Mémoire de 2e année de Master :

Université Aix-Marseille III - Master Sciences de l'Environnement Terrestre (SET) -
Spécialité Ingénierie de la Biodiversité (INGEBIO)
Parcours Expertise Écologique et Gestion de la Biodiversité (EEGB)
Étudiante de la promotion 2011-2012

Étude d'un rapace nocturne en Provence : recensement de la Chevêche d'Athéna et caractérisation de son habitat

Photo : Gaëlle Marday

Photo : Gaëlle Marday

Travail présenté et soutenu publiquement le 7 septembre 2012 par Gaëlle Marday

Encadré par :
Aline Salvaudon (maître de stage) - *Parc naturel régional du Luberon* -
Olivier Hameau (maître de stage) - *Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) délégation Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA)* -
Alexandre Millon (tuteur scientifique) - *Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie marine et continentale (IMBE)* -
Agathe Leriche (tuteur pédagogique) - *Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie marine et continentale (IMBE)* -

Mémoire de 2e année de Master :

Université Aix-Marseille III - Master Sciences de l'Environnement Terrestre (SET) -
Spécialité Ingénierie de la Biodiversité (INGEBIO)
Parcours Expertise Écologique et Gestion de la Biodiversité (EEGB)
Étudiante de la promotion 2011-2012

Étude d'un rapace nocturne en Provence : recensement de la Chevêche d'Athéna et caractérisation de son habitat

Travail présenté et soutenu publiquement le 7 septembre 2012 par Gaëlle Marday

Contact :
4, rue Ernest Deniset
25 300 Pontarlier
☎ 03.81.46.34.74 - 06.72.10.70.52
✉ gaelle.marday@gmail.com

Dessin : Benoît Robin

Table des matières

Remerciements 1

Liste des contacts référents 3

Liste des tableaux 4

Liste des figures 5

Liste des abréviations 6

Résumé et mots clefs 7

Introduction 8

1. État de l'art 8

2. Historique et contexte 9

3. Objectifs de l'étude 10

1. Matériel et méthodes 11

1.1. Modèle biologique : la Chevêche d'Athéna (Athene noctua) 11

1.2. Zone d'étude 12

1.3. Protocole d'échantillonnage 13

1.3.1. La repasse 13

1.3.2. Recensement des cabanons agricoles 14

1.4. Analyse des résultats 16

1.4.1. Recensement de la Chevêche 16

1.4.2. Variables environnementales 16

1.4.3. Corrélation entre les variables environnementales et la présence de la Chevêche 17

2. Résultats 19

2.1. Résultats du recensement de la Chevêche 19

2.2. Résultats des variables environnementales 20

2.2.1. Résultats du recensement des cabanons agricoles 20

2.2.2. Résultats de l'altitude des points d'écoute 21

2.2.3. Résultats de la caractérisation de l'occupation du sol 21

2.3. Résultats de la corrélation entre les variables paysagères avec la probabilité de présence des Chevêches 21

3. Discussion 27

3.1. Recensement de la Chevêche 27

3.2. Recensement des cabanons agricoles 28

3.3. Corrélation entre les variables paysagères avec la probabilité de présence des Chevêches 28

3.4. Proposition de mesures de conservation et orientations de gestion 31

Conclusion 33

Références bibliographiques 34

Liste des annexes 38

Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier Agathe Leriche (responsable du Master 2 EEGB) et Alexandre Millon (Maître de conférences, professeur de biologie de la conservation au sein du Master 2 EEGB) pour m'avoir accepté dans le Master 2 Expertise Écologique et Gestion de la Biodiversité à l'université d'Aix-Marseille, car ce n'était pas gagné d'avance. Ce stage n'aurait pas été réalisé s'ils ne m'avaient pas pris en charge au sein de ce cursus universitaire. J'espère que mon parcours et le travail de ce mémoire vous convaincra que j'ai mérité ma place au sein de la promotion.

Je souhaite ensuite remercier Aline Salvaudon (chargée de mission au service espaces naturels du parc naturel régional du Luberon), ma maître de stage, pour m'avoir prise comme stagiaire dans le parc naturel régional du Luberon. Merci d'avoir organisé diverses réunions rassemblant les partenaires acteurs du recensement de la Chevêche d'Athéna.

Je remercie chaleureusement Olivier Hameau (responsable plan d'action Chevêches et Pies-grièches en région PACA), mon second maître de stage, qui a su m'encadrer et me faire partager son expérience d'ornithologue à travers toutes les sorties sur le terrain. Je pense notamment à la tournée des nichoirs à Chevêches où j'ai pu assister au baguage des jeunes. Merci également d'avoir partagé le travail de terrain.

Je tiens à remercier Arnoul Hamel (géomaticien au parc naturel régional du Luberon) et Nicolas Petit (géomaticien au parc naturel régional du Verdon) pour le partage des informations cartographiques. Merci à Ghislaine Dusfour (chargée de mission Natura 2000 et du recensement de la Chevêche d'Athéna dans le parc naturel du Verdon) pour m'avoir fait découvrir les habitats à Chevêches du vaste territoire du Verdon.

Merci à Alexandre Millon, encore une fois, pour sa disponibilité et ses précieux conseils quant à l'analyse des données et l'interprétation des résultats. Merci d'avoir pris le temps de répondre à mes nombreuses questions, même tardives.

J'adresse des profonds remerciements à Noémie Castaing (étudiante en Master 1 Ingénierie Écologique et Gestion de la Biodiversité à Montpellier, en stage sur le recensement de la Chevêche d'Athéna au parc naturel régional du Luberon) avec qui j'ai réalisé le travail de terrain dans la réserve de biosphère Luberon Lure. Merci pour tous ces conseils critiques et ses relectures.

Un grand merci aux 120 personnes ayant participé à la campagne de terrain, sans qui ce travail n'aurait pas pu voir le jour. Merci d'avoir pris le temps d'écouter les chouettes ! Et merci à elles d'avoir répondu présentes…

Merci à Mélanie Coquerel, Anabelle Piat et Lucie Preisser, stagiaires en Master 1 EEGB, pour être venu partager les résultats de leur étude sur l'influence de la repasse inter-spécifique sur la détection de la Chevêche d'Athéna.

J'accorde mes remerciements à l'équipe LPO PACA ainsi que les salariés du parc du Luberon, notamment Michel Rambaud (chargé d'étude éducation à l'environnement au parc naturel régional du Luberon) pour leur accueil et leur convivialité, avec qui j'ai partagé des moments forts sympathiques au château de l'environnement. Merci à Virginie Toussaint (chargée de communication à la LPO PACA) pour nous avoir permis (Noémie Castaing et moi-même) d'animer une conférence et une sortie sur les rapaces nocturnes dans le cadre de la fête de la nature. Merci à Magalie Goliard (directrice adjointe à la LPO PACA) pour ses conseils de rédaction et le partage d'une passion qu'est l'équitation.

Merci à Katy Morell (responsable du centre régional de sauvegarde pour la faune sauvage de Buoux) et à Chloé Hugonnet (service civique dans ce centre de soin) pour tous les midis partagés au « loft » et les discussions naturalistes. Merci de m'avoir donné l'opportunité de faire des relâcher publics de chouette Effraie et de Petits ducs.

Merci à Robin Lhuillier (responsable des formations naturalistes à la LPO PACA), Olivier Hameau et Tangi Corveler (responsable de l'antenne LPO Alpes-Maritimes) pour l'animation de la formation chants d'oiseaux qui était très pédagogique et enrichissante.

Merci aux écovolontaires du centre de soin et aux habitants du « loft » pour avoir passé six mois sans ennui et sans répit. Merci à l'équipe de choc « Luc, Camille, Solène, Noémie » pour toutes les soirées inoubliables passées au château.

Merci à Mélodie Théolissat (cavalière professionnel d'endurance) pour avoir eu l'occasion de monter ses jolis pur-sang arabes, ce qui m'a permis de m'aérer l'esprit quand la rédaction de ce mémoire devenait ardu…

Enfin je remercie mes parents et mon frère pour les encouragements et le soutien qu'ils m'apportent.

Un dernier remerciement s'adresse à mon petit ami pour son soutien et les grands moments que l'on a pu passé ensemble au cours de ce stage.

Enfin MERCI à toutes les personnes ayant pris le temps de relire et de corriger ce mémoire.

Sur ce, je vous souhaite une agréable lecture.

Liste des contacts référents

Agathe Leriche, *Responsable du parcours EEGB de la deuxième année du master SET spécialité INGEBIO. Docteur en Sciences, maître de conférences. Université Aix-Marseille III, IMBE – CNRS UMR 7263 – INEE. Expertise en modélisation, SIG, macroécologie, biogéographie*

Europôle Méditerranéen de l'Arbois
Bâtiment Villemin – BP 80
13 545 Aix-en-Provence cedex 4
☎ 04.42.90.84.55
✉ agathe.leriche@imbe.fr

Alexandre Millon, *Docteur en Sciences, maître de conférences. Université Aix-Marseille III, IMBE – CNRS UMR 7263 – INEE. Expertise en dynamique des populations de vertébrés et biologie de la conservation*

Europôle Méditerranéen de l'Arbois
Bâtiment Villemin – BP 80
13 545 Aix-en-Provence cedex 4
☎ 04.42.90.84.74
✉ alexandre.millon@imbe.fr

Aline Salvaudon, *Chargée de mission au service espaces naturels du parc naturel régional du Luberon. Coordonnatrice Natura 2000 et chargée de mission milieux forestiers.*

Parc naturel régional du Luberon
60, place Jean Jaurès - BP 122
84 404 Apt cedex
☎ 04.90.04.42.05
✉ aline.salvaudon@parcduluberon.fr

Olivier Hameau, *Responsable Plan d'Action Chevêches et Pies-grièches en région PACA - Ornithologue*

LPO PACA
Château de l'environnement, col du pointu
84 480 Buoux
☎ 04.90.74.10.55 - 06.46.61.01.01
✉ olivier.hameau@lpo.fr

Arnoul Hamel, *Chargé de mission observatoire du territoire et information géographique au parc naturel régional du Luberon*

Parc naturel régional du Luberon
60, place Jean Jaurès - BP 122
84 404 Apt cedex
☎ 04.90.04.42.30
✉ arnoul.hamel@parcduluberon.fr

Noémie Castaing, *étudiante en Master 1 IEGB à l'Université de Montpellier, stagiaire à la LPO PACA sur le recensement de la Chevêche d'Athéna de février à juillet 2012*

138, rue Commandant Charcot
69 005 Lyon
☎ 06.26.74.08.51
✉ noemie.castaing@live.fr

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des GLMs présentant la probabilité de présence des Chevêches ((p) chev) en fonction des cabanons agricoles (cab), avec les valeurs de l'AIC, la p-value de l'Anova, la pente de la droite et l'équivalent du R². Les GLMs sont classés du plus faible au plus grand AIC.

Tableau 2 : Récapitulatif du GLM présentant la probabilité de présence des Chevêches ((p) chev) en fonction de l'altitude, avec les valeurs de l'AIC, la p-value de l'Anova, la pente de la droite et l'équivalent du R².

Tableau 3 : Récapitulatif des GLMs présentant la probabilité de présence des Chevêches ((p) chev) en fonction des quatre axes de l'ACP n°1, avec les valeurs de l'AIC, la p-value de l'Anova, la pente de la droite et l'équivalent du R². Les GLMs sont classés du plus faible au plus grand AIC.

Tableau 4 : Récapitulatif des GLMs présentant la probabilité de présence des Chevêches ((p) chev) en fonction des trois axes de l'ACP n°2, avec les valeurs de l'AIC, la p-value de l'Anova, la pente de la droite et l'équivalent du R². Les GLMs sont classés du plus faible au plus grand AIC.

Tableau 5 : Récapitulatif des GLMs présentant la probabilité de présence des Chevêches ((p) chev) en fonction des trois axes de l'ACP n°3, avec les valeurs de l'AIC, la p-value de l'Anova, la pente de la droite et l'équivalent du R². Les GLMs sont classés du plus faible au plus grand AIC.

Liste des figures

Figure 1 : Chevêche d'Athéna

Figure 2 : Murier blanc avec des cavités apparentes

Figure 3 : Localisation de la zone d'étude, l'ensemble des 1383 mailles de l'observatoire régional interparcs a été prospecté

Figure 4 : Cabanons agricoles dans la réserve de biosphère Luberon Lure: restauré et habité, en ruine, petit et grand

Figure 5 : Pourcentage de cabanons agricoles en fonction de leur état, dans la réserve de biosphère Luberon Lure (RBLL) et la commune de Mazan

Figure 6 : Influence de la présence de la Chevêche sur les quatre types de cabanons agricoles ainsi que sur l'ensemble des cabanons

Figure 7 : Influence de la présence de la Chevêche sur l'altitude

Figure 8 : Influence de la présence de la Chevêche sur les variables de l'axe 1 (variables F, H et L), l'axe 2 (variables A, I et J) et l'axe 4 (variables B, D, G et K) de l'ACP n°1

Figure 9 : Influence de la présence de la Chevêche sur l'axe 1' (variables B, F, H et L) et l'axe 2' (variables A, G et J) de l'ACP n°2

Figure 10 : Influence de la présence de la Chevêche sur l'axe 1'' (en vert : variables F et L), l'axe 2'' (en rouge : variables A et J) et l'axe 3'' (en bleu : variables B, G et H) de l'ACP n°3

Liste des abréviations

ACP : analyse en composantes principales

AIC : Akaike's Information Criterion

BD Ortho : bases de données orthophotos

DREAL : direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

GLM : generalised linear model (modèle linéaire généralisé)

GSSV: grand site Sainte-Victoire

LIFE : l'instrument financier pour l'environnement

LPO : ligue pour la protection des oiseaux

MAEt : mesure agro-environnementale

MNT : modèle numérique de terrain

PAC : politique agricole commune

PACA : Provence-Alpes-Côte d'Azur

PLU : plan local d'urbanisme

PNR : parc naturel régional

PNRA : parc naturel régional des Alpilles

PNRV : parc naturel régional du Verdon

RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure

RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux

UTM : universal transverse mercator

Résumé

Cette année, la LPO PACA a initié la création d'un observatoire régional à l'échelle de cinq territoires dans le but d'établir l'état initial d'un suivi des populations de Chevêche d'Athéna. Ce suivi permettra d'évaluer les tendances évolutives des effectifs. Le but de cette étude a été de recenser l'espèce *via* la méthode de la repasse au sein de la réserve de biosphère Luberon Lure et de compiler les données dans les quatre autres territoires de l'observatoire régional. Dans un second temps, cette étude a permise d'expliquer la présence de la Chevêche à travers plusieurs variables environnementales : l'altitude, le nombre de cabanons agricoles et des variables liées aux milieux agricoles. Les résultats ont permis de confirmer l'importance des milieux ouverts pour l'espèce. De ce fait des mesures de conservation sur ces habitats permettront d'améliorer le statut de la Chevêche et des autres espèces liés à ces milieux, à l'échelle de la région PACA.

Mots clefs : Chevêche d'Athéna, cabanons agricoles, sélection d'habitats, milieux agricoles, conservation

Introduction

1. État de l'art

Il y a 5000 ans, au Néolithique, la forêt occupait la majeure partie du territoire français (BLACHE, 2005). C'est à cette période que l'homme est devenu agriculteur et son action sur le milieu devint importante (BLACHE, 2005). Les prélèvements de bois ponctuels et sans grandes conséquences sur les écosystèmes que pratiquaient les sociétés de chasseurs cueilleurs ont laissé place à de plus larges modifications du milieu : c'est la « déforestation néolithique » (VERNET, 1997). Les territoires conquis sur les écosystèmes forestiers deviennent pour la plupart des paysages agraires (LEFEUVRE *in* BUREL ET BAUDRY, 2000). Ce développement de l'agriculture favorisa l'avifaune des milieux ouverts et permis la colonisation de ces habitats par un cortège d'espèces nouvelles.

Ce long processus d'anthropisation des milieux a certainement joué un rôle décisif dans la colonisation d'une grande partie de l'Europe par la Chevêche d'Athéna, petit rapace nocturne, originaire des milieux ouverts du bassin Méditerranéen et de l'Asie Centrale (BLACHE, 2005).

Si jusqu'à la révolution industrielle du XIXème siècle, l'impact des activités humaines sur l'avifaune des milieux agricole semble positive (VANSTEENWEGEN, 1998), depuis 40 ans, les pratiques agricoles productivistes encouragées par la politique agricole commune (PAC) européenne ont entraîné une régression alarmante de l'avifaune des zones agricoles (TUCKER & HEATH, 1994). Les causes sont multiples et parfois paradoxales. Pour certaines espèces la menace vient de la mise en culture des milieux naturels, alors que pour d'autres il s'agit de l'abandon de pratiques agricoles telles que le pastoralisme. Par souci d'efficacité, il est donc devenu nécessaire d'identifier les espèces prioritaires nécessitant des mesures de protection et de conservation.

La Chevêche d'Athéna est caractéristique de ce cortège d'espèces en déclin habitant les paysages agricoles. Des neuf rapaces nocturnes nichant en France, elle est l'espèce ayant connu le plus fort déclin (GÉNOT, 1996). Des suivis réguliers ont en effet permis d'identifier une régression des effectifs depuis les années 70 (GÉNOT, 1999 *in* ROCAMORA & BERTHELOT, 1999). La perte d'habitats représente la cause principale de son déclin. Cette perte est liée aux changements d'usage des sols : remembrement, mise en culture des prairies, drainage des prairies humides, arrachage de haies, transformation de vergers traditionnels en vergers intensifs (GÉNOT, 2005), abattage des vieux arbres creux qui lui offraient des sites de

nidification adéquats (MEBS & SCHERZINGER, 2006). De plus, les changements des pratiques culturales, et notamment l'épandage de pesticides entraine une diminution considérable de la ressource alimentaire, notamment les insectes et micromammifères (ROCAMORA & BERTHELOT, 1999).

Les suivis d'oiseaux sont pour la plupart, basés sur la méthode des points d'écoute. Cette méthode est couramment utilisée pour recenser les populations d'oiseaux nicheuses (LYNCH, 1995) dans le but d'estimer leur abondance (SIMONS *et al.,* 2007). Cette méthode consiste à se placer en différents endroits pendant une durée précise et à identifier et localiser tous les chants entendus. La méthode tire parti du comportement reproducteur observé chez les mâles des espèces d'oiseaux. En effet, le chant à un double rôle : il vise à attirer une femelle et également à défendre un territoire vis-à-vis des autres mâles (DE KORT *et al.,* 2008). Une particularité de cette méthode appliquée pour le recensement de la Chevêche d'Athéna consiste à diffuser le chant territorial du mâle pendant la session d'écoute de façon à provoquer une réponse des individus. Cette méthode, dite de la repasse, 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). C'est la méthode la plus efficace et robuste pour détecter la présence de Chevêche (NAVARRO *et al.,* 2005) ; elle permet en effet de recenser jusqu'à 80 à 90 % des mâles chanteurs présents sur une zone d'étude (GÉNOT & LECOMTE, 2002). Par ailleurs, cette méthode est préconisée pour des suivis à grande échelle (BRETAGNOLLE *et al.,* 2001).

2. Historique et contexte

Les premières études concernant l'habitat des Chevêches ont été réalisées en Europe de l'Ouest et plus particulièrement en Allemagne (LOSKE, 1986 *in* BLACHE, 2005 ; EXO, 1983 *in* BLACHE, 2005), en Suisse (JUILLARD, 1984), en Belgique (VAN NIEUWENHUYSE & NOLLET, 1991), en Grande Bretagne (GLUE & SCOTT, 1980) et en France (LEMOINE, 1986 ; GÉNOT, 1988). Dans la plupart de ces régions, l'espèce est en forte régression. Ces études ont consisté à caractériser l'habitat aux environs des sites de nidification. En France, au début des années 80, Jean-Claude Génot est à l'initiative de ces études. C'est en 1986, dans le but d'étudier les tendances évolutives des populations et l'habitat de l'espèce, que les premiers inventaires de la Chevêche d'Athéna sont réalisés dans cinq parcs naturels régionaux (PNR). En 1989, les cinq partenaires créent un observatoire national interparcs ayant pour objectif le recensement des populations de Chevêches selon une fréquence quadriennale, afin de suivre

les populations à long terme. A ce jour, l'observatoire national compte neuf PNR (dont le PNR du Luberon) et le parc national des Cévennes.

En 2004, une convention a été établie entre le PNR du Luberon et la ligue pour la protection des oiseaux (LPO) délégation Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), afin de réaliser le suivi de la Chevêche d'Athéna. Ainsi depuis 2004, l'association naturaliste réalise le recensement annuel de l'espèce.

Depuis 2010, un plan régional d'actions pour la Chevêche s'est mis en place en région PACA. Ce plan bénéficie du soutien financier de la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL). La LPO PACA a été désignée opérateur de ce plan régional d'actions.

En 2012, dans le cadre du plan régional d'actions, la LPO PACA s'est investie dans la création d'un observatoire interparcs en région PACA dans le but d'effectuer le suivi de la Chevêche d'Athéna, avec la participation de cinq territoires, à savoir deux PNR : celui des Alpilles et du Verdon ; deux réserves de biosphère : le Mont Ventoux et Luberon Lure ainsi que le grand site Sainte-Victoire. Cette année figure comme la première année du recensement de la Chevêche au sein des Alpilles, du Verdon et de la Sainte Victoire. En effet la réserve de biosphère du Mont Ventoux effectue le suivi de l'espèce depuis 2010.

3. Objectifs de l'étude

Dans un premier temps, cette étude a permise de recenser l'espèce *via* la méthode de la repasse, au sein de la réserve de biosphère Luberon Lure. Par la suite, les données récoltées dans les quatre autres territoires partenaires de l'observatoire régional interparcs ont été compilées.

L'acquisition des connaissances de l'habitat d'une espèce est primordial dans la biologie de sa conservation (ZABALA *et al.,* 2006), c'est pourquoi dans un deuxième temps, un inventaire des cabanons agricoles dans la réserve de biosphère Luberon Lure a été réalisé. Ceci dans le but d'analyser l'influence de variables paysagères (cabanons agricoles, altitude, occupation du sol) sur la présence des Chevêches.

Enfin les résultats de cette étude ont permis de proposer des orientations de gestion adaptées à la zone d'étude, afin d'améliorer le statut de conservation de la Chevêche d'Athéna.

1. Matériel et méthodes

1.1. Modèle biologique : la Chevêche d'Athéna (Athene noctua)

La Chevêche d'Athéna est un petit rapace nocturne sédentaire (THORUP *et al.*, 2010) et territorial (CORNULIER & BRETAGNOLLE, 2006) appartenant à la famille des Strigidés. Il existe dans le monde treize sous-espèces dont seule *Athene noctua vidalii* est présente en France continentale (BLACHE, 2005). Son identification est aisée de part sa silhouette trapue, son plumage brun terre ponctué de blanc et sa calotte aplatie (partie supérieure de la tête) (***figure 1***). L'espèce présente un dimorphisme sexuel peu marqué ce qui rend difficile la détermination du sexe par le plumage. Le mâle est cependant facilement identifiable de part son activité vocale. En effet le chant interrogatif et caractéristique de l'espèce est émis uniquement par le mâle ; alors que les cris, s'apparentant à des miaulements, sont émis par les deux sexes.

Figure 1 *: Chevêche d'Athéna*

Originaire des steppes et semi-déserts d'Asie centrale et du bassin méditerranéen (MEBS & SCHERZINGER, 2006), la Chevêche a colonisé progressivement l'Europe centrale suite à l'expansion progressive des milieux agricoles (GÉNOT & LECOMTE, 2002), ce qui la qualifie d'espèce hémérophile. En France, la Chevêche est présente sur l'ensemble du territoire mais ne l'occupe pas de façon uniforme (GÉNOT *et al.*, 1999). Elle évite en effet les massifs montagneux au delà de 1200 mètres d'altitude ainsi que les zones fortement boisées (VAN NIEUWENHUYSE *et al.*, 2008). En région PACA, l'espèce est présente dans les six départements. Les seuls départements de Vaucluse et des Bouches-du-Rhône accueillent plus de 80% de la population régionale de Chevêches (1500 couples en 2011) (HAMEAU, *com.pers.*, 2012).

La Chevêche occupe des milieux présentant deux caractéristiques essentielles : des cavités pour nicher et des milieux ouverts, à végétation basse, pour chasser.

Ainsi, dans son habitat originel, elle niche dans des crevasses, des falaises et dans des pierriers à même le sol (GÉNOT & LECOMTE, 2002). Dans la zone d'étude elle a su s'adapter aux sites que l'homme a mis involontairement à sa disposition (GÉNOT & LECOMTE, 2002). Selon les régions, elle niche dans des arbres creux (***figure 2***), des arbres taillés en têtard ou dans divers bâtiments tels que des granges, fermes ou cabanons agricoles (GÉNOT &

LECOMTE, 2002). De plus elle occupe facilement les nichoirs de divers modèles, là où les cavités naturelles viennent à manquer (GÉNOT & LECOMTE, 2002). Dans le Luberon, ce sont près de 193 nichoirs qui ont été posés en faveur de la Chevêche d'Athéna, dont 79 ont été occupés par l'espèce cette année.

***Figure 2** : Murier blanc avec des cavités apparentes*

En France, les vergers traditionnels et bocages avec arbres têtards représentent les territoires les plus souvent occupés par l'espèce. La Chevêche d'Athéna fréquente aussi les prairies, cultures, falaises, carrières, villages ou bordure de rivière.

Le régime alimentaire de l'espèce est composé d'insectes, de vers de terre, de micromammifères et de petits passereaux (ROCAMORA & BERTHELOT, 1999).

1.2. Zone d'étude

La zone d'étude se situe dans le sud-est de la France, en région PACA. Ce sont au total quatre départements qui ont été prospectés cette année dans le cadre du recensement de la Chevêche d'Athéna: les Alpes de Haute-Provence, les Bouches-du-Rhône, le Var et le Vaucluse.

L'observatoire régional interparcs comprend cinq territoires, à savoir :

- Le grand site Sainte-Victoire (GSSV)
- Le parc naturel régional des Alpilles (PNRA)
- Le parc naturel régional du Verdon (PNRV)
- La réserve de biosphère Luberon Lure (RBLL) qui inclut le parc naturel régional du Luberon
- La réserve de biosphère du Mont Ventoux (RBMV)

L'ensemble de ces territoires occupe une superficie de 5845 kilomètres carrés, parmi lesquels 1383 kilomètres carrés ont été prospectés cette année, couvrant 147 communes. La liste des communes prospectées au sein de chaque territoire est présentée dans l'**annexe 1**. Le détail de la superficie et du nombre de communes prospectées pour chaque territoire est disponible dans l'**annexe 2**.

Les 1383 kilomètres carrés prospectés ont été choisi à partir du quadrillage universel transverse mercator (UTM) accessible sur les cartes IGN à l'échelle 1/25 000ème. Chaque maille couvre une superficie d'un kilomètre carré. Les 1383 mailles ont été choisies de façon

à respecter les préférences écologiques de la Chevêche, en termes de sites de nidification et d'habitat de chasse, à savoir les milieux agricoles ouverts et peu urbanisés (***figure 3)***. La visualisation du choix des mailles en fonction de l'habitat est présentée dans l'**annexe 3**.

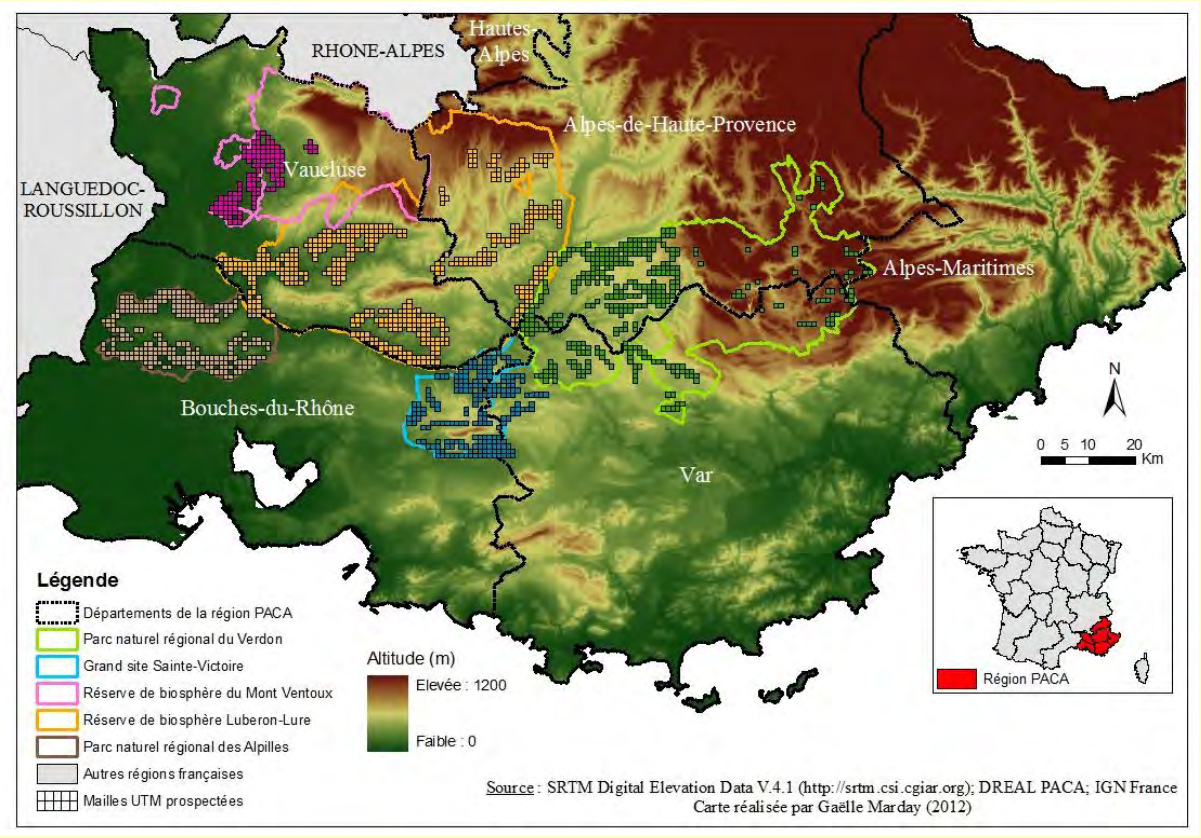


Figure 3 : Localisation de la zone d'étude, l'ensemble des 1383 mailles de l'observatoire régional interparcs a été prospecté

Dans le cadre de ce stage, seule la réserve de biosphère Luberon Lure a été prospectée, les autres territoires ayant été prospectés par des salariés et bénévoles des autres structures.

1.3. Protocole d'échantillonnage

1.3.1. La repasse

La Chevêche étant discrète et chantant peu spontanément, c'est la méthode des points d'écoute avec utilisation repasse qui a été utilisée. Le protocole s'est voulu identique à celui appliqué dans le cadre des recensements habituels de l'espèce.

Cette méthode consiste à diffuser le chant du mâle à l'aide d'un magnétophone, afin de le faire réagir. La diffusion du chant, appelé communément « repasse », se réalise en différents points d'écoute. L'ensemble des points d'écoute a été géoréférencé à l'aide du logiciel ArcGis version 9.3 de façon à placer un point d'écoute par maille UTM. Les points

d'écoute ont été situés le plus au centre possible des mailles UTM (**annexe 4**), en tenant compte de l'accessibilité en voiture.

La collecte des données de terrain a été effectuée de fin février à fin avril, période correspondant à l'émission des chants territoriaux par le mâle (FINCK, 1990). Le recensement a été concentré durant le mois de mars du fait du rallongement des jours et du changement d'heure en avril. De plus, le mois d'avril a tendance à être plus venté que le mois de mars. Les prospections ont été réalisées par temps sec, à une température minimale de 5°C et avec un vent faible n'excédant pas 20 km/h. L'efficacité des points d'écoute est en effet dépendante de la météo (HARDOUIN *et al.,* 2008 ; VAN NIEUWENHUYSE *et al.,* 2008). Les points d'écoute ont été réalisés à la tombée de la nuit, le protocole cessait vers minuit car la repasse est moins efficace passé cette heure (JOHSON *et al.,* 2007). En effet la Chevêche est une espèce au mode de vie crépusculaire et nocturne (MEBS & SCHERZINGER, 2006). Le pic d'activité se situe environ une heure après le coucher du soleil (MEBS & SCHERZINGER, 2006). Enfin, l'espèce est peu présente dans les massifs montagneux, les points d'écoute ont donc été positionnés à des altitudes inférieures à 1200 mètres.

Chaque point d'écoute dure au total sept minutes, trois séries du même chant entrecoupées de plages de silence d'une durée croissante sont diffusés dans l'ordre qui suit :

- 1 minute d'écoute
- 30 secondes de chant ; 30 secondes d'écoute
- 1 minute de chant ; 1 minute d'écoute
- 1 minute 30 de chant ; 1 minute 30 d'écoute

La répétition du chant pendant des durées de plus en plus longues permet de stimuler davantage les Chevêches dans le but de détecter un maximum d'individus.

Pour chaque point d'écoute, l'observateur note sur une fiche de terrain (**annexe 5**) la nature du contact, en précisant s'il s'agit d'un cri ou d'un chant, ainsi que des données relatives à la localisation de l'individu, précisé dans l'**annexe 6**.

1.3.2. Recensement des cabanons agricoles

Le petit patrimoine bâti, notamment les cabanons agricoles, représente un enjeu important pour la conservation de la Chevêche. En effet l'espèce utilise ces cabanons comme site de nidification. Ces constructions, pour la majorité en pierre, ont été bâties en lisière des espaces cultivés ou en frontière des parcelles au XVIIIe siècle et étaient utilisés à des fin

agricoles : lieu de refuge pour l'agriculteur et entrepôt de son matériel. Aujourd'hui une grande partie de ces cabanons sont voués à l'abandon ou à la restauration en habitation saisonnière ou principale.

En raison de la superficie élevée de la zone d'étude (1383 km²) et par manque de moyen humains, seuls les cabanons agricoles se trouvant dans les mailles de la réserve de biosphère Luberon Lure ont été recensés (477 mailles UTM, 61 communes). De plus, les cabanons se trouvant dans la commune de Mazan (réserve de biosphère du Mont Ventoux) avaient déjà été recensé en 2011 (24 mailles UTM).

Les cabanons agricoles ont d'abord été repérés par photo-interprétation *via* des bases de données orthophotos (BD Ortho 2009) et cartes IGN 1/25 000ème. Puis, sur le terrain, les cabanons agricoles ont été caractérisés en fonction de leur état, suivant quatre critères (***figure 4***):

- Cabanon restauré et habité (état 0)
- Cabanon en ruine (état 1)
- Petit cabanon (état 2) : cabanon à un étage et/ou hauteur du faitage inférieur à 2,5-3 mètres
- Grand cabanon (état 3) : cabanon à deux étages et/ou hauteur de faitage supérieur à 2,5-3 mètres

Figure 4 *: Cabanons agricoles dans la réserve de biosphère Luberon Lure: restauré et habité (0), en ruine (1), petit (2) et grand (3). (Photos réalisées par Gaëlle Marday)*

1.4. Analyse des résultats

1.4.1. Recensement de la Chevêche

Les résultats de ce mémoire sont présentés à l'échelle de l'observatoire régional interparcs, la déclinaison par territoire rendant l'interprétation trop complexe. Les résultats ont été analysés en utilisant les données de « présence / absence » des Chevêches par maille. En d'autre terme, une présence de Chevêche(s) signifie qu'un contact a été identifié lors d'un point d'écoute (chant ou cri). En revanche, une absence de Chevêche signifie qu'il n'y a pas eu de Chevêche contactée ou qu'il s'agit d'une Chevêche « silencieuse », n'ayant pas répondu à la repasse. Une hypothèse a alors été posée : une absence de Chevêche est une « réelle » absence. Ainsi la détectabilité[1] des Chevêches est considérée comme étant égale à 1.

Étant donné le fait que les points d'écoute sont placés au centre des mailles kilométriques, et que lors des relevés de terrain, des Chevêches ont pu être contactées jusqu'à 1000 mètres, il a alors été décidé de supprimer toutes les mailles contenant uniquement un ou des individu(s) contactés à plus de 500 mètres. Cette stratégie permet d'éviter le fait qu'une maille ayant un contact à plus de 500 mètres soit considérée comme une maille avec présence de Chevêches alors qu'il s'agit réellement d'une maille adjacente.

1.4.2. Variables environnementales

Trois types de variables paysagères ont été choisis cette année pour expliquer la présence des Chevêches à l'échelle de l'observatoire régional interparcs : les cabanons agricoles, l'altitude et l'occupation du sol.

L'altitude de chaque point d'écoute a été extraite *via* le logiciel ArcGis version 9.3 à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT).

L'occupation du sol des 1383 mailles prospectées a été caractérisée, *via* le logiciel ArcGis 9.3 à travers 12 variables provenant de la base de données Corine Land Cover 2006. Ces variables ont été choisies du fait que l'échantillonnage est ciblé sur les zones *a priori* favorables à la Chevêche. La caractérisation de ces variables a été exprimée en pourcentage de chacune des variables par maille, un exemple est présenté en **annexe 7**. Parmi ces 12 variables, 11 caractérisent les territoires agricoles et une l'urbanisme, à savoir le « tissu urbain discontinu ». En effet, les données d'occupation du sol ne permettent guère à elles seules d'expliquer la présence de la Chevêche (HAMEAU, 2010). Des études préliminaires ont permis

[1] Détectabilité : probabilité de contacter un individu sachant qu'il est présent dans une population

de déterminer que les variables paysagères qui permettent de mieux appréhender la présence des Chevêches sont des variables d'occupation du sol et d'urbanisme.

Les 12 variables utilisées respectent l'appellation de la nomenclature Corine Land Cover (**annexe 8**), à savoir :

- Cultures annuelles associées aux cultures permanentes (code A : « Cultures »)
- Oliveraies (code B)
- Pelouses et pâturages naturels (code C : « Pelouses »)
- Prairies (code D)
- Rizières (code E)
- Terres arables autres que : serres, zones à forte densité de serres, rizières (code F : «Terres arables »)
- Territoires principalement occupés par l'agriculture avec présence de végétation naturelle (code G : «Territoires agricoles »)
- Végétation clairsemée (code H)
- Vergers et petits fruits (code I : «Vergers »)
- Vignobles (code J)
- Zones à fortes densité de serres (code K : «Serres »)
- Tissu urbain discontinu (code L)

La cartographie des variables dominantes pour toutes les mailles, à l'échelle de l'interparcs est disponible en **annexe 9**.

1.4.3. Corrélation entre les variables environnementales et la présence de la Chevêche

Dans l'optique de déterminer l'influence des variables environnementales (cabanons agricoles, altitude et occupation du sol) avec la présence de la Chevêche, des modèles linéaires généralisés (generalised linear model : « GLM ») ont été utilisés *via* le logiciel R version 2.15.1. La probabilité de présence de la Chevêche est une variable binaire, matérialisée par une présence (1) ou une absence (0) dont la famille utilisée dans les GLM est binomiale. Le GLM permet d'effectuer une régression linéaire multiple sachant que la distribution des valeurs ne suit pas une loi normale. Les GLMs testant la probabilité de présence de la Chevêche ((p) chev) sont les suivants :

- (p) chev en fonction du nombre de cabanons agricoles
- (p) chev en fonction de l'altitude
- (p) chev en fonction des variables d'occupation du sol

Pour réaliser ce dernier GLM, il a fallu au préalable effectuer une analyse en composantes principales (ACP). L'ACP est une méthode descriptive qui permet d'établir les relations qui existent entre plusieurs variables quantitatives, ici le pourcentage d'occupation du sol par maille. Ainsi l'ACP résume de manière objective l'information portée par un nombre élevé de variables, au moyen de variables synthétiques appelés facteurs principaux ou axes. Ces axes, représentatifs de plusieurs variables d'occupation du sol, seront par la suite « injectés » dans le GLM « (p) chev en fonction des axes de l'ACP». Le nombre d'axes est défini suivant trois règles :

- n axes choisis de telle sorte que l'inertie[2] cumulée par les premières variables couvre une part importante de l'information de départ (plus de 70% généralement)
- un « coude » est recherché dans le graphique de l'éboulis des valeurs propres[2] Ce graphique présente les valeurs propres classées par ordre décroissant. Les n valeurs propres antérieures au « coude » sont conservés
- règle de Kaiser : les n premiers facteurs correspondant aux valeurs propres supérieures à la moyenne arithmétique de l'ensemble des valeurs propres sont conservés. Cette moyenne est égale à 1 dans notre cas (ACP réduite)

Le nombre d'axes variant entre ces trois règles, le choix du nombre d'axes sera un compromis entre ces trois règles.

Ensuite, la corrélation entre variables a été testée *via* le test de Pearson pour ne pas inclure de variables corrélées dans les GLM. Ce type de modèle fonctionne en effet avec des variables indépendantes, c'est-à-dire non corrélées entre elles.

Enfin un dernier GLM a permis de mettre en relation les trois types de variables environnementales :

- (p) chev en fonction de l'intéraction « variables d'occupation du sol ; altitude ; nombre des cabanons agricoles »

Toutes les valeurs des GLM présentées par la suite sont données sur l'échelle logit, où : logit (p) = ln(p/(1-p)) avec p la probabilité de présence des Chevêches, comprise entre 0 et 1. Chaque modèle révèle une valeur d'Akaike's Information Criterion (AIC), utilisée pour

[2] Valeur propre : longueur (norme) du vecteur propre qui lui est associé. Chaque valeur propre est égale à la variance des projections du nuage de point sur l'axe qui lui est associé

comparer les modèles entre eux. Cette valeur est calculée de la manière suivante : AIC = déviance + 2* nombre de paramètres estimés par le modèle. L'AIC est un compromis entre l'ajustement du modèle aux données (déviance) et sa complexité (nombre de paramètres utilisés pour cet ajustement). Les modèles sont pénalisés lorsqu'ils ont un grand nombre de paramètres à estimer, ce qui les rend plus complexes. Pour sélectionner le meilleur modèle celui qui a le plus faible AIC est retenu, ainsi le principe de parcimonie est respecté : les données sont expliquées au mieux avec le moins de paramètres possible.

De plus, chaque modèle révèle une valeur de la déviance[3] nulle et de la déviance résiduelle. L'équivalent du R^2 d'une régression linéaire est calculé de la manière suivante: ((déviance nulle – déviance résiduelle) / déviance nulle)*100. Ce « R^2 » donne le pourcentage de déviance expliquée par le modèle.

Les GLMs ont ensuite été testés par une analyse de variance (Anova). L'Anova permet de visualiser l'écart entre le modèle sélectionné et les données afin de vérifier l'adéquation avec le modèle choisi. Tous les tests sont bilatéraux et le risque α est choisi à 0,05. Les tests sont donc significatifs pour une P-value inférieure à 0,05.

2. Résultats

2.1. Résultats du recensement de la Chevêche

L'enquête régionale du réseau interparcs s'est déroulée du 24 février au 4 mai 2012. Elle a mobilisée 121 observateurs répartis sur les cinq territoires. La liste de tous les observateurs est disponible en **annexe 10**. Les 1383 points d'écoute ont été réalisés en 54 soirées. Le détail de la période de recensement des Chevêches, du nombre de soirées réalisées et du nombre d'observateurs par territoire est présenté en **annexe 11**.

Sur les 1383 mailles prospectées, 96 contiennent un individu ou plus contacté à plus de 500 mètres, ces mailles ont donc été supprimées du jeu de données. Ainsi l'analyse se fera sur 1287 mailles. Au total, 353 mailles positives (27%), c'est-à-dire avec présence de Chevêche(s) et 934 mailles négatives (73%), soit avec absence de Chevêche, ont été comptabilisées. Le nombre de mailles supprimées de l'analyse, positives et négatives par territoire est disponible dans l'**annexe 12**. Dans cette annexe est également présenté le

[3] Déviance : -2*log (vraisemblance). La vraisemblance mesure l'adéquation entre l'échantillon aléatoire et la loi de probabilité, estimée comme la plus proche de la distribution (ici binomiale) : elle représente donc l'ajustement aux données. Plus la vraisemblance est proche de 0, moins l'adéquation à la loi est bonne

pourcentage de mailles positives et négatives par territoire. La cartographie de ces mailles à l'échelle de l'interparcs est accessible en **annexe 13**.

Le nombre de contacts totaux (chants et cris) pour chaque territoire ainsi que la densité de mâle chanteur par kilomètre carré et le nombre moyen de Chevêche contacté par point d'écoute est détaillé dans l'**annexe 14**. Cette annexe est incluse dans ce mémoire à titre indicatif du fait que les analyses sont réalisées en termes de « présence/absence » des Chevêches par maille. De plus, **l'annexe 15** présente la cartographie des densités de Chevêches, exprimées en nombre de mâle par kilomètre carré.

2.2. Résultats des variables environnementales

2.2.1. Résultats du recensement des cabanons agricoles

Dans la réserve de biosphère Luberon Lure, les cabanons agricoles ont été recensés en 7 jours par trois observateurs. Sur les 501 mailles prospectées, 42 ont été retirées du jeu de données car elles correspondent à celle contenant un individu ou plus contacté à plus de 500 mètres. L'analyse est donc réalisée sur 459 mailles. Ainsi 1017 cabanons agricoles ont été recensés : 898 dans la réserve de biosphère Luberon Lure (RBLL) et 119 à Mazan avec un maximum de 16 cabanons par maille dans la RBLL. Ainsi 286 mailles avec cabanons et 173 mailles sans cabanons ont été comptabilisés, avec pour la RBLL et la commune de Mazan : 19,4% de cabanons en ruine ; 30,8% de grands cabanons ; 21,4% de petits cabanons et 28,4% de cabanons restaurés et habités. Les pourcentages respectifs à la RBLL et la commune de Mazan sont présentés en **figure 5**. La cartographie des densités de cabanons par maille à l'échelle de la réserve de biosphère Luberon Lure et de la commune de Mazan est disponible en **annexe 16**.

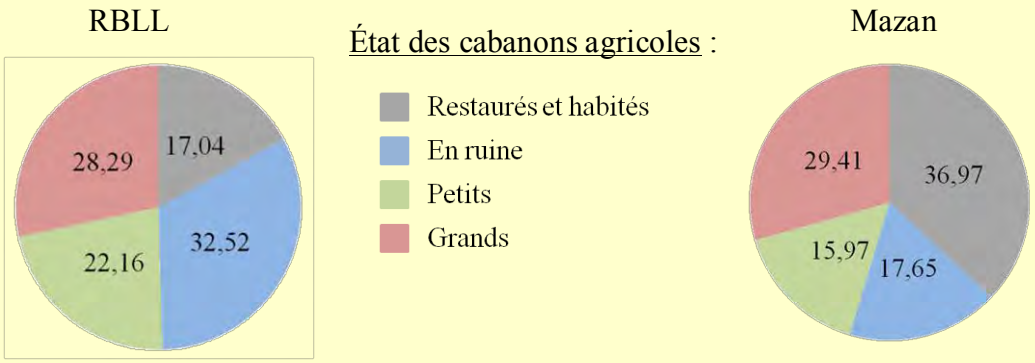


***Figure 5** : Pourcentage de cabanons agricoles en fonction de leur état, dans la réserve de biosphère Luberon Lure (RBLL) et la commune de Mazan*

2.2.2. Résultats de l'altitude des points d'écoute

L'altitude des 1383 points d'écoute varie de 0 à 1164 mètres, la moyenne étant de 325 mètres. Le détail pour chaque territoire est disponible en **annexe 17**.

2.2.3. Résultats de la caractérisation de l'occupation du sol

En moyenne, les 1287 mailles échantillonnées sont composées majoritairement de terres arables (32%) et de vignobles (13%). L'**annexe 18** présente en détail le pourcentage de chaque variable agricole pour chaque territoire. Parmi ces 1287 mailles, 11 mailles ne contiennent aucune information quant à ces variables, ces mailles sont composées d'autres variables Corine Land Cover, non prises en compte dans cette étude.

2.3. Résultats de la corrélation entre les variables paysagères avec la probabilité de présence des Chevêches

- Les premiers GLMs réalisés présentent la probabilité de présence des Chevêches en fonction du nombre de cabanons agricoles par maille (**figure 6**).

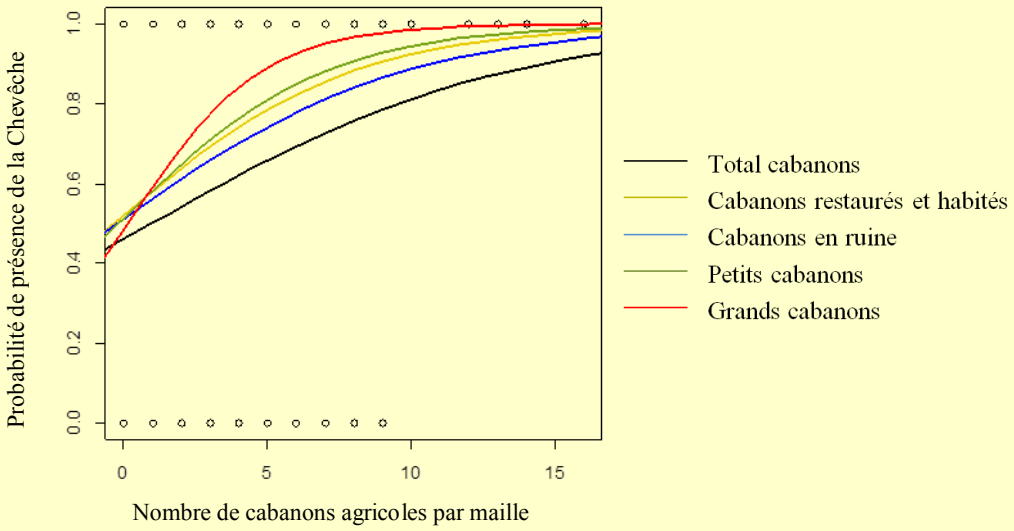


***Figure 6** : Influence de la présence de la Chevêche sur les quatre types de cabanons agricoles ainsi que sur l'ensemble des cabanons*

Plus le nombre de cabanons agricoles par maille est élevé, plus la probabilité de présence des Chevêches augmente de manière significative (p-value : 5,545e-06) (***tableau 1***). Cette corrélation est positive et significative pour les quatre types de cabanons ainsi que pour le total des cabanons. Le meilleur modèle est celui présentant l'AIC le plus faible, à savoir la probabilité de présence des Chevêches en fonction des grands cabanons agricoles (AIC : 622,61; p-value : 5,036e-06). Cette probabilité est égale à 1 lorsque 10 grands cabanons

agricoles sont présents dans une maille. En revanche, la part de déviance expliquée par le modèle est faible (« R²» < 4%). Toutes les tableaux qui suivent présente la significativité des résultats de la manière suivante : * : p-value < 0,05 ; ** : p-value < 0,01 et *** : p-value < 0,001.

Tableau 1 : Récapitulatif des GLMs présentant la probabilité de présence des Chevêches ((p) chev) en fonction des cabanons agricoles (cab), avec les valeurs de l'AIC, la p-value de l'Anova, la pente de la droite et l'équivalent du R². Les GLMs sont classés du plus faible au plus grand AIC.

GLMs	AIC	p-value	Pente	"R²"
(p) chev ~ grands cab	622,61	5,036e-06 ***	+ ***	3,3
(p) chev ~ total cab	622,79	5,545e-06 ***	+ ***	3,2
(p) chev ~ petits cab	635,64	0,005254 **	+ **	1,2
(p) chev ~ cab en ruine	637,8	0,01758 *	+ *	0,88
(p) chev ~ cab restaurés et habités	638,18	0,02187 *	+ *	0,82

➢ Un autre GLM a été réalisé, présentant la probabilité de présence des Chevêches en fonction de l'altitude (**figure 7**).

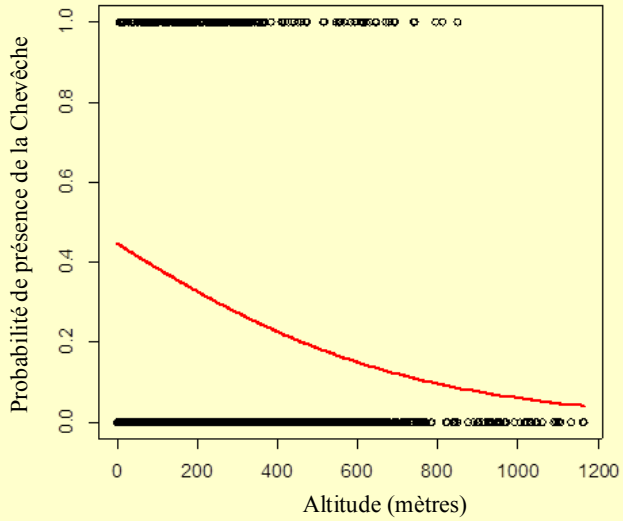


Figure 7 : Influence de la présence de la Chevêche sur l'altitude

L'altitude est corrélée de manière négative et significative avec la probabilité de présence des Chevêches (p-value < 2,2e-16) (***tableau 2***). La probabilité de présence d'une Chevêche est de 40% lorsque l'altitude est proche de 0. En revanche, la part de déviance expliquée par le modèle est faible (« R²» = 5 %).

Tableau 2 : Récapitulatif du GLM présentant la probabilité de présence des Chevêches ((p) chev) en fonction de l'altitude, avec les valeurs de l'AIC, la p-value de l'Anova, la pente de la droite et l'équivalent du R².

GLM	AIC	p-value	Pente	"R²"
(p) chev ~ altitude	1440,8	<2,2e-16 ***	- ***	5

➢ Ensuite, avant de réaliser les GLMs présentant la probabilité de présence des Chevêches en fonction des 12 variables environnementales, il est nécessaire de regrouper ces variables. Pour ce faire, une ACP (« ACP n°1 ») est réalisée. Les critères de l'inertie, de l'éboulis des valeurs propres et de Kaiser et convergent vers une analyse à 4 dimensions (**annexe 19**). Ainsi la contribution et la qualité de représentation des variables montre que ces axes sont bien représentés par les variables suivantes :

- Axe 1 : Terres arables (F), végétation clairsemée (H) et tissu urbain discontinu (L)
- Axe 2 : Cultures (A), vergers (I) et vignobles (J)
- Axe 3 : Pelouses (C) et rizières (E)
- Axe 4 : Oliveraies (B), prairies (D), territoires agricoles (G) et serres (K)

Le test de Pearson montre à travers la matrice des corrélations (**annexe 20**) qu'aucunes des variables ne sont corrélées entre elles. De cette manière, l'ensemble des 12 variables peuvent être utilisées pour réaliser les GLMs.

➢ Les GLMs présentant la probabilité de présence des Chevêches en fonction de ces quatre axes ont été réalisé. Ces GLMs montrent que la présence de la Chevêche est corrélée de manière positive et significative avec les axes 1 (variables F, H et L) et 4 (variables B, D, G et K) (***tableau 3***). En revanche, la présence de la Chevêche est corrélée de manière négative et significative avec l'axe 2 (variables A, I, J). D'autre part, l'axe 3 (variables C et E) n'est pas corrélé de manière significative avec la présence de la Chevêche. Les trois axes significatifs sont représentés graphiquement sur la **figure 8**. De plus, l'intéraction entre les axes 1 et 4, l'altitude (alt) et les grands cabanons agricoles (axe 1 : axe 4 : alt : grands cab) est corrélée de manière positive significative avec la présence de la Chevêche. Ce dernier modèle présente l'AIC le plus faible (622,6), c'est donc le meilleur modèle. Cependant, la part de déviance expliquée par le modèle est faible (« R^2» < 5 %). Les graphiques des GLMs présentant des résultats non significatifs n'ont pas été représentés.

***Tableau 3** : Récapitulatif des GLMs présentant la probabilité de présence des Chevêches ((p) chev) en fonction des quatre axes de l'ACP n°1, avec les valeurs de l'AIC, la p-value de l'Anova, la pente de la droite et l'équivalent du R². Les GLMs sont classés du plus faible au plus grand AIC.*

GLMs	AIC	p-value	Pente	"R²"
(p) chev ~ axe 1: axe 4 : alt : grands cab	622,6	4,998e-06 ***	+ ***	3,3
(p) chev ~ axe 1	1443,7	<2,2e-16 ***	+ ***	4,8
(p) chev ~ axe 2	1496,2	8,036e-06 ***	- ***	1,3
(p) chev ~ axe 4	1496,5	9,063e-06 ***	+ ***	0,013
(p) chev ~ axe 3	1514,1	0,01524	-	0,0013

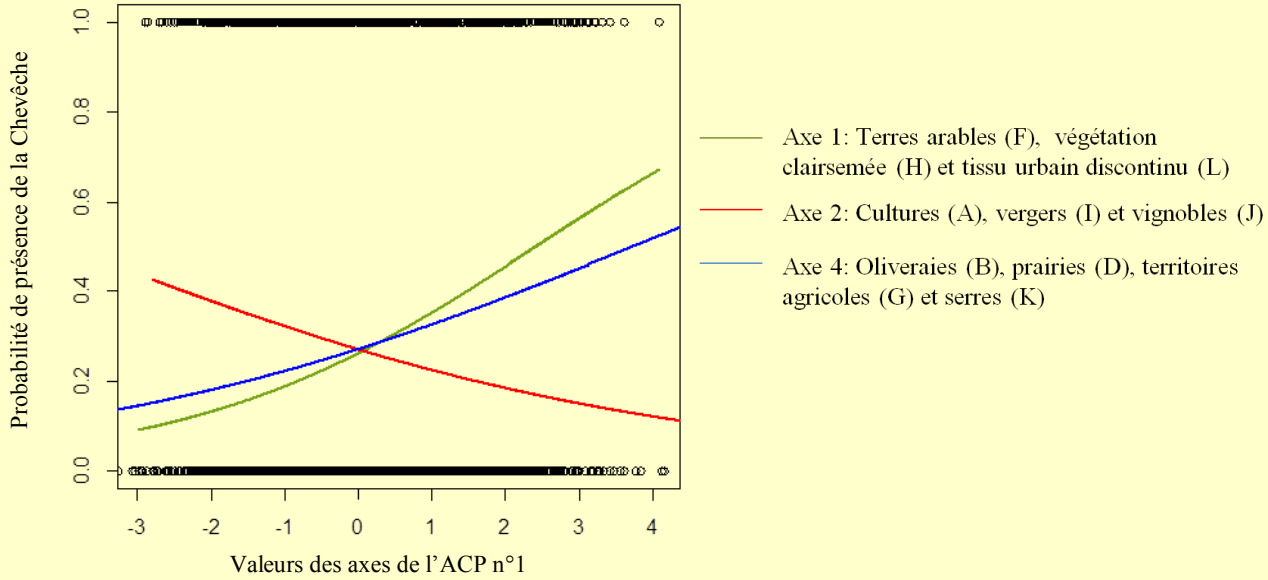


***Figure 8 :** Influence de la présence de la Chevêche sur les variables de l'axe 1 (en vert : variables F, H et L), l'axe 2 (en rouge : variables A, I et J) et l'axe 4 (en bleu : variables B, D, G et K) de l'ACP n°1*

Les trois axes significatifs de l'ACP n°1 (axes 1, 2 et 4) regroupe dix variables (axe 1 : variables F, H et L ; axe 2 : variables A, I et J ; axe 4 : variables B, D, G et K). Afin de préciser quelles sont les variables expliquant au mieux la présence de la Chevêche, d'autres GLMs ont été effectués sur ces variables. Au préalable, il a fallu faire une seconde ACP (« ACP n°2 ») afin de regrouper ces dix variables.

➢ La deuxième ACP (« ACP n°2 »), d'après les critères de l'inertie, de l'éboulis des valeurs propres et de Kaiser convergent vers une analyse à trois axes (**annexe 21**). Ainsi la contribution et la qualité de représentation des variables montre que ces axes sont bien représentés par les variables suivantes :

- Axe 1' : Oliveraies (B), terres arables (F), végétation clairsemée (H) et tissu urbain discontinu (L)
- Axe 2' : Cultures (A), territoires agricoles (G) et vignobles (J)
- Axe 3' : Prairies (D), vergers (I) et serres (K)

➢ Les GLMs présentant la probabilité de présence des Chevêches en fonction de ces trois axes ont été réalisé. Ces GLMs montrent que l'axe 1' (variables B, F, H et L) et l'axe 2' (variables A, G et J) sont corrélés de manière positive et significative avec la présence de la Chevêche (***tableau 4***), de même que l'intéraction entre ces deux axes (axe1' : axe2'). Ces deux axes sont représentés graphiquement sur la **figure 9**. De plus, l'intéraction entre les axes 1' et 2', l'altitude (alt) et les grands cabanons agricoles (axe 1' : axe 2' : alt : cab3) est corrélé de manière positive et significative avec la présence de la Chevêche, ce modèle est le meilleur (AIC : 615,34). Une fois de plus, la part de déviance expliquée par le modèle est faible (« R^2» < 5 %).

Tableau 4 *: Récapitulatif des GLMs présentant la probabilité de présence des Chevêches ((p) chev) en fonction des trois axes de l'ACP n°2, avec les valeurs de l'AIC, la p-value de l'Anova, la pente de la droite et l'équivalent du R^2. Les GLMs sont classés du plus faible au plus grand AIC.*

GLMs	AIC	p-value	Pente	"R^2"
(p) chev ~ axe 1' : axe 2' : alt : grands cab	615,34	1,156e-07 ***	+ ***	4,4
(p) chev ~ axe 1'	1445	<2,2e-16 ***	+ ***	4,7
(p) chev ~ axe 2'	1495,9	6,851e-06 ***	+ ***	1,3
(p) chev ~ axe 1' : axe 2'	1500	5,935e-05 ***	+ ***	1,1
(p) chev ~ axe 3'	1512,4	0,05367	+	0,24

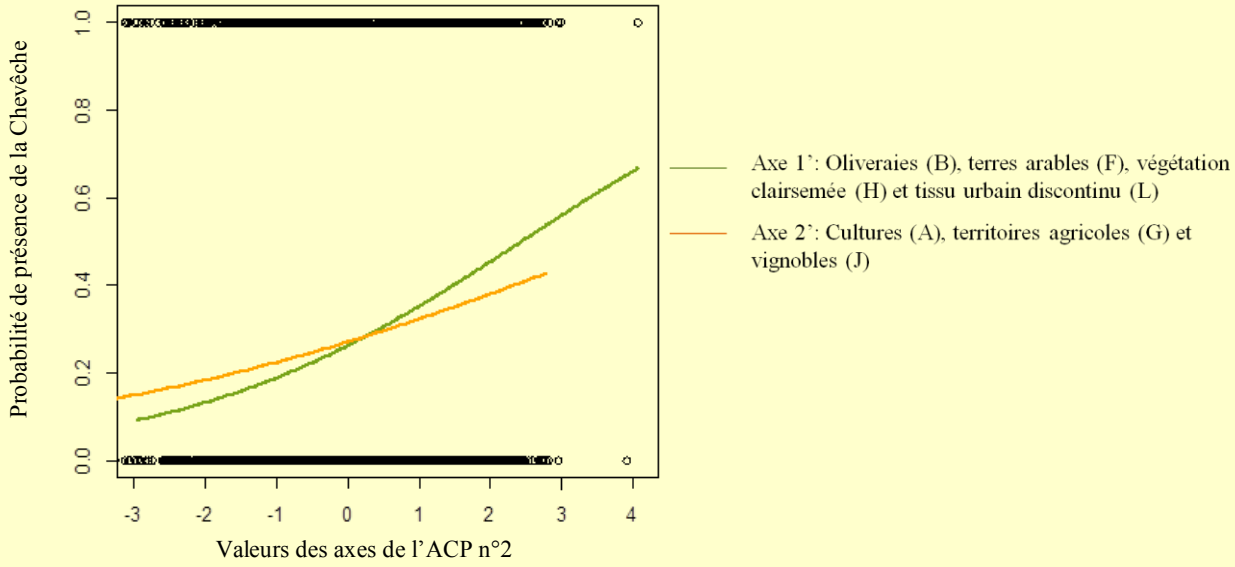


Figure 9**:** *Influence de la présence de la Chevêche sur l'axe 1' (en vert : variables B, F, H et L) et l'axe 2' (en orange : variables A, G et J) de l'ACP n°2*

Les deux axes significatifs de l'ACP n°2 (axe 1' et 2') regroupe sept variables (axe 1' : variables B, F, H et L; axe 2' : variable A, G et J). De la même manière que précédemment, afin de préciser davantage les variables explicatives de la présence de la Chevêche, d'autres GLMs ont été effectués sur ces sept variables. Préalablement, une troisième ACP (« ACP n°3 ») a été réalisée afin de regrouper ces sept variables.

➢ L'ACP n°3 montre à travers les critères de l'inertie, de l'éboulis des valeurs propres et de Kaiser qu'il faut réaliser une analyse à trois axes (**annexe 22**). Ainsi la contribution et la qualité de représentation des variables montre que ces axes sont bien représentés par les variables suivantes :

- Axe 1'' : Terres arables (F) et tissu urbain discontinu (L)
- Axe 2'': Cultures (A) et vignobles (J)
- Axe 3'' : Oliveraies (B), territoires agricoles (G) et végétation clairsemée (H)

Le cercle des corrélations entre chaque axe est présenté en **annexe 23**. Ces figures n'ont pas été réalisées pour les précédentes ACPs car la représentation graphique avec plus de trois axes est complexe.

➢ Les GLMs présentant la probabilité de présence des Chevêches en fonction de ces trois axes ont été réalisé. Ces GLMs montrent que les axes 1'' et 3'' sont corrélés de manière positive et significative avec la présence de la Chevêche. Cependant l'axe 2'' est corrélé de manière négative et significative avec la présence de la Chevêche (***tableau 5***). Ces trois axes sont représentés graphiquement sur la **figure 10**. De plus, l'intéraction entre les axes 1'' et 2'', l'altitude (alt) et les grands cabanons agricoles (axe 1'' : axe 2'' : alt : grands cab) est corrélé de manière négative et significative avec la présence des Chevêches, ce modèle est le meilleur (AIC : 602,87). Encore une fois, la part de déviance expliquée par le modèle est faible (« R^2» < 7 %).

***Tableau 5** : Récapitulatif des GLMs présentant la probabilité de présence des Chevêches ((p) chev) en fonction des trois axes de l'ACP n°3, avec les valeurs de l'AIC, la p-value de l'Anova, la pente de la droite et l'équivalent du R^2. Les GLMs sont classés du plus faible au plus grand AIC.*

GLMs	AIC	p-value	Pente	"R^2"
(p) chev ~ axe 1" : axe 2" : alt : grands cab	602,87	1,908e-10 ***	- ***	6,3
(p) chev ~ axe 1" : axe 2": axe 3": alt : grands cab	642,95	0,4874	+	0,08
(p) chev ~ axe 1"	1442,3	<2,2e-16 ***	+ ***	4,9
(p) chev ~ axe 2"	1468,2	4,423e-12 ***	- ***	3,2
(p) chev ~ axe 1" : axe 2": axe 3"	1510,3	0,01524 *	+ *	0,38
(p) chev ~ axe 3"	1511,1	0,02468 *	+ *	0,33

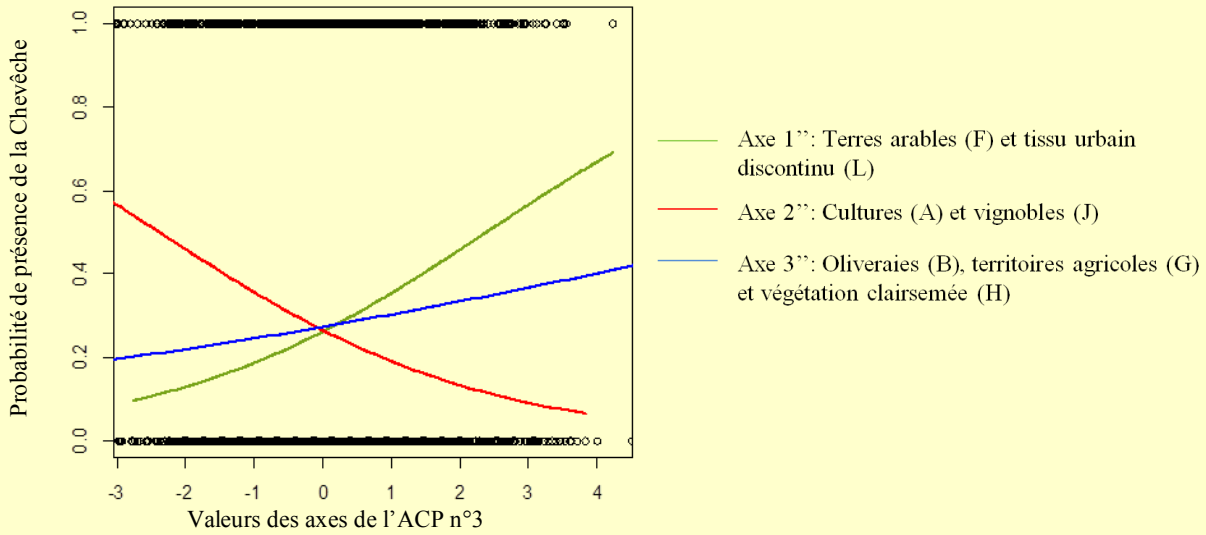


Figure 10 **:** *Influence de la présence de la Chevêche sur l'axe 1'' (en vert : variables F et L), l'axe 2'' (en rouge : variables A et J) et l'axe 3'' (en bleu : variables B, G et H) de l'ACP n°3*

Afin que la discussion de ces résultats soit plus aisée à suivre, deux annexes peuvent servir de support, à savoir l'**annexe 24** qui présente un récapitulatif de l'ensemble des modèles testés. De plus, l'**annexe 25** présente l'influence des 12 variables d'occupation du sol sur la présence des Chevêches.

3. Discussion

3.1. Recensement de la Chevêche

Cette année, dans le cadre du recensement de la Chevêche d'Athéna, la variation du taux de détection n'a pas été prise en compte car il a été considéré que l'ensemble des individus présents répondaient de manière systématique à la repasse. Cependant, ce taux peut varier de 25 % en zone urbaine (GALEOTTI & MORIMANDO, 1991 *in* GÉNOT, 2005) à 90 % en zone rurale (EXO & HENNES, 1978 *in* GÉNOT 2005) en passant par près de 50 % en moyenne montagne (CENTILI, 2001). Dans cette étude, l'échantillonnage a été ciblé sur les zones *a priori* favorables à la Chevêche. Le taux est donc susceptible de ne pas être trop variable. En revanche, seulement 50 % des mâles chanteurs répondent à la repasse en zone à faible densité (GÉNOT, 2005). Un risque de sous-estimation des effectifs n'est donc pas négligeable.

Afin de suivre l'évolution des tendances des effectifs des populations de Chevêches à l'échelle de l'observatoire régional interparcs, un recensement tous les quatre ans est préconisé, sur le même schéma que dans l'observatoire national. Pour limiter les biais liés à la méthode de la repasse et pour que les résultats puissent être comparables à long terme, les points d'écoute ainsi que le CD du chant préenregistré devront être identiques d'une année à

l'autre. En effet l'effort d'échantillonnage doit être équivalent entre secteurs de prospection pour comparer les effectifs au niveau spatial et temporel.

3.2. Recensement des cabanons agricoles

Les cabanons agricoles ont été caractérisés en fonction de quatre états car il est considéré que les cabanons restaurés et habités, en ruine et petits, sont *a priori* peu favorables à la nidification de la Chevêche alors que les grands cabanons lui seraient favorables (HAMEAU, *com.pers.*, 2012).

La commune de Mazan représente la zone où les densités de Chevêches sont les plus élevées dans la région PACA (jusqu'à 0,95 mâle chanteur/km²) (**annexe 14**). La forte densité de grands cabanons agricoles dans cette commune (29 %) (**figure 5**) pourrait être à l'origine de la forte concentration des Chevêches. De plus les mailles prospectées dans la réserve de biosphère du Mont Ventoux sont représentées en majorité par des vignobles (43%) (**annexe 18**) et non de terres arables comme chez les quatre autres secteurs. Les vignobles semblent donc être un habitat favorable à la présence de la Chevêche, au vu des fortes densités de Chevêches dans cette commune.

3.3. Corrélation entre les variables paysagères avec la probabilité de présence des Chevêches

La structure de l'habitat influence grandement le domaine vital et le territoire de la Chevêche d'Athéna (GÉNOT, 2005). Les résultats montrent que la présence de la Chevêche est influencée par plusieurs variables environnementales : l'altitude, la présence des cabanons agricoles et l'occupation du sol. En effet, l'altitude a une influence négative sur la présence de la Chevêches. Ce résultat est confirmé par des études antérieures qui ont montré que la Chevêche ne dépassait pas l'étage colinéen (GÉNOT, 2004). En revanche, la présence de cabanons agricoles, et plus particulièrement de grands cabanons, constitue un facteur positif quand à la présence des Chevêches. La particularité des grands cabanons agricoles réside dans la hauteur du faîtage. On peut en effet penser que les sites de nidification sur ces grands cabanons sont plus à l'abri des prédateurs tels que la fouine, que les sites offerts par un petit cabanon. D'autre part, les cabanons en ruine offrent très peu de sites de nidification car souvent la toiture a été démolie. C'est probablement pour cette raison que les cabanons habités et restaurés influencent davantage la présence de la Chevêche que ceux en ruine. En effet sur les cabanons restaurés et habités, la pose de nichoirs peut être envisagée.

Enfin concernant l'occupation du sol, parmi les 12 variables utilisées, seulement dix influencent la présence de la Chevêche. En effet, les pelouses et les rizières semblent influencer négativement la présence de la Chevêche mais ces résultats ne sont pas significatifs (P-value : 0,1524). Les rizières ne sont représentées que dans 4 mailles sur les 1287 analysées. C'est pourquoi ce résultat est si peu robuste. En revanche les pelouses pourraient constituer un milieu favorable à la Chevêche car ce sont des milieux qui rassemblent les préférences écologiques de la Chevêche, à savoir un milieu ouvert à végétation basse. Un deuxième passage du protocole de la repasse aurait peut être influencé significativement la présence de la Chevêche. En effet, idéalement chaque point d'écoute est effectué à deux reprises dans la saison, à savoir en début et en fin de période de reproduction (GÉNOT, 2004). Pour des raisons logistiques, les points d'écoute de l'observatoire régional interparcs n'ont été réalisés qu'une seule fois.

Parmi les dix variables significativement corrélées avec la présence de la Chevêche, sept ont une influence positive, à savoir : les terres arables, la végétation clairsemée, le tissu urbain discontinu, les oliveraies, les prairies, les territoires agricoles et les serres. Ces résultats confortent des études préliminaires sur l'importance des milieux agricoles ouverts (VAN NIEUWENHUYSE & LEYSEN, 2001). En revanche, il est étonnant de trouver les serres dans cette catégorie de variables « positives » pour la Chevêche. L'espèce peut en effet tirer parti d'habitats qui ne lui sont pas entièrement favorables pourvu qu'une certaine diversité incluant certains éléments paysagers, comme la présence de vieux arbres, soit maintenue (GÉNOT, 2005).

D'autre part, deux variables influencent négativement la présence de la Chevêche, ce sont les vignobles et vergers. Ce résultat étonnant puisque les études préliminaires conduites dans l'observatoire national interparcs ont montré que la Chevêche occupe les vergers hautes tiges avec prairies. Ainsi ce résultat peut s'expliquer part le fait que la différenciation entre les zones d'agriculture intensive et extensive n'est pas représentée sur la base de données Corine Land Cover. Ainsi, les vergers hautes et basses tiges ne sont pas différenciés. De même, la différence entre les vignes enherbées et celles qui ne le sont pas n'est pas représentée. Dans la littérature, les auteurs confirment que la Chevêche à une préférence pour les vergers traditionnels et probablement pour les vignes enherbées. Ces milieux sont très probablement sous représenté à l'échelle de la zone d'étude à l'instar des grandes parcelles qui dominent. Il a été démontré que la dominance de parcelles cultivées de grandes tailles agit négativement sur la présence de la Chevêche (DALBECK *et al.*, 1999, BRETAGNOLLE *et al.* 2001). D'autre auteurs modèrent ces observations et remarquent que la Chevêche peut subsister dans des

secteurs très cultivés tant qu'elle à accès à des ressources alimentaires pour nourrir ses jeunes (EXO, 1983).

Dans cette étude, les cultures présentent une double influence sur la présence de la Chevêche : lorsqu'elles sont associées uniquement aux variables ayant un rôle négatif sur la Chevêche (vignobles et vergers), alors l'influence est négative. Cependant lorsque les cultures sont associées à au moins une variable influençant positivement la présence de la Chevêche, alors la corrélation est positive. Dans ce cas, on peut supposer que les variables agissant positivement sur la présence des Chevêches ont un poids plus important que celles qui ont un rôle négatif sur la Chevêche.

En revanche, le meilleur de tous les modèles (AIC : 602,87) est celui représentant l'intéraction entre : des variables « positives » (terres arables et tissu urbain discontinu), et « négatives » (cultures, vignobles) sur la Chevêche ; et l'altitude et les grands cabanons agricoles. Ce modèle influence négativement la présence de la Chevêche. Dans ce cas, le poids des variables négatives est plus important que celles qui ont une action positive sur la Chevêche.

D'autre part, l'intéraction entre des variables uniquement « positives » sur la Chevêche, l'altitude et les grands cabanons agricoles, influence de manière positive la présence de la Chevêche.

Tous les modèles utilisés montrent que part de déviance expliquée par les modèle est faible est très faible (« R^2 » < 7%). Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les dix variables influençant significativement la présence de la Chevêche ne sont probablement pas les seules. En effet l'échantillonnage ciblé sur les zones *a priori* favorables ne reflète probablement pas tous les facteurs influençant la présence de la Chevêche. L'ensemble des 12 variables d'occupation du sol représente 67 % (**annexe 18**) de l'ensemble des milieux prospectés. Ainsi 33% des autres variables Corine Land Cover ne permettent pas d'expliquer la présence de la Chevêche (forêts, milieux urbanisés, zones humides) puisque ces variables n'ont pas été prises en compte dans les analyses.

En France, le peu d'informations sur les populations de Chevêches évoluant dans les milieux intégralement cultivés ne nous permet que très partiellement d'expliquer les relations qu'entretient l'espèce avec ce type d'habitat (FERRUS *et al.*, 2002). En Europe de l'Ouest,

l'habitat des Chevêches ne se résume pas aux zones agricoles ou périurbaines. Dans le Sud et notamment dans les pays méditerranéens, certaines populations de Chevêches sélectionnent les habitats avec un taux d'anthropisation élevé. Par exemple dans le Nord de l'Italie, une population de Chevêches niche dans la ville de Bergamo. L'espèce y est présente sur la totalité de la ville à l'exception des quartiers modernes où les habitations n'offrent aucune cavité de nidification (MASTRORILLI, 2001). Les études futures visant à expliquer les habitats influençant la présence de la Chevêche devront ainsi intégrer davantage de variables environnementales. Pour ce faire, le protocole d'échantillonnage devra être aléatoire et systématique mais non stratifié sur un type de milieu en particulier.

3.4. Proposition de mesures de conservation et orientations de gestion

La conservation de la Chevêche est liée au maintien d'une agriculture préservant la diversité des milieux (ROCAMORA & BERTHELOT, 1999). La Chevêche est une espèce indicatrice de biodiversité, la présence d'une population serait le signe d'un fonctionnement équilibré de paysages agricoles (MEBS & SCHERZINGER, 2006).

L'une des priorités de conservation consiste à préserver et entretenir les habitats intervenant dans le maintien de l'espèce. Les facteurs déterminants à sa présence sont : des parcelles agricoles de petite taille et une forte hétérogénéité du paysage (DALBECK *et al.,* 1999 ; FERRUS *et al.,* 2002). De plus, la faible densité d'arbres fruitiers (FERRUS *et al.,* 2002 *in* GÉNOT, 2005), l'essence des arbres et leur âge (DALBECK *et al.,* 1999 *in* GÉNOT, 2005) sont d'autres éléments importants.

De même, l'espèce apprécie une mosaïque de milieux prairiaux diversifiés à l'intérieur de son domaine vital, fauchés et pâturés à diverses périodes de l'année. Cette mosaïque paysagère est favorable à un cortège d'espèces inféodées aux milieux agraires (GÉNOT, 2005).

En région PACA, la raréfaction des cavités est liée à la disparition des mûriers blancs et des vieux amandiers mais aussi à la restauration des cabanons agricoles en habitations saisonnières ou principales (HAMEAU, 2009). L'entretien des trognes et la plantation d'arbres fruitiers hautes tiges compensent localement la raréfaction des sites de nidification (HAMEAU, 2011). De plus la préservation des grands cabanons agricoles reste localement indissociable de toute mesure de conservation en faveur de la Chevêche. De cette manière, les travaux de rénovation pourraient faire l'objet d'un accompagnement technique, intégré dans les plans

locaux d'urbanisme (PLU), visant le maintien voire l'attrait de la Chevêche sur les sites concernés.

L'habitat de la Chevêche ne bénéficie d'aucune mesure de protection forte. En vain, un plan national de restauration (actuellement renommé en plan national d'actions) sur la Chevêche a été rédigé en 1992. N'ayant pas bénéficié de comité de pilotage ni de coordination, ce plan a été validé en 2001 pour une durée de sept ans mais n'a jamais pu être mis en œuvre de façon officielle. En France, en 1999, pour la première fois l'espèce a été classée dans la liste rouge des oiseaux menacés avec le statut d'espèce « en déclin ». La nouvelle liste rouge nationale, publiée en décembre 2008, reclasse la Chevêche dans la catégorie « préoccupation mineure » qui regroupe tous les taxons largement répandus et abondants. Ainsi sont statut ne justifie pas encore de programme LIFE Nature ni de mesures spécifiques à sa conservation.

Les populations de Chevêche à l'échelle de la région PACA ont une densité de 0,43 mâle par kilomètre carré. Cette densité est légèrement inférieure à la moyenne nationale, estimée à 0,5 mâle chanteur par kilomètre carré (GÉNOT, 2004). Dans la réserve de biosphère Luberon Lure, la tendance évolutive des populations de Chevêches est à la hausse (HAMEAU, *com.pers.*, 2012). Afin de maintenir cette tendance, il convient d'adopter une double stratégie de conservation : maintenir les noyaux de population stables qui doivent servir de « réservoirs » et permettre une recolonisation spontanée. D'autre part protéger activement, voire renforcer les effectifs des populations en fort déclin et isolées. Pour ce faire, le maintien des populations passe par l'application de mesures agri-environnementales (MAEt) favorables à la conservation des habitats de l'espèce en respectant la diversité des écosystèmes.

Par ailleurs, des études ont montrées que les secteurs favorables à la Chevêche sont significativement plus riches en proies que ceux jugés défavorables, selon les critères paysagers (GÉNOT, 2005). Ainsi limiter l'usage de pesticides est primordial pour réduire la perte des ressources alimentaires. En ce sens, la valorisation économique des produits agricoles biologiques est une opportunité à saisir.

Enfin, la Chevêche disparait parfois rapidement de certains secteurs géographiques sans que les modifications mesurables ou visibles de l'habitat ne soient en cause. L'isolement des couples entraine des problèmes de dynamique des métapopulations (ROCAMORA &

BERTHELOT, 1999). Des actions sur la trame verte peuvent être entreprises afin de préserver et conserver les corridors écologiques.

Conclusion

Les résultats sur la sélection de l'habitat de la Chevêche ont permis d'identifier les habitats influençant la présence des Chevêches, à savoir les milieux ouverts agricoles. De cette manière, ces milieux ouverts doivent être gérés de manière raisonnée et adaptée, qui profitera au maintien des populations de Chevêches d'Athéna ainsi que du cortège d'espèces des milieux agraires.

Les orientations de gestion comprennent la protection et la restauration des habitats tels que la réhabilitation du verger traditionnel, l'étêtage des vieux arbres et la plantation des haies ainsi que la préservation des cabanons agricoles. De même, le renforcement des populations isolées par l'aménagement de cavités artificielles et la pose de nichoirs sont des solutions à envisager.

Les structures de type PNR, réserves naturelles et conservatoires devraient être en mesure de mettre en application une gestion des habitats influençant positivement les espèces des milieux agraires. Cette gestion devra être intégrée au contexte local. Les solutions sont à trouver sur le terrain en collaboration avec les agriculteurs, en mettant en place des actions concrètes telles que les mesures agri-environnementales.

Références bibliographiques

BLACHE, S. (2005) La Chevêche (*Athene noctua)* en zone d'agriculture intensive (plaine de Valence ; Drôme) : habitat, alimentation, reproduction. École pratique des Hautes Études, Sciences de la Vie et de la Terre. Mémoire : 110 p.

BRETAGNOLLE, V., BAVOUX, C., BURNELEAU, G. & VAN NIEUWENHUYSE, D. (2001) Abondance et distribution des Chevêches d'Athéna : approche méthodologique pour des enquêtes à grande échelle en plaine céréalière. *Ciconia* **25** (2) : pp. 173-184

LEVEUFRE *in* BUREL, F. & BAUDRY, J. (2000) Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications. Ed.Tec&Doc, Paris. 359p.

CENTILI, D. (2001) A little owl population and its relationships with humans in central Italy. *Ciconia* **25** (2) : pp. 153-158

CORNULIER, T. & BRETAGNOLLE, V. (2006) Assessing the influence of environmental heterogeneity on bird spacing patterns : a case study with two raptors. *Ecography* **29** : pp. 240-250

DALBECK, L., BERGERHAUSEN, W. & HACHTEL, M. (1999) Habitatpräferenzen des Steinkauzes (*Athene noctua*) im ortsnahen Grünland. *Eulen-Rundblick* **48/49** : pp. 3-15 *in* LECOMPTE, P., LAPIOS, J.-M. & GÉNOT J.-C. (2001) Plan de restauration des populations de Chevêche d'Athéna en France. *Ciconia* **25** (2) pp. 159-171

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

EXO, K.-M. & HENNES, R. (1978) *Empfehlungen zur Methodik von Seidlungsdichte-Untersuchungen am Steikauz* (Athene noctua). Vogelwelt **99** : pp. 137-141 *in* GÉNOT, J.-C. (2005) La Chevêche d'Athéna dans la réserve de la Biosphère des Vosges du Nord de 1984 à 2004. *Ciconia* **29** : 272 p.

EXO, K.-M. (1983) Habitat, Siedlungsdichte und Brutbiologie einer niederrheinischen Steinkauzpopulation (*Athene noctua*). *Ökologie des Vögel* **5** : 1-40 *in* BLACHE, S. (2005) La Chevêche (*Athene noctua)* en zone d'agriculture intensive (plaine de Valence ; Drôme) : habitat, alimentation, reproduction. École pratique des Hautes Études, Sciences de la Vie et de la Terre. Mémoire : 110 p.

FERRUS, L., GÉNOT, J.-C., TOPIN, F., BAUDRY, J. ET GIRAUDOUX, P. (2002) Répartition de la Chevêche d'Athéna (*Athene noctua* Scop.) et variation d'échelle d'analyse des paysages. *Rev. Ecol (terre vi*e) **57** : pp. 39-51

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

GALEOTTI, P. & MORIMANDO, F. (1991) Dati preliminari sul censimento della Civetta in ambiente urbano. *Suppl. Ric. Biol. Selvaggina* **16** : pp. 349-351 *in* GÉNOT, J.-C. (2005) La Chevêche d'Athéna dans la réserve de la Biosphère des Vosges du Nord de 1984 à 2004. *Ciconia* **29** : 272 p.

GÉNOT, J.-C. (1988) Écologie et protection de la Chouette chevêche (Athene noctua). Deuxième partie : Habitat, reproduction, régime alimentaire. Parc Naturel Régional des Vosges du Nord. 54p.

GÉNOT, J.-C. (1996). Monitoring Studies of the Little owl in France. *The Raptor*, pp.24-28.

GÉNOT, J.-C., LAPIOS, J.-M. & LECOMTE, P. (1999) Plan national de restauration de la

Chouette Chevêche en France. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Direction de la Nature et des Paysages. 65 p.

GÉNOT, J.-C. & LECOMTE, P. (2002) La Chevêche d'Athéna : Biologie, mœurs, mythologie, régression, protection. *Les sentiers du naturaliste*. Ed. Delachaux et Niestlé.144 p.

GÉNOT, J.-C. (2004) Observatoire de la Chevêche d'Athéna. Suivi Interparcs. Rapport : 17 p.

GÉNOT, J.-C. (2005) La Chevêche d'Athéna dans la réserve de la Biosphère des Vosges du Nord de 1984 à 2004. *Ciconia* **29** : 272 p.

GLUE, D.-E., SCOTT, D. (1980) Breeding biology of the Little Owl. *British Birds* **73** : pp. 167-180.

HAMEAU, O. & CROCE, C. (2009) Suivi d'une population de Chevêche d'Athéna *Athene noctua* dans le Parc Naturel Régional du Luberon. *Alauda* (1) **77** : pp. 31-38

HAMEAU, O. (2010) Recensement de la Chevêche d'Athéna *Athene noctua* dans les principaux secteurs agricoles du territoire Luberon Lure (2005-2007) Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon (9) : pp. 102-112

HAMEAU, O. (2011) Observatoire de la Chevêche d'Athéna dans le Parc Naturel Régional du Luberon. LPO délégation PACA. Rapport : 13 p.

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**, pp. 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**, pp. 68-75.

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

JUILLARD, M. (1984) La Chouette chevêche. *« Nos Oiseaux » Société romande pour l'étude et la protection des oiseaux*. 243 p.

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, 149p.

LEMOINE, O. (1986) Écologie d'une population de Chouette chevêche dans la région du Parc Naturel de Bretonne. Approche biogéographique : densités, répartition, étude de l'habitat. D.E.A d'écologie. Université Paris XI. 28p.
LOSKE, K.-H. (1986) Zum Habitat des Steinkauzes (*Athene noctua*) in der Bundesrepublik
Deutschland. *Vogelwelt* **107** : 81-101 *in* BLACHE, S. (2005) La Chevêche (*Athene noctua)* en zone d'agriculture intensive (plaine de Valence ; Drôme) : habitat, alimentation, reproduction. École pratique des Hautes Études, Sciences de la Vie et de la Terre. Mémoire : 110 p.

MASTRORILLI, M. (2001) Presence and breeding of the Little Owl *Athene noctua* in Orobie Alps (North of Italy, Lombardia, Bergamo District) Habitat characteristics and population density.

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

NAVARRO, J., MÍNGUEZ, E., GARCÍA, D., VILLACORTA, C., BOTELLA, F., SÁNCHEZ-ZAPATA, J.-A., CARRETE, M. & GINÉNEZ, A. (2005) Differential effectiveness of playbacks for Little owls (Athene noctua) surveys before and after sunset. *Journal of Raptor Res*earch **39** (4) : pp. 457-461

ROCAMORA, G.& YEATMAN-BERTHELOT, D. (1999) Oiseaux menaces et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorités. Populations. Tendances. Menaces. Conservation. *Société d'Etude Ornithologiques de France / Ligue pour la Protection des Oiseaux*. Paris. 560 p.

SIMONS, T.,R., RIMONS, 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.

THORUP, K., SUNDE, P., JACOBSON L.-B. & RAHBEK, C. (2010) Breeding season food limitation drives population decline of the Little Owl *Athene noctua* in Denmark. *Ibis*, doi : 10.1111/j.1474-919X.2010.01046.x

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

VAN NIEUWENHUYSE, D. & NOLLET, F. (1991) Biotoopstudie van de Steenuil *Athene noctua* met behulp van het clusteringsprogramma TWINSPAN. *Oriolus* **57**. 57 –61. *in* BLACHE, S. (2005) La Chevêche (*Athene noctua)* en zone d'agriculture intensive (plaine de Valence ; Drôme) : habitat, alimentation, reproduction. École pratique des Hautes Études, Sciences de la Vie et de la Terre. Mémoire : 110 p.

VAN NIEUWENHUYSE, D. LEYSEN, M. (2001) Habitat typologies of Little Owls *Athene noctua* territories in Flander (Northerne Belgium). Focusing on what really matters throuh Principal Component Analysis and Cluster Analysis *in* BLACHE, S. (2005) La Chevêche (*Athene noctua)* en zone d'agriculture intensive (plaine de Valence ; Drôme) : habitat, alimentation, reproduction. École pratique des Hautes Études, Sciences de la Vie et de la Terre. Mémoire : 110 p.

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

VANSTEENWEGEN, C. (1998) L'histoire des oiseaux de France, Suisse et Belgique. Ed. Delachaux & Niestlé, Paris. 336p.
VERNET, J.-L. (1997) L'homme et la forêt méditerranéenne de la préhistoire à nos jours. Ed. Errance,Coll. Des Hespérides, Paris.

ZABALA, J., ZUBEROGOITIA, I., MARTÍNEZ-CLIMENT, J. A., MARTÍNEZ, J. E, AZKONA, A., HIDALGO, S. & IRÆTA, A. (2006) Occupancy and abundance of Little Owl *Athene noctua* in an intensively managed forest area in Biscay. *Ornis Fennica* **83** : pp. 97-107

Annexes

Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des communes prospectées et nombre de points d'écoute respectifs, pour chaque territoire

Annexe 2 : Tableau des territoires prospectés en 2012 dans le cadre du recensement de la Chevêche d'Athéna, avec leur date de création, la superficie prospectée (km²), et le nombre de communes prospectées

Annexe3 : Carte présentant de choix des 1383 mailles UTM prospectées : les territoires agricoles, milieux ouverts et végétation clairsemée dominent

Annexe 4 : Exemple de positionnement des points d'écoute en fonction des mailles UTM

Annexe 5 : Exemple d'une fiche de terrain remplie par deux observatrices de la réserve de biosphère Luberon Lure

Annexe 6 : Liste des informations notées sur la fiche de terrain

Annexe 7 : Exemple de la caractérisation d'occupation du sol pour une maille localisé dans le parc naturel régional des Alpilles

Annexe 8 : Liste de la nomenclature Corine Land Cover des 12 variables utilisées pour cette étude

Annexe 9 : Carte des variables dominantes utilisées pour l'analyse

Annexe 10 : Liste tous les observateurs ayant participés au recensement des Chevêches en 2012 et leurs nombre de points d'écoute respectifs, réalisés en équipe ou seul, pour chaque territoire

Annexe 11 : Tableau de la période recensement des Chevêches en 2012, du nombre de soirées réalisées et du nombre d'observateurs par territoire

Annexe 12 : Tableau du nombre de mailles supprimées de l'analyse, positives et négatives par territoire et histogramme du pourcentage de mailles positives et négatives par territoire

Annexe 13 : Carte des mailles positives et négatives à l'échelle de l'interparcs

Annexe 14 : Tableau du nombre de contacts totaux, densité de mâles chanteurs par kilomètre carré et nombre moyen de Chevêche contacté par point d'écoute pour chaque territoire

Annexe 15 : Carte des densités de Chevêches (nombre de mâle(s) par km²) à l'échelle de l'observatoire interparcs

Annexe 16 : Carte des densités de cabanons (nombre de cabanon(s) par km²) à l'échelle la réserve de biosphère Luberon Lure (RBLL) et la commune de Mazan (située dans la réserve de biosphère du Mont Ventoux RBMV)

Annexe 17 : Tableau de l'altitude moyenne et des limites inférieures et supérieures par territoire (unité : mètres)

Annexe 18 : Tableau des pourcentages d'occupation du sol des 12 variables utilisées, par territoire

Annexe 19 : Graphique de l'éboulis des valeurs propres et tableau de la répartition de l'inertie totale selon les axes de l'ACP n°1

Annexe 20 : Tableau de la matrice des corrélations effectuée avec le test de Pearson

Annexe 21 : Graphique de l'éboulis des valeurs propres et tableau de la répartition de l'inertie totale selon les axes de l'ACP n°2

Annexe 22 : Graphique de l'éboulis des valeurs propres et tableau de la répartition de l'inertie totale selon les axes de l'ACP n°3

Annexe 23 : Graphiques présentant les cercles des corrélations de l'ACP n°3

Annexe 24 : Récapitulatifs de tous les GLMs réalisés, classés du plus petit au plus grand AIC

Annexe 25 : Influence des 12 variables d'occupation du sol sur la présence de la Chevêche

Annexe 1 :

Liste des communes prospectées et nombre de points d'écoute respectifs, pour chaque territoire *(GSSV : grand site Sainte-Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*

Territoires	Communes	Nombre de points d'écoute
GSSV	Aix-en-Provence	5
	Artigues	6
	Beaurecueil	2
	Chateauneuf-le-rouge	8
	Esparron	1
	Jouques	47
	Le Tholonet	4
	Meyrargues	7
	Peyrolles-en-provence	7
	Pourrières	9
	Puyloubier	27
	Rians	34
	Rousset	5
	Saint-Antonin-sur-Bayon	8
	Saint-Marc-Jaumegarde	4
	Saint-Paul-les-Durance	6
	Trets	1
	Vauvenargues	15
	Venelles	8
Total	**19**	**204**
PNRA	Aureille	8
	Eygalières	15
	Eyguières	31
	Fontvieille	23
	Lamanon	10
	Les Baux-de-Provence	3
	Mas-Blanc-des-Alpilles	2
	Maussane-les-Alpilles	18
	Mouriès	20
	Orgon	14
	Paradou	13
	Saint-Etienne-du-Grès	15
	Saint-Martin-de-Crau	10
	Saint-Rémy-de-Provence	46
	Tarascon	9
Total	**15**	**237**
PNRV	Allemagne-en-Provence	15
	Allons	3
	Angles	1
	Aups	9
	Bargème	6
	Blieux	1
	Brunet	13
	Castellane	3
	Châteauvieux	1
	Comps-sur-Artuby	4
	Esparron-de-Verdon	4
	Fox-Amphoux	2
	Ginasservis	11
	Gréoux-les-Bains	13
	La Bastide	3
	La Martre	6
	La Palud sur Verdon	5
	La Verdière	14
	Moissac-Bellevue	4
	Montagnac-Montpezat	14
	Montmeyan	10
	Moustiers-Sainte-Marie	18
	Peyroules	5
	Puimoisson	18
	Quinson	5
	Régusse	10
	Riez	14
	Rougon	1
	Roumoules	16
	Saint-André-les-Alpes	1
	Sainte-Croix du Verdon	7
	Saint-Julien le Montagnier	15
	Saint-Jurs	8
	Saint-Laurent du Verdon	2
	Saint-Martin-de-Brômes	4
	Sillans la Cascade	6
	Soleilhas	4
	Trigance	3
	Valensole	59
	Vinon sur Verdon	14
Total	**40**	**352**

Suite Annexe 1 :

Liste des communes prospectées et nombre de points d'écoute respectifs, pour chaque territoire *(GSSV : grand site Sainte-Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*

Territoires	Communes	Nombre de points d'écoute
RBLL	Ansouis	12
	Apt	4
	Banon	5
	Bonnieux	11
	Cabrieres-d'Aigues	5
	Cabrières-d'Avignon	6
	Cadenet	9
	Cavaillon	28
	Céreste	9
	Cheval-Blanc	13
	Corbières	5
	Cruis	6
	Cucuron	16
	Dauphin	1
	Forcalquier	13
	Gargas	11
	Gordes	17
	Goult	5
	Joucas	5
	La Brillanne	3
	La Motte-d'Aigues	3
	La Rochegiron	3
	La Tour-d'Aigues	25
	Lacoste	3
	Lagnes	8
	Lardiers	5
	Lauris	1
	Lourmarin	6
	Lurs	7
	Mane	4
	Manosque	16
	Maubec	4
	Menerbes	5
	Monjustin	2
	Montlaux	2
	Niozelles	2
	Ongles	6
	Oppède	11
	Pertuis	25
	Pierrerue	7
	Pierrevert	2
	Puyvert	6
	Reillanne	12
	Robion	11
	Roussillon	20
	Rustrel	5
	Sanne	4
	Simiane-la-Rotonde	5
	Saint-Michel-l'Observatoire	12
	Saint-Etienne-les-Orgues	10
	Sainte-Tulle	7
	Saint-Martin-de-Castillon	2
	Saint-Martin-de-la-Brasque	1
	Saint-Saturnin-les-Apt	20
	Vaugines	4
	Viens	2
	Villars	7
	Villelaure	9
	Villemus	3
	Villeneuve	3
	Volx	3
Total	**61**	**477**

RBMV	Caromb	13
	Carpentras	18
	Flassan	6
	Malemort-du-Comtat	2
	Mazan	24
	Modene	2
	Pernes-les-Fontaines	33
	Saint-Didier	1
	Saint-Pierre-de-Vassols	2
	Velleron	10
	Venasque	2
Total	**11**	**113**

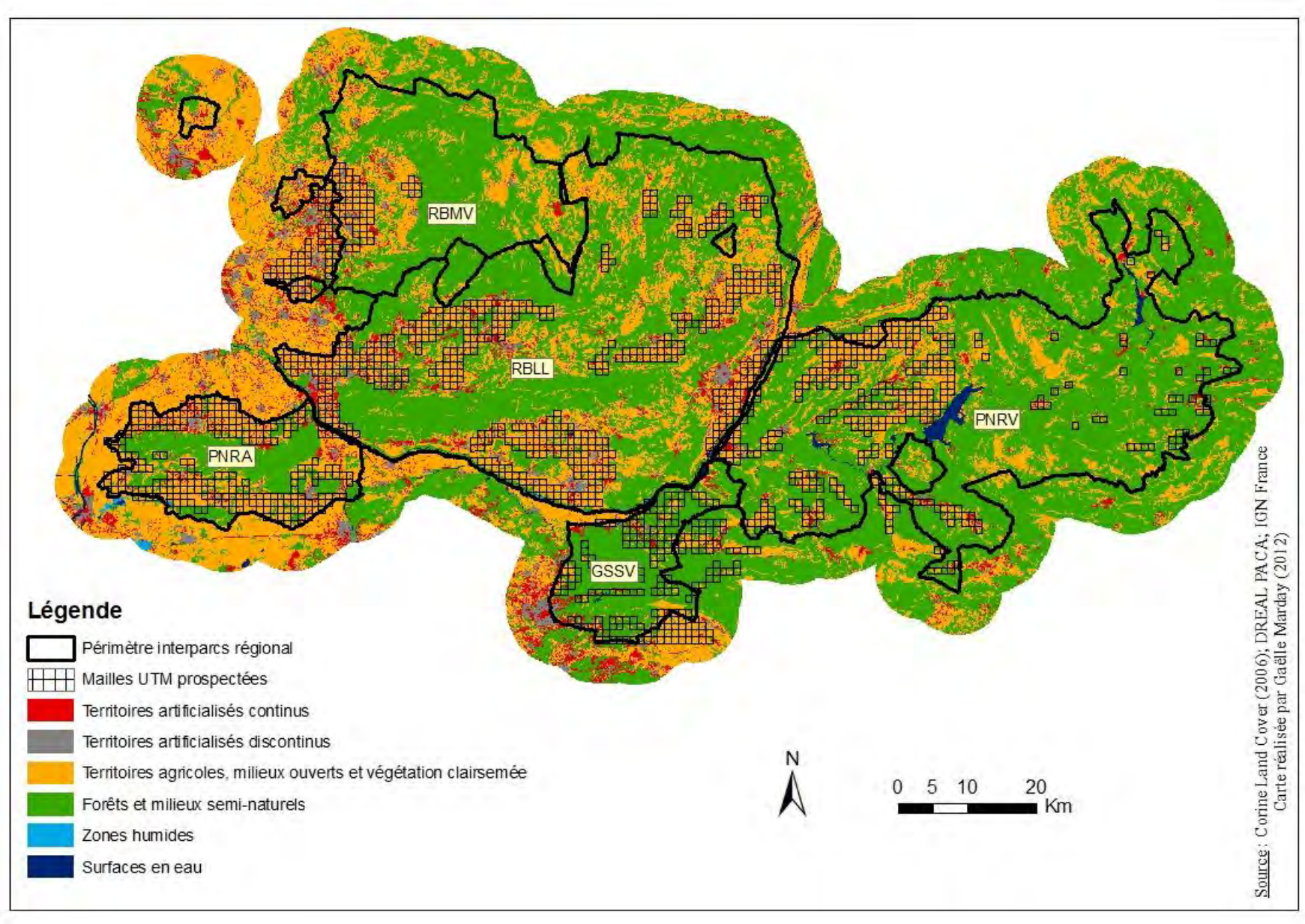
Annexe 2 :

Tableau des territoires prospectés en 2012 dans le cadre du recensement de la Chevêche d'Athéna, avec leur date de création, la superficie prospectée (km²), et le nombre de communes prospectées *(GSSV : grand site Sainte Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*

Territoires	Date de création	Surface prospectée (km²)	Nombre de communes prospectées
GSSV	2000	204	19
PNRA	2007	237	15
PNRV	1997	352	40
RBLL	1997	477	61
RBMV	1990	113	11
Interparcs	2012	1383	146

Annexe 3 :

Carte présentant le choix des 1383 mailles UTM prospectées : les territoires agricoles, milieux ouverts et végétation clairsemée (en orange) dominent. *(GSSV : grand site Sainte Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*



Annexe 4 :

Exemple de positionnement des points d'écoute en fonction des mailles UTM

1 kilomètre

Point d'écoute

Mailles UTM

Annexe 5 :

Exemple d'une fiche de terrain remplie par deux observatrices de la réserve de biosphère Luberon Lure

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

Nom(s) de(s) l'observateur(s) : Gaëlle & Noémie

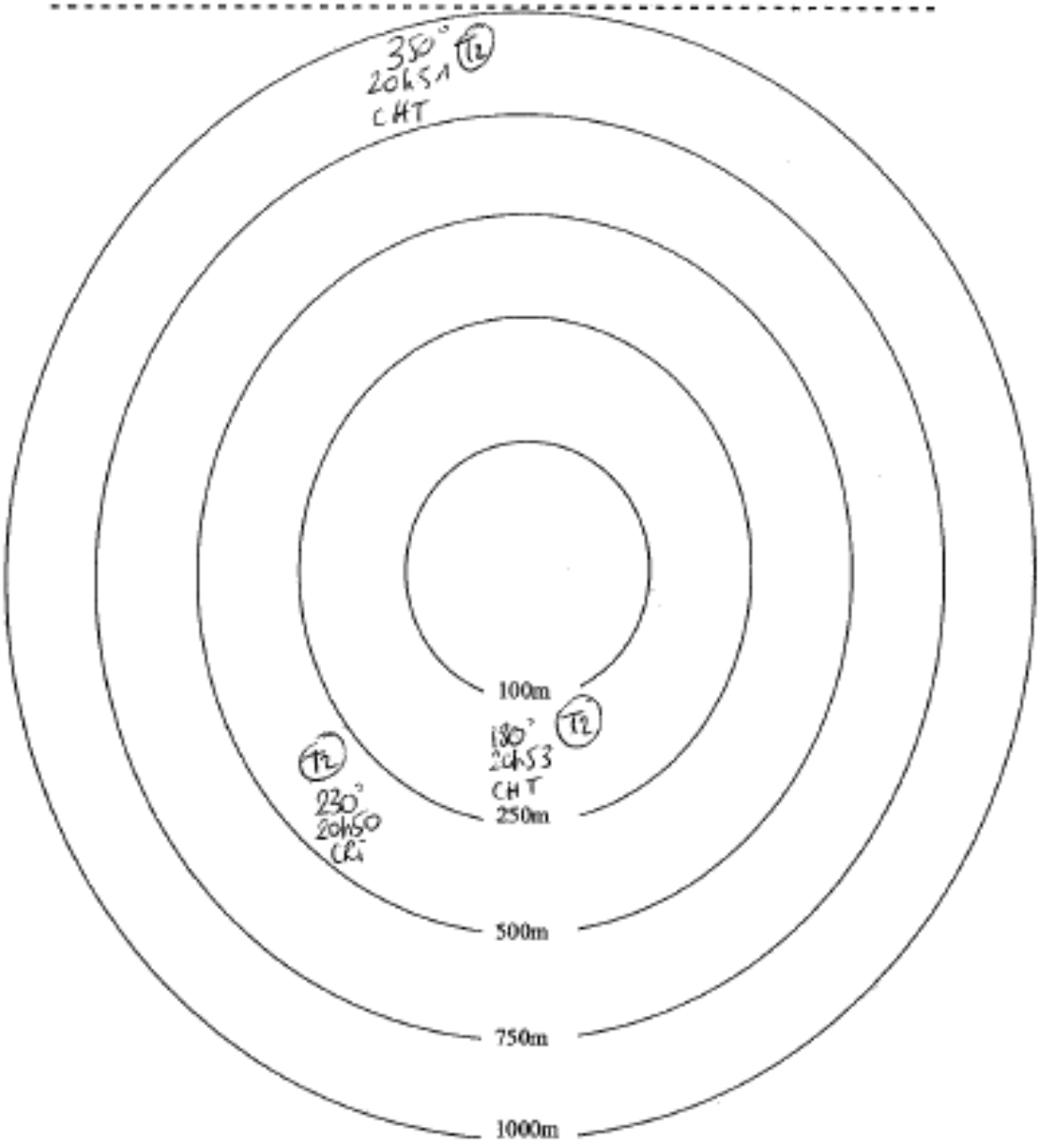
Date : 08/03/12 **Code point :** 8414709 **Commune :** Pertuis

Vent : 1 /3 **Nuisance sonore :** 1 /3 **Heure (début du point) :** 20h48

T°C : 5

Observations diverses (autres espèces contactées) :

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



Annexe 6 :

Liste des informations notées sur la fiche de terrain

- Le nom des observateurs
- La date
- Le code du point d'écoute correspondant à la concaténation du code INSEE de la commune + la numérotation aléatoire du nombre de points d'écoute dans la commune
- Le nom de la commune
- Le vent, noté selon une échelle :
  1 : nul
  2 : faible (reste acceptable pour la réalisation du point d'écoute)
  3 : moyen à fort (le point d'écoute n'est pas réalisé)
- La nuisance sonore, notée selon une échelle :
  1 : nulle
  2 : faible (passage irrégulier de voitures, aboiements au loin, etc.)
  3 : modérée à forte (passage régulier de voitures, aboiements permanents à proximité, etc.)
- L'heure du début du point d'écoute
- Les observations diverses
- La température

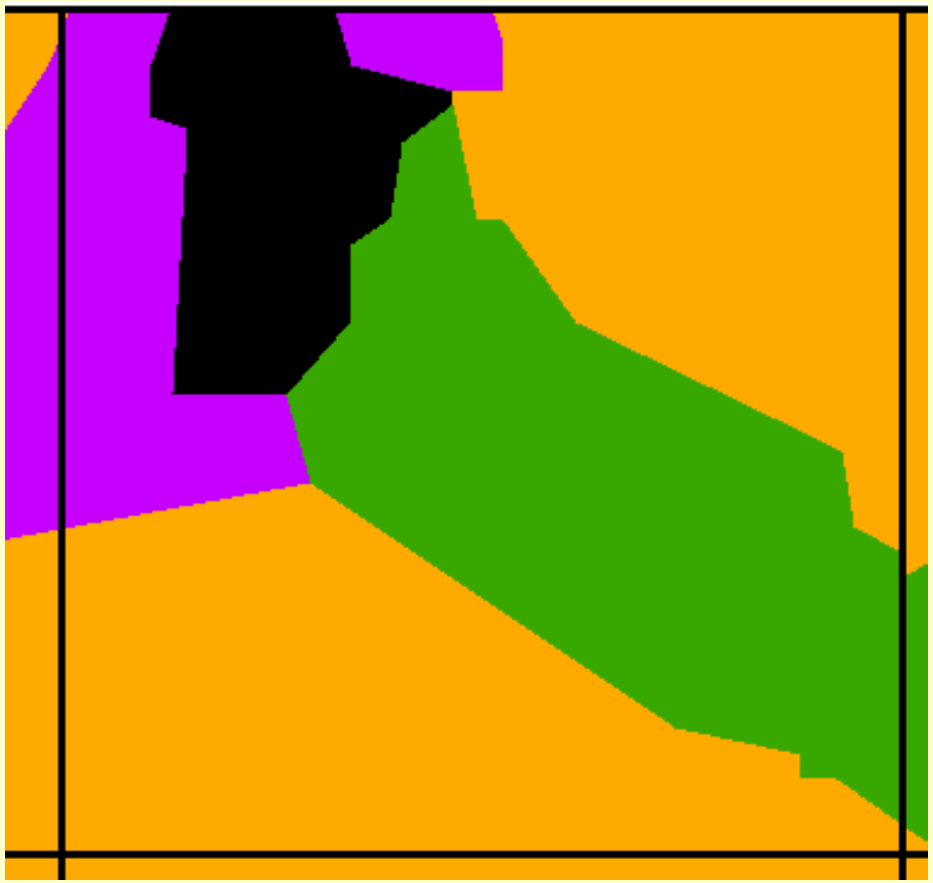
Lorsqu'un individu est contacté, il est noté :

- La nature du contact (chant : CHT ou cri : CRI)
- L'azimut de l'individu (angle entre la direction de l'individu et le nord magnétique, mesurée au moyen d'une boussole)
- La localisation de l'individu par rapport à l'observateur, estimée par cinq classes de distance : 0-100 mètres ; 100-250 mètres ; 250-500 mètres ; 500-750 mètres et 750-1000 mètres
- Si l'individu a été entendu avant la première séquence de repasse (T0), après la première séquence (T1), après la deuxième (T2) ou après la troisième séquence de repasse (T3)

Remarques : Si un individu se met à chanter au cours du protocole, la séquence de repasse (T1, T2 ou T3) est diffusée jusqu'à la fin puis 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. Enfin si un individu est entendu après les sept minutes, il n'est pas pris en compte car il est hors protocole.

Annexe 7 :

Exemple de la caractérisation d'occupation du sol pour une maille localisé dans le parc naturel régional des Alpilles



* les autres variables Corine Land Cover sont constituées de forêts, zones urbanisées et zones humides

Annexe 8 :

Liste de la nomenclature Corine Land Cover des 12 variables utilisées pour cette étude

- **Cultures annuelles associées aux cultures permanentes :**
  Cultures temporaires (terres arables ou prairies) en association avec des cultures permanentes sur les mêmes parcelles.

- **Oliveraies :**
  Surfaces plantées d'oliviers, y compris oliviers et vignes sur la même parcelle.

- **Pelouses et pâturages naturels :**
  Herbages de faible productivité. Souvent situés dans des zones accidentées. Peuvent comporter des surfaces rocheuses, des ronces et des broussailles.

- **Prairies :**
  Surfaces enherbées denses de composition floristique constituée principalement de graminées, non incluses dans un assolement. Principalement pâturées, mais dont le fourrage peut être récolté mécaniquement. Y compris les zones avec haies (bocages).

- **Rizières :**
  Surfaces aménagées pour la culture du riz. Terrains plats avec canaux d'irrigation. Surfaces régulièrement recouvertes d'eau.

- **Terres arables autres que : serres, zones à forte densité de serres, rizières :**
  Céréales, légumineuses de plein champ, cultures fourragères, plantes sarclées et jachères. Y compris les cultures florales, forestières (pépinières) et légumières (maraîchage) de plein champ, sous serre et sous plastique, ainsi que les plantes médicinales, aromatiques et condimentaires. Les prairies ne sont pas comprises.

- **Territoires principalement occupés par l'agriculture avec présence de végétation naturelle :**
  Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par de la végétation naturelle.

- **Végétation clairsemée :**
  Comprend les steppes, toundras et "bad lands" (zones sèches avec peu de végétation et présence de roches nues). Végétation éparse de haute altitude.

- **Vergers et petits fruits :**
  Parcelles plantées d'arbres fruitiers ou d'arbustes fruitiers : cultures pures ou mélanges d'espèces fruitières, arbres fruitiers en association avec des surfaces toujours en herbe. Y compris les châtaigneraies et les noiseraies.

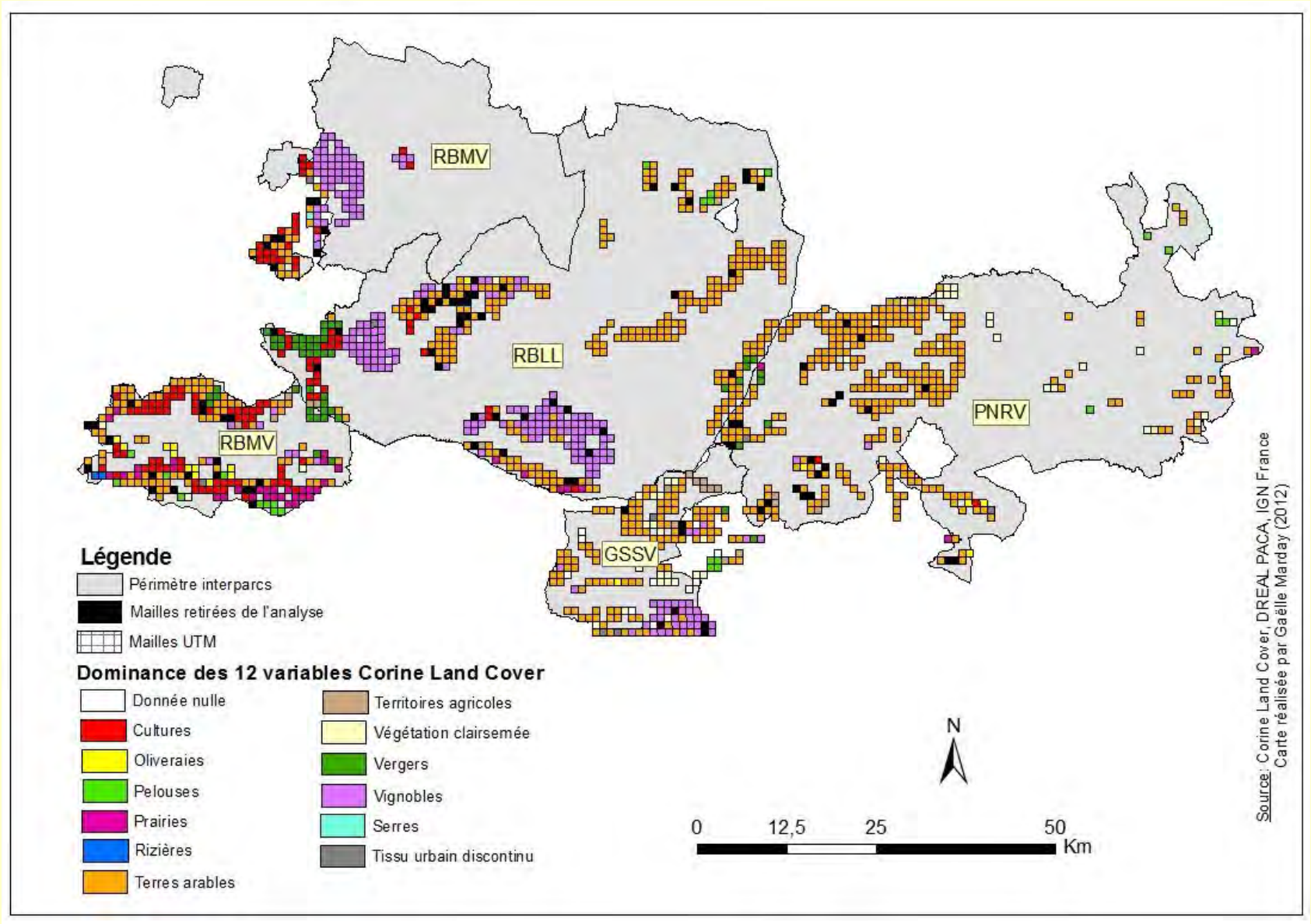
- **Vignobles :**
  Surfaces plantées de vignes.

- **Zones à fortes densité de serres**

- **Tissu urbain discontinu :**
  Espaces structurés par des bâtiments. Les bâtiments, la voirie et les surfaces artificiellement recouvertes coexistent avec des surfaces végétalisées et du sol nu, qui occupent de manière discontinue des surfaces non négligeables.

Annexe 9 :

Carte des variables dominantes utilisées pour l'analyse (*GSSV : grand site Sainte Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*



Annexe 10 :

Liste tous les observateurs ayant participés au recensement des Chevêches en 2012 et leurs nombre de points d'écoute respectifs, réalisés en équipe ou seul, pour chaque territoire *(GSSV : grand site Sainte Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*

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)

Suite Annexe 10 :

Liste des observateurs ayant participés au recensement des Chevêches en 2012 et leurs nombre de points d'écoute respectifs, réalisés en équipe ou seul, pour chaque territoire *(GSSV : grand site Sainte Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*

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 11 :

Tableau de la période recensement des Chevêches en 2012, du nombre de soirées réalisées et du nombre d'observateurs par territoire *(GSSV : grand site Sainte Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*

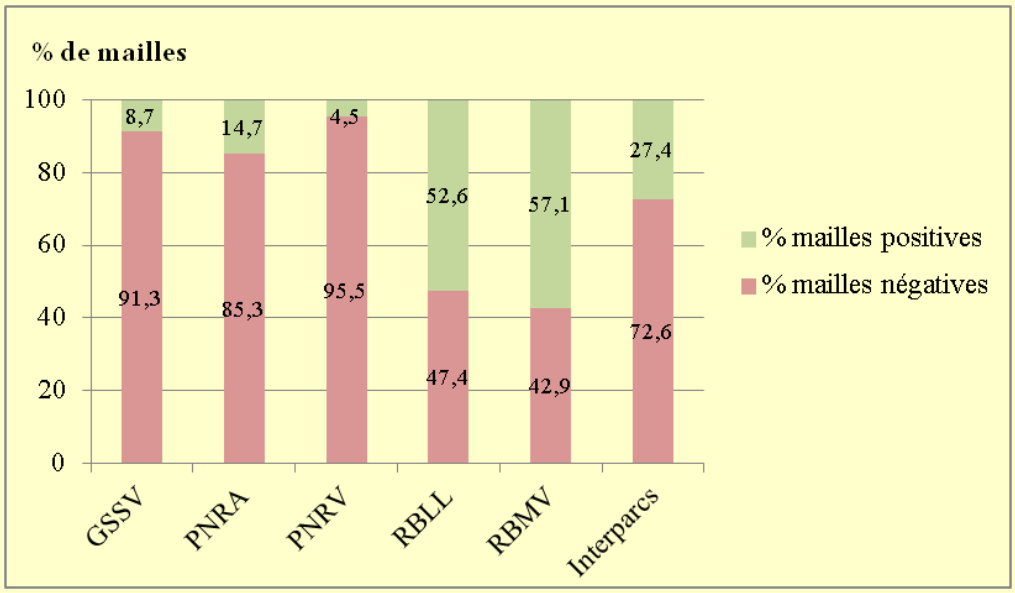
Territoires	Période de recensement	Nombre de soirées	Nombre d'observateurs
GSSV	7 mars au 29 avril	16	27
PNRA	29 février au 30 avril	26	32
PNRV	28 février au 4 mai	31	36
RBLL	24 février au 25 avril	31	6
RBMV	1er mars au 2 mai	16	22
Interparcs	24 février au 4 mai	54	121

Annexe 12 :

Tableau du nombre de mailles supprimées de l'analyse, positives et négatives par territoire *(GSSV : grand site Sainte Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*

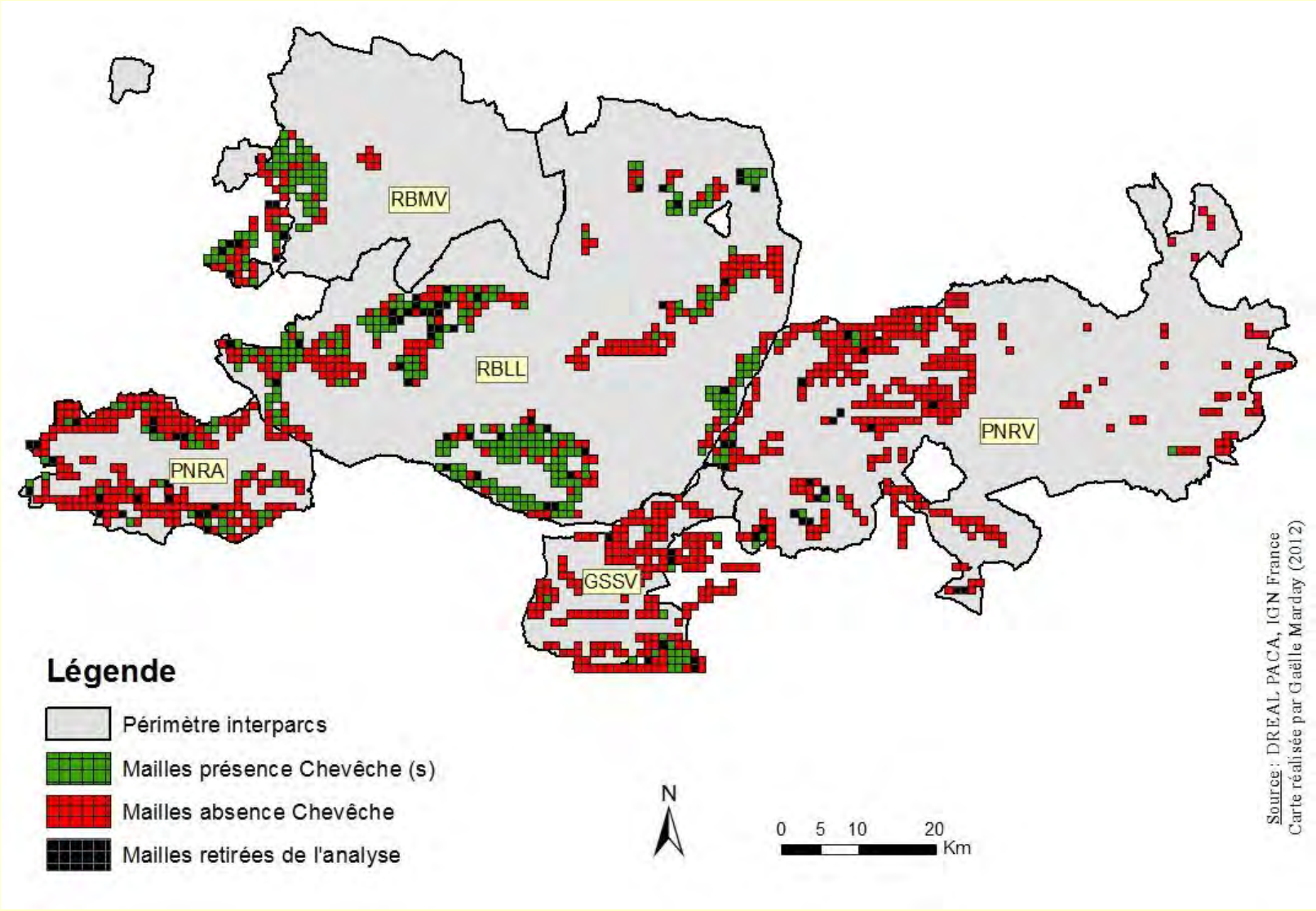
Territoires	Nombre de mailles prospectées	Nombre de mailles supprimées de l'analyse	Nombre de mailles positives	Nombre de mailles négatives
GSSV	204	7	17	180
PNRA	237	19	32	186
PNRV	352	20	15	317
RBLL	477	42	229	206
RBMV	113	8	60	45
Interparcs	1383	96	353	934

Histogramme du pourcentage de mailles positives et négatives par territoire *(GSSV : grand site Sainte Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*



Annexe 13 :

Carte des mailles positives (présence de Chevêche(s)) et négatives (absence de Chevêches) à l'échelle de l'interparcs *(GSSV : grand site Sainte Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*



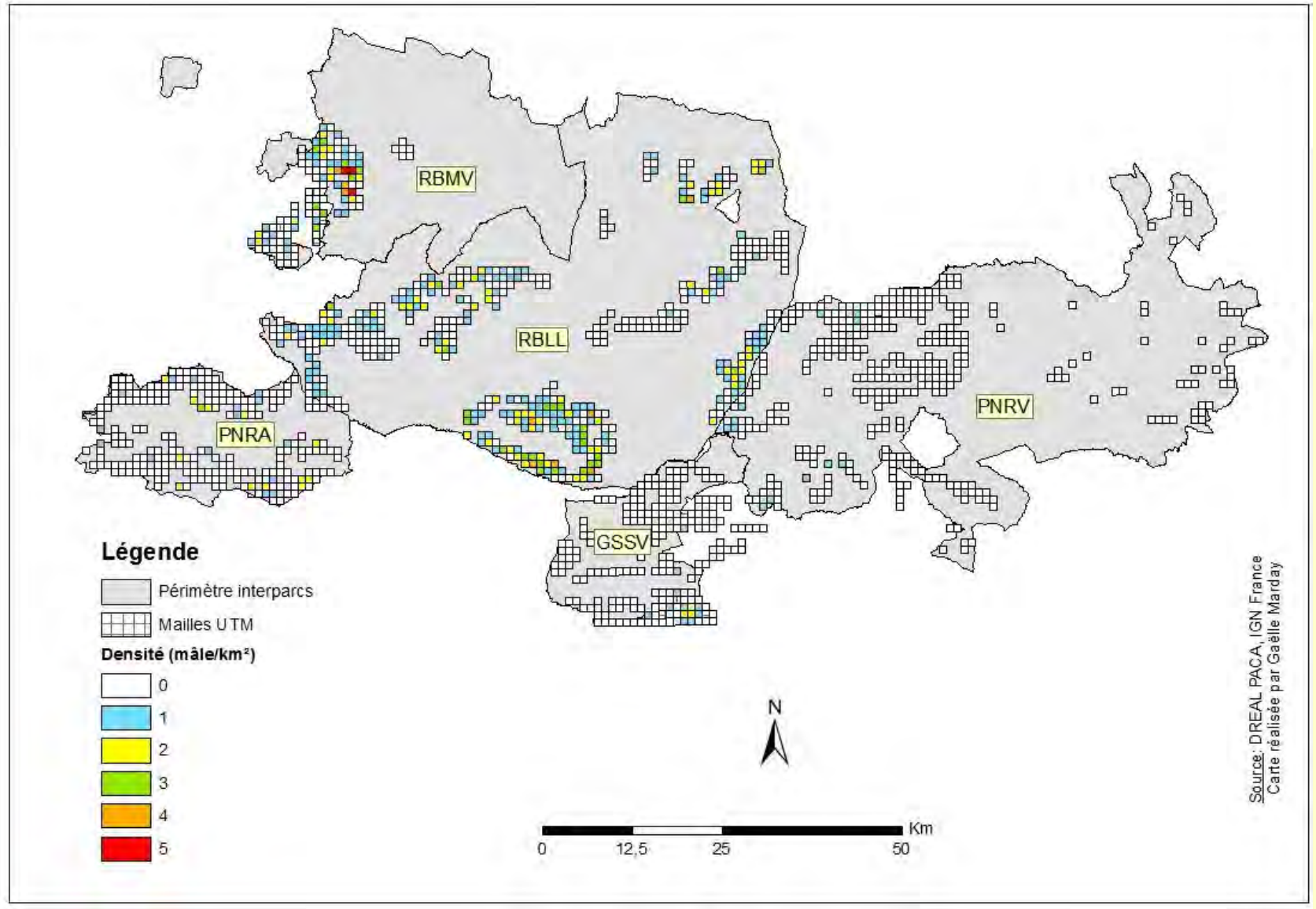
Annexe 14 :

Tableau du nombre de contacts totaux, densité de mâle chanteur par kilomètre carré et nombre moyen de Chevêche contacté par point d'écoute pour chaque territoire *(GSSV : grand site Sainte Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*

Territoires	Nombre de contacts (chants + cris)	Nombre de chants	Nombre de cris	Nombre de points d'écoute	Nombre moyen de Chevêche / point d'écoute	Densité (mâle/km²)
GSSV	32	23	9	204	0,16	0,11
PNRA	77	55	22	237	0,32	0,23
PNRV	36	26	10	352	0,10	0,07
RBLL	532	383	149	477	1,12	0,80
RBMV	155	107	48	113	1,37	0,95
Interparcs	832	594	238	1383	0,60	0,43

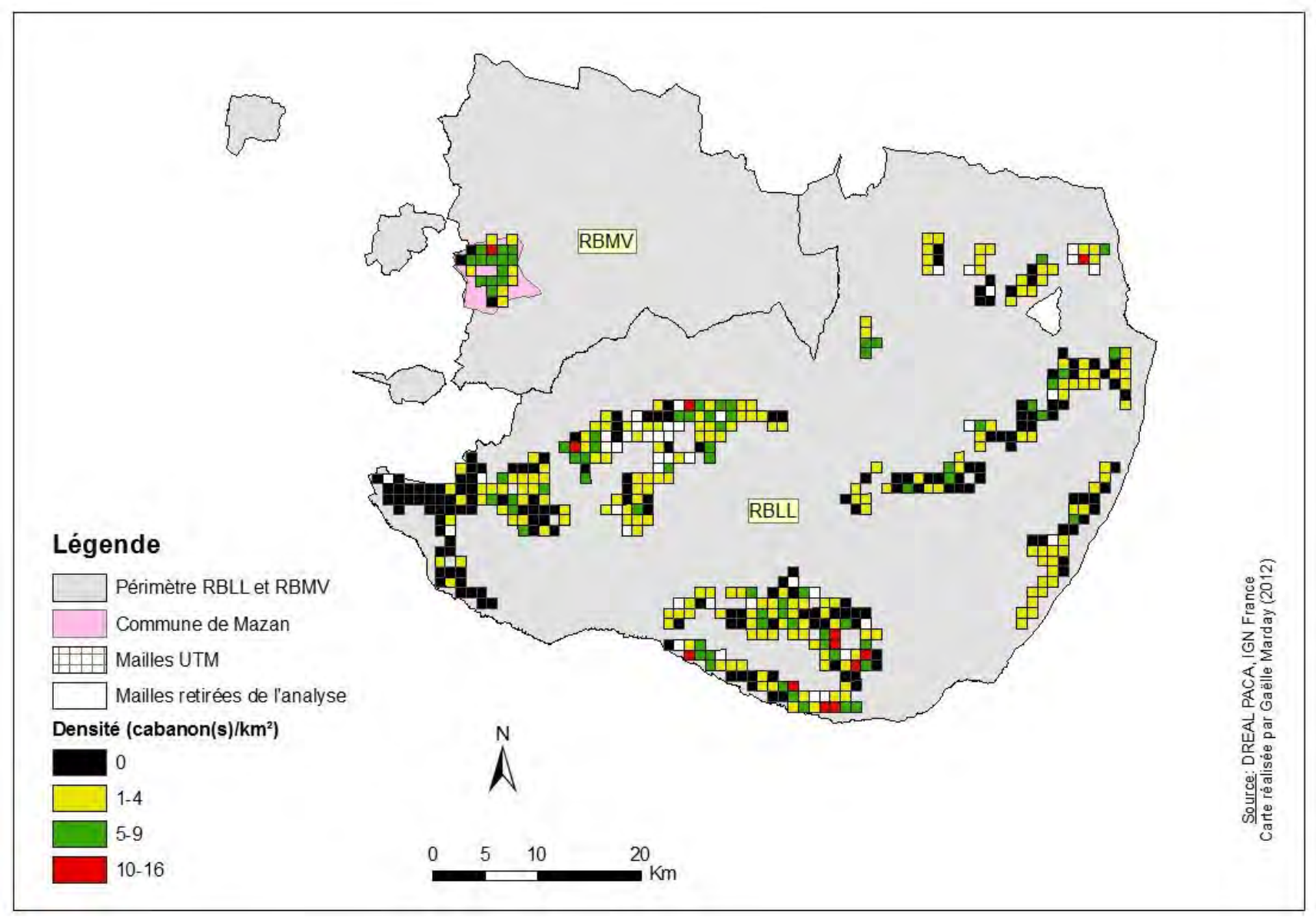
Annexe 15 :

Carte des densités de Chevêches (nombre de mâle(s) par km²) à l'échelle de l'observatoire interparcs *(GSSV : grand site Sainte Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*



Annexe 16 :

Carte des densités de cabanons (nombre de cabanon(s) par km²) à l'échelle la réserve de biosphère Luberon Lure (RBLL) et la commune de Mazan (située dans la réserve de biosphère du Mont Ventoux RBMV)



Annexe 17 :

Tableau de l'altitude moyenne et des limites inférieures et supérieures par territoire (unité : mètres)

Territoires	Altitude moyenne (m)	Limites altitudinales [< ; >] (m)
GSSV	348	[177; 645]
PNRA	54	[0; 148]
PNRV	594	[259; 1164]
RBLL	294	[55; 848]
RBMV	134	[34; 434]
Interparcs	325	[0; 1164]

Annexe 18 :

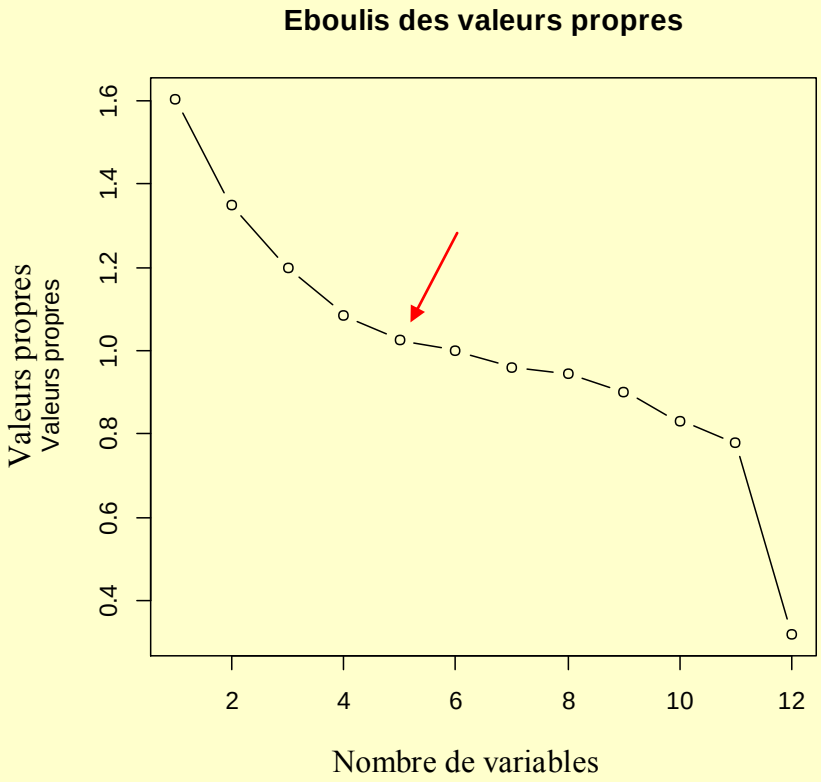
Tableau des pourcentages d'occupation du sol des 12 variables utilisées, par territoire. En rose est présenté la première variable dominante et en vert la seconde. *(GSSV : grand site Sainte Victoire, PNRA : parc naturel régional des Alpilles, PNRV : parc naturel régional du Verdon, RBLL : réserve de biosphère Luberon Lure, RBMV : réserve de biosphère du Mont Ventoux)*

	Variables paysagères Corine Land Cover												
Territoires	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Total
GSSV	0	0,07	0,29	0,16	0	17,62	2,45	3,53	0,72	11,61	0	1,06	37,51
PNRA	19,05	2,90	4,25	9,49	0,42	25,15	1,98	1,45	5,80	2,46	0,39	1,24	74,59
PNRV	0,33	0,84	1,14	0,60	0	48,12	1,26	7,66	1,76	0,75	0	0,95	63,40
RBLL	4,67	0,82	1,33	2,21	0	33,53	3,29	1,88	6,79	19,62	0,11	2,04	76,31
RBMV	15,32	0	0,25	0,16	0	14,07	0,26	0,50	3,30	43,05	1,75	3,26	81,91
Interparcs	6,14	1	1,53	2,55	0,07	31,87	2,17	3,44	4,11	12,52	0,25	1,57	67,23

* Variables paysagères : Cultures (A), oliveraies (B), pelouses (C), prairies (D), rizières (E), terres arables (F), territoires agricoles (G), végétation clairsemée (H), vergers (I), vignobles (J), serres (K), tissu urbain discontinu (L)

Annexe 19 :

Graphique de l'éboulis des valeurs propres et tableau de la répartition de l'inertie totale selon les axes de l'ACP n°1



→ « Coude » : on conserve 4 axes (nombre de valeurs propres antérieurs au coude)

Nombre de variables	Inertie	Inertie cumulée	Pourcentage d'inertie expliquée par les variables
1	1,60	1,60	13,36
2	1,35	2,95	24,61
3	1,20	4,15	34,60
4	1,09	5,24	43,66
5	1,03	6,26	52,21
6	1,00	7,26	60,53
7	0,96	8,22	68,52
8	0,95	9,17	76,40
9	0,90	10,07	83,91
10	0,83	10,90	90,84
11	0,78	11,68	97,33
12	0,32	12	100

En vert : choix du nombre d'axes selon la règle de Kaiser (5 axes)

En orange : choix du nombre d'axes en fonction de la part d'inertie expliquée (8 axes)

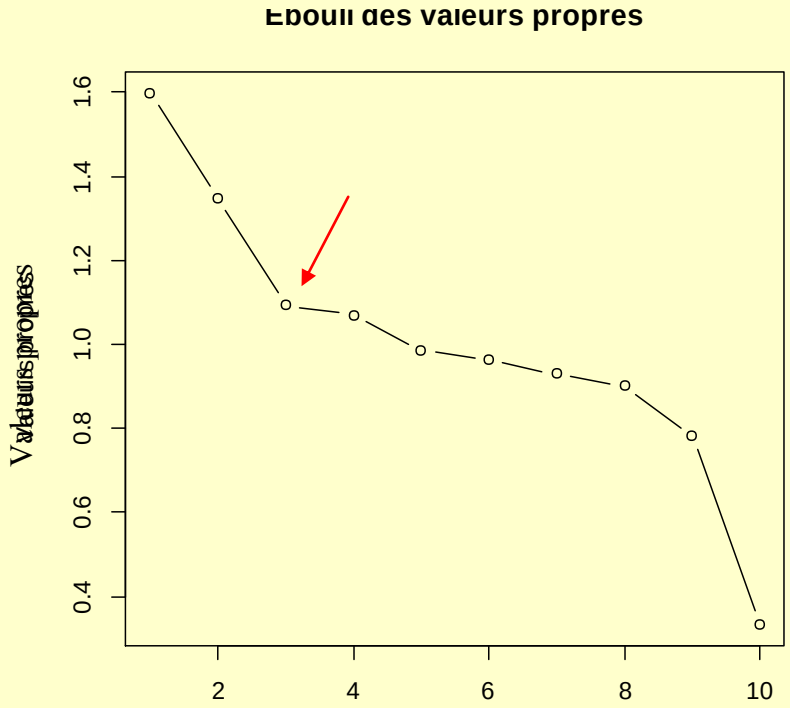
Annexe 20 :

Tableau de la matrice des corrélations effectuée avec le test de Pearson. *A : Cultures, B : oliveraies, C : pelouses, D : prairies, E : rizières, F : terres arables, G : territoires agricoles, H : végétation clairsemée, I : vergers, J : vignobles, K : serres, L : tissu urbain discontinu*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A	1	0,00	-0,05	0,01	-0,01	-0,30	-0,05	-0,14	0,13	-0,14	0,11	0,09
B	0,00	1	0,05	-0,04	-0,01	-0,11	-0,03	-0,03	-0,06	-0,02	-0,02	0,02
C	-0,05	0,05	1	0,09	0,03	-0,08	-0,04	0,06	-0,06	-0,10	-0,03	-0,04
D	0,01	-0,04	0,09	1	0,01	-0,10	-0,04	-0,07	-0,05	-0,13	0,09	-0,04
E	-0,01	-0,01	0,03	0,01	1	-0,02	-0,01	0,05	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01
F	-0,30	-0,11	-0,08	-0,10	-0,02	1	-0,12	0,04	-0,11	-0,37	-0,05	-0,16
G	-0,05	-0,03	-0,04	-0,04	-0,01	-0,12	1	-0,09	-0,04	0,06	-0,03	-0,01
H	-0,14	-0,03	0,06	-0,07	0,05	0,04	-0,09	1	-0,10	-0,12	-0,05	-0,09
I	0,13	-0,06	-0,06	-0,05	-0,02	-0,11	-0,04	-0,10	1	-0,12	0,01	-0,02
J	-0,14	-0,02	-0,10	-0,13	-0,01	-0,37	0,06	-0,12	-0,12	1	-0,02	0,07
K	0,11	-0,02	-0,03	0,09	-0,01	-0,05	-0,03	-0,05	0,01	-0,02	1	-0,02
L	0,09	0,02	-0,04	-0,04	-0,01	-0,16	-0,01	-0,09	-0,02	0,07	-0,02	1

Annexe 21 :

Graphique de l'éboulis des valeurs propres et tableau de la répartition de l'inertie totale selon les axes de l'ACP n°2



→ « Coude » : on conserve 2 axes (nombre de valeurs propres antérieurs au coude)

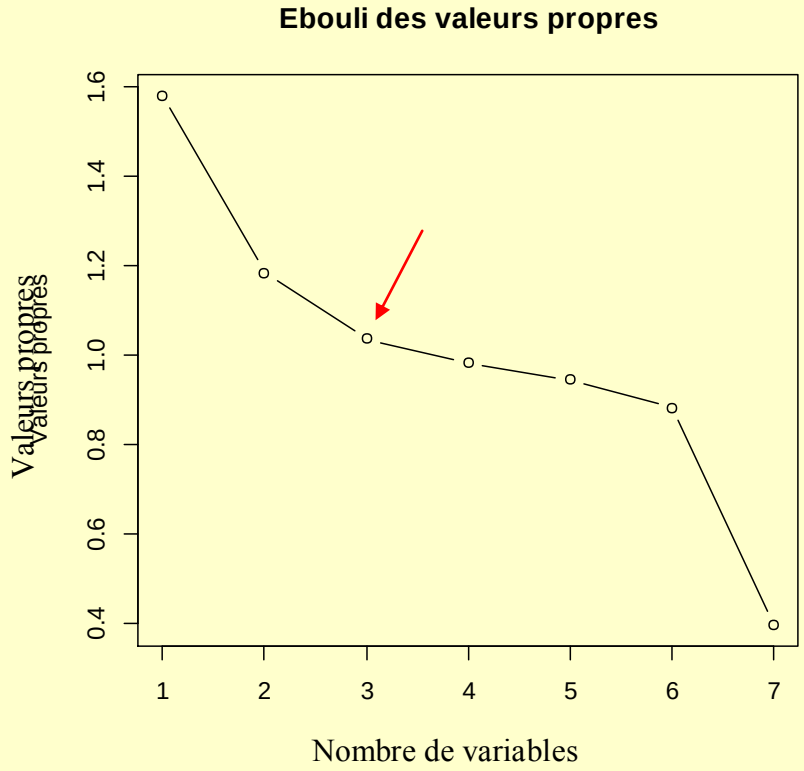
Nombre de variables	Inertie	Inertie cumulée	Pourcentage d'inertie expliquée par les variables
1	1,60	1,60	15,97
2	1,35	2,94	29,44
3	1,09	4,04	40,36
4	1,07	5,11	51,07
5	0,99	6,09	60,92
6	0,96	7,05	70,54
7	0,93	7,98	79,83
8	0,90	8,88	88,84
9	0,78	9,67	96,66
10	0,33	10	100

En vert : choix du nombre d'axes selon la règle de Kaiser (4 axes)

En orange : choix du nombre d'axes en fonction de la part d'inertie expliquée (6 axes)

Annexe 22 :

Graphique de l'éboulis des valeurs propres et tableau de la répartition de l'inertie totale selon les axes de l'ACP n°3



→ « Coude » : on conserve 2 axes (nombre de valeurs propres antérieurs au coude)

Nombre de variables	Inertie	Inertie cumulée	Pourcentage d'inertie expliquée par les variables
1	1,58	1,58	22,55
2	1,18	2,76	39,45
3	1,04	3,80	54,24
4	0,98	4,78	68,26
5	0,94	5,72	81,74
6	0,88	6,60	94,33
7	0,40	7,00	100

En vert : choix du nombre d'axes selon la règle de Kaiser (3 axes)

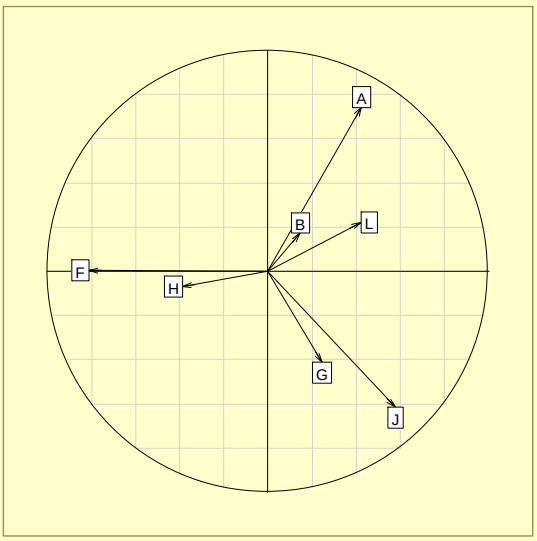
En orange : choix du nombre d'axes en fonction de la part d'inertie expliquée (5 axes)

Annexe 23 :

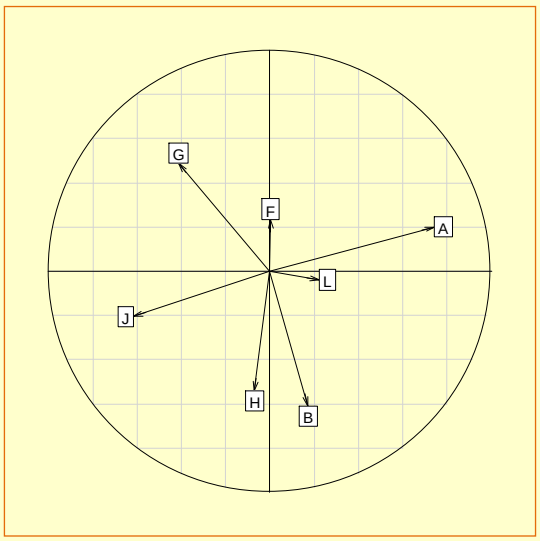
Graphiques présentant les cercles des corrélations de l'ACP n°3. *A : Cultures, B : oliveraies, F : terres arables, G : territoires agricoles, H : végétation clairsemée, J : vignobles, L : tissu urbain discontinu*

- Axe 1'' : Terres arables (F : +) et tissu urbain discontinu (L : +)
- Axe 2'': Cultures (A : +) et vignobles (J : -)
- Axe 3'' : Oliveraies (B : -), territoires agricoles (G : +) et végétation clairsemée (H : -)

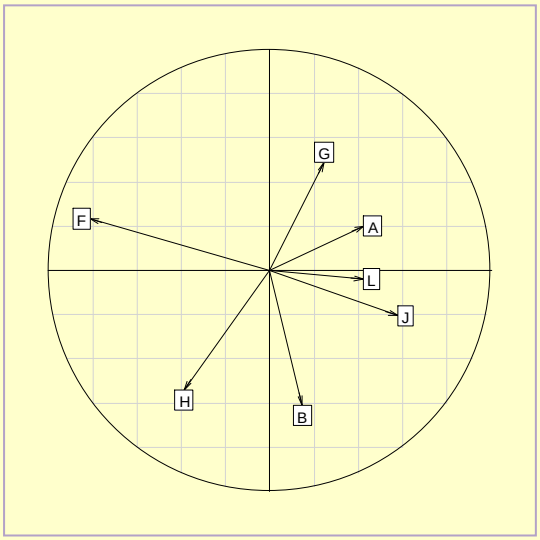
Les signes + et – sont les signes affectés aux coordonnées des variables suivant les axes respectifs (+ : variable qui contribue positivement à l'axe, - : variable qui contribue négativement à l'axe)



Axe 1'' (en abscisse) versus axe 2'' (en ordonnée)



Axe 2'' (en abscisse) versus axe 3'' (en ordonnée)



Axe 1'' (en abscisse) versus axe 3'' (en ordonnée)

Annexe 24 :

Récapitulatifs de tous les GLMs réalisés, classés du plus petit au plus grand AIC *(en rouge : résultats issus de l'ACP n°1, en vert : résultats issus de l'ACP n°2, en bleu : résultats issus de l'ACP n°3. alt : altitude, cab : cabanons)*

GLMs	AIC	p-value	Pente	"R²"
(p) chev ~ axe 1" : axe 2" : alt : grands cab	602,87	1,908e-10 ***	- ***	6,3
(p) chev ~ axe 1' : axe 2' : alt : grands cab	615,34	1,156e-07 ***	+ ***	4,4
(p) chev ~ axe 1: axe 4 : alt : grands cab	622,6	4,998e-06 ***	+ ***	3,3
(p) chev ~ grands cab	622,61	5,036e-06 ***	+ ***	3,3
(p) chev ~ total cab	622,79	5,545e-06 ***	+ ***	3,2
(p) chev ~ petits cab	635,64	0,005254 **	+ **	1,2
(p) chev ~ cab en ruine	637,8	0,01758 *	+ *	0,88
(p) chev ~ cab restaurés et habités	638,18	0,02187 *	+ *	0,82
(p) chev ~ axe 1" : axe 2": axe 3": alt : grands cab	642,95	0,4874	+	0,08
(p) chev ~ altitude	1440,8	<2,2e-16 ***	- ***	5
(p) chev ~ axe 1"	1442,3	<2,2e-16 ***	+ ***	4,9
(p) chev ~ axe 1	1443,7	<2,2e-16 ***	+ ***	4,8
(p) chev ~ axe 1'	1445	<2,2e-16 ***	+ ***	4,7
(p) chev ~ axe 2"	1468,2	4,423e-12 ***	- ***	3,2
(p) chev ~ axe 2'	1495,9	6,851e-06 ***	+ ***	1,3
(p) chev ~ axe 2	1496,2	8,036e-06 ***	- ***	1,3
(p) chev ~ axe 4	1496,5	9,063e-06 ***	+ ***	1,3
(p) chev ~ axe 1' : axe 2'	1500	5,935e-05 ***	+ ***	1,1
(p) chev ~ axe 1" : axe 2": axe 3"	1510,3	0,01524 *	+ *	0,38
(p) chev ~ axe 3"	1511,1	0,02468 *	+ *	0,33
(p) chev ~ axe 3'	1512,4	0,05367	+	0,24
(p) chev ~ axe 3	1514,1	0,01524	-	0,13

Résultats de l'ACP n°1

- Axe 1 : Terres arables (F), végétation clairsemée (H) et tissu urbain discontinu (L)
- Axe 2 : Cultures (A), vergers (I) et vignobles (J)
- Axe 3 : Pelouses (C) et rizières (E)
- Axe 4 : Oliveraies (B), prairies (D), territoires agricoles (G) et serres (K)

Résultats de l'ACP n°2

- Axe 1' : Oliveraies (B), terres arables (F), végétation clairsemée (H) et tissu urbain discontinu (L)
- Axe 2' : Cultures (A), territoires agricoles (G) et vignobles (J)
- Axe 3' : Prairies (D), vergers (I) et serres (K)

Résultats de l'ACP n°3

- Axe 1'' : Terres arables (F) et tissu urbain discontinu (L)
- Axe 2'': Cultures (A) et vignobles (J)
- Axe 3'' : Oliveraies (B), territoires agricoles (G) et végétation clairsemée (H)

Les axes soulignés sont ceux qui sont significativement liés à la présence de la Chevêche.

Annexe 25 :

Influence des 12 variables d'occupation du sol sur la présence de la Chevêche (+ : influence positive, - : influence négative)

Pelouses : + rizières →- *(résultat non significatif)*

Rizières : + pelouses →- *(résultat non significatif)*

Oliveraies : + prairies + territoires agricoles + serres →+
+ terres arables + végétation clairsemée + tissu urbain discontinu →+
+ territoires agricoles + végétation clairsemée →+

Prairies : + oliveraies + territoires agricoles + serres →+
+ vergers + serres →+ *(résultat non significatif)*

Serres : + oliveraies + prairies + territoires agricoles →+
+ prairies + vergers →+ *(résultat non significatif)*

Territoires agricoles : + oliveraies + prairies + serres → +
+ cultures + vignobles →+
+ oliveraies + végétation clairsemée →+

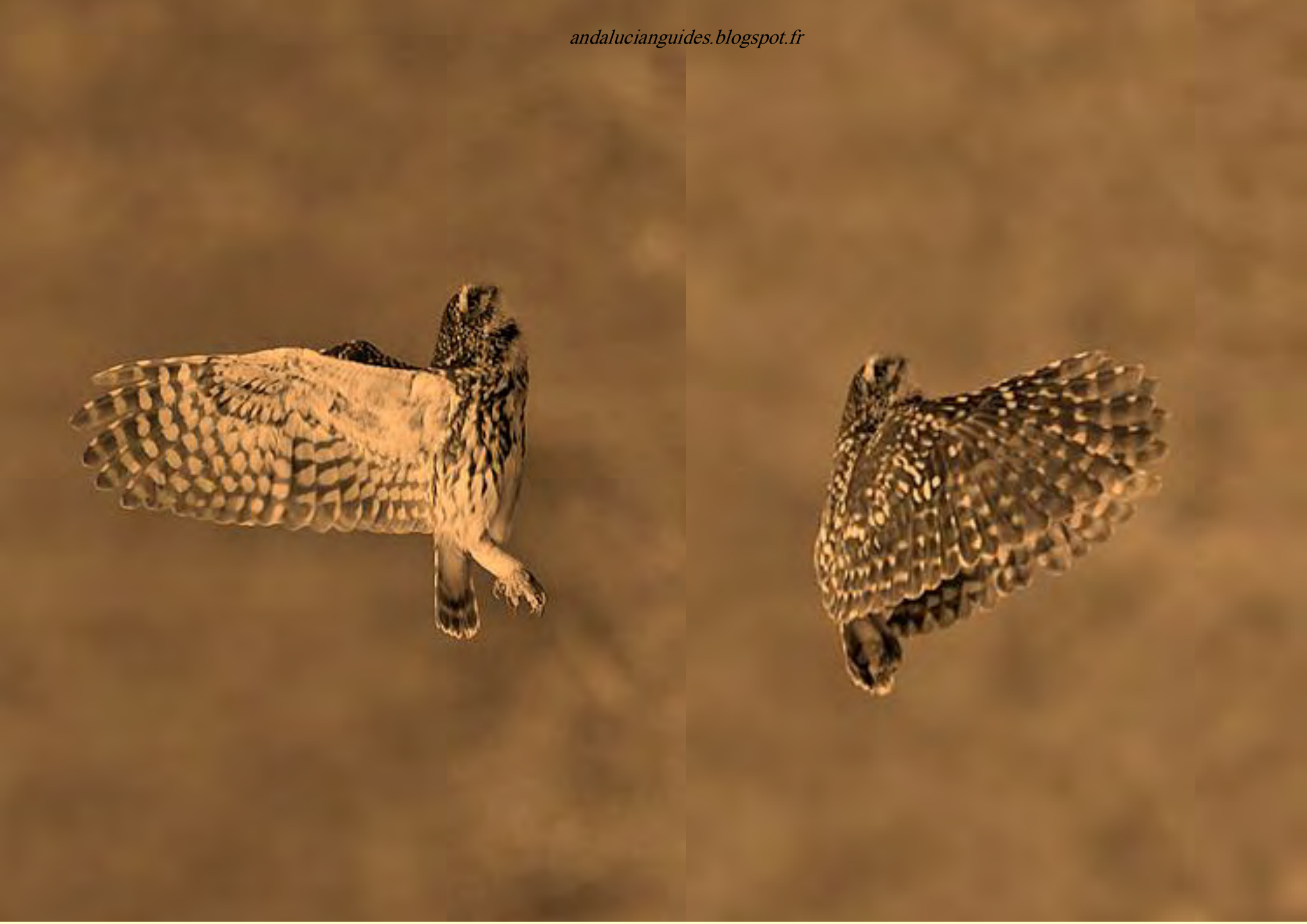
Terres arables : + végétation clairsemée + tissu urbain discontinu → +
+ végétation clairsemée + tissu urbain discontinu + oliveraies → +
+ tissu urbain discontinu→+

Tissu urbain discontinu : + terres arables + végétation clairsemée →+
+ terres arables + végétation clairsemée + oliveraies →+
+ terres arables →+

Végétation clairsemée : + terres arables + tissu urbain discontinu →+
+ terres arables + tissu urbain discontinu + oliveraies →+
+ territoires agricoles + oliveraies →+

Vergers : + cultures + vignobles →-
+ prairies + serres → + *(résultat non significatif)*

Vignobles : + cultures + vergers →-
+ prairies + serres →+ *(résultat non significatif)*
+ cultures →-

Cultures : + vergers + vignobles → -
+ territoires agricoles + vignobles → +
+ vignobles →-

andalucianguides.blogspot.fr