Application du Distance-sampling au recensement de la Chevêche d'Athéna (*Athene noctua*) dans le but d'améliorer l'estimation des densités de population

Noémie CASTAING

Stage réalisé du 20 février au 31 juillet 2012
Master 1 Écologie-Biodiversité
Parcours Ingénierie Écologique et Gestion de la Biodiversité (IEGB)

Joaquim Antunes - http://www.dipity.com/tickr/Flickr_mocho/

Stage encadré par :

Olivier HAMEAU,
Animateur régional des Plans Nationaux d'Action Chevêche d'Athéna & Pies-grièches - LPO PACA

Alexandre MILLON,
Docteur en Sciences et Maître de Conférences à l'Institut Méditerranéen Biodiversité et Écologie (IMBE) – Université Aix-Marseille

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Olivier Hameau, mon maitre de stage, pour m'avoir accepté en stage au sein de la LPO PACA. Merci pour tout ce que j'ai pu apprendre sur la Chevêche d'Athéna et sur les rapaces nocturnes d'une manière générale et pour nous avoir fait participer au suivi des nichoirs.

Merci à toute l'équipe de la LPO PACA ainsi que tous les salariés travaillant au château, pour leur accueil et leur convivialité. Merci à Virginie Toussaint pour nous avoir permis de participer aux animations organisées par l'association et notamment pour nous avoir permis d'intervenir lors des soirées consacrées à la fête de la nature.

Je remercie tout particulièrement Alexandre Millon, chercheur à l'IMBE (Université Aix-Marseille), pour sa disponibilité et son aide précieuse au cours de ce stage et sans qui cette étude n'aurait pu être réalisée. Merci de m'avoir initié au distance-sampling, pour avoir répondu à toutes mes questions et pour m'avoir aidé à analyser et interpréter mes résultats.

Merci à Gaëlle Marday pour sa bonne humeur et pour tous les moments passés ensemble dans le cadre de ce stage. Merci pour l'aide apportée et notamment pour toutes les précieuses relectures.

Merci à l'ensemble des stagiaires et éco-volontaires ayant cohabité au château, pour leur convivialité, leur bonne humeur et pour toutes les soirées passées ensemble.

Index des figures

Figure 1. Probabilité théorique de densité en fonction de la distance
Figure 2. Nombre d'individus observés et probabilité de détection des individus, en fonction de la distance
Figure 3. Organigramme de l'antenne LPO Provence-Alpes-Côte-d'Azur (PACA)
Figure 4. Produits d'exploitation de la LPO PACA en 2010
Figure 5. Exemple de positionnement des points de repasse
Figure 6. Représentation du protocole de la repasse utilisé dans le cadre de l'observatoire Inter-Parcs PACA
Figure 7. Organisation du test d'estimation des distances par les observateurs
Figure 8. Superposition des points d'écoute effectués : sélection (en orange) du maximum de points d'écoute ne se recoupant pas
Figure 9. Densités de mâles chanteurs par territoire (en mâles/km² prospecté)
Figure 10. Nombre d'individus détectés par classe de distance
Figure 11. Densité d'individus détectés par classe de distance
Figure 12. Densité de mâles détectés par classe de distance en fonction de la repasse
Figure 13. Modélisation de la fonction de détection sous Distance des données sans pseudo-réplicat
Figure 14. Résultats du test d'erreur d'estimation des distances par les observateurs
Figure 15. Erreur moyenne d'estimation par observateur avec erreur-standard
Figure 16. Distances observées et fonction de détection ajustée selon l'hypothèse 1
Figure 17. Distances observées et fonction de détection ajustée selon l'hypothèse 2
Figure 18. Biais théorique lié à l'estimation des densités brutes dans le cas de pseudo-réplication

Index des cartes

Carte 1. Territoires partenaires de l'observatoire Inter-Parcs régional Provence-Alpes-Côte-D'azur (PACA)
Carte 2. Répartition des mailles prospectées dans le cadre de l'observatoire régional Inter-Parcs PACA de la Chevêche d'Athéna (*Athene noctua*)

Sommaire

1 INTRODUCTION 1

1.1 ÉTAT DE L'ART 1

1.2 HISTORIQUE ET CONTEXTE 3

1.3 PRÉSENTATION DE LA LPO PACA 4

1.4 OBJECTIF DE L'ÉTUDE 5

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES 5

2.1 OBJET D'ÉTUDE : LA CHEVÊCHE D'ATHÉNA - *ATHENE NOCTUA* 5

2.2 ZONE D'ÉTUDE 6

2.3 PROTOCOLE D'ÉCHANTILLONNAGE 6

2.4 PROTOCOLES DE CALIBRAGE 8

2.4.1 Estimation du taux de détection à moins de cent mètres 9

2.4.2 Test d'estimation des distances 10

2.5 ANALYSE DES RÉSULTATS 10

2.5.1 Résultats du suivi 10

2.5.2 Test d'estimation des distances 11

3 RÉSULTATS 12

3.1 RÉSULTATS DU SUIVI 12

3.2 RÉSULTATS DU TEST D'ESTIMATION DES DISTANCES 13

3.3 RÉSULTATS DU TAUX DE DÉTECTION À MOINS DE CENT MÈTRES 14

3.4 RÉSULTATS DU TEST D'HYPOTHÈSES – ANALYSE AVEC DISTANCE 14

4 DISCUSSION 15

CONCLUSION 19

1 Introduction

1.1 État de l'art

La France à l'origine principalement forestière a connu une déforestation progressive suite à l'expansion de l'agriculture et de l'urbanisation (Blache, 2005). Certaines espèces spécialistes des milieux ouverts ont pu alors profiter de l'apparition de nouveaux habitats et sont actuellement inféodées aux milieux agricoles et bocagers. Cependant, l'intensification des pratiques agricoles en Europe après la guerre a amené à une homogénéisation des milieux et à une pollution des sols, causes principales du déclin global de la biodiversité associée aux milieux agricoles (Benton *et al.*, 2003). Selon une publication de la RSPB (Royal Society for the Protection of Birds) en 2001 (Donald *et al.*, 2001), cette intensification des pratiques agricoles serait la cause principale du déclin des populations d'oiseaux en Europe. Même si les effectifs des populations tendent à se stabiliser voire à augmenter pour la plupart des espèces bénéficiant de mesures de protection, ils continuent en revanche à diminuer pour les espèces communes (Donald *et al.*, 2001).

La Chevêche d'Athéna (*Athene noctua*), petit rapace nocturne présent un peu partout en France, est un exemple caractéristique des populations en déclin liées aux milieux agricoles, la diminution de ses effectifs étant observable à l'échelle européenne (Tucker et Heath, 1994). Des neuf rapaces nocturnes présents sur le territoire français, elle est l'espèce ayant connu le déclin le plus important (Genot, 1996). Des recensements locaux ainsi que des enquêtes régionales menées au cours des dix dernières années ont en effet permis d'identifier une régression généralisée des effectifs à l'échelle française depuis les années 1970 (Genot, 1999 *in* Rocamora et Yeatman-Berthelot, 1999). Cependant, les données quantitatives restent incomplètes et rendent difficile l'estimation précise des effectifs nationaux (Genot, 1999 *in* Rocamora et Yeatman-Berthelot, 1999). Un suivi régulier et standardisé des populations à grande échelle permet alors d'appréhender de façon plus fiable les tendances des effectifs à long terme. Ces suivis visent avant tout à identifier à temps le déclin possible d'une population avant que celle-ci ne soit considérée en danger et permet de limiter les coûts et efforts de conservation qui en découleront (Hagan, 1992).

Plusieurs méthodes de recensement des oiseaux ont été décrites et diffèrent chacune quant aux résultats qu'elles permettent d'obtenir. Ces recensements pouvant être effectués à différentes échelles (locale, départementale, régionale, nationale, internationale), ceux-ci doivent être standardisés afin de pouvoir être comparables et répétables dans le temps et dans l'espace et ainsi limiter les biais (Thompson, 2002).

Pour cela, de nombreuses études ont été effectuées afin de déterminer les protocoles les plus robustes pour l'estimation des tailles de populations. Différents critères de robustesse ont été identifiés, basés principalement sur la prise en compte de la détection, c'est-à-dire la probabilité qu'un individu soit recensé lorsqu'il est présent. Ainsi, il est nécessaire d'avoir une probabilité de détection la plus élevée possible, une variation temporelle et spatiale du taux de détection réduite, une variabilité entre observateurs minimisée et pour finir la suppression, la réduction ou au mieux la prise en compte dans les analyses, des paramètres extérieurs pouvant influencer la détection (Conway et Gibbs, 2001). Les protocoles sélectionnés représentent généralement le meilleur compromis entre l'effort d'échantillonnage et la précision des estimations d'effectifs (Ralph *et al.*, 1995).

Ainsi, la méthode des points d'écoute est couramment utilisée dans le but de recenser les populations d'oiseaux nicheuses (Lynch, 1995) et d'estimer leur abondance au niveau spatial et temporel (Simons *et al.*, 2007). Cette méthode consiste à se placer en différents points pour une durée précise et à identifier et localiser tous les chants entendus. Celle-ci tire parti du comportement reproducteur observé chez les mâles de la plupart des espèces d'oiseaux. En effet, le chant est utilisé dans le but d'attirer la femelle mais également afin de défendre un territoire vis-à-vis des autres reproducteurs (De Kort *et al.*, 2008). Un cas particulier de cette technique consiste à diffuser le chant territorial du mâle au début du point d'écoute (méthode dite de la repasse) de façon à provoquer une réponse. La repasse est ainsi utilisée dans le but de suivre une espèce en particulier. Cette pratique est la plus couramment employée pour le suivi des rapaces nocturnes (Johnson *et al.*, 2007) et est recommandée dans le cas d'espèces rares, difficiles à détecter ou occupant des territoires étendus (Johnson *et al.*, 1981). Cette méthode peut cependant présenter de nombreux biais dont il faut tenir compte. Tout d'abord, afin de comparer au niveau spatial et temporel les effectifs, l'effort d'échantillonnage doit être équivalent entre secteurs de prospection. De plus, le taux de détection ne doit varier ni spatialement ni temporellement (Johnson *et al.*, 2007), ce qui est peu souvent mesuré. De plus, cette technique peut s'avérer perturbante pour les individus et peut provoquer un phénomène d'habitude modifiant localement le taux de réponse et ainsi le taux de détection (Conway et Gibbs, 2001). C'est pourquoi cette méthode doit être utilisée de manière raisonnée, uniquement dans le cadre d'études ciblées. Dans le cadre de recensements par points d'écoute classiques, ces variations du taux de détection ne sont pas prises en compte. Il est ainsi considéré que l'ensemble des individus présents répondent de manière systématique à la repasse, soit un taux de détection supposé de 100%.

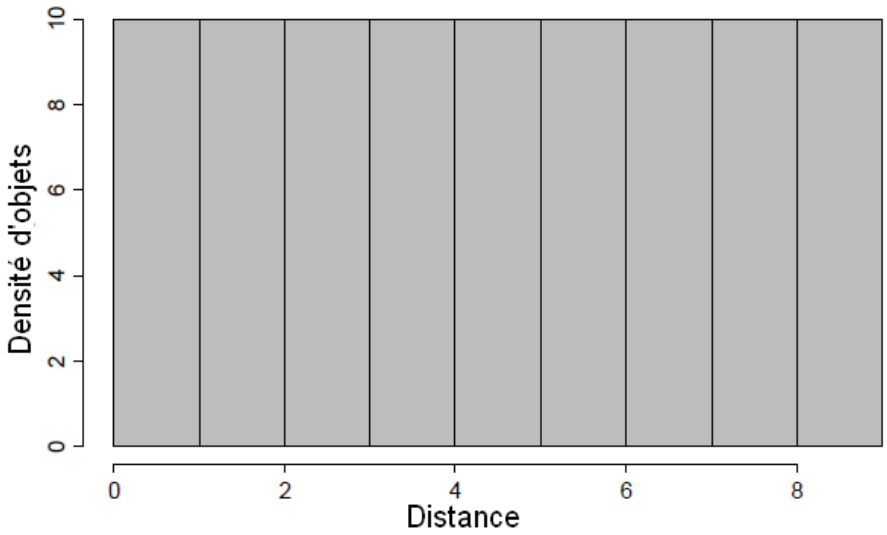


Figure 1. Probabilité théorique de densité en fonction de la distance : Le Distance-sampling repose sur le principe que la densité moyenne des objets recherchés est homogène quelque soit la distance à l'observateur

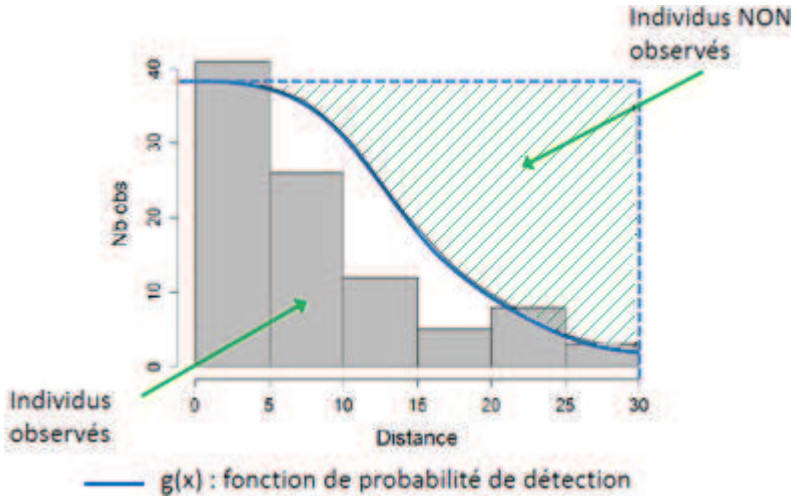


Figure 2. Nombre d'individus observés et probabilité de détection des individus, en fonction de la distance

Or, cette condition n'étant pas mesurée, ce type de recensement permet avant tout d'obtenir une estimation de l'abondance de la population, et non de réaliser un comptage absolu. Les densités calculées habituellement à partir de ces abondances, en les rapportant aux surfaces prospectées, sont ainsi souvent très éloignées de la réalité.

Dans le but d'ajuster de manière précise des densités, le distance-sampling est largement utilisé et permet alors d'estimer une densité absolue des populations animales et notamment d'oiseaux (Marques *et al.*, 2007). Le distance-sampling s'appuie sur deux méthodes d'échantillonnage, le transect en "ligne" et le transect en "point", le dernier étant applicable à un suivi par point d'écoute. Ceci consiste à estimer à chaque point la distance entre l'observateur et les individus détectés. D'une manière générale, plus la distance augmente et plus la détectabilité diminue, amenant à manquer un certain nombre d'individus (Marques *et al.*, 2007; Buckland *et al.*, 2001) . Cependant, une des hypothèses du distance-sampling consiste à considérer que tous les individus présents sur le transect sont détectés. De plus, cette technique se base sur le principe que la densité moyenne des individus sur l'ensemble de la zone prospectée, est homogène et ce, quelle que soit la distance entre les individus et l'observateur (Figure 1). En effet, il n'est pas nécessaire que les individus soient distribués aléatoirement dans l'espace mais plutôt que les points d'échantillonnage soient disposés aléatoirement par rapport aux individus. A partir de ces deux hypothèses et de la distribution des distances observées, il est alors possible d'estimer une fonction de détection (Figure 2), autrement dit la probabilité de détecter un individu présent à une certaine distance de l'observateur. Cette fonction permet ensuite d'estimer le nombre d'individus non détectés et ainsi de calculer une estimation précise de la densité réelle de la population.

1.2 Historique et contexte

En 1986, dans le but d'étudier la densité et l'habitat de l'espèce, les premiers inventaires de la Chevêche d'Athéna sont réalisés par cinq Parcs Naturels Régionaux. En 1988, les cinq partenaires créent un observatoire Inter-Parcs Chevêche, ayant pour principe un recensement de l'espèce tous les quatre ans, afin de suivre les populations sur le long terme. Au cours des années plusieurs parcs se sont ajoutés et actuellement dix parcs (neuf régionaux et un national) sont partenaires de l'observatoire, dont le Parc naturel régional du Luberon. Parallèlement à cet observatoire, un Plan National d'Actions (PNA) est également rédigé en 1992 puis validé en 2001, mais n'a jamais été mis en œuvre de manière officielle.

En 1998, la Ligue de Protection des Oiseaux (LPO), créée sa délégation régionale en Provence-Alpes-Côte-D'azur (PACA). Le Parc naturel régional du Luberon s'est alors

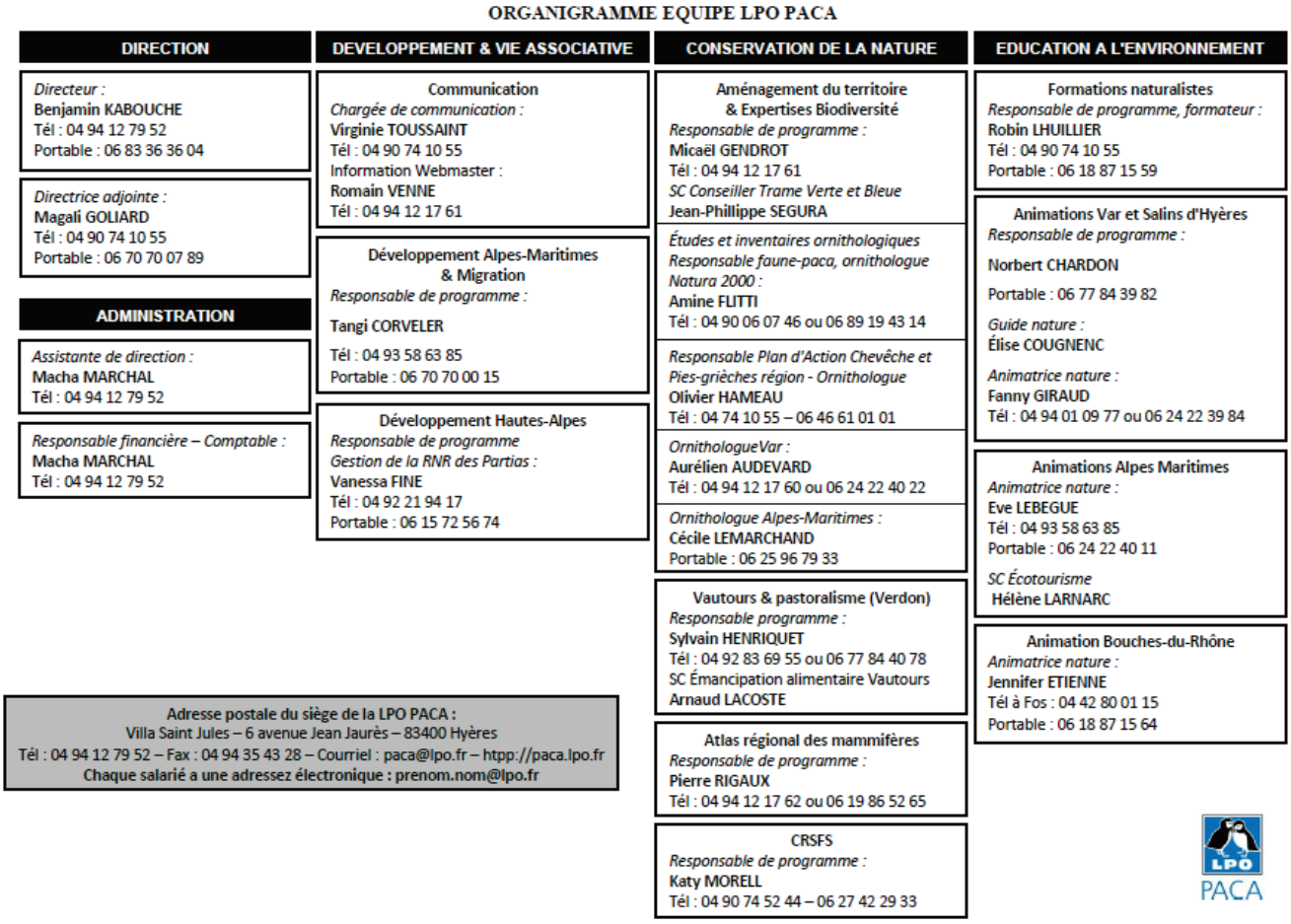


Figure 3. Organigramme de l'antenne LPO Provence-Alpes-Côte-d'Azur (PACA)

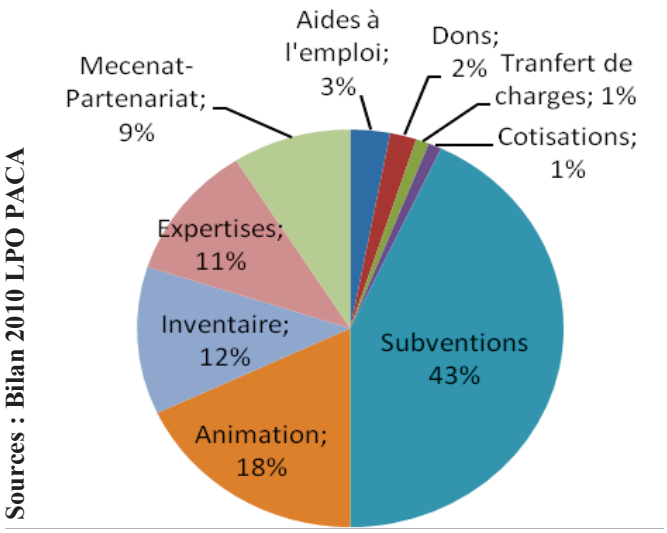


Figure 4. Produits d'exploitation de la LPO PACA en 2010 – 1 178 914 €

associé à la LPO PACA qui s'est vu confier l'ensemble du projet Chevêche. Depuis 2004, l'association a également mis en place un suivi annuel de l'espèce sur des secteurs différents de ceux prospectés dans le cadre de l'observatoire national, afin d'étendre le suivi à l'ensemble du territoire de la Réserve de Biosphère Luberon-Lure. Cette année 2012, par manque de financements du ministère de l'environnement, l'observatoire n'a pu être mis en place. Cependant, cette année, la LPO PACA a initié sur le même schéma, un observatoire Inter-Parcs au sein de la région, regroupant deux Parcs Naturels Régionaux (PNR des Alpilles et PNR du Verdon) ainsi que la Réserve de Biosphère Luberon-Lure (incluant le PNR Luberon), la Réserve de Biosphère du mont Ventoux et le Grand Site de la Sainte Victoire.

1.3 Présentation de la LPO PACA

La LPO (Ligue de Protection des Oiseaux) est une association loi 1901 créée en 1912 et qui œuvre pour la sauvegarde de la biodiversité. Avec environ 45 000 membres et une présence dans 71 départements, elle est la première association de protection de la nature en France à ce jour. Elle est l'association française représentante de l'alliance mondiale Birdlife Internationale qui réunit plus de 100 organisations de protection de la nature dans le monde.
Ses trois principales missions sont : la protection des espèces, la préservation des espaces naturels et pour finir l'éducation et la sensibilisation du public. La LPO PACA, créée en 1998, est une délégation régionale, c'est-à-dire qu'elle est indépendante financièrement et juridiquement. L'équipe est composée de 25 salariés réparties en 5 pôles (Figure 3) dont le pôle "Conservation de la nature" dans lequel s'insère ce stage. Au sein de la région, la LPO travaille en étroite collaboration avec le Parc naturel régional du Luberon, principalement concernant les études sur la Chevêche d'Athéna, financées en partie par le Parc, via des financements de la région PACA, mais coordonnées par la LPO. En effet, les financements alloués au suivi de l'espèce proviennent en grande partie de la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) et du Parc naturel régional du Luberon, mais également de recettes dégagées par la LPO au travers de leurs diverses activités (Figure 4).

1.4 Objectif de l'étude

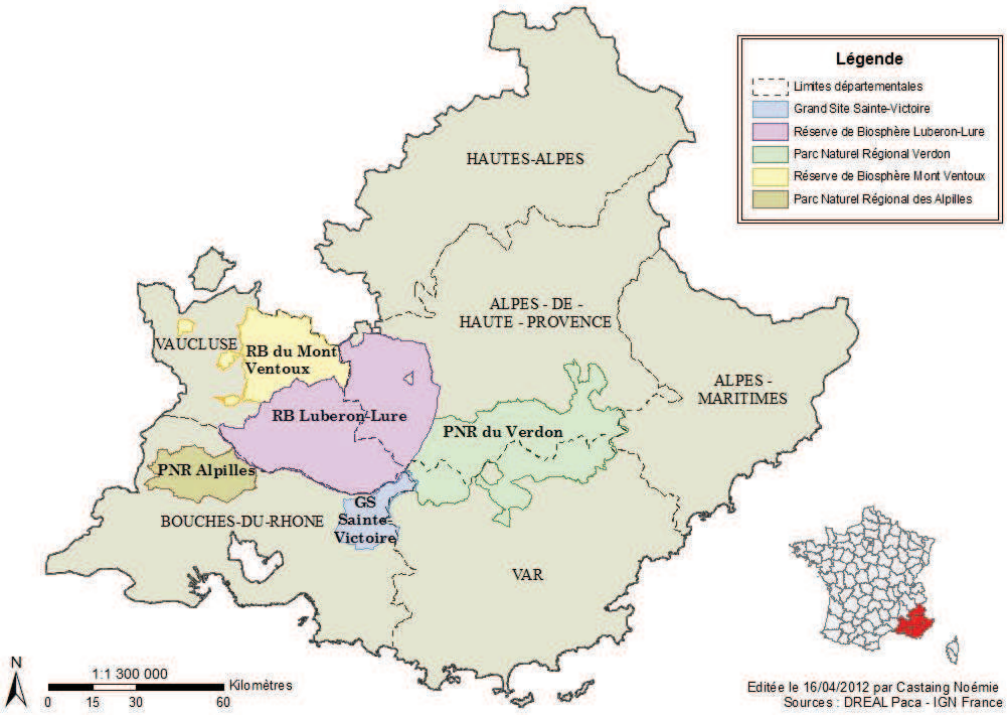
Dans le cadre de l'observatoire Inter-Parcs PACA initié cette année, un suivi commun de l'espèce a été réalisé. L'objectif du stage a ainsi consisté à effectuer le suivi de l'espèce sur le territoire de la Réserve de Biosphère Luberon-Lure, puis à compiler les données récoltées avec celles des quatre autres partenaires de l'observatoire. Ce suivi a permis d'effectuer un premier recensement dans des territoires où le suivi de l'espèce n'avait jamais été effectué et d'étendre la zone prospectée dans les territoires ayant déjà effectué des recensements antérieurs. Il a été ainsi possible d'identifier la répartition des individus ainsi que les principaux noyaux de population sur l'ensemble des territoires prospectés. De même, les résultats du suivi ont permis d'estimer les abondances et les densités brutes observées cette année. Ces estimations, calculées habituellement dans le cadre de suivis de l'espèce et exprimées en termes de couples reproducteurs, ont été déclinées à l'échelle du territoire et sur l'ensemble de la zone d'étude.

La deuxième partie du stage à consisté à identifier les limites du protocole utilisé habituellement pour le suivi des populations de Chevêche. Dans le but d'estimer les densités réelles des populations et ainsi identifier l'erreur d'estimation classique des densités, la méthode du distance-sampling a été appliquée au protocole. Le but de l'étude a ensuite consisté à identifier si l'utilisation du distance-sampling s'avère en effet pertinente dans le cadre d'un suivi de la Chevêche. Ainsi, les différentes hypothèses inhérentes à cette méthode ont été testées et deux protocoles ont été mis en place cette année afin de calibrer le cas échéant les résultats du suivi.

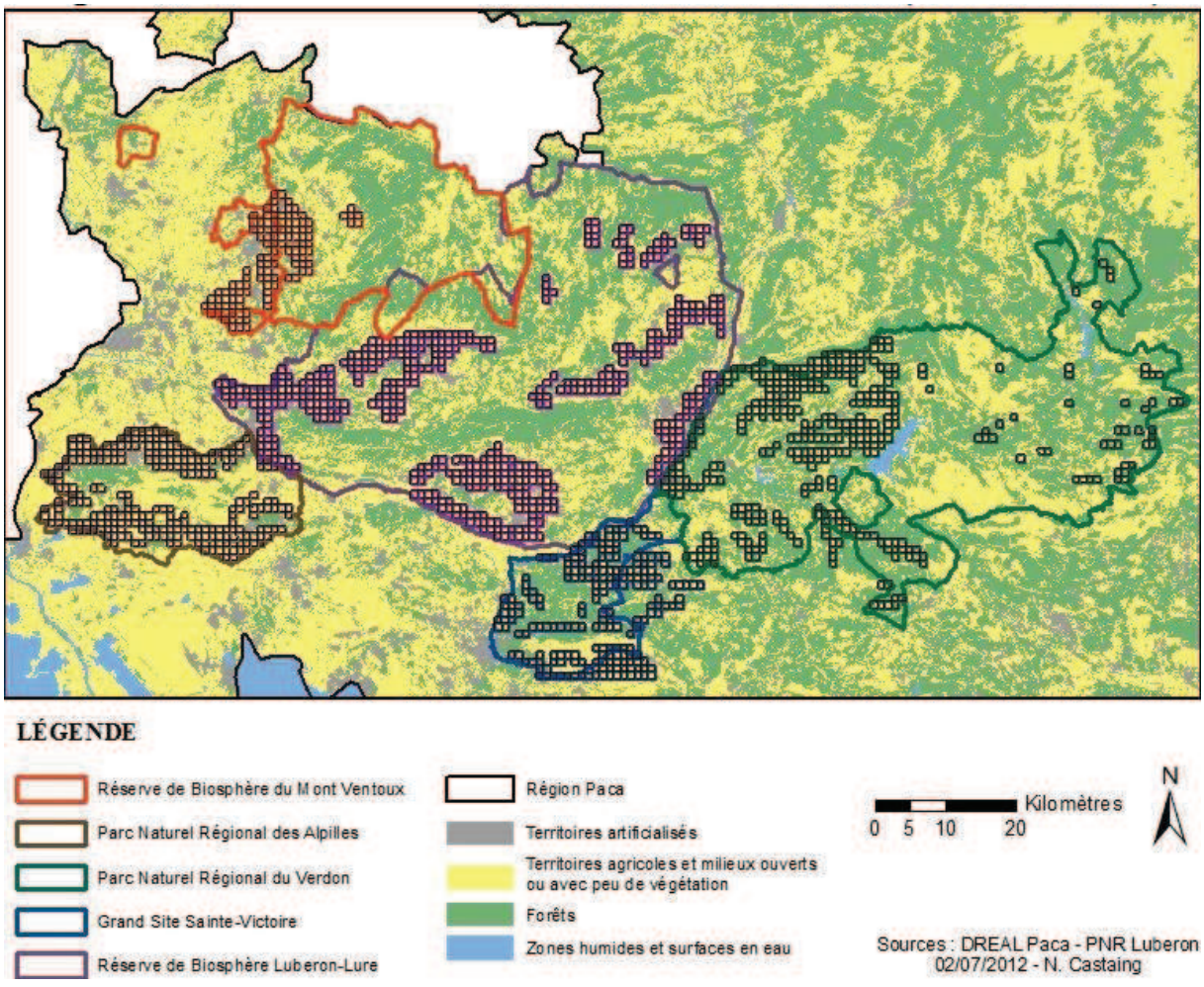
2 Matériels et méthodes

2.1 Objet d'étude : la Chevêche d'Athéna - *Athene noctua*

La Chevêche d'Athéna (anciennement Chouette Chevêche), ayant pour nom latin *Athene noctua*, est un petit rapace nocturne de la famille des Strigidés. Celle-ci se reconnait facilement à sa silhouette trapue et son plumage brun-roux tacheté de blanc. L'espèce présente un dimorphisme sexuel peu marqué ce qui rend impossible la détermination du sexe par le plumage. La Chevêche est cependant facilement identifiable par le chant interrogatif du mâle ainsi que les cris ressemblant à un miaulement. Il existe à travers le monde treize sous-espèces connues dont une seule susceptible d'être rencontrée en France continentale : *A. noctua vidalii* (Blache, 2005).



Carte 1. Territoires partenaires de l'observatoire Inter-Parcs régional Provence-Alpes-Côte-D'azur (PACA)



Carte 2. Répartition des mailles prospectées dans le cadre de l'observatoire régional Inter-Parcs PACA de la Chevêche d'Athéna (*Athene noctua*)

Originaire des steppes et semi-déserts d'Asie centrale et du bassin méditerranéen (Sherzinger et Mebs, 2006), la Chevêche a colonisé progressivement l'Europe septentrionale probablement suite à l'expansion progressive des milieux agricoles (Genot et Lecomte, 2002). Actuellement, l'espèce est inféodée aux milieux agricoles et bocagers. En France, elle est assez répandue notamment dans les plaines agricoles mais évite les milieux forestiers et les zones en altitude de plus de 1000 mètres (Sherzinger et Mebs, 2006). L'hétérogénéité du milieu ainsi que la taille et le nombre des prairies disponibles sont des facteurs déterminants quant à la présence de l'espèce (Van Nieuwenhuyse *et al.*, 2008). Ainsi, les milieux les plus favorables sont principalement les zones de pâturages humides plantées d'arbres têtards, les vergers hautes tiges ainsi que la périphérie des villages où il subsiste encore de nombreux pâturages et vieux arbres plantés (Sherzinger et Mebs, 2006).

En 1998, la population française a été estimée à un minimum de 11 000-35 000 couples par Genot et Lecompte et à 20 000-60 000 couples en 2004 par Birdlife International. Les populations forment en général des noyaux présentant des densités comprises entre 0.035 et 1.6 couples/km² suivant les régions (Van Nieuwenhuyse *et al.*, 2008).

2.2 Zone d'étude

Cinq territoires ont participé cette année au suivi de la Chevêche dans le cadre de l'observatoire régional Inter-Parcs PACA, à savoir le PNR des Alpilles (nommé ci-après Alpilles ou PNRA), le PNR Verdon (Verdon ou PNRV), le Grand Site Sainte Victoire (Sainte-Victoire ou GSSV), la Réserve de Biosphère du Mont Ventoux (Ventoux ou RBMV) et pour finir la Réserve de Biosphère Luberon-Lure qui inclut le PNR du Luberon (RBLL ou Luberon). L'ensemble des cinq territoires représente environ 5800 kilomètres carrés répartis principalement sur le département du Vaucluse mais également au sud et à l'ouest des Alpes de Haute-Provence et au nord des départements des Bouches du Rhône et du Var (Carte 1). Dans le cadre de ce stage, seul le territoire du Luberon a été prospecté, les autres territoires ayant été prospectés par les quatre autres partenaires du réseau Inter-Parcs.

2.3 Protocole d'échantillonnage

Le protocole utilisé dans le cadre de ce stage s'est voulu identique à celui utilisé dans le cadre des suivis habituels de l'espèce sur le territoire Luberon-Lure. La sélection des points d'échantillonnage s'appuie sur les préférences écologiques de la Chevêche en terme de sites de reproduction, à savoir les milieux ouverts et principalement agricoles.

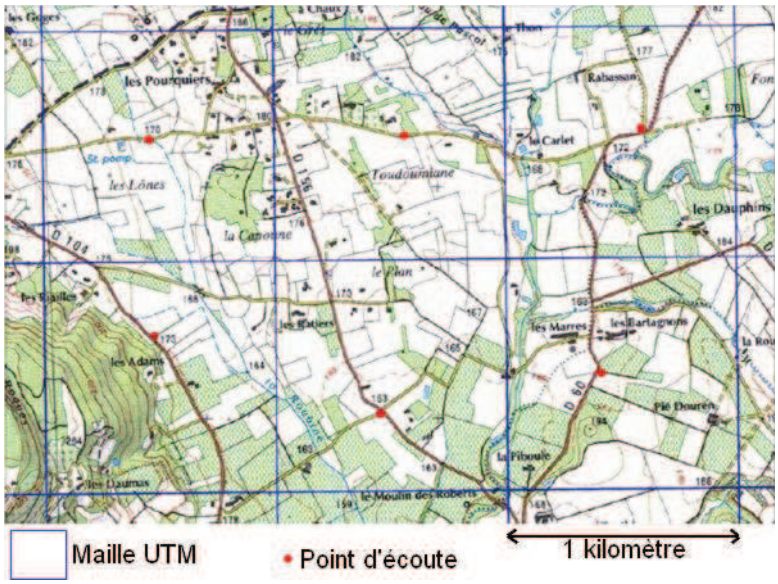


Figure 5. Exemple de positionnement des points de repasse

Figure 6. Représentation du protocole de la repasse utilisé dans le cadre de l'observatoire Inter-Parcs PACA

Les points d'échantillonnage sont choisis de manière systématique en se basant sur le quadrillage UTM (Universal Transverse Mercator coordinate system) disponible sur les cartes IGN au 1/25 000^{e}. Ainsi, toutes les mailles recoupant des secteurs agricoles ouverts et peu urbanisés ont été choisies (Carte 2). Lorsqu'il y a présence de milieux boisés ou urbanisés, seules les mailles présentant des surfaces ouvertes de plus de cinq kilomètres carrés ont été retenues. Chaque carré de la maille UTM ayant une surface d'un kilomètre carré et le chant de la Chevêche pouvant être entendu en conditions optimales jusqu'à un kilomètre, un point d'écoute est placé au centre de chaque par maille (Figure 5), en tenant compte de l'accessibilité en voiture et de façon à avoir une distance d'au minimum 750 mètres entre chaque point. Cette stratégie permet de maximiser l'effort d'échantillonnage et ainsi couvrir l'ensemble des zones favorables.

La Chevêche étant discrète et chantant peu spontanément, c'est la méthode des points d'écoute avec repasse qui est utilisée de façon standardisée dans le cadre des suivis de populations en période de nidification. Du fait du grand nombre de points d'écoute choisis cette année sur le territoire Luberon-Lure, le recensement a été réalisé par trois observateurs, Olivier Hameau (maitre de stage), Gaëlle Marday (deuxième stagiaire) et moi-même. Celui-ci a été effectué aux alentours de fin février jusqu'à fin avril, qui correspond à la période optimale quant à l'activité sonore des mâles (Johson *et al.*, 2007). Les points d'écoute ont été concentrés au maximum en mars afin de réduire l'étalement de la durée d'échantillonnage mais également du fait du rallongement des jours et du changement d'heure en avril. De plus, le mois d'avril a tendance à être parfois plus venté. L'efficacité des points d'écoute est en effet dépendante de la météo. Ainsi, il est préférable d'avoir une température sur l'ensemble de la session supérieure ou égale à 5°C (Hardouin *et al.*, 2008), un temps non pluvieux et un vent nul voire faible ($\leq$ 3 Beaufort $\approx$ 12-20 km/h) (Van Nieuwenhuyse *et al.*, 2008). Les points d'écoute ont été effectués à la tombée de la nuit (aux environs de 19h30-20h début mars et aux alentours de 21h30 fin avril) et se sont finis aux alentours de minuit, la repasse étant bien moins efficace passé cette heure (Johson *et al.*, 2007). Idéalement, deux passages sont préconisés au cours de la saison mais pour des raisons logistiques, un seul passage a été effectué cette année. Le matériel utilisé est composé d'un magnétophone et d'un CD où est enregistré le chant territorial du mâle. Afin de limiter les biais liés à la méthode de la repasse, le même matériel a été utilisé entre chaque session. Chaque point d'écoute d'une durée totale de sept minutes est composé d'une alternance de phase d'écoute silencieuse et de phases de repasse (Figure 6). La répétition du chant pendant des durées de plus en plus longues permet de stimuler et donc de détecter un maximum d'individus. Si au cours de la session, un individu

se met à chanter, la repasse est arrêtée mais l'écoute est prolongée jusqu'à la fin des sept minutes. En revanche si le chant est entendu spontanément dès la première minute d'écoute, les premières 30 secondes de repasse sont diffusées dans le cas où d'autres individus seraient présents. Si un individu est entendu après les sept minutes, il n'est pas pris en compte. A chaque point d'écoute, une fiche de terrain est remplie, même si aucun individu n'a été contacté (Annexe 1). Pour chaque individu entendu, il a été noté s'il a été entendu le chant du mâle (CHT) ou un cri (CRI). A chaque contact il est noté également si l'individu est détecté avant la première séquence de repasse (T0), après la première séquence (T1), après la deuxième (T2) ou après la troisième séquence (T3). La position de chaque individu est ensuite notée en mesurant l'azimut (angle entre la direction dans laquelle se situe l'individu, et le nord magnétique, mesuré avec une boussole) ainsi qu'en estimant la distance par rapport à l'observateur. Le chant d'une Chevêche pouvant être entendu jusqu'à un kilomètre, l'estimation de la distance se fait suivant cinq classes :

- moins de 100 mètres;
- entre 100 et 250 mètres;
- entre 250 et 500 mètres
- entre 500 et 750 mètres;
- entre 750 et 1000 mètres;

Chaque observation est notée à l'intérieur d'un intervalle et non à l'intersection entre deux classes de distance.

2.4 Protocoles de calibrage

L'estimation des densités réelles des populations de Chevêche via le distance-sampling n'est réalisable qu'à condition que certaines hypothèses soient respectées. En effet, le distance-sampling se base sur trois hypothèses principales, à savoir :

- Les individus présents sur le transect sont tous détectés (taux de détection de 100%)
- Les distances sont mesurées précisément et sans biais
- Les individus sont détectés dans leur position initiale (pas d'attraction ni de fuite)

Ainsi, cette année, deux protocoles ont été mis en place afin de tester la validité des deux premières hypothèses. Le premier protocole a donc eu pour but d'estimer le taux de détection des individus dans la première classe de distance puis le deuxième à permis de tester l'erreur d'estimation des distances faites par les observateurs.

2.4.1 Estimation du taux de détection à moins de cent mètres

Le distance-sampling se base sur le principe que la densité moyenne des individus est homogène sur l'ensemble de la zone d'étude et ce, quelle que soit la distance entre les individus et l'observateur. En effet, il n'est pas nécessaire que les individus soient distribués aléatoirement dans l'espace mais plutôt que les points d'échantillonnage soient disposés aléatoirement par rapport aux individus. Dans notre cas, les mailles UTM ayant servi à placer les points d'écoute étant disposées de manière indépendante de la répartition des Chevêches, on peut donc considérer que les points sont placés également de manière aléatoire par rapport aux individus. Cependant, la détection peut varier en fonction de la distance avec une détectabilité plus faible lorsque la distance augmente. Il est alors possible d'estimer la décroissance de la détectabilité en partant de l'hypothèse que les tous les individus présents dans la première catégorie de distance (0 à 100m) sont toujours détectés.

Ainsi, un protocole de calibrage a été mis en place afin d'estimer la détection des individus dans le cercle des 100 mètres. Plusieurs nichoirs ont été posés dans le Luberon les années précédentes, dans le but d'étudier les paramètres de reproduction de l'espèce. Ainsi, soixante nichoirs occupés l'année précédente ont été sélectionnés en fonction de la possibilité d'accéder à 80 mètres du nichoir. Cette distance a été choisie de façon arbitraire pour représenter les distances inférieures à 100m. Le chant du mâle a été ensuite diffusé à 80 mètres des nichoirs et il a été noté si l'individu répondait ou non. Les Chevêches étant territoriales, on fait l'hypothèse que l'individu répondant à la repasse correspond à celui occupant le nichoir. La séquence de repasse qui a été choisie diffère de celle utilisée lors du suivi et se compose de :

- Deux minutes d'écoute
- Trente secondes de repasse
- Deux minutes et trente secondes d'écoute

Cette séquence plus courte, basée sur le protocole national de suivi des rapaces nocturnes, permet d'éviter l'attraction induite par une durée de repasse plus longue. L'écoute a été arrêtée dès la réponse d'un individu et ce quelle que soit la réponse (cri ou chant). Pour chaque contact, la localisation (azimut et distance) a été notée. Ce test, de même que le suivi, a été effectué pendant la période optimale d'activité sonore des mâles. Cependant, ce n'est que plus tard que l'occupation réelle du nichoir par la Chevêche a été vérifiée. Les nichoirs non occupés ont ensuite été retirés de l'analyse.

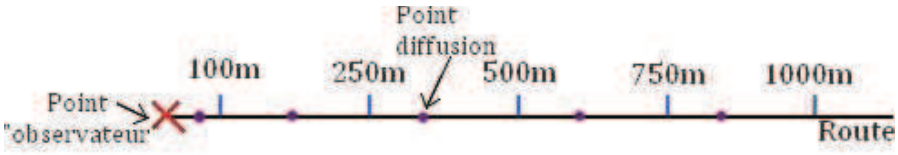


Figure 7. Organisation du test d'estimation des distances par les observateurs

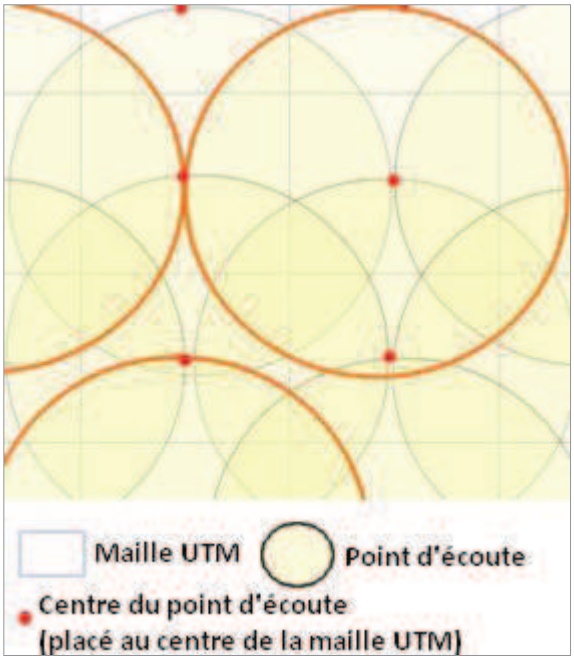


Figure 8. Superposition des points d'écoute effectués : sélection (en orange) du maximum de points d'écoute ne se recoupant pas

2.4.2 Test d'estimation des distances

Afin de tester l'erreur d'estimation de la distance à chaque point d'écoute, un protocole a été imaginé. Plusieurs personnes (cinq au total) ayant des expériences variables quant à l'écoute des chants, ont été choisies pour réaliser ce test. Celui-ci a consisté à diffuser à ces personnes le chant de la Chevêche afin qu'ils estiment la distance entre la source sonore et eux. Un milieu homogène, relativement plat et sans obstacle a été choisi afin de mesurer en conditions optimales l'estimation de la distance. Les observateurs ont ainsi été placés à un endroit précis sur une route présentant une grande ligne droite. Différents points ont ensuite été placés le long de la route, espacés des observateurs de manière à ce que toutes les classes de distance soient représentées (Figure 7). Chaque classe de distance est estimée trois fois par les observateurs, dans un ordre sélectionné de manière aléatoire auparavant, soit quinze estimations par personne et par session. Le chant a été diffusé à intervalle de temps constant (toutes les cinq minutes) et à un volume sonore le plus proche possible du chant réel d'une Chevêche : 62.1 dB à 10 mètres (Schönn *et al.*, 1991 *in* Van Nieuwenhuyse *et al.*, 2008), mesuré avec un sonomètre. Les sessions de tests ont été choisies de manière à avoir les mêmes conditions météorologiques que lors des points de repasse (de nuit, vitesse du vent inférieure à 20 km/h, température supérieure ou égale à 5°C).

2.5 Analyse des résultats

2.5.1 Résultats du suivi

Les résultats du suivi ont permis de calculer des abondances et densités brutes par territoire et sur l'ensemble de la zone d'étude. Chaque mâle étant associé à un couple reproducteur, les densités brutes (mâles/km²) sont calculées en divisant le nombre de mâles détectés par le nombre de mailles prospectées (d'une surface d'un kilomètre carré). Cependant, un point d'écoute ayant un rayon d'un kilomètre et ceux-ci étant disposés de façon à avoir un point tous les kilomètres, les points d'écoute effectués se chevauchent. Cette superposition peut amener à un double comptage des individus présents dans les dernières classes de distance et ainsi créer de la pseudo-réplication. Afin d'éviter ce biais, et dans le but de réajuster les densités par distance-sampling, une sélection des données sous le logiciel de cartographie Arcgis (v. 9.2) a permis de retenir le maximum de points d'écoute ne se recoupant pas (Figure 8), amenant alors à n'utiliser qu'un tiers des données. Les données ainsi sélectionnées ont ensuite été analysées à l'aide du logiciel Distance (v. 6.0). Pour chaque individu contacté, les distances mesurées ont été représentées par la médiane de chaque classe en spécifiant au logiciel que les distances sont sous forme de classes.

Une troncature à droite de 10% des données a été réalisée comme recommandé par Buckland *et al.* (2001), afin d'éliminer les valeurs extrêmes. Quatre modèles d'ajustement sont proposés par le logiciel (Annexe 2) : "Uniform", "Half-normal", "Hazard-rate" et "Negative-exponential". Trois extensions s'ajoutent également à chaque modèle : "Cosine", "Simple Polynomial" et "Hermite". Afin de trouver le modèle s'ajustant le mieux aux données, tous les modèles ont été à chaque fois testés, excepté le modèle "Negative-exponential", modèle historique mais dont l'utilisation est cependant peu recommandée (Thomas *et al.*, 2010). A chaque fois, le modèle ayant le meilleur AIC (Akaike Information Criterion) est sélectionné. Celui-ci se calcule en tenant compte à la fois de la vraisemblance et du nombre de paramètres estimés par le modèle (AIC = -2 ln Vraisemblance + 2 * Nombre de paramètres). La vraisemblance mesure l'adéquation entre un échantillon aléatoire et une loi de probabilité estimée être la plus proche de la distribution observée. Ainsi, plus la vraisemblance se rapproche de zéro, moins le modèle est ajusté. Le but est donc de maximiser cette vraisemblance. D'autre part, il faut minimiser le nombre de paramètres car plus le modèle estime de paramètres, plus celui-ci est complexe. L'AIC permet alors de trouver un compromis entre l'adéquation du modèle et sa complexité.

Ensuite, la courbe représentant la probabilité de détection doit présenter une "épaule" et se rapprocher le plus possible des données observées (Buckland *et al.*, 2001). De plus, il est recommandé de vérifier la non-significativité du test d'ajustement ("Goodness-of-fit" ou Gof).

2.5.2 Test d'estimation des distances

Les résultats du test ont été analysés grâce au logiciel R (v. 2.12.0). L'erreur d'estimation des distances a été représentée par la différence entre la classe de distance estimée et la classe de distance réelle. Ainsi une distance bien estimée donne un résultat égal à 0. Lorsque les distances sont surestimées d'une classe (100-250m noté au lieu de 0-100m par exemple), la différence est alors égale à 1, tandis qu'une distance sous-estimée d'une classe donne un résultat égal à -1. Pour identifier l'erreur d'estimation entre observateurs, l'erreur moyenne par classe de distance est calculée, trois estimations ayant été faites par classe de distance et par observateur. Un premier test de Shapiro-Wilk a ensuite permis de voir que les données ne suivaient pas une loi normale. C'est donc le test de Wilcoxon qui a été effectué afin de vérifier si l'erreur d'estimation par classe de distance était significativement différente de 0. Un test bilatéral a d'abord été effectué, puis si l'erreur était significative, un test unilatéral a été réalisé afin de voir si les distances ont tendance à être surestimées ou au contraire sous-estimées. Pour chaque test, le risque α est choisi à 0,05.

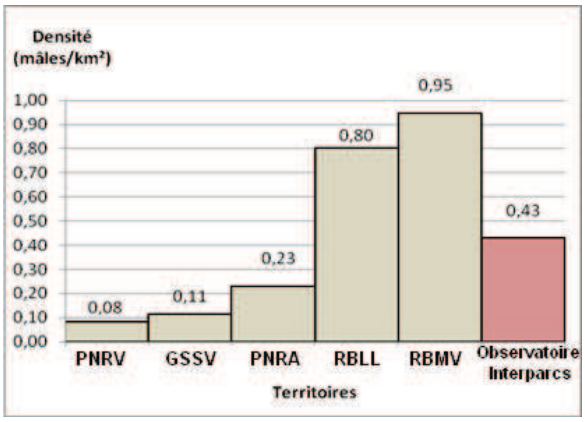


Figure 9. Densités brutes de mâles chanteurs par territoire (en mâles/km² prospecté)

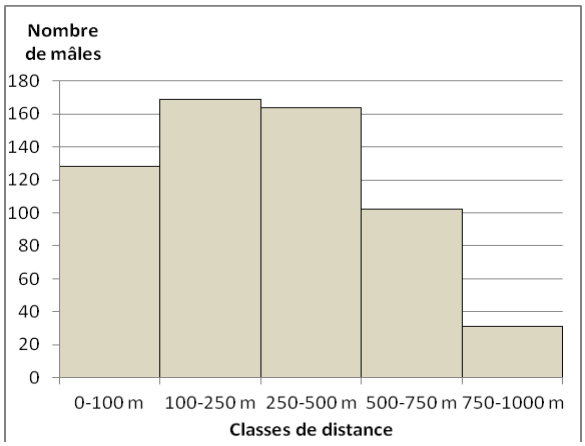


Figure 10. Nombre d'individus détectés par classe de distance

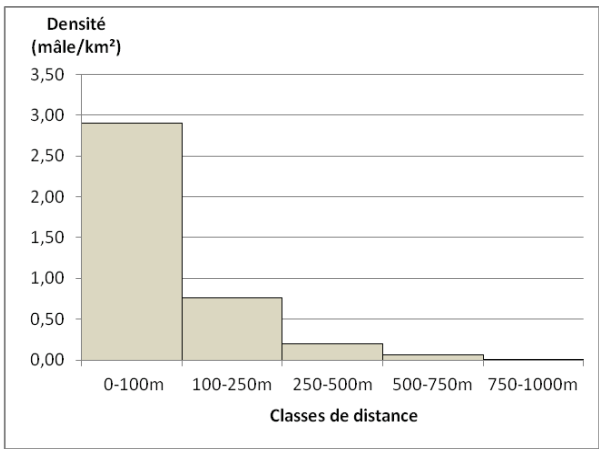


Figure 11. Densité brutes d'individus détectés par classe de distance

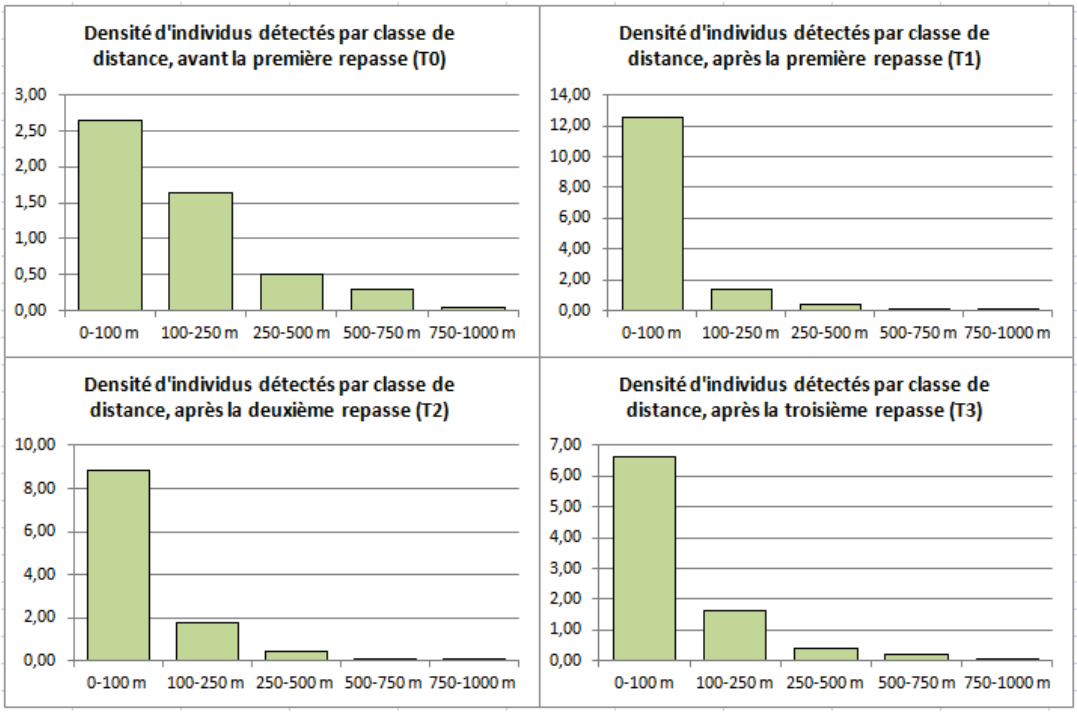


Figure 12. Densité brutes de mâles détectés par classe de distance en fonction de la repasse

3 Résultats

3.1 Résultats du suivi

Au total 1383 mailles ont été prospectées, mobilisant 121 observateurs sur l'ensemble des cinq territoires (Annexe 3). Seulement 30% des mailles se sont révélées positives (au moins un individu détecté). 832 individus ont ainsi été détectés au total dont 594 mâles (Annexe 4 et 5). Sur la Réserve de Biosphère Luberon-Lure, 477 points d'écoutes ont été réalisés, répartis entre les trois observateurs, dont 56% ont été positifs. C'est ce territoire qui accueille ainsi la majorité des individus avec 532 individus détectés dont 383 mâles, soit 65% du nombre de mâles total. Chaque mâle détecté étant associé à un couple reproducteur, les densités brutes sont estimées à 0,43 couples/km² pour l'ensemble de la zone d'étude et de 0,8 couples/km² pour Luberon-Lure. C'est la Réserve de Biosphère du Mont Ventoux qui présente la densité la plus élevée avec 0,95 couples/km² (Figure 9).

La mesure des distances effectuées à chaque point d'écoute a permis d'observer la répartition des individus et notamment des mâles chanteurs en fonction de la distance à l'observateur. On peut ainsi observer une distribution plus ou moins en cloche avec la majorité des individus détectés entre 100 et 500 mètres et une diminution du nombre de mâles pour les grandes classes de distance (Figure 10). Cependant quand on rapporte ces effectifs à la surface que représente chaque classe de distance (Annexe 6), on peut voir nettement une diminution du nombre de mâles détectés en fonction de la distance, avec une très grande majorité des mâles détectés dans la première classe de distance (Figure 11). Ainsi le taux de détection semble chuter radicalement au-delà de 100 mètres.

Quand on s'intéresse à la densité d'individus détectés par classe de distance, en fonction de la repasse, on peut voir que la répartition des individus est différente suivant le nombre de diffusions effectuées (Figure 12). Ainsi, quand on observe la répartition des individus détectés chantant spontanément, la détectabilité semble décroitre de façon régulière en fonction de la distance. Dès la première diffusion du chant lancée, on observe alors la même répartition que précédemment, à savoir une majorité d'individus détectés dans la première classe de distance.

Afin d'éviter la pseudo-réplication dans le but d'analyser les résultats du suivi à l'aide du logiciel Distance, une sélection du maximum de points d'écoute ne se recoupant pas a été effectuée, retirant environ un tiers des données.

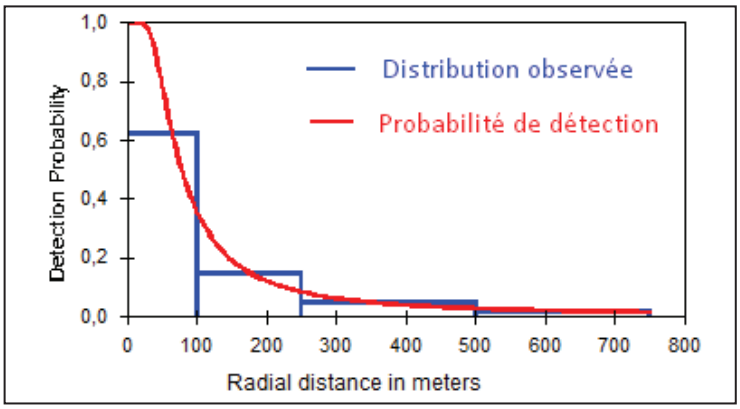


Figure 13. Modélisation de la fonction de détection sous Distance des données sans pseudo-réplicats. Le modèle s'ajustant le mieux aux données est la fonction Hazard-rate

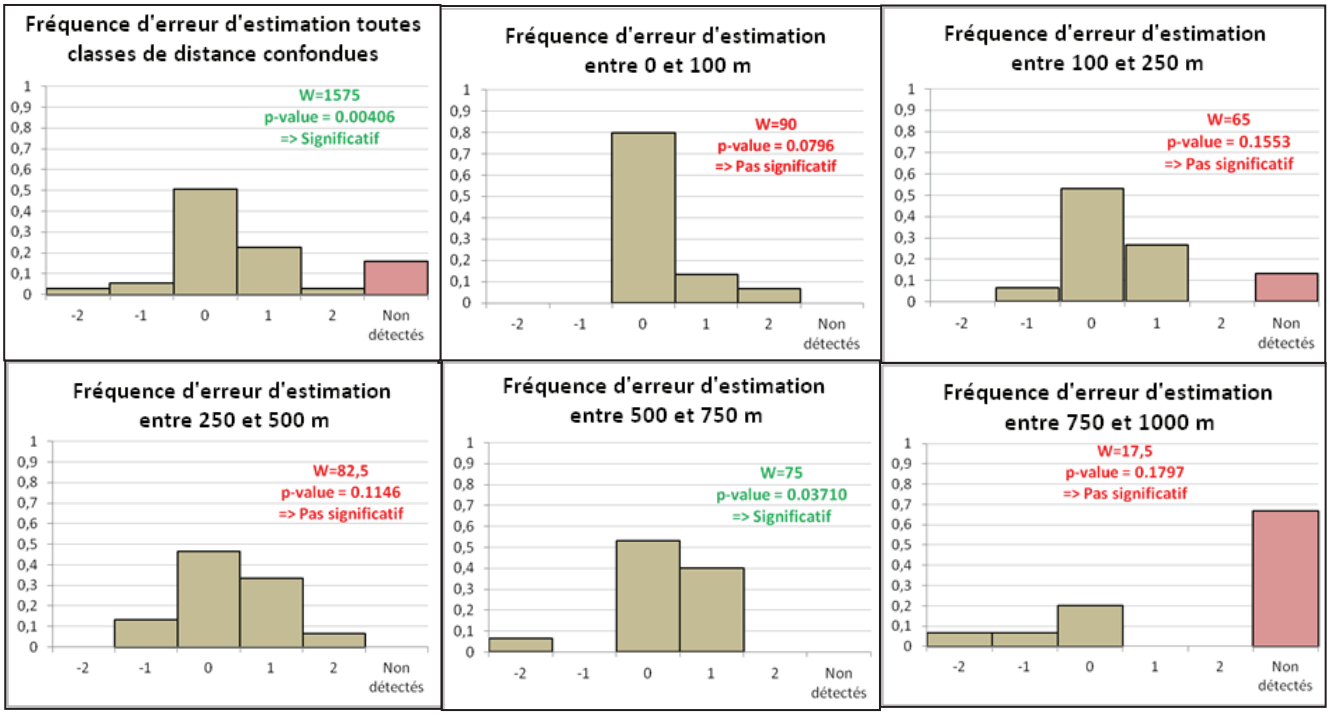


Figure 14. Résultats du test d'erreur d'estimation des distances par les observateurs

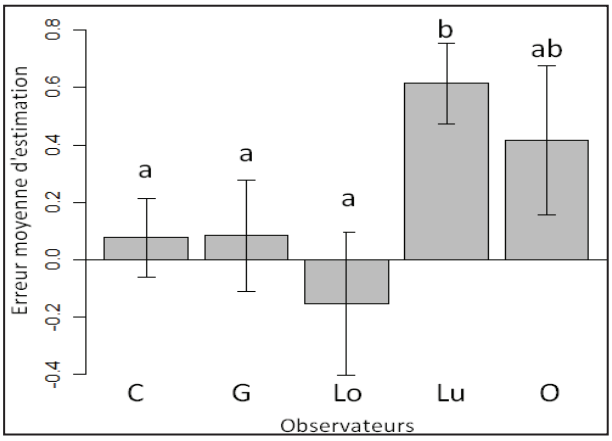


Figure 15. Erreur moyenne d'estimation par observateur avec erreur-standard
Significativité : **a≠b**; **ab** différent ni de **a** ni de **b**

Ainsi, le nombre de points d'écoute sélectionnés est passé de 1383 à 463 dont 138 positifs (Annexe 7). Le nombre de mâles est également divisé par trois et passe de 594 à 183 pour l'ensemble des territoires.

Ces résultats ont ensuite été analysés à l'aide du logiciel Distance. Le modèle ayant le mieux fonctionné (plus faible AIC, test d'ajustement non significatif) s'est avéré être le modèle "Hazard rate", toutes les extensions (cosine, simple polynomial et hermite) présentant le même AIC (Annexe 8). Ce modèle donne une densité sur l'ensemble de la zone d'étude égale à 4.3 mâles/km² avec un intervalle de confiance compris entre 1,8 et 10,2. La courbe représentant la probabilité de détection des mâles en fonction de la distance présente une "épaule" mais ne s'ajuste pas correctement à la distribution observée (Figure 13). Le test d'ajustement (Gof) est cependant non significatif avec une P-value de 0,302. La sélection d'un tiers du jeu de données ayant amené à un trop petit nombre de données par territoire, l'estimation des densités à l'échelle de chaque territoire n'a pu être effectuée.

3.2 Résultats du test d'estimation des distances

Cinq observateurs ont accepté de participer à ce test. Les résultats (Figure 14) montrent un taux d'erreur significatif. Le test unilatéral permet de vérifier qu'il y a une tendance à la surestimation de la distance (W=1575, P= 0,005), c'est-à-dire que les observateurs estiment l'individu plus loin qu'il ne l'est réellement. Quand on détaille l'erreur d'estimation par classe de distance, il apparait que l'erreur n'est significative que pour les individus présents à une distance comprise entre 500 et 750 mètres. De même, les distances sont surestimées pour cette classe de distance (W=75, P=0,04). On peut voir ensuite qu'une certaine proportion des diffusions n'a pas été entendue par les participants. En effet, à chaque session, et ce quelle que soit la personne, deux diffusions sur trois n'ont pas été entendues pour la plus grande classe de distance. Concernant la classe de distance 100-250 mètres, une seule diffusion sur l'ensemble des sessions n'a pas été entendue du fait d'une nuisance sonore extérieure.

Quand on s'intéresse ensuite aux différences d'estimation entre observateurs (Figure 15), seul un observateur (Lu) présente une erreur moyenne d'estimation différente de trois des autres. Pour tous les autres, l'erreur n'est significativement pas différente selon l'observateur.

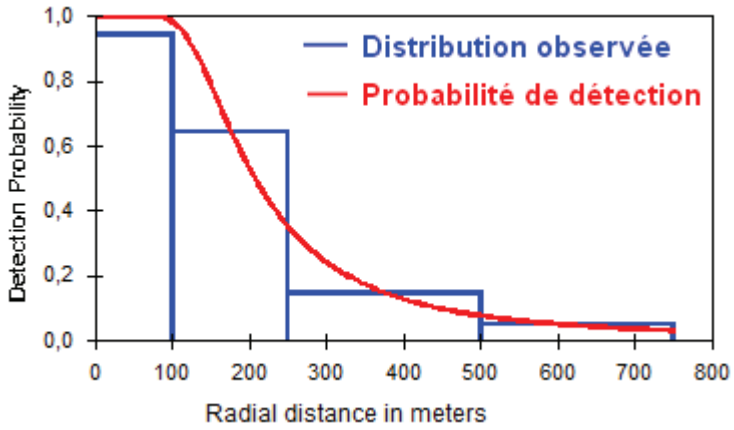


Figure 16. Distances observées et fonction de détection ajustée selon l'hypothèse 1 (*50% des mâles de la 1ère classe de distance viennent de la 2ème*). Le meilleur modèle sélectionné est le Hazard rate + Cosine

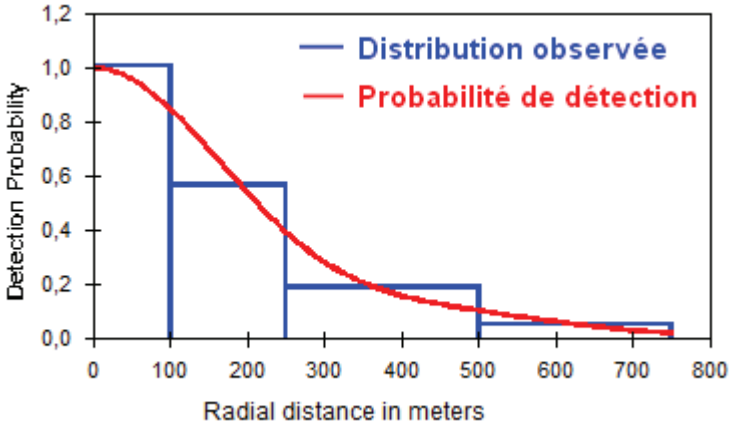


Figure 17. Distances observées et fonction de détection ajustée selon l'hypothèse 2 (*50% des mâles de la 1ère classe classe de distance viennent de la 2ème et 25% de la deuxième viennent de la troisième*). Le meilleur modèle sélectionné est le Half normal + Cosine.

3.3 Résultats du taux de détection à moins de cent mètres

Sur les 60 nichoirs testés, 45 se sont avérés occupés par la suite. Parmi les 45 points d'écoute ainsi sélectionnés, un seul point n'a obtenu aucune réponse, alors que la présence d'un couple avait été confirmée. Le taux de détection à moins de 100 mètres obtenu s'avère donc être de plus de 97%. Celui-ci n'est ainsi pas significativement différent de 100% (W = 990, P = 0.33).

3.4 Résultats du test d'hypothèses – analyse avec Distance

Afin d'expliquer les distributions de mâles chanteurs observées en fonction de la distance et au vu des résultats précédents, il a été fait l'hypothèse que la repasse pouvait avoir attiré les individus dans la première classe de distance et ainsi modifier la répartition naturelle des individus. Pour cela, différentes hypothèses ont été testés à l'aide du logiciel Distance (Annexe 9). Pour chaque hypothèse, un certain nombre d'individus a été déplacé d'une classe de distance vers une autre afin d'obtenir une répartition des individus plus homogène entre les classes de distance. Les nouveaux jeux de données ont ensuite été analysés sous Distance et le meilleur modèle a été sélectionné selon les mêmes critères que précédemment.

Deux hypothèses sont ainsi ressorties. La première considère que seuls 50% des individus de la première classe provenaient de la deuxième et qu'aucun individu des autres classes ne s'est rapproché. La deuxième hypothèse considère que 50% des individus détectés dans la première classe de distance (0-100 m) étaient présents à l'origine dans la deuxième classe de distance (100-250 m) et que 25% des individus détectés dans la deuxième classe provenaient de la troisième. La première hypothèse montre une fonction de détection qui semble bien ajustée aux données observées (Figure 16). La densité estimée est de 1,39 mâles/km² (intervalle de confiance compris entre 0,94 et 2,04) (Annexe 10). De plus, le test d'ajustement (Gof) est non significatif (P=0,49). La deuxième hypothèse montre une fonction de détection qui semble un peu mieux ajustée (Figure 17), avec une densité de 1.30 mâles/km² et un intervalle de confiance équivalent (entre 0,98 et 1,71) (Annexe 11). Cette fois-ci, c'est le modèle Half-normal + Cosine qui ressort. Le test d'ajustement est là aussi non significatif (P=0,62).

4 Discussion

Les résultats du suivi ont permis de calculer les abondances et les densités à l'échelle de chaque territoire et sur l'ensemble des zones prospectées. Cependant, le suivi réalisé comporte des biais pouvant influencer ces estimations.

En effet, le suivi a été réalisé sur cinq territoires différents dont trois n'ayant jamais participé auparavant à des recensements de l'espèce. Concernant le territoire de Luberon-Lure, seuls trois observateurs ont participé à ce suivi. En revanche, les autres territoires ayant accepté de participer n'ayant personne spécialement consacré à ce suivi, les sessions de terrain se sont ainsi réparties entre salariés et bénévoles. Il en résulte un nombre parfois très important de participants (jusqu'à 41 dans les Alpilles) ayant chacun une expérience variable quant à la connaissance de l'espèce. Ceci peut notamment jouer sur la détection des individus qui devrait être identique quelle que soit la zone prospectée. Cependant, une formation a été réalisée auprès de la majorité des participants. De plus, l'espèce est facilement identifiable grâce au chant et aux cris, ce qui laisse supposer une bonne identification des individus.

Ensuite, la sélection des mailles sur chaque territoire n'a pas toujours été réalisée de manière identique. Concernant le territoire de la Sainte-Victoire et du Verdon, de nombreux points d'écoute ont été situés à proximité de zones boisées, zones connues pour être défavorables à la présence de la Chevêche. Les densités ainsi calculées par rapport aux surfaces prospectées semblent très faibles comparées à des territoires ayant prospecté l'espèce uniquement dans des zones favorables. Cependant, effectuer un premier recensement de l'espèce à grande échelle permet d'identifier réellement les secteurs favorables à la présence de l'espèce et ainsi identifier la localisation des principaux noyaux de population.

Un autre biais aurait également pu venir du positionnement des points d'écoute, sélectionné en tenant compte de l'accessibilité en voiture. Ceci peut amener à une répartition non homogène des points d'écoute par rapport à l'habitat supposé de la Chevêche. Ralph, Droege et Sauer (1995) ont ainsi montré que des points d'écoute situés uniquement sur des routes principales ne permettaient pas de prospecter l'ensemble des habitats disponibles. En revanche, lorsque les points sont situés sur des routes dites tertiaires (routes étroites ou chemins), les individus sont recensés dans les mêmes proportions que dans le cas d'un recensement effectué loin des routes (Ralph, Droege et Sauer, 1995). Cependant, une répartition des points d'écoute non homogène aurait eu pour conséquence une détection des individus majoritairement à grande distance, les territoires des Chevêches étant bien souvent éloignés des axes de circulation. La répartition observée des individus et notamment de leur

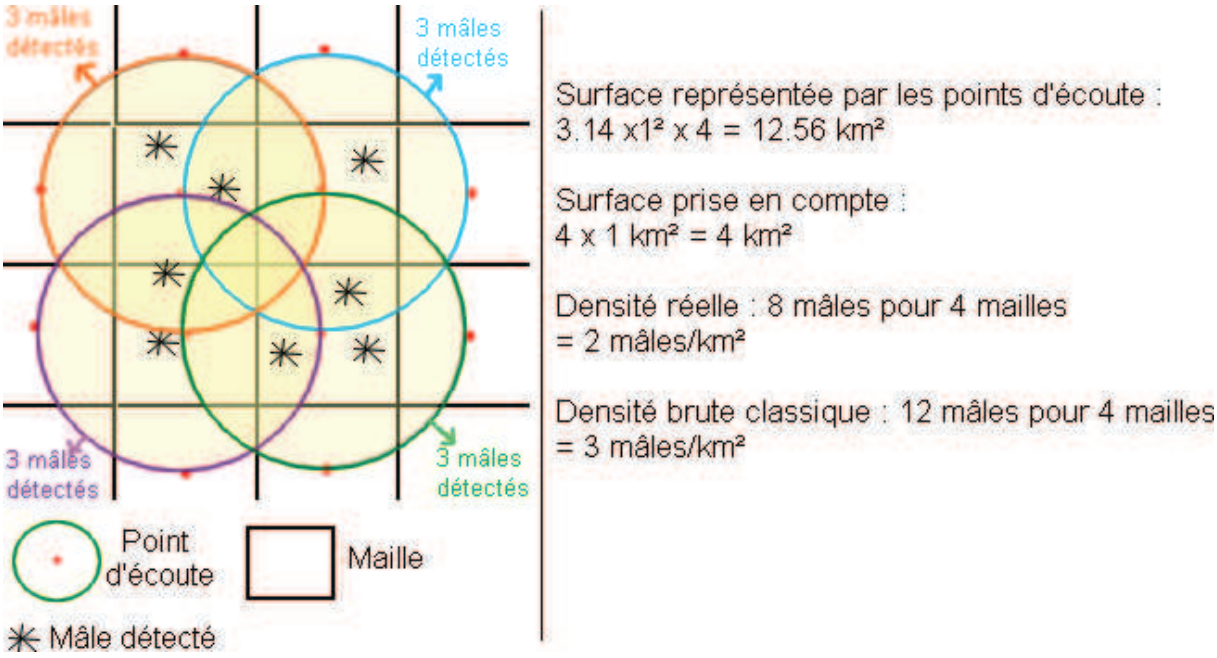


Figure 18. Biais théorique lié à l'estimation des densités brutes dans le cas de pseudo-réplication

densité en fonction de la distance montre dans notre cas très peu d'individus détectés dans les grandes classes de distances. Il apparait au contraire un nombre très important d'individus détectés dans la première classe de distance, ce qui peut donc laisser supposer un faible impact du positionnement des points dans le cadre de ce suivi.

Ensuite, la distance d'un kilomètre choisie entre chaque point d'écoute amène à une superposition de ces points qui peut induire du double comptage et alors biaiser l'estimation des densités. Cette méthode d'échantillonnage n'est pas appliquée uniquement dans notre cas mais est basée sur des protocoles déjà établis. Ce mode d'échantillonnage est ainsi conseillé afin de maximiser l'effort de prospection (Johnson, Van Nieuwenhuyse et Genot, 2007). En Belgique, la grille utilisée a une largeur de 500 mètres et il est alors conseillé de placer un point d'écoute (de 500 mètres de rayon dans leur cas) par maille (Johnson, Van Nieuwenhuyse et Genot, 2007), ce qui équivaut à la méthode utilisée dans le cadre de ce suivi. Ainsi, l'estimation des densités étant effectuée en rapportant le nombre de mâles au nombre de mailles prospectées (d'une surface d'un kilomètre carré) et non à la surface réelle d'un point d'écoute (3,14 km² dans notre cas), ces densités peuvent être surestimées (Figure 18). Ce choix a pour but d'éviter une sous-estimation des densités, la surface que représenterait l'ensemble des points d'écoute étant bien supérieure à celle réellement prospectée (Figure 18). Cependant, ce biais est difficilement mesurable et il n'existe pas de méthode particulière permettant de vérifier qu'il existe un réel double-comptage des individus et notamment d'un effet significatif de celui-ci sur l'estimation des densités.

Pour finir, le calcul des densités brutes ne tient pas compte des individus non détectés et part ainsi du principe que tous les individus présents ont été recensés. L'utilisation du distance-sampling a eu donc pour but d'estimer les densités réelles des populations et ainsi éviter les biais liés à l'estimation des densités effectuée classiquement. Afin d'éviter tout biais d'échantillonnage, la pseudo-réplication doit être évitée autant que possible dans ce type d'analyse, d'où la sélection à posteriori des points ne se recoupant pas.

Quand on analyse ensuite les données à l'aide du logiciel Distance, les modèles s'ajustent mal et estiment la densité à 4,31 couples/km², densité qui semble élevée. En effet, bien qu'une étude menée en Italie ait montré une densité de 11,63 couples/km² sur une zone d'étude de 0,86 km², en France, les densités maximales estimées ne dépassent pas les 2 couples/km² (Van Nieuwenhuyse, Genot et Johnson, 2008). De plus, une étude allemande a montré que la surface du territoire variait au cours de l'année avec une surface maximum en période de reproduction atteignant en moyenne 0,28 kilomètres carrés (Finck, 1990) soit en

théorie jusqu'à trois territoires par kilomètre carré. Cette étude concorde avec le suivi de l'occupation des nichoirs à Chevêche, posés dans le Parc naturel régional du Luberon, qui a montré qu'il pouvait y avoir jusqu'à 3 nichoirs occupés dans une seule maille. On pourrait donc imaginer qu'une densité de 4,31 couples/km² pourrait se rapprocher de la réalité, à l'échelle d'une zone très favorable. Seulement, cette estimation correspond aux densités estimées pour l'ensemble de la zone d'étude dont on sait qu'elle englobe des milieux parfois peu favorables (zones à proximité de forêt sur la Sainte-Victoire et le Verdon). La densité estimée par le logiciel impliquerait donc qu'en zone favorable, celle-ci devienne bien plus élevée, ce qui est peu probable au vu des connaissances de l'espèce décrites dans la littérature, notamment quant au caractère fortement territorial de la Chevêche.

Cette mauvaise adéquation des modèles aux données observées provient très probablement de la distribution observée des mâles en fonction de la distance. En effet, il apparait nettement une surreprésentation de la première classe de distance. Celle-ci est notamment appuyée par une étude menée en parallèle par d'autres stagiaires, qui a pu montrer un taux de détection de 75% pour une distance équivalente à notre deuxième classe de distance (Coquerel, Piat et Preisser, 2012). Or, quand on observe les densités observées en fonction de la distance, le nombre d'individus détecté dans la deuxième classe de distance équivaut à un peu moins d'un tiers du nombre détecté dans la première classe.

Le test des différentes hypothèses inhérentes au distance-sampling a alors permis d'essayer de comprendre cette distribution. Il a d'abord été nécessaire de tester la première hypothèse du distance-sampling, à savoir un test du taux de détection de 100% à moins de 100 mètres. En effet, dans le cas d'un taux plus faible, il est possible de préciser au logiciel le nouveau taux de détection. Le test a ainsi permis de vérifier cette hypothèse, il n'a donc pas été nécessaire de recalibrer les abondances obtenues entre 0 et 100 mètres.

Le test d'estimation des distances a ensuite permis de mettre en évidence une erreur significative. Seulement il s'avère que cette erreur n'est significative en réalité que pour la quatrième classe de distance et qu'elle montre une surestimation des distances. Les distances proches et très éloignées sont en revanche, bien estimées. Le test a également permis de voir qu'il pouvait exister une erreur d'estimation différente entre observateurs. Néanmoins, un seul observateur a estimé les distances de manière significativement différente des autres. Il faut cependant ne faut pas oublier que le test n'a été effectué que sur cinq personnes afin d'avoir

une première idée de la façon dont étaient estimées les distances. Il faudrait ainsi réaliser ce test sur un plus grand échantillon de participants afin de conclure de manière certaine d'une erreur d'estimation des distances. En revanche, une étude similaire a montré que les distances avaient tendance également à être surestimées (Alldredge *et al.*, 2007), ce qui concorde avec les résultats obtenus dans notre cas. Ceci ne permet donc pas d'expliquer la surestimation d'individus pour des distances faibles mais va au contraire plutôt dans le sens inverse. Néanmoins, cette même étude montre qu'après un entrainement des observateurs, ceux-ci estimaient significativement mieux les distances. Il serait alors intéressant de proposer une courte formation aux principaux participants afin de réduire au maximum les erreurs d'estimation des distances.

La dernière hypothèse du distance-sampling, à savoir que les individus sont détectés dans leur position initiale, n'a pu être testée sur le terrain par manque de temps et de moyens. Cependant, la méthode de la repasse est connue pour avoir un effet attractif, les individus s'approchant dans le but de défendre leur territoire (Conway et Gibbs, 2001; Buckland et *al.*, 1993). Ceci concorde avec l'observation des densités en fonction de la repasse, qui montre une répartition beaucoup plus homogène des mâles chantant spontanément que de ceux détectés après diffusion du chant. La densité entre 100 et 250 mètres est alors d'environ 60% de celle entre 0 et 100 mètres. Ceci peut néanmoins provenir de la perturbation causée par l'arrivée en voiture sur le point d'écoute qui peut faire taire les chanteurs spontanés voire les faire fuir. La repasse permettrait de les stimuler à nouveau d'où un nombre plus important de mâles dans la première classe de distance après la première repasse.

De plus, les différentes hypothèses testées à l'aide du logiciel Distance ont pu montrer que l'hypothèse d'attractivité de la repasse est en effet plausible et pourrait expliquer les distributions observées. En effet, une fois le jeu de données rééquilibré, la fonction de probabilité de détection modélisée par le logiciel semble bien mieux ajustée aux données observées. Les hypothèses qui semblent les plus probables s'avèrent ainsi être celles qui montrent un rapprochement des individus uniquement de la deuxième voire de la troisième classe de distance, laissant supposer un effet peu attractif de la repasse sur les individus éloignés de la source sonore. Quand on observe la densité estimée par le logiciel sous ces hypothèses, celle-ci passe de 4,31 couples à 1,39 voire 1,30 couples/km², suivant l'hypothèse. Ces estimations sont donc trois fois plus faibles que celles estimées sans modification du jeu de données. Ces dernières densités semblent assez probables et pourraient se rapprocher de la réalité. Cependant, ces résultats sont basés uniquement sur des hypothèses subjectives et ne

peuvent être considérées comme étant le comportement réel des individus. Ceci permet seulement d'avoir une première idée de l'importance de l'attractivité dans le cadre d'un suivi avec de la repasse.

Conclusion

Le suivi réalisé dans le cadre de l'observatoire Inter-Parcs PACA semble comporter des biais pouvant influencer l'estimation des densités, nécessaires afin de connaitre l'état des populations à grande échelle. Cependant, ni les différences entre observateurs, ni le positionnement des points sur le réseau routier ne semble présenter un réel biais. Ainsi, le principal biais semble venir de la méthode de calcul des densités brutes, ne tenant ni compte de la surface réellement prospectée, ni du taux de détection.

L'utilisation du distance-sampling avait ainsi pour but de corriger ces densités. Concernant la pseudo-réplication, celle-ci doit être évitée car non mesurable et il serait donc conseillé un positionnement des points d'écoute tous les deux kilomètres afin d'éviter leur superposition. Cependant, l'utilisation du distance-sampling semble compromise au vu des résultats donnés par le logiciel, qui montre une fonction de détection peu ajustée aux données observées et une densité relativement élevée et donc peu réaliste.

Les différents protocoles mis en place dans cette étude ont permis de vérifier la première hypothèse, à savoir un taux de détection de 100% à moins de 100 mètres. En revanche, il semblerait qu'il existe une erreur d'estimation des distances mais cette erreur ne semble pas expliquer la surreprésentation de la première classe de distance à l'origine du mauvais ajustement des données. La troisième hypothèse, à savoir une détection des individus à leur place initiale, ne semble pas respectée. En revanche, il n'a pas été possible de mesurer précisément l'attractivité de la repasse mais celle-ci semble jouer réellement dans l'estimation des densités puisque les densités calculées passent du simple au triple suivant qu'il ait eu attraction ou non des individus proches.

En conclusion, il semblerait que l'utilisation du distance-sampling s'avère peu pertinente dans le cadre d'un suivi de la Chevêche d'Athéna. Cependant, il serait intéressant de tester réellement le comportement de la Chevêche à l'aide par exemple d'un suivi télémétrique qui permettrait de mesurer précisément l'effet de la repasse. Si les densités données par le logiciel après modification du jeu de donnée s'avèrent justes, soit une densité réelle d'environ trois fois supérieure à celle calculée classiquement, l'utilisation du distance-sampling pourrait amener à une réévaluation des densités et par déduction des abondances connues jusque là.

Bibliographie

ALLDREDGE M. W., SIMONS T. R., POLLOCK K. H. (2007). A Field evaluation of distance measurement error in auditory avian point count surveys. *Journal of Wildlife Management*, 71(8), 2759-2766.

BENDER D. J., CONTRERAS T. A. & FAHRIG L. (1998). Habitat loss and population decline: a meta-analysis of the patch size effect. *Ecology*, 72 (2), 517–533.

BENTON T.G., VICKERY J.A. & WILSON J.D. (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends Ecol. Evol*., 18, 182–188.

BLACHE S. (2005). La Chevêche (*Athene noctua*) en zone d'agriculture intensive (plaine de Valence ; Drôme) : habitat, alimentation, reproduction. Mémoire : 99 p.

BLACHE S. (2009). Observatoire Régional de la faune sauvage, Volet 1, Action 2. La Chevêche d'Athéna. Amélioration des connaissances de l'avifaune nicheuse. CORA Faune Sauvage, 16 p.

BUCKLAND S. T., BURNHAM K. P., ANDERSON D. R. & LAAKE J. L. (1993). Density estimation using distance sampling. Chapman and Hall, London, United Kingdom.

BUCKLAND S.T., ANDERSON D.R., BURNHAM K.P., LAAKE J.L., BORCHERS D.L. & THOMAS L. (2001) Introduction to Distance Sampling. Oxford University Press, Oxford.

CENTILI D. (2001). Playback and little owls *Athene noctua*: preliminary results and considerations. *Oriolus*, 67, 84–88.

CONWAY C.J. & GIBBS J.P. (2001). Factors influencing detection probabilities and the benefits of call broadcast surveys for monitoring marsh birds. Final report, USGS Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, Maryland, 60 p.

COQUEREL M., PIAT A. & PREISSER L. (2012). Influence de la repasse interspécifique sur la détection d'*Athene noctua*. Mémoire : 29 p.

DE KORT S. R., ELDERMIRE E. R. B., CRAMER E. R. A. & VEHRENCAMP S. L. (2009). The deterrent effect of bird song in territory defence. *Behavioral Ecology*, 20, 200–206.

DONALD P. F., GREEN R. E. & HEATH M. F. (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 268, 25–29.

FINCK P. (1990). Seasonal variation of territory size with the Little Owl (*Athene noctua*). *Oecologia*, 83, 68-75.

GENOT J.C. (1996/97). Monitoring Studies of the Little owl in France. *The Raptor*, 24–28.

GENOT J.-C., LAPIOS J.-M. & LECOMTE P. (1999). Plan de restauration national de la Chevêche d'Athéna en France. Rapport final. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement Direction de la Nature et des Paysages. 60p.

HAGAN J. M., 1992. Conservation Biology When There is No Crisis – Yet. *Conservation Biology*, 6, 475–476.

HARDOUIN L.A., ROBERT D. & BRETAGNOLLE V. (2008). A dusk chorus effect in a nocturnal bird : support for mate and rival assessment functions. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 62, 1909–1918.

JOHNSON R. R., BROWN B. T., HAIGHT L. T. & SIMPSON J. M. (1981). Playback recordings as a special avian censusing technique. *Studies in Avian Biology*, 6, 68-75.

JOHNSON D. H., VAN NIEUWENHUYSE D. & GENOT J-C. (2007). Survey Protocol for the Little Owl (*Athene noctua*); October 2007 version. Global Owl Project. 19 p. [unpublished report]. (www.globalowlproject.com).

LYNCH J. F. (1995). Effects of Point Count Duration, Time-of-Day, and Aural Stimuli on Detectability of Migratory and Resident Bird Species in Quintana Roo, Mexico. USDA Forest Service, *Gen. Tech. Rep*. PSW-GTR, 149.

MARQUES T. A., THOMAS L., FANCY S. G. & BUCKLAND S. T. (2007). Improving estimates of bird density using multiple-covariate Distance sampling. *The Auk*, 124(4), 1229–1243.

RALPH C. J., DROEGE S. & SAUER J. R. (1995). Managing and Monitoring Birds Using Point Counts: Standards and Applications. USDA Forest Service *Gen. Tech. Rep*. PSW-GTR, 149, 161 – 168.

REIDSMA P., TEKELENBURG T., VAN DEN BERG M. & ALKEMADE R. (2006). Impacts of land-use change on biodiversity: An assessment of agricultural biodiversity in the European Union. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114, 86–102.

SCHERZINGER W. & MEBS T. (2006). Rapaces nocturnes de France et d'Europe. Ed. Delachaux & Niestlé, 398 p.

SIMONS T. R., ALLDREDGE M. W., POLLOCK K. H. & WETTROTH J. M. (2007). Experimental analysis of the auditory detection process on avian point counts. *The Auk*, 124, 3, 986–999.

THOMPSON W. L. (2002). Towards reliable bird surveys: accounting for individuals present but not detected. *The Auk*, 119(1), 18-25.

TUCKER, G.M. & HEATH, M.F. (1994). Birds in Europe – their Conservation Status. Birdlife International, Cambridge.

VAN NIEUWENHUYSE D., GENOT J.-C. & JOHNSON D. H. (2008). The little owl, Conservation, Ecology and Behavior of *Athene noctua*. Cambridge, 574 p.

Annexes

Annexe 1. Exemple d'une fiche de terrain remplie par des observateurs de la Réserve de Biosphère du Mont Ventoux

Annexe 2. Fonctions et expansions couramment utilisées comme fonctions de détection dans le cadre du Distance-sampling : **(a)** Uniform, Half-normal et Negative-exponential; **(b)** Hazard rate pour quatre valeurs différentes du paramètre de forme *b*.

Annexe 3. Observateurs et leurs nombre de points d'écoute respectifs, réalisés en équipe ou seul, pour chaque territoire

Annexe 4. Résultats du suivi réalisé par les cinq territoires partenaires de l'observatoire Inter-Parcs PACA

Annexe 5. Distribution de la Chevêche d'Athéna (*Athene noctua*) sur les territoires partenaires de l'observatoire Inter-Parcs PACA

Annexe 6. Surfaces en km² des bandes formées par chaque classe de distance sur un point d'écoute

Annexe 7. Résultats du suivi après sélection du nombre maximum de points d'écoute ne se recoupant pas

Annexe 8. Résultats de l'analyse du suivi sous Distance du jeu de données sans réplicats

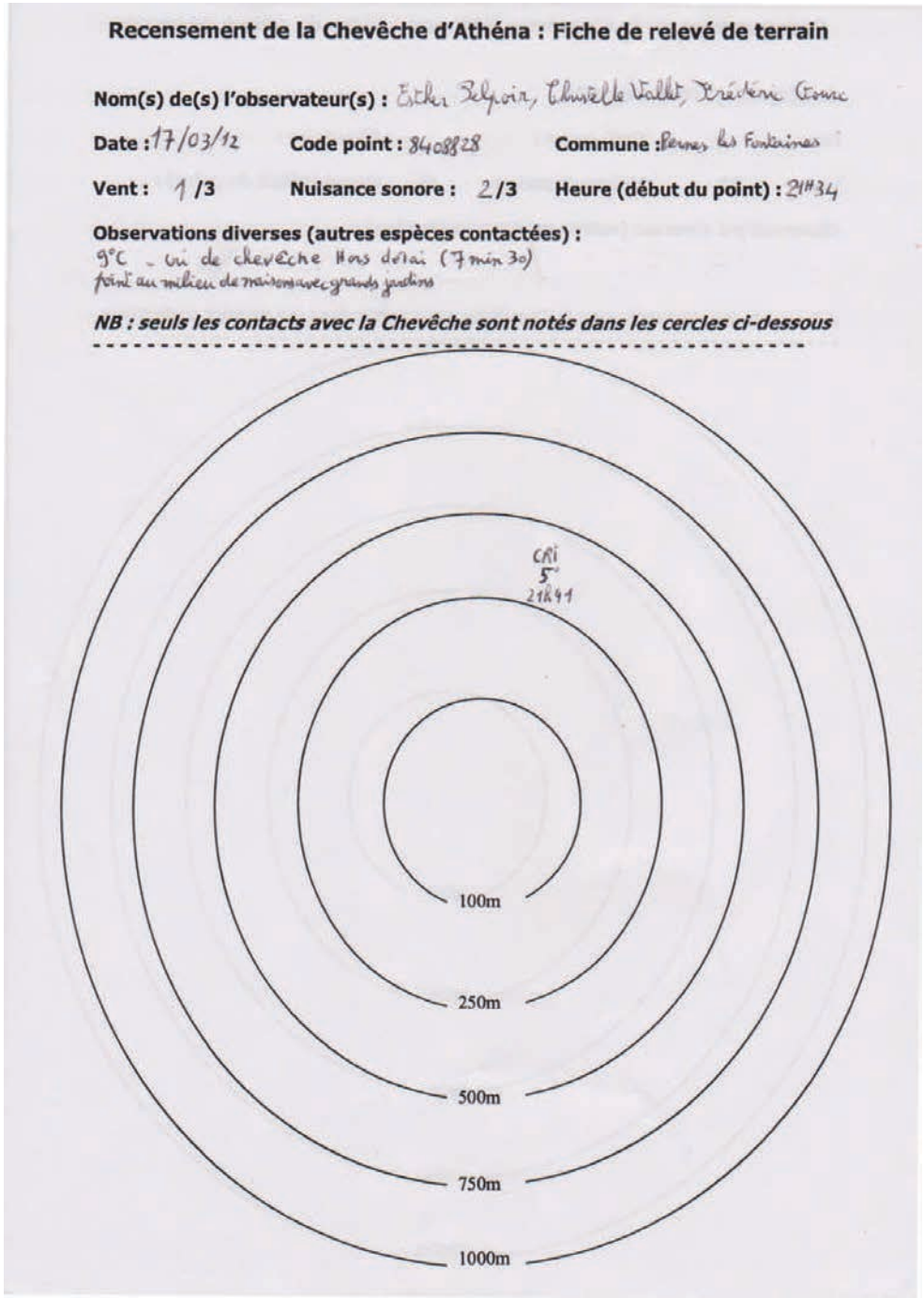
Annexe 9. Aperçu de différentes hypothèses d'attractivité de la repasse, testées à l'aide du logiciel Distance

Annexe 10. Résultats de l'hypothèse 1 testée sous Distance (50% des mâles entre 0 et 100 m provenaient de la classe 100-250 m

Annexe 11. Résultats de l'hypothèse 2 testée sous Distance (50% des mâles entre 0 et 100 m provenaient de la classe 100-250 m et 25% de 100-250 m provenaient de 250-500 m

Annexe 1. Exemple d'une fiche de terrain remplie par des observateurs de la Réserve de Biosphère du Mont Ventoux. Pour chaque fiche, plusieurs informations sont notées :

- Le nom de tous les observateurs
- La date
- Le numéro du point d'écoute
- La commune
- L'heure précise de début d'écoute
- L'heure à laquelle chaque individu est contacté
- L'azimut de l'individu
- La nature du contact (CRI ou CHT)
- Le vent :
  1 pour nul
  2 pour faible (reste acceptable pour la réalisation du point)
  3 pour moyen à fort (le point n'est pas réalisé)
- La nuisance sonore
  1 pour aucune
  2 pour faible (passage irrégulier de voiture, aboiements au loin…)
  3 pour modérée et plus (passage régulier de voitures, aboiements permanents à proximité…)



Recensement de la Chevêche d'Athéna : Fiche de relevé de terrain

Nom(s) de(s) l'observateur(s) : Esther Belpoir, Chrystelle Vallet, Frédéric Comte

Date : 17/03/12 **Code point :** 8408828 **Commune :** Pernes les Fontaines

Vent : 1 /3 **Nuisance sonore :** 2 /3 **Heure (début du point) :** 21H34

Observations diverses (autres espèces contactées) :
9°C - cri de chevêche hors délai (7 min 30)
point au milieu de maisons avec grands jardins

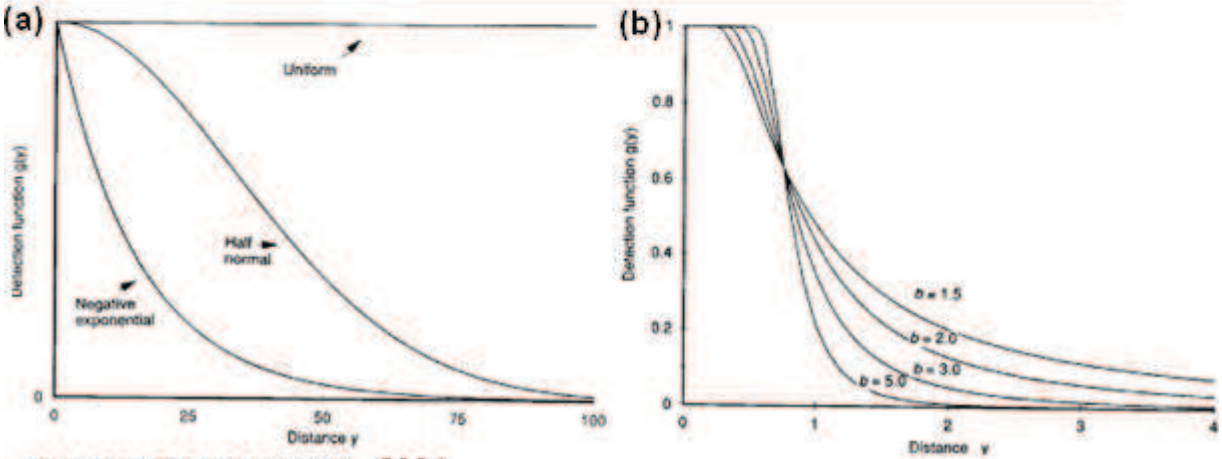
NB : seuls les contacts avec la Chevêche sont notés dans les cercles ci-dessous

CRI
5'
21h41

100m
250m
500m
750m
1000m

Annexe 2. Fonctions et expansions couramment utilisées comme fonctions de détection dans le cadre du Distance-sampling : **(a)** Uniform, Half-normal et Negative-exponential; **(b)** Hazard rate pour quatre valeurs différentes du paramètre de forme *b*.

Key		Series expansion	
Uniform	$1/w$	Cosine	$\sum_{j=2}^{m} a_j \cos(j\pi y_s)$
Half-normal	$\exp(-y^2/2\sigma^2)$	Simple polynomial	$\sum_{j=2}^{m} a_j (y_s)^{2j}$
Hazard-rate	$1 - \exp[-(y/\sigma)^{-b}]$	Hermite	$\sum_{j=2}^{m} a_j H_{2j}(y_s)$



Source : Buckland *et al.*, 2001

Annexe 3. Observateurs et leurs nombre de points d'écoute respectifs, réalisés en équipe ou seul, pour chaque territoire

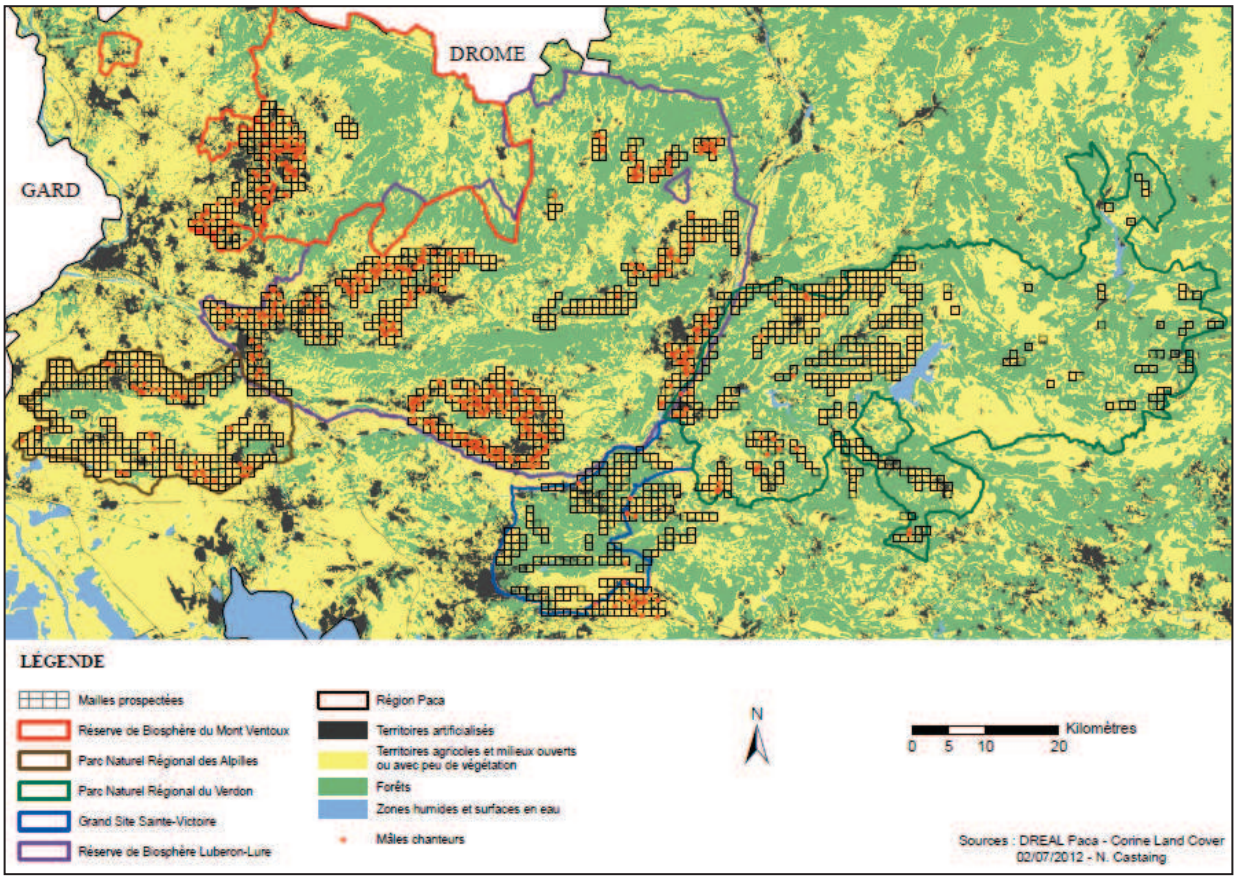
Observateurs	Nombre de points d'écoute réalisés en équipe	Nombre de points d'écoute réalisés seul	Territoires
Geneviève Delvoye	16	0	GSSV
Alain Clermidy	16	0	GSSV
Bernard Havard	16	0	GSSV
Catherine Kerneis	16	0	GSSV
Françoise Eloy	16	0	GSSV
Christian Fouqueteau	13	0	GSSV
Geneviève Guicheteau	13	0	GSSV
Christophe Bougeat	10	0	GSSV
Gérard Bougeat	10	0	GSSV
Marie-France Beillieu	10	0	GSSV
René Beillieu	10	0	GSSV
Annie Gasperini	9	0	GSSV
Maurice Gasperini	9	0	GSSV
Marc Verrecchia	8	5	GSSV
Nicolas Tomei	7	6	GSSV
Agnès Mansart	7	0	GSSV
Philippe Mansart	7	0	GSSV
Cécile Beillieu	2	0	GSSV
Xavier Nicolle	1	30	GSSV
Christiane Faudry	1	0	GSSV
Laurent Gautier	0	19	GSSV
Cathy Adrian	0	17	GSSV
Emilie Malfait	0	10	GSSV
July Larguier	0	9	GSSV
Frédéric Jayne	0	8	GSSV
Stéphanie Morel	0	7	GSSV
Dominique Chavy	89	17	GSSV (3 seul) et PNRV (14 seul; 89 en équipe)
Maria Bertilsson	30	0	PNRA
Fanny Frey	26	0	PNRA
Marina Benoits	26	0	PNRA
Claire Philipon	23	1	PNRA
Cécile Ponchon	20	0	PNRA
Nicolas Vincent-Martin	20	0	PNRA
Magali Battais	19	7	PNRA
Bruno Massal	19	0	PNRA
Livia Vallejo	19	0	PNRA
Michèle Corsange	18	0	PNRA
Sue Rossington	18	0	PNRA
Laury Josien	14	1	PNRA
Christian Chatelard	14	0	PNRA
Martine Pellet	14	0	PNRA
Alain Fougeroux	11	0	PNRA
Philippe Bessède	10	14	PNRA
Joël Schrumpf	10	0	PNRA
Julien Cremel	10	0	PNRA
Maryse Tourneux	10	0	PNRA
Baptiste Mabboux	9	0	PNRA
Timothée Schwartz	9	0	PNRA
Audrey Pagano	8	0	PNRA
Matthieu Rocheblave	8	0	PNRA
Claire Dunphy	6	0	PNRA
Heather Cuddy	6	0	PNRA
Jack Menoux	6	0	PNRA
Jean Crozet	6	0	PNRA
Johanna Jantzen	6	0	PNRA
Lionel Luzy	6	0	PNRA
Jacques Philipon	3	0	PNRA
Amine Flitti	0	31	PNRA
Esther Pelpoir	23	1	PNRA (14 en équipe) et RBMV (1 seul; 9 en équipe)

Observateurs	Nombre de points d'écoute réalisés en équipe	Nombre de points d'écoute réalisés seul	Territoires
Ghislaine Dusfour	149	0	PNRV
Stefano Blanc	111	0	PNRV
Nicolas Vissyrias	35	0	PNRV
Véronique Averous	27	0	PNRV
Anne Ferment	24	1	PNRV
Jordan Lacoste	24	0	PNRV
Patricia Houzelle	23	0	PNRV
Laurent Bouvin	19	0	PNRV
Tim Espitalier	17	0	PNRV
Nicolas Petit	16	0	PNRV
Elsa Barrandon	15	0	PNRV
Alessandra Blanc	14	0	PNRV
Nicolas Martinez	14	0	PNRV
Guillaume Ruiz	13	0	PNRV
Pascal Maire	11	0	PNRV
Delphine Ihler	10	0	PNRV
Corinne Gautier	9	0	PNRV
Guillaume Le Guen	9	0	PNRV
Mathilde Grange	9	0	PNRV
Antonin Goubard	8	0	PNRV
Arnaud Lacoste	8	0	PNRV
Christophe Clemignard	8	0	PNRV
Mathieu Benoist	7	0	PNRV
Nathalie Carminati	7	0	PNRV
Yannick Pochon	6	0	PNRV
Georges Skalidaki	4	0	PNRV
Annie Robert	3	0	PNRV
Christophe Iacobi	3	0	PNRV
Jean-Marie Pautmat	3	0	PNRV
Jimmy Martinet	3	0	PNRV
Catherine Aubry	2	0	PNRV
Fabienne Sabatier	2	0	PNRV
Jean-Luc Jardin	2	0	PNRV
Dominique Trigance	1	0	PNRV
Jean-Paul Dauphin	1	0	PNRV
Gaëlle Marday	200	53	RBLL
Noémie Castaing	183	92	RBLL
Léon Ducasse	17	0	RBLL
Marine Ducroux	11	0	RBLL
Olivier Hameau	10	132	RBLL
Camille Douillet	10	0	RBLL
Jean-Marin Desprez	28	4	RBMV
Line Lignier	28	0	RBMV
Geneviève Beaux	16	0	RBMV
Geneviève Couturier	16	0	RBMV
Pierre Peyret	16	0	RBMV
Anthony Roux	14	0	RBMV
Renaud Genix	10	0	RBMV
Baptiste Montesinos	7	0	RBMV
Guillaume Onfray	7	0	RBMV
Hervé Oubrier	6	2	RBMV
Anne Caffiso	6	0	RBMV
Cathy Meunier	6	0	RBMV
Christelle Vallet	6	0	RBMV
Jean-Luc Robinet	6	0	RBMV
Marie-Georges Serie	6	0	RBMV
Anouck Megy	5	0	RBMV
Philippe Lavaux	5	0	RBMV
Ken Reyna	4	0	RBMV
Frédéric Gourc	3	0	RBMV
Edith Senes	1	0	RBMV
Jean Clerc	0	6	RBMV

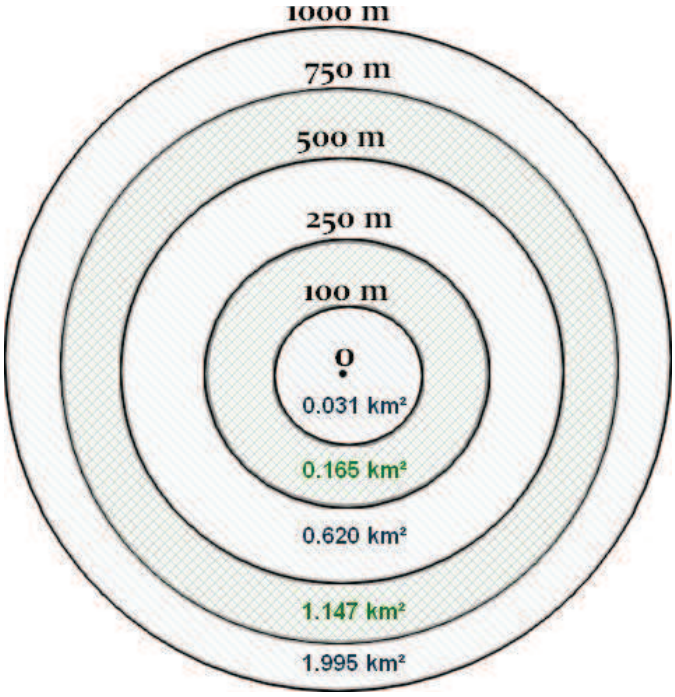
Annexe 4. Résultats du suivi réalisé par les cinq territoires partenaires de l'observatoire Inter-Parcs PACA

Territoires	Nombre de chanteurs	Nombres de cris	Nombre d'individus total	Nombre de points d'écoute	Nombre de points positifs
GSSV	23	9	32	203	24
PNRA	55	22	77	237	51
PNRV	26	10	36	353	35
RBLL	383	149	532	477	271
RBMV	107	48	155	113	68
Total	**594**	**238**	**832**	**1383**	**449**

Annexe 5. Distribution de la Chevêche d'Athéna (Athene noctua) sur les territoires partenaires de l'observatoire Inter-Parcs PACA



Annexe 6. Surfaces en km² des bandes formées par chaque classe de distance sur un point d'écoute



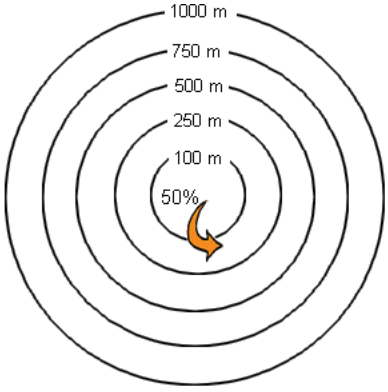
Annexe 7. Résultats du suivi après sélection du nombre maximum de points d'écoute ne se recoupant pas

Territoires	Nombre de chanteurs	Nombres de cris	Nombre d'individus total	Nombre de points d'écoute	Nombre de points positifs
GSSV	7	5	12	73	8
PNRA	15	7	22	71	16
PNRV	10	2	12	135	11
RBLL	118	36	154	149	83
RBMV	33	14	47	35	20
PACA	**183**	**64**	**247**	**463**	**138**

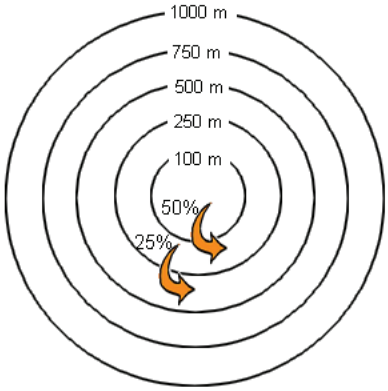
Annexe 8. Résultats de l'analyse du suivi sous Distance du jeu de données sans réplicats
Modèles ayant fonctionné Modèles n'ayant pas fonctionné

Modèles	Nombre de paramètres	Delta AIC	AIC	Densité	Borne inf. intervalle de confiance	Borne sup. intervalle de confiance	Coefficient de variation
Hazard rate + hermite	2	0	473,52	4,31	1,81	10,25	0,46
Hazard rate + simple polynomial	2	0	473,52	4,31	1,81	10,25	0,46
Hazard rate + cosine	2	0	473,52	4,31	1,81	10,25	0,46
Half normal + cosine	2	13,98	487,50	1,81	1,46	2,23	0,11
Half normal + simple polynomial	2	36,60	510,12	1,14	0,87	1,50	0,14
Half normal + hermite	1	42,69	516,21	1,01	0,85	1,21	0,09
Uniform + cosine	1	62,23	535,75	0,70	0,63	0,77	0,05
Uniform + simple polynomial	1	79,96	553,48	0,60	0,53	0,67	0,06
Uniform + hermite	1	107,91	581,43	0,42	0,37	0,48	0,07

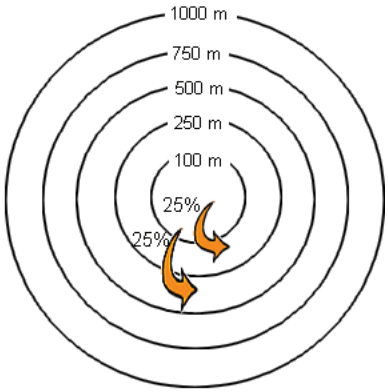
Annexe 9. Aperçu de différentes hypothèses d'attractivité de la repasse, testées à l'aide du logiciel Distance



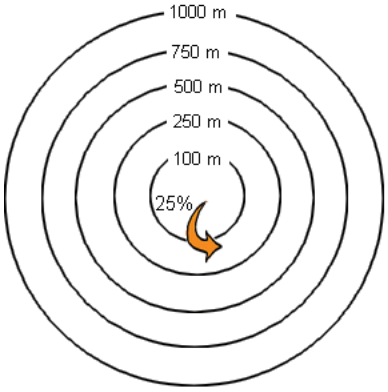
Hypothèse 1 :
50% des individus de la 1ère classe de distance provenaient de la 2ème classe



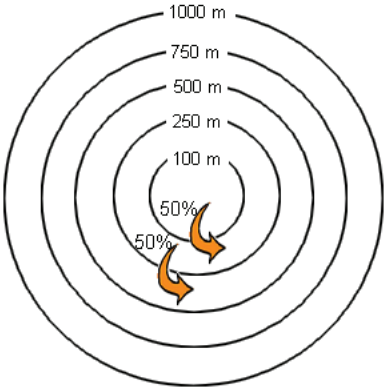
Hypothèse 2 :
50% des individus de la 1ère classe de distance provenaient de la 2ème classe et 25 % de la deuxième provenaient de la troisième



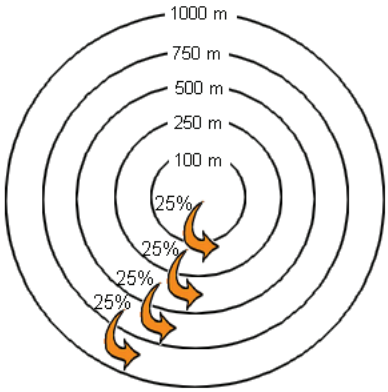
Hypothèse 3 :
25% des individus de la 1ère classe provenaient de la 2ème classe et 25% autres de la troisième



Hypothèse 4 :
25% des individus de la 1ère classe provenaient de la 2ème classe



Hypothèse 5 :
50% des individus de la 1ère classe de distance provenaient de la 2ème classe et 50% de la deuxième provenaient de la troisième



Hypothèse 6 :
25% de chaque classe de distance provenaient d'une classe supérieure

Annexe 10. Résultats de l'hypothèse 1 testée sous Distance (50% des mâles entre 0 et 100 m provenaient de la classe 100-250 m Modèles ayant fonctionné
Modèles n'ayant pas fonctionné

Modèles	Nombre de paramètres	Delta AIC	AIC	Densité	Borne inf. intervalle de confiance	Borne sup. intervalle de confiance	Coefficient de variation
Hazard rate + hermite	2	0,00	444,60	1,39	0,94	2,04	0,20
Hazard rate simple + polynomial	2	0,00	444,60	1,39	0,94	2,04	0,20
Hazard rate + cosine	2	0,00	444,60	1,39	0,94	2,04	0,20
Half normal + cosine	2	0,03	444,63	1,63	1,29	2,06	0,12
Half normal + simple polynomial	2	12,41	457,01	1,08	0,60	1,95	0,31
Half normal + hermite	1	15,36	459,96	0,97	0,81	1,16	0,09
Uniform + cosine	1	30,37	474,97	0,69	0,63	0,76	0,05
Uniform + simple polynomial	1	45,84	490,44	0,59	0,53	0,66	0,05
Uniform + hermite	1	72,81	517,41	0,42	0,37	0,48	0,07

Annexe 11. Résultats de l'hypothèse 2 testée sous Distance (50% des mâles entre 0 et 100 m provenaient de la classe 100-250 m et 25% de 100-250 m provenaient de 250-500 m
Modèles ayant fonctionné Modèles n'ayant pas fonctionné

Modèles	Nombre de paramètres	Delta AIC	AIC	Densité	Borne inf. intervalle de confiance	Borne sup. intervalle de confiance	Coefficient de variation
Half normal + cosine	2	0,00	444,75	302,08	1,30	0,98	1,71
Hazard rate + hermite	2	0,89	445,64	317,07	1,18	0,78	1,76
Hazard rate + simple polynomial	2	0,89	445,64	317,07	1,18	0,78	1,76
Hazard rate + cosine	2	0,89	445,64	317,07	1,18	0,78	1,76
Half normal simple polynomial	2	3,95	448,70	342,80	1,01	0,62	1,63
Half normal + hermite	1	5,15	449,90	363,55	0,89	0,75	1,07
Uniform + cosine	1	13,60	458,35	414,68	0,69	0,62	0,76
Uniform + simple polynomial	1	24,60	469,34	451,68	0,58	0,52	0,65
Uniform hermite	1	48,32	493,06	0,42	0,37	0,48	0,07

Résumé

Dans le but de suivre les populations de Chevêche d'Athéna (*Athene noctua*) sur le long terme, la méthode des points d'écoute avec utilisation de la repasse est utilisée de manière standardisée. Cependant, ce type de recensement présente des biais et notamment au niveau de la prise en compte du taux de détection des individus. C'est pourquoi ce type de recensement ne permet pas de réaliser un comptage absolu, mais seulement d'observer des tendances au cours du temps. Le but de cette étude a donc consisté à appliquer le distance-sampling au protocole d'échantillonnage classique, méthode utilisée couramment afin d'estimer les densités réelles. Puis il a été évalué si le distance-sampling s'avère en effet pertinent dans le cadre de suivis de la Chevêche. Pour cela, deux protocoles ont été mis en place cette année afin de tester les hypothèses inhérentes au distance-sampling. L'étude a ainsi montré qu'il existe des biais liés au protocole d'échantillonnage et notamment du fait de l'utilisation de la repasse qui aurait tendance à attirer les individus vers la source sonore. L'utilisation du distance-sampling semble donc compromise. Cependant, une fois ce biais mesuré, cette méthode pourrait permettre de réévaluer les densités et par déduction, les abondances connues jusque-là.

Mots clefs : Chevêche d'Athéna, suivi de population, repasse, détectabilité, distance-sampling

Abstract

In order to follow populations of Little owl (*Athene noctua*) over time, a standardized census by point-count with playback is commonly used. However, this census technique presents some bias, in particular because of no consideration about the individual detection rate. That's why this type of inventory is not exhaustive and just allows estimating trends over time. The goal of the study consisted in apply distance-sampling on point-counts in order to estimate true densities. Then two protocols were established this year to test distance-sampling's hypothesis and conclude on the relevant use of this technique for little owl population studies. The study has shown some bias, in particular because of playback which attracts individuals to the sound. Thus, distance-sampling seems to be not appropriate. However, a measurement of this bias could allow a new estimation of densities and by deduction of abundances known up to then.

Key words : Little owl, *Athene noctua*, population monitoring, playback, detection, distance-sampling