISAUBERT, B., BOUTIN, J.M. ET CLOBERT, J. (1986). L'estimation d'effectifs à partir de capture-marquage-recapture : application au chevreuil (*Capreolus capreolus*). *Gibier Faune Sauvage*, **3**, 143-158
- GILL, R. M. A., THOMAS, M. L., AND STOCKER, D. (1997). The use of portable thermal imaging for estimating deer population density in forest habitats. *Journal of Applied Ecology*, **34**, 1273-1286
- GROUPE CHEVREUIL (1989). La masse corporelle : un bioindicateur possible pour le suivi des populations de chevreuils. *Gibier Faune Sauvage*, **6**, 57-68
- GROUPE CHEVREUIL (1991). Méthodes de suivi des populations de chevreuils en forêt de plaine : exemple : l'Indice Kilométrique (I.K.). *Supplément au Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse*, **157**, Fiche n°70, 4 pp
- GUIBERT, B. (1999). Les conséquences des derniers acquis de la recherche sur la gestion future du chevreuil. *Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse*, **244**, 120-125
- HEMAMI, M.R. AND DOLMAN, P.M. (2005). The disappearance of muntjac (*Muntiacus reevesi*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) pellet-groups in a pine forest of lowland England. *European Journal of Wildlife Research*, **51**, 19-24
- HEMAMI, M.R., WATKINSON, A.R. AND DOLMAN, P.M. (2005). Population densities and habitat associations of introduced muntjac *Muntiacus reevesi* and native roe deer *Capreolus capreolus* in a lowland pine forest. *Forest Ecology and Management*, **215**, 224-238
- HEWISON, A. J. M., ANGIBAULT, J. M., CARGNELUTTI, B., COULON, A., RAMES, J. L., SERRANO, E., VERHEYDEN, H., AND MORELLET, N. (2007). Using radio-tracking and direct observation to estimate roe deer *Capreolus capreolus* density in a fragmented landscape: a pilot study. *Wildlife Biology*, **13**, 313-320
- LAING, S. E., BUCKLAND, S. T., BURN, R. W., LAMBIE, D., AND AMPHLETT, A. (2003). Dung and nest surveys: estimating decay rates. *Journal of Applied Ecology*, **40**, 1102-1111
- LANCIA, R.A, KENDALL, W.L., POLLOCK, K.H. AND NICHOLS, J.D. (2005). *Estimating the number of animals in wildlife populations*, in (eds) Braun, C.E. Techniques for Wildlife Investigations and Management. The Wildlife Society, Maryland, USA, 106-146
- MARQUES, F. F. C. AND BUCKLAND, S. T. (2003). Incorporating covariates into standard line transect analyses. *Biometrics*, **59**, 924-935
- MARQUES, F. F. C., BUCKLAND, S. T., GOFFIN, D., DIXON, C.E., BORCHERS, D.L., MAYLE, B.A. AND PEACE, A.J. (2001). Estimating deer abundance from line transect surveys of dung : sika deer in southern Scotland. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 349-363
- MAYLE, B.A., PEACE, A.J., GILL, R.M.A. (1999). *How many deer ?* Forestry Commission, 96 pp
- MAYLE, B.A., PUTMAN, R. J., AND WYLLIE, I. (2000). The use of trackway counts to establish an index of deer presence. *Mammal Review*, **30**, 233-237

- MCINTOSH, R., BURLTON, F.W.E. AND MCREDDIE, G. (1995). Monitoring the density of a roe deer *Capreolus capreolus* population subjected to heavy hunting pressure. *Forest Ecology and Management*, **79**, 99-106
- MILLS, L. S. (2007). *Conservation of Wildlife Populations, Demography, Genetics and Management*. (Blackwell Publishing: Oxford.)
- MITCHELL, B., ROWE, J.J., RATCLIFFE, P.R. AND HINGE, M. (1985). Defaecation frequency in roe deer (*Capreolus capreolus*) in relation to the accumulation of faecal deposits. *J. Zool. London*, **207**, 1-7
- NICHOLS, J.D. *et al.* (1995). Managing North American waterfowl in the face of uncertainty. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, **26**, 177-199
- PUCEK, Z., BOBEK, B., LABUDSKI, L., MILKOWSKI, L., MOROW, K. AND TOMEK, A. (1975). Estimates of density and numbers of ungulates. *Polish Ecological Studies*, **1**, 121-135 in MAYLE *et al* (1999)
- PUTIN, E. et ALBARET, M. (1999). Le chevreuil dans le Forez : gestion par la méthode des relevés d'indices de présence. *Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse*, **244**, 54-59
- RATCLIFFE, P.R. (1987). *The management of red deer in the commercial forests of Scotland related to population dynamics and habitat changes*. PhD Thesis. University of London, London, UK
- RATCLIFFE, P.R. AND MAYLE, B.A. (1992). *Roe deer biology and management*. Forestry Commission Bull., n°105, HMSO, London, 28 pp
- REBY, D., CARGNELUTTI, B., HEWISON, A.J.M., ANGIBAULT, J.M. et VINCENT, J.P. (2000). Peut-on estimer la taille d'une population de chevreuils en combinant relevés visuels et auditifs. Premiers résultats d'une étude pionnière. *Bulletin Technique de l'ONF*, **30**, 45-50
- REBY, D., HEWISON, A. J. M., CARGNELUTTI, B., ANGIBAULT, J. M., AND VINCENT, J. P. (1998). Use of vocalizations to estimate population size of roe deer. *Journal of Wildlife Management*, **62**, 1342-1348
- ROSSI, I., MAURI, L., LAFICARA, S. AND APOLLONIO, M. (2002). Barking in Roe Deer (*Capreolus capreolus*) : Seasonal trends and possible functions. *Hystrix*, **13**, 13-18
- SEBER, G.A.F. (1982). *The estimation of animal abundance and related parameters*, 2nd edition. Macmillan Publ. Co., Inc., New York, N.Y., 654 pp
- SMART, J. C. R., WARD, A. I., AND WHITE, P. C. L. (2004). Monitoring woodland deer populations in the UK: an imprecise science. *Mammal Review*, **34**, 99-114
- TOUSSAINT, A.C. (2001). *Rapport de la convention : suivi des populations de chevreuils en Forêt de Soignes (partie Bruxelles-Capitale) et propositions de mesures de gestion*, 49 pp
- VAN LAERE, G., MAILLARD, D., BOUTIN, J.M. ET DELORME, D. (1999). Le suivi des populations de chevreuils : des méthodes traditionnelles d'estimation aux indicateurs population-environnement. *Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse*, **244**, 46-47
- VINCENT, J. P. AND BIDEAU, E. (1982). Note About the Visibility Index Determination - Utilization for Roe Deer Census. *Acta Oecologica-Oecologia Applicata*, **3**, 257-262

- VINCENT, J. P. AND BIDEAU, E. (1992). Conséquences d'une modification importante de la densité sur une population de chevreuils forestiers, *Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse*, **169**, 30-33
- VINCENT, J. P., BIDEAU, E., HEWISON, A. J. M., AND ANGIBAULT, J. M. (1995). The Influence of Increasing Density on Body-Weight, Kid Production, Home-Range and Winter Grouping in Roe Deer (*Capreolus-Capreolus*). *Journal of Zoology*, **236**, 371-382
- VINCENT, J. P., GAILLARD, J. M., AND BIDEAU, E. (1991). Kilometric Index As Biological Indicator for Monitoring Forest Roe Deer Populations. *Acta Theriologica*, **36**, 315-328
- VINCENT, J. P., HEWISON, A. J. M., ANGIBAULT, J. M., AND CARGNELUTTI, B. (1996). Testing density estimators on a fallow deer population of known size. *Journal of Wildlife Management*, **60**, 18-28
- WALTERS, C.J., AND GREEN, R. (1997). Valuation of experimental management options for ecological systems. *Journal of Wildlife Management*, **61**, 987-1006
- WARD, A. I., WHITE, P. C. L., AND CRITCHLEY, C. H. (2004). Roe deer *Capreolus capreolus* behaviour affects density estimates from distance sampling surveys. *Mammal Review*, **34**, 315-319
- WELCH, D., STAINES, B.W., CATT, D.C. AND SCOTT, D. (1990). Habitat used by red (*Cervus elaphus*) and roe (*Capreolus capreolus*) deer in a scottish Sitka Spruce plantation. *J. Zool. London*, **221**, 453-476
- WILLIAMS, B.K., NICHOLS, J.D. AND CONROY, M.J. (2001). *Analysis and Management of Animal Populations*, Academic Press, New York
- YOCCOZ, N. G., NICHOLS, J. D., AND BOULINIER, T. (2001). Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in Ecology & Evolution*, **16**, 446-453

Annexes

- Annexe 01 : Carte générale reprenant l'ensemble des parcours IKA sur la Forêt de Soignes
- Annexe 02 : Parcours IKA et longueur respective
- Annexe 03 : Jours et heures de recensements prévus en 2008
- Annexe 04 : Groupes
- Annexe 05 : Formulaire IKA (versions francophone et néerlandophone)
- Annexe 06 : Cartes des résultats IKA