

UFR Faculté des Sciences & Ingénierie

Université de Toulouse Paul Sabatier III

Master Biodiversité, écologie et évolution

DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE CHEVREUILS VIVANT EN MILIEU FRAGMENTÉ :

« Etude des relations entre structure du paysage et densité locale de chevreuils
Capreolus capreolus par Capture-Marquage-Recapture (CMR) ».

FROUSTEY Nicolas



Stage en alternance effectué du 15 Janvier au 04 Avril 2018
à l'Institut National de la Recherche Agronomique
sous la direction scientifique de Mark HEWISON



Remerciements

Ce stage professionnel réalisé au laboratoire « Comportement et Ecologie de la Faune Sauvage » (CEFS) de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) m'a confronté à la réalité du monde du travail. Il m'a permis, une fois de plus, au travers de la recherche, de partager ma passion envers le vivant et notamment la Faune Sauvage.

Je tiens tout particulièrement à remercier Mark HEWISON, Docteur Ingénieur et Directeur scientifique du laboratoire CEFS, pour son accueil, son soutien et sa confiance prodigué au cours du stage. Je le remercie de m'avoir donné l'opportunité d'accomplir cette période dans ce laboratoire et de m'avoir initié aux recherches consacrées à la compréhension et la gestion d'une population de chevreuils. Je le remercie enfin pour tous ses conseils et son aide dans la rédaction de ce rapport.

Mes remerciements s'adressent par ailleurs à Bruno CARGNELUTTI, pour toute l'attention qu'il a pu me consacrer notamment à la compréhension du jeu de données, à la présentation du territoire d'étude, à la relecture de ce rapport, mais aussi à tout instant de convivialité que j'ai pu partager avec lui sur le terrain. Ses amples connaissances en écologie et son partage d'expériences sur le terrain m'ont laissé le temps d'apprécier chez cette personne une très grande passion envers ce petit cervidé. Merci Bruno pour ces échanges, qui je le pense seront valorisants dans la poursuite de mes études et expériences professionnelles.

J'adresse également mes pensées à Nicolas MORELLET et Ophélie COURIOT, qui ont su partager leurs connaissances et apporter leur œil critique pour m'orienter au mieux dans mes choix et démarches statistiques. Merci Ophélie pour le temps que tu as consacré à la relecture de ce rapport, mais aussi pour tes conseils concernant la mise en forme.

J'exprime aussi ma reconnaissance envers Nicolas CEBE. Je le remercie pour l'ensemble des conseils tantôt sur le plan professionnel que sur ses expériences dans le domaine Chasse et du monde cynégétique.

Un merci à Jean Luc RAMES et Joël MERLET, pour tous les moments que nous avons partagés sur le terrain à la pose et au ramassage des filets mais aussi de manière générale à toute l'équipe, à tous mes compagnons « Fox » pour leur accueil, leur état d'esprit et leur investissement à l'égard de cette espèce.

Sommaire

Introduction	1
1. Matériels et méthodes.....	3
1.1. Localisation du site d'étude.....	3
1.2. Le paysage et activités rurales.....	3
1.3. Chasse et régulation des populations.....	3
1.4. La méthode de Capture Marquage Recapture (CMR).....	4
1.4.1. SUR LE TERRAIN	4
1.4.1.1. Le dispositif de capture.	4
1.4.1.2. La capture.	5
1.4.1.3. Le marquage.	5
1.4.1.4. La recapture et le radiopistage.....	6
1.4.2. AU LABORATOIRE	6
1.4.2.1. Présentation des données.	6
1.4.2.2. Traitement et mise en forme des données.	7
1.4.2.3. Les estimations de densité par secteur.....	7
1.4.2.4. Analyses statistiques.....	8
2. Résultats	9
2.1. Prédications du modèle et observabilité.....	9
2.2. Estimations des densités locales par secteur.	10
3. Discussions.....	11
3.1. Relation entre l'observabilité du chevreuil et le paysage.	11
3.2. Répartition et densité locale.	11
3.3. Les limites et qualité des données	12
4. Impressions personnelles et acquisitions professionnelles.....	12
Bibliographie.....	13

Introduction

Une question fondamentale de l'écologie des populations animales est d'expliquer la cause des fluctuations d'effectifs. L'étude de ces fluctuations et composantes biodémographiques d'un ensemble d'individus s'inscrit dans le domaine de la dynamique des populations. Cette discipline vise à déterminer les facteurs responsables des variations des taux de natalité, mortalité et des mouvements (émigration et immigration) des individus entre populations (Coulson *et al.* 2000). Les connaissances qui en sont tirées sont grandement utilisées pour la gestion des populations d'intérêt cynégétique (Fowler, 1987 ; Fowler et Smith, 1981) mais aussi dans le cadre de la conservation d'espèce en danger (Sibly *et al.* 2007). Chez les êtres vivants, il existe des facteurs qui influencent directement ou indirectement la densité des populations et ces facteurs peuvent varier selon la latitude et l'altitude pour une même espèce (Stenseth *et al.* 1996), sachant qu'ils peuvent aussi être liés à un ensemble de différences dans les paramètres d'histoire de vie entre les espèces (Clutton-Brock *et al.* 1997) ou à la présence d'activité de chasse dans certaines populations (Fryxelle *et al.* 1991). Ainsi, le type d'habitat (Pettorelli *et al.* 2002), les conditions météorologiques (Gaillard *et al.* 1993) les épidémies et maladies parasitaires (Goff *et al.* 1988, Candela *et al.* 2014) sont les principales sources de variation des paramètres démographiques.

Des variations de densité peuvent avoir des effets sur la dynamique des populations animales (Bonenfant *et al.*, 2009). En théorie, lorsque une population atteint la capacité biotique du milieu, son taux de croissance diminue puisque le taux de mortalité augmente et/ou le taux de reproduction diminue, en raison de la densité-dépendance négative (Krebs 2001; Dajoz 2006). En effet, avec l'augmentation de la densité, une forte compétition intra-spécifique s'installe dans la population (Begon *et al.* 1996) occasionnant une baisse de la disponibilité en ressources alimentaires (Eve and Kellogg, 1977 ; Coulson *et al.* 2000). L'effet de la densité sur la physiologie des individus peut alors être observé, soit au niveau de la condition physique, soit au niveau du succès reproducteur (Coulson *et al.* 2000). À terme, ces effets peuvent aussi influencer la valeur sélective des individus puisque le succès reproducteur peut, à plus grande échelle temporelle conditionner la viabilité d'une population. Par ailleurs, d'autres facteurs peuvent causer des effets physiologiques densité-dépendants, comme la susceptibilité aux maladies et aux infections parasitaires qui s'accroissent aussi de façon importante à haute densité, et augmentant subséquemment le taux de mortalité. Il arrive cependant que ce patron général de densité-dépendance soit inversé, c'est-à-dire que dans certaines populations de faibles densités, la performance des individus augmentent avec la taille de la population. Ce phénomène est connu sous le nom d'effet Allee (Odum, 1953) où les mécanismes comme la consanguinité, la stochasticité démographique et les phénomènes de facilitations influencent le processus. Ainsi, la surveillance des tendances d'évolution démographiques des populations animales est un aspect clé de la gestion et de la conservation de la faune. Des estimations fiables concernant l'abondance d'une espèce sont également nécessaires pour améliorer la compréhension des processus écologiques, en particulier lorsque il s'agit de l'expansion d'une espèce (Acevedo *et al.* 2005) ou de la compétition interspécifique (Focardi *et al.* 2006), ainsi que pour élaborer des stratégies de gestion appropriées (Acevedo *et al.* 2006; Fernandez, Kramer-Schadt et Thulke, 2006). Le chevreuil est un bon cas d'étude et même s'il cause parfois des dommages aux cultures et à la foresterie (Danilkin et Hewison 1996), il est exposé à diverses pressions d'origine anthropogène : la fragmentation de son habitat, l'urbanisation, l'implantation de réseaux routiers et ferroviaires représentent de véritables barrières parfois infranchissables qui limitent la libre circulation des individus tout en accentuant le risque de collision.

Depuis 2001, les travaux menés par le laboratoire Comportement et Ecologie de la Faune Sauvage (CEFS) s'inscrivent au sein même d'un programme de recherche à long terme, *in natura*, sur l'étude du fonctionnement de populations de chevreuils en agroécosystème sur le canton d'Aurignac (31) (Annexe 1).

En Europe, au cours de ces dernières décennies, les populations d'ongulés sauvages de plaine (chevreuils, sangliers, cerfs) se sont rapidement développées, et parmi les raisons pouvant expliquer ce phénomène, citons, l'absence de grands prédateurs, la colonisation des habitats modifiés suite aux grandes mutations agricoles (exode rurale, déprise agricole, ...), une diminution de la pression de chasse (Anciaux *et al.* 1990, Hemami *et al.* 2005). C'est particulièrement vrai pour le chevreuil dont les populations sont estimées de manière sommaire à partir des prélèvements et tableau de Chasse au moins 1 500 000 individus sur le territoire national Français. Elles résultent d'une progression démographique multipliée par trois au cours des vingt dernières années (ONCFS 2010). Cette espèce classée gibier (Annexe 2), originellement forestière et commune des lisières peut être qualifiée d'espèce euryèce, c'est-à-dire peu spécialisée dans ses choix alimentaires et d'habitats, compte tenu d'une grande plasticité écologique et comportementale. Cette capacité lui a permis de coloniser tous types d'habitats, y compris les agroécosystèmes (Jepsen *et al.* 2004). Le passage d'un comportement forestier à un comportement de vie en milieu ouvert peut se produire à partir d'un certain seuil de connectivité forestière (Hewison 2007). Ainsi, les populations de chevreuils se répartissent dans l'espace selon des degrés de variations de fragmentation forestière, facteur qui à priori module leur distribution et dont les comportements varient en fonction de la structure du paysage (Hewison *et al.* 2001, Cargnelutti *et al.* 2002, Coulon *et al.* 2004).

Ce cervidé est très étudié depuis quarante ans et il est possible d'identifier les stratégies de survie des individus au cours du temps, de la naissance à la reproduction, parfois jusqu'à la sénescence, en considérant différents habitats plus ou moins ouverts. Pour ce faire, de nombreuses méthodes d'échantillonnage ont été mises au point pour appréhender et suivre la dynamique des populations. Il existe plusieurs approches basées sur le dénombrement d'individus telles que la méthode du « line transect » (Gaillard *et al.* 1993). Un itinéraire pré établi est parcouru à plusieurs reprises et tous les individus détectés et non dérangés sont notés. La difficulté réside dans la prise exacte de trois mesures : deux distances et un angle sachant que les animaux ne doivent pas avoir été dérangés par l'approche. Un indice d'abondance plus léger, l'indice kilométrique (Vincent *et al.* 1991) dont l'objectif est de comptabiliser tous les chevreuils rencontrés en parcourant un itinéraire préétabli. Des indices de présence du chevreuil peuvent aussi être mis à contribution comme le comptage de fèces (McIntosh *et al.* 1995). Le principe est d'estimer une densité à partir du taux de défécation des animaux (Reby *et al.* 1998) mettant à profit le caractère loquace du chevreuil pour échantillonner leur secteur d'étude forestier. Cependant, les techniques basées sur la capture-marquage-recapture (Pollock *et al.* 1990) restent les outils les plus fiables pour fournir des estimations de densité chevreuils sur un territoire (Gaillard *et al.* 1986). Cette méthode d'inférence statistique nécessite qu'un nombre d'individus représentatifs de la population (mâles, femelles, jeunes et adultes) soient aisément identifiables, faisant ainsi appel à une capture et un marquage préalable des individus. Ultérieurement, une autre partie de la population est capturée parmi laquelle figure un certain nombre d'individus préalablement marqués dans l'échantillon précédent. À l'origine, cette méthode a été développée pour estimer la densité locale de chevreuils dans un contexte typiquement forestier mais sa présence dans des habitats inhabituels amènent les scientifiques à imaginer de nouvelles méthodes d'échantillonnage adaptées à d'autres contextes paysagers plus ouverts et contrastés. Dans ce cadre, l'objectif de l'étude consiste à estimer et suivre l'évolution des densités de populations de chevreuils dans des milieux semi-ouverts anthropisés où l'habitat est particulièrement fragmenté. Pour cela, nous avons analysé des données provenant de campagnes de capture-marquage-recapture successives pour lesquelles nous avons déterminé les facteurs responsables de la variation de la probabilité de recapture visuelle des individus. En effet, dans les milieux ouverts où la visibilité est bonne, il est attendu que la probabilité d'observer un individu soit plus élevée que dans un environnement plus ou moins fermé. Dans un deuxième temps, nous avons estimé les densités locales de population en se basant sur la probabilité d'observation des individus marqués, et de la proportion d'individus marqués et d'individus non marqués lors des campagnes de recapture visuelle. Il est aussi attendu que la densité de population soit plus faible en milieu agricole où le couvert est plutôt bas qu'en milieu fermé (Hewison *et al.* 2007).

1. Matériels et méthodes

1.1. Localisation du site d'étude

Le site d'étude (Figure 1) se situe en haute Garonne, à cinquante kilomètres au Sud Ouest de Toulouse (31), dans le Bas Comminges sur le canton d'Aurignac (N 43 ° 13 ', E 0 ° 52').

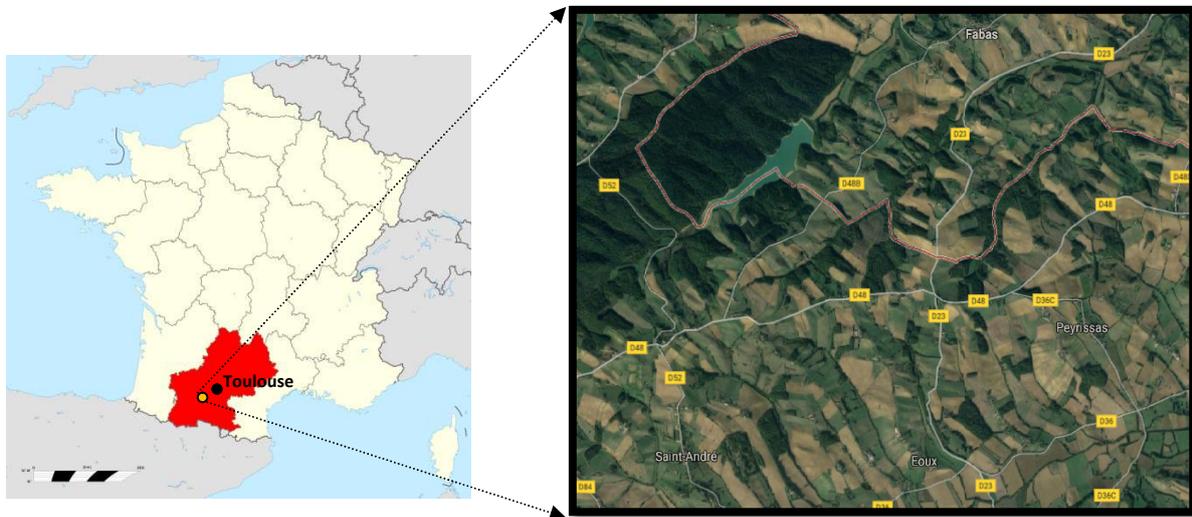


Figure 1: Localisation du site d'étude (à gauche) et photographie aérienne du site (à droite).

1.2. Le paysage et activités rurales

Le site d'étude couvre une superficie totale d'environ 225 km². La topographie se compose d'une série de crêtes et de vallées peu profondes dont l'altitude varie entre 250 et 380 m. Par ailleurs, le climat océanique à tendance méditerranéenne, d'une température annuelle plutôt douce (12°C) et de précipitations modérées (800mm) favorise le développement de la végétation.

La principale activité économique de cette région de coteaux repose sur la polyculture (céréales à paille, maïs, sorgho, ...) et l'élevage (bovin et ovin). En effet, le relief et la nature du sol expliquent la vocation agricole locale et la présence de différentes cultures mais l'intensification des pratiques résulte en une perte de haies et taillis, et l'apparition de nouvelles cultures céréalières. À l'échelle locale, le pâturage extensif dont la vocation première est la production de viandes participe et lutte contre l'enfrichement des prairies favorisant ainsi le maintien d'une partie des espaces naturels à un stade pionnier. Au cours des générations, notons une modification profonde des espaces naturels et du paysage qui est la résultante d'un ensemble de perturbations naturelles (le relief) mais aussi anthropiques. À l'origine, même si la population humaine a connu un sévère déclin après la seconde guerre mondiale, elle reste présente sur tout le site d'étude dont l'essentiel des résidences sont dispersées dans la campagne. Cette organisation témoigne ainsi d'une omniprésence humaine et d'un réseau routier développé mais peu actif. Ainsi, au sein même de cette mosaïque d'habitats, nous pouvons observer un cortège paysager contrasté avec un gradient d'ouverture du milieu allant de l'agroécosystème dominant jusqu'à la forêt proprement dite en passant par un environnement intermédiaire où l'habitat boisé occupe environ un tiers de la surface, sous forme de petits bosquets plus ou moins inter reliés par des haies formant un réseau d'écotones complexes et diversifiés.

1.3. Chasse et régulation des populations

En France, le chevreuil est considéré comme une espèce gibier, faisant l'objet d'une régulation durant la période de la saison de Chasse (Annexe 3). Les prélèvements ont lieu dès le mois de juin avec la chasse d'été jusqu'à la fin du mois de février. En effet, chaque année en vigueur d'un arrêté

préfectoral, la Fédération Départementale des Chasseurs (FDC) attribue aux Associations Communales de Chasse Agréée (ACCA) un nombre de colliers délivrant le droit de prélever un nombre équivalent de chevreuils. Cette régulation rationnelle est effectivement essentielle pour conserver les populations à long terme. Traditionnellement, le mode de chasse le plus pratiqué pour cette espèce est la battue. Il s'agit d'une chasse collective qui mobilise une équipe de rabatteurs et de chiens courants. Les participants encerclent une portion d'espace dans laquelle les chevreuils débusqués par les chiens, sont rabattus vers des tireurs postés. Par ailleurs, le tir à l'approche est aussi pratiqué et s'exerce durant la période estivale à partir du mois de juin. Cette pratique s'oriente particulièrement vers le prélèvement de mâles avec de beau trophée.

1.4. La méthode de Capture Marquage Recapture (CMR).

1.4.1. SUR LE TERRAIN

Chaque année et depuis 2001, les captures se déroulent durant la période hivernale au cours des mois de janvier et février. Pour cette étude, cinq sites en milieu agricole de superficie variable ont été échantillonnés (Annexe 4), sur lesquels des chevreuils sont capturés, marqués (collier émetteur) et relâchés. Nous avons distingué deux secteurs géographiques paysagers agricoles en considérant la plus ou moins forte fragmentation des patches boisés. Ainsi, pour les écozones comme Fabas (site 1) et Peyrissas (site 3), le bois occupe moins de 20% de la surface avec une forte fragmentation des bosquets dispersés au milieu des cultures. Concernant Eoux (site 2), Réservoir nord (site 4) et Embargade (site 5), le profil paysager est intermédiaire entre la forêt et les agrosystèmes, le bois y occupe plus de 20% de la surface et ces habitats sont peu fragmentés. C'est au sein de ces secteurs de capture que la densité locale de chevreuils est estimée, en appliquant durant le mois de mars une méthode capture-marquage-recapture simple (indice de Petersen-Lincoln). Pour cela la présence d'animaux équipés de collier émetteur est mise à profit puisque la radiotélémetrie permet d'estimer la présence ou non d'individus marqués dans le secteur à échantillonner, évitant ainsi les effets de bord¹, suivi de recaptures par observations directes.

1.4.1.1. Le dispositif de capture.

La capture s'effectue par panneautage sur les cinq et mêmes sites une année sur l'autre. Ils ont été choisis de manière à prospecter différents profils paysagers ouverts, intermédiaires et forestiers mais aussi en fonction de l'accessibilité et de la présence de chevreuils. La veille de chaque capture, les équipes sont mobilisées pour mettre en place le dispositif. Au cours de chaque session, 4 à 5 km de filets sont positionnés autour et dans la zone de capture (Figure 2). Les panneaux de filet mesurant 2 mètres de hauteur et 50 mètres de longueur, serviront à capturer les chevreuils après qu'ils aient été poussés lors d'une traque.



Figure 2: Poses des filets servant à la capture de chevreuils.

¹ **Effet de bord** : c'est une exposition partielle à la capture pour les animaux dont les aires de répartition ne sont que partiellement incluses dans la zone étudiée (Eberhardt 1990).

1.4.1.2. La capture.

Le lendemain des poses, les filets sont rendus opérationnels en les positionnant sur des piquets fermement plantés dans le sol tous les 5 mètres environ. Les participants (de 50 à plus de 100) sont répartis en deux équipes, l'une à la surveillance des filets et à la manipulation des chevreuils capturés, l'autre, le gros de la troupe, aura pour mission de rabattre d'une façon ordonnée les animaux vers le dispositif. Chaque animal capturé est placé dans un sabot² de contention avant de passer sur la table d'examen, opération qui se réalise en fin de capture. Cette technique est fastidieuse à mettre en place et onéreuse en logistique et moyens humains. Elle demande une bonne organisation et une rapidité d'exécution des équipes de manière à éviter les fuites prématurées hors du dispositif et de capturer le plus grand nombre d'individus. Elle présente l'avantage de ne pas être sélective envers un sexe ou une classe d'âge de chevreuils.

1.4.1.3. Le marquage.

Une fois la capture terminée, les chevreuils sont regroupés et des examens sont réalisés sur chacun : mesures biométriques et prélèvements biologiques (Tableau 1).

Tableau 1 : Synthèse des manipulations et prélèvements effectués sur les chevreuils capturés.

Critères d'évaluation	Protocole	Interprétation
Estimation de la classe d'âge	Emergence et usure des dents	Jeune – Yearling - Adulte
Biométrie	Pesée de l'animal sur une balance (précision +/- 20g).	indicateurs biologiques fiables (Groupe Chevreuil 1996), qualité phénotypique individuelle (Hewison <i>et al.</i> 1996, 2002), relation population-environnement (Morellet <i>et al.</i> 2007)
Parasitologie	Prélèvement de fèces directement dans le rectum puis analyse au microscope	Estimer la charge parasitaire
Génétique	poinçonnage auriculaire lors de l'étiquetage	Base génétique, hérédabilité, plasticité, variabilité phénotypique, filiations
Parasitologie, formule sanguine	prise sang et prélèvement tique	bilan de santé, maladie de Lyme, rôle du chevreuil dans la circulation des pathogènes et de leurs vecteurs.

De plus, tout individu capturé (jeune ou adulte), est équipé d'étiquettes auriculaires numérotées, d'un transpondeur RFID (radio identification) sous cutané et éventuellement d'un collier émetteur Very High Frequency (VHF) ou Global Positioning System (GPS) identifiable à distance grâce à un code couleur. La contention totale sur la table d'examen dure entre 10 et 15 mn. Les animaux sont ensuite relâchés sur les lieux de leur capture. Les individus équipés de colliers GPS et GSM sont dotés d'un système automatique d'ouverture permettant de libérer le chevreuil du dispositif de marquage au bout de 9 mois. Ainsi d'une année sur l'autre, ce n'est pas forcément les mêmes individus qui seront suivis.



Figure 3: Marquage (à gauche) et lâché (à droite) d'une chevrete

² **Sabot** : C'est une caisse de contention en bois idéalement adaptée à l'espèce dans laquelle l'individu est confiné dans l'obscurité. Le faible volume de la caisse évite que l'individu ne s'inflige des blessures graves.

1.4.1.4. La recapture et le radiopistage.

La surveillance et le suivi des individus équipés débutent dès le lendemain de la capture, d'une part pour s'assurer qu'ils vont bien et d'autre part afin de les spatialiser. Au cours d'une journée, deux secteurs sont échantillonnés. Un le matin et l'autre en fin de journée. Chaque opération dure entre 3 heures et 5 heures. Le préalable avant de débuter une opération de « recapture par observation » est d'attribuer un statut de présence/absence à chaque animal équipé et potentiellement présent sur le secteur à prospector. Chaque individu est localisé par triangulation³ et reçoit le statut OUT s'il est hors de la zone échantillon, soit IN s'il est dedans. Ainsi le nombre d'individus marqués présents est donc potentiellement observable et parfaitement connu.

Pour chaque secteur (Annexe 4) trois répétitions sont programmées la plupart du temps avec les mêmes opérateurs. Chaque opération mobilise de 7 à 8 personnes reliées par radio, quatre traqueurs mobiles qui parcourent un itinéraire plus ou moins pré établi en circulant dans tous les bosquets et quatre observateurs mobiles qui se déplacent en fonction de la progression des rabatteurs. Les rabatteurs débusquent les animaux en essayant, pour éviter le plus possible les doubles comptages, de les faire sortir du secteur à battre. Le rôle des observateurs est d'identifier avec certitude l'animal (sexe, âge, marqué avec identification du code couleur ou non marqué) ainsi que son trajet de fuite. Tout contact est spatialement reporté sur un plan. Les observateurs se placent là où ils disposent d'une couverture visuelle idéale et la coordination radio entre chaque participant permet d'éviter les « zones d'ombre ». L'acuité et la réactivité des observateurs sont primordiales car pour la qualité du résultat il importe de bien identifier tout animal mobilisé par les rabatteurs, le pire des cas étant un chevreuil non identifié. Au final, on obtient au préalable un nombre de chevreuils équipés présents et potentiellement observables, un nombre de chevreuils marqués observés (des femelles, des mâles, ...) ainsi qu'un nombre d'individus non marqués observés (des femelles, des mâles, ...).

1.4.2. AU LABORATOIRE

1.4.2.1. Présentation des données.

Les analyses reposent sur un échantillon de 258 chevreuils différents et 368 chevreuils capturés et suivis entre 2005 et 2018. Parmi les chevreuils marqués et observés, 35% sont des chevreuils jeunes (131 individus) et 64% des individus sont des femelles (237 individus) (Tableau 2). Au total, la base de données est constituée de 8240 observations, de chevreuils marqués et non marqués confondus (Tableau 3). Pour cette étude est exclu le secteur « Embargade » où la collecte des données de recapture par observation et le nombre d'individu (n=25), n'est pas suffisant et ne couvre qu'une courte période (2007-2011).

Tableau 2: Synthèse du nombre de chevreuils capturés sur l'ensemble du dispositif entre 2005 et 2018.

Secteur	Mâles	%M	Femelles	%F	Jeune	%J	Adulte	%A
Fabas	40	30,50	73	30,80	35	26,71	78	32,91
Eoux	21	16,03	32	13,50	20	15,26	33	13,92
Peyrissas	43	32,82	82	34,59	44	33,58	81	34,17
Réservoir Nord	19	14,50	33	13,92	20	15,26	32	13,50
Embargade	8	6,15	17	7,19	12	9,19	13	5,50
Total	131	100,00	237	100,00	131	100,00	237	100,00

³ **Triangulation** : Localisation spatial d'un individu porteur d'un collier émetteur à partir de la convergence de plusieurs azimuts en utilisant un récepteur radio équipé d'une antenne(s) directionnelle(s).

Tableau 3: Synthèse des observations de chevreuils marqués et non marqués lors des campagnes de recaptures sur l'ensemble du dispositif entre 2005 et 2018.

	Secteur	Mâles	Femelles	Total Marqués	Non marqués (sexes confondus)	Total
Sites	Fabas	494	491	985	1064	2049
	Eoux	524	535	1059	1183	2242
	Peyrissas	554	551	1105	1113	2218
	Réservoir Nord	218	221	439	450	889
	Embargade	205	206	411	431	842
	Total	1995	2004	3999	4241	8240

1.4.2.2. Traitement et mise en forme des données.

Les données ont été mise en forme à l'aide du logiciel de traitement Microsoft Office Excel 2007. La version 3.4.1 du logiciel R a été utilisée. Au cours de cette analyse plusieurs modèles linéaires généralisés ont été construits et des tests anova et wilcoxon ont été appliquée. Pour l'ensemble des tests, une valeur seuil $\alpha = 0.05$ a été retenue. Plusieurs types de données ont été récoltés (ci-après) parmi lesquels plusieurs variables ont été retenues à savoir :

- **L'identifiant de chaque animal** (*variable quantitative factorielle*).
- **Le nombre de répliqués** caractérisant le nombre de fois que l'opération de recapture par observation a été réalisée (*variable quantitative factorielle*).
- **Le secteur de rabat** (*variable quantitative factorielle*).
- **L'année** (*variable quantitative factorielle*).
- **Le sexe** (*variable qualitative factorielle*)
- **L'âge** (*variable qualitative factorielle*).
- **La localisation** dans la zone de rabat (=1) ou hors zone de rabat (=0), avec l'appui de la radiotélémetrie (*variable quantitative numérique, données binaires*).
- **L'observation** de l'individu marqué durant la recapture (*variable quantitative numérique, données binaires*). L'individu est observé lors de la recapture (=1), ou ne l'est pas (=0).

Au cours d'une campagne, plusieurs sessions de recapture sont réalisées et plusieurs observations par individu identifiable sont possibles. Dans le but d'obtenir une probabilité d'observation par individu marqué, il faut agréger les observations de chacun en fonction de l'identifiant numérique individuel, les années et les sites. De cette manière, il est possible de mettre en relation le nombre de fois où un individu est observé sur le nombre total de dénombrements, et obtenir une probabilité d'observation par secteur et par année. Enfin, cette probabilité qui correspond à la détectabilité des animaux marqués est modélisée en fonction des différents secteurs de la zone d'étude, de l'année, et des variables âge et sexe.

1.4.2.3. Les estimations de densité par secteur

Le modèle d'estimation repose sur le calcul d'un indice de Petersen-Lincoln souscrit à une modification se basant sur des probabilités d'observations ;

$$N_i = ((P_s * 100) * O_t) / S$$

La variance estimée de N est définie par ;

$$\text{Var}(N_i) = \sum (dn - D)^2 / n$$

Intervalle de confiance à 95%

$$N_i \pm 1.96 \sqrt{\text{Var}(N_i)}$$

À partir des probabilités d'observation, il est possible d'obtenir une estimation de densité locale pour les quatre secteurs de manière indépendante. De cette façon, la densité moyenne de la population de chevreuils par année et par site est obtenue en utilisant la probabilité d'observation d'un secteur P_s (moyenne des probabilités d'observation des individus marqués présents sur un secteur, une année donnée) que l'on multiplie par le nombre total d'individus contactés O_t , lors d'une recapture par observation (individus marqués et non marqués). Le résultat est ramené à la surface de la zone prospectée afin d'estimer la densité de population S , par hectare.

La variance des estimations d'un secteur, une année donnée, est obtenue en faisant la somme des écarts au carré des densités calculées par répétition dn que l'on soustrait à la densité moyenne D de ce même secteur, puis que l'on divise ensuite par le nombre de répétitions n .

Afin que le calcul de l'index Petersen-Lincoln garde son entière validité, certaines conditions sur la population d'animaux marqués doivent être vérifiées :

- Tout chevreuil équipé de radio-émetteur est raisonnablement indépendant de sa probabilité d'observation lors d'enquêtes de ré-observations ultérieures ;
- Plusieurs jours doivent être écoulés entre la capture et la recapture et entre chaque opération de recapture par observation de manière à ce que les animaux reprennent un comportement normal et que le stress dû à la capture et aux différentes recaptures s'atténue;
- Chaque journée de capture est considérée comme une enquête indépendante de la population estimée (Eberhardt, 1990).
- En théorie, la population étudiée est spatialement et démographiquement « fermée », c'est-à-dire que les facteurs immigrations/émigrations mais aussi naissances et mortalités sont ignorés des estimations statistiques.

1.4.2.4. Analyses statistiques

Afin de tester nos hypothèses selon lesquelles (1) la probabilité d'observer un individu devrait être plus élevée en milieu ouvert qu'en milieu mixte, (2) l'observabilité des individus est la même quelque soit le sexe et l'âge (3) l'observabilité sur l'ensemble des sites doit varier d'un site à l'autre selon l'année, entre 2005 et 2018, nous avons construit des modèles linéaires généralisés afin d'expliquer la variation de la probabilité d'observation entre individus.

La probabilité d'observation étant comprise dans l'intervalle $[0,1]$, nous avons considéré une loi binomiale. Le modèle le plus complet comprenait donc la probabilité d'observation de chaque individu, en fonction du site, de l'âge, du sexe et de l'année. Nous avons construit les modèles additifs et interactifs les plus simples à partir de ce modèle puis, avec la commande « aictab » du package « AICcmodavg », nous avons classé ces modèles en fonction du critère d'information d'Akaike (AIC). En effet, ce critère permet de pénaliser les modèles en fonction du nombre de paramètres (k) afin de satisfaire le critère de vraisemblance et sélectionner le modèle étant le plus parcimonieux aux hypothèses testées. Un modèle de référence, c'est-à-dire un modèle constant est aussi ajouté à la classification.

2. Résultats

2.1. Prédications du modèle et observabilité

Le modèle sélectionné (Annexe 5) est le modèle expliquant la variation de la probabilité d'observation en fonction du site (AIC = 392.24, deltaAIC = 0.00, AICweight = 0.25).

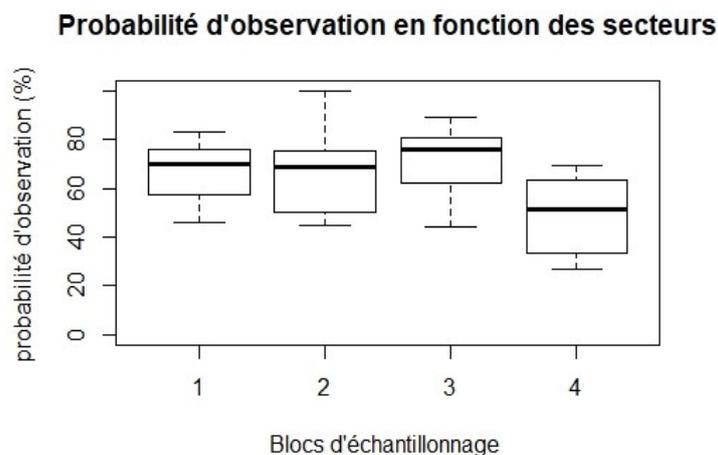


Figure 4 : Variation de la probabilité d'observer un individu selon les sites ; site 1 = Fabas, site 2 = Eoux ; site 3 = Peyrissas ; site 4 = Réservoir nord.

Le graphique ci dessus (Figure 4) indique que la probabilité d'observation est plus élevée dans les secteurs les plus ouverts que les secteurs dont le profil paysager est plutôt contrasté. En effet, les milieux ouverts comme Fabas (site 1) et Peyrissas (site 3), présentent respectivement une probabilité d'observation élevée (66 % et 70 %). Concernant cette observabilité au cours du temps (Figure 5), il est intéressant de constater une variabilité de la probabilité d'observer un individu d'un secteur à l'autre, mais aussi sur un même secteur entre 2005 et 2018. De cette manière, parmi les chevreuils marqués, nous pouvons retenir que la probabilité d'observer un individu ne dépend pas uniquement de l'ouverture du paysage mais qu'elle varie aussi bien d'une année sur l'autre puisque ce ne sont pas forcément les mêmes individus qui sont équipés d'une année sur l'autre. En revanche, la probabilité d'observer un individu ne dépend ni de l'âge ($W = 12456$, $p\text{-value} = 0.2918$), ni du sexe ($W = 12618$, $p\text{-value} = 0.2733$).

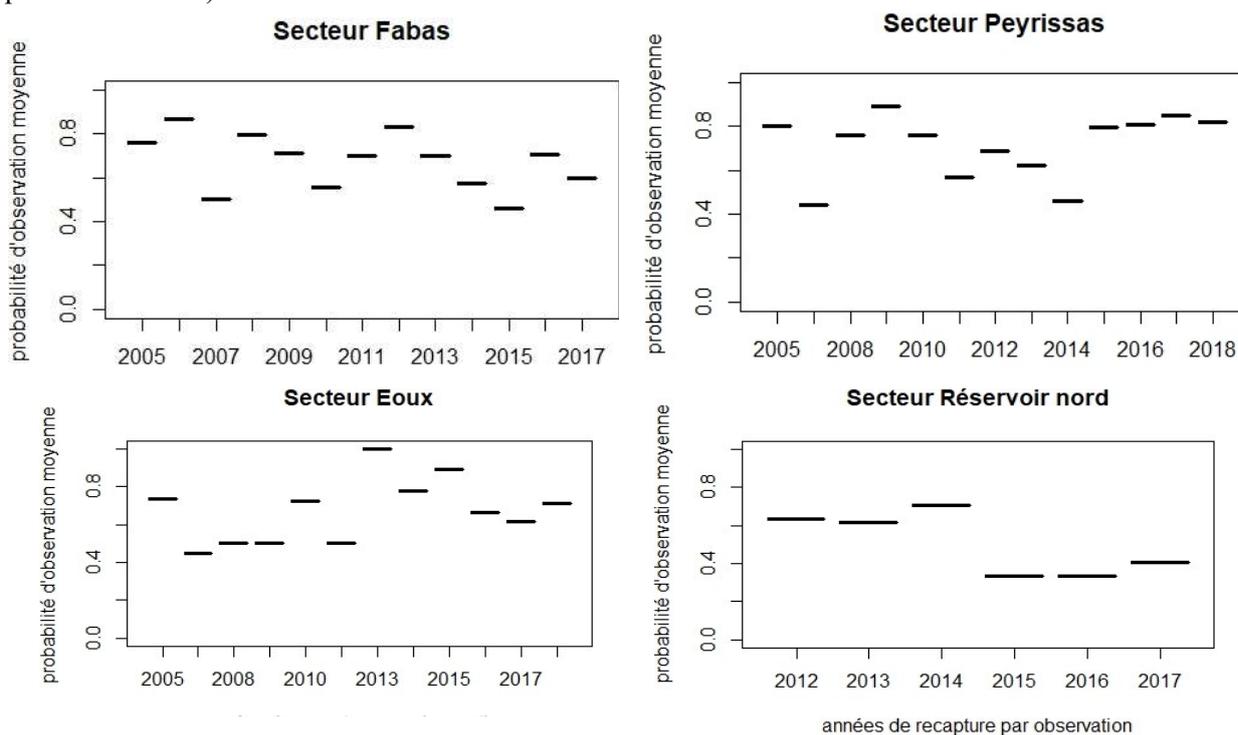


Figure 5 : Représentation de l'observabilité moyenne par site, entre 2005 et 2018.

2.2. Estimations des densités locales par secteur.

Les estimations de densité locales ont été calculées pour chaque site entre 2005 et 2018 (Annexe 6). En effet, en observant ces densités (Figure 6), nous pouvons déduire qu'elles sont différentes entre les sites et les années sachant une densité plus élevée en 2017 (Tableau 4) pour le secteur de d'Eoux. De plus, les données numériques (Annexe 6) de la densité en 2017 montrent clairement une différence entre Fabas (6.9 individus aux 100 ha), dont le paysage est ouvert et le site d'Eoux (10.8 individus aux 100 ha), présentant un environnement plus boisé.

Tableau 4: Présentation des densités locales estimées par secteur.

secteur	densité 2017	densité moyenne aux 100 ha entre 2005 et 2018	IC 95%
Fabas	6.9	5.06	[1.74-8.39]
Eoux	10.8	6.99	[2.75-11.23]
Peyrissas	6.3	6.63	[2.67-10.59]
Réservoir nord	7.6	6.62	[2.14-11.09]

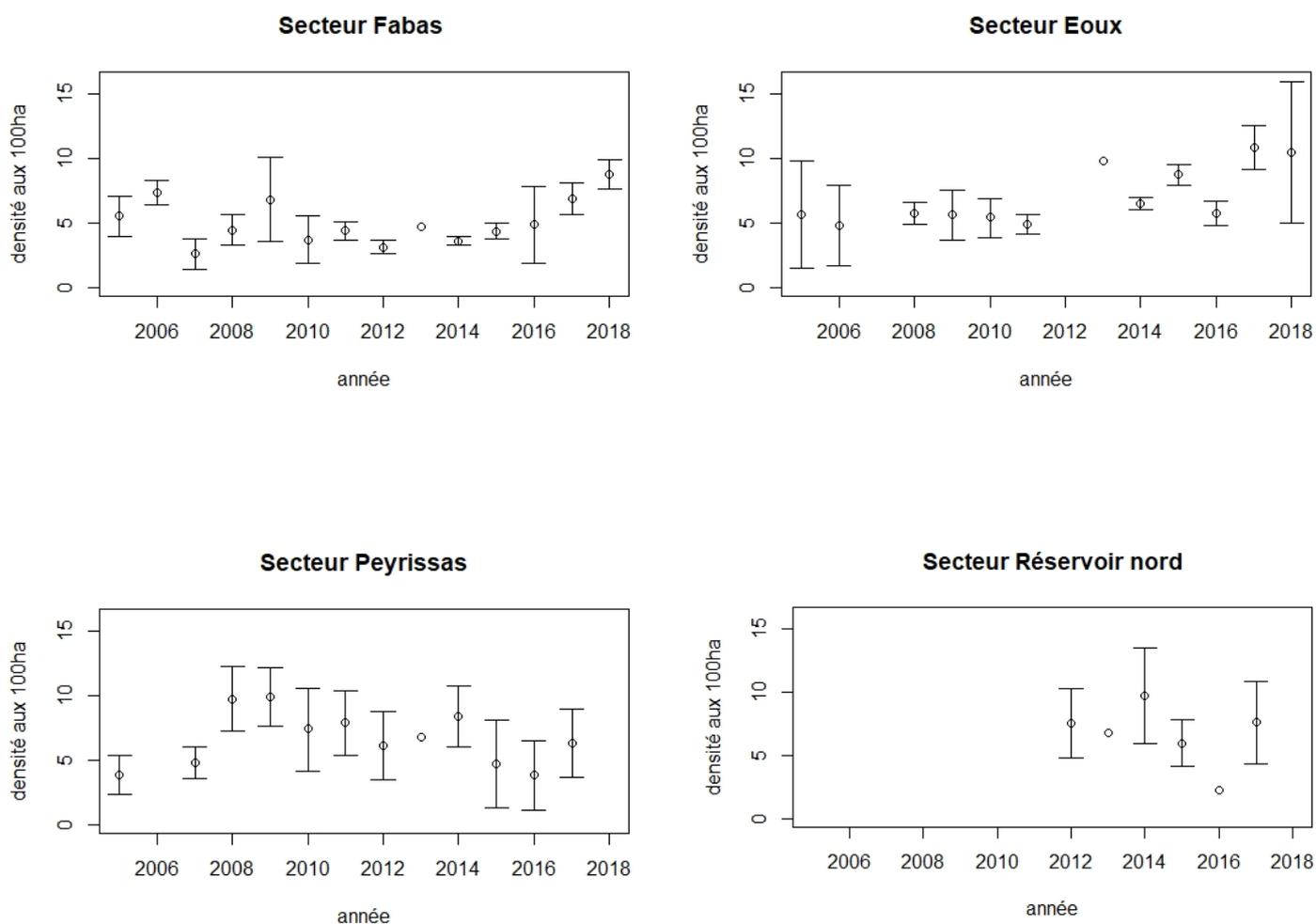


Figure 6: Densités aux 100 ha en fonction des secteurs et de l'année.

3. Discussions

Au cours de ce stage, nous nous sommes intéressés à la variation de la densité de chevreuils dans un environnement fragmenté en considérant notamment la proportion d'habitat boisé dans le paysage. En effet, l'intérêt de ce site d'étude est la présence d'un gradient d'ouverture du milieu, allant d'un habitat fermé, strictement forestier à un agroécosystème largement ouvert. Ainsi, nous avons déterminé deux principaux secteurs paysagers à savoir un secteur moyennement ouvert où l'ambiance paysagère est plutôt forestière : les bosquets sont peu dispersés reliés les uns aux autres par des haies plutôt courtes en longueur ; et un secteur très ouvert, où les haies sont longues et les bosquets sont disséminés au milieu des parcelles agricoles. Dans cette étude, l'estimation de la densité pour chaque site donné permet de représenter l'intensité d'utilisation des espaces fragmentés par les chevreuils (Ianuzzo *et al.* 2010). Elle permet de mieux comprendre la dynamique et la dépendance ou l'indépendance de la régulation des effectifs des populations selon les stratégies démographiques, principalement en fournissant des informations sur la structure spatiale de la densité (Ianuzzo *et al.* 2010). Ainsi, en appliquant radiotélémetrie (matériel SIKA tracking receiver) et relevés d'observations directes, il est possible de produire des estimations précises de la densité de chevreuils dans un paysage fragmenté (Focardi *et al.* 2002b).

3.1. Relation entre l'observabilité du chevreuil et le paysage.

La structure du paysage est l'une des réponses qui influence la plasticité comportementale d'une espèce (Hewison *et al.* 2007). C'est d'ailleurs un élément important des modèles qui essaient de prédire les effets de changements du paysage sur un grand périmètre, à long terme, des populations d'espèces herbivores. Ainsi, bien que le chevreuil soit une espèce plutôt difficile à observer de par son activité crépusculaire (Boisaubert *et al.* 1988) et par sa sélection des habitats forestiers (Morellet *et al.* 2011), les probabilités d'observation estimées sont relativement élevées en milieu ouvert et nos résultats démontrent que la structure du paysage influence les chances d'observer un individu dans son environnement. Ainsi, il est clair que le gradient d'observabilité du chevreuil et sans aucun doute d'autres ongulés est modulé par le degré d'ouverture du paysage. En effet, il semble que les chevreuils aient une faible tolérance aux perturbations (Bonnot *et al.* 2014) mais aussi une grande distance de fuite dans ces paysages relativement ouverts (Bonnot *et al.* 2015). En outre, le caractère ubiquiste de ces animaux par rapport à la couverture végétale entraîne une variabilité de la probabilité d'observer un individu, d'un site à l'autre, et ce quelle que soit la technique utilisée.

Par ailleurs, Bonnot *et al.* (2014) ont démontré que le risque encouru par un individu dans son environnement est perçu différemment du fait qu'il existe des différences individuelles (personnalité, comportements) quant à la tolérance aux perturbations (Bonnot *et al.* 2014). Ainsi, comme pour l'utilisation de l'habitat, l'observabilité des individus diffère en fonction des variations du risque perçu, de sorte qu'un niveau de risque global plus élevé de la perturbation provoque sensiblement des réponses comportementales différentes. En outre, nous pouvons supposer que la variation de l'observabilité d'une année sur l'autre sur chaque site, peut être liée à la personnalité des individus. Par exemple, un chevreuil audacieux et actif prend plus de risques à se déplacer et à s'exposer. Dans ce cas, lors d'une recapture par observation, on aura plus de chance de le percevoir et notre probabilité d'observation aura tendance à être élevée. En revanche, un chevreuil farouche et vigilant aura plutôt tendance à fuir avant même que le dispositif de recapture par observation soit mis en place.

3.2. Répartition et densité locale.

Il a été démontré, au travers d'une population de chevreuils suivi à long terme, que la distribution et l'abondance des individus n'est pas uniforme (Eberhardt *et al.* 1990). La densité locale de chevreuils

est un paramètre variable au cours du temps et dans l'espace (Focardi *et al.* 2002) et il existe une relation entre structure du paysage et densité locale de chevreuils. En outre, les estimations de densité de chevreuils générées entre 2006 et 2017 montrent des niveaux de densités locales qui fluctuent entre sites d'une année sur l'autre. Ces nouveaux résultats restent cohérents avec les résultats de Hewison *et al.* (2007), dans lesquels la densité estimée dans un paysage fragmenté est de 4.0 à 7.9 chevreuils aux 100 ha. Ainsi, certains auteurs (Tufto *et al.* 1996 ; Maillard *et al.* 1999) ont démontré que le comportement spatial des chevreuils peut être interprété comme une réponse à la disponibilité et à la distribution des ressources. La population a plutôt tendance à être présente en faible densité dans les paysages ouverts mais reste toutefois légèrement plus abondante dans les espaces un peu plus fermés. Une explication pourrait être que le chevreuil sélectionne préférentiellement les habitats forestiers, les lisières comme sites refuges (Morellet *et al.* 2011). Ainsi, l'abondance et la répartition des ressources est un facteur important à considérer. Si l'une des ressources vient à manquer, les chevreuils se déplacent et viennent à explorer d'autres milieux pour assouvir leurs besoins nutritionnels. De ce fait, à plus grande échelle, le fonctionnement des populations résulte en partie d'une action prépondérante des mécanismes extrinsèques sur les paramètres démographiques, et celle-ci participe à la régulation du niveau d'équilibre du système population-environnement. Finalement, dans ce paysage fragmenté, les structures naturelles telles que les haies et les bosquets sont des entités plutôt fragiles et sujettes à détérioration ou à suppression (Guyon *et al.* 1996). De telles modifications brutales du paysage sont donc susceptibles de provoquer des perturbations marquées dans l'utilisation de l'espace par les chevreuils et, par conséquent, peuvent avoir un impact sur la dynamique locale des populations ainsi que sur la biodiversité en général. Le chevreuil reste ainsi dépendant d'un équilibre entre les ressources de pâturage, de couverture et de la répartition des perturbations anthropiques.

3.3. Les limites et qualité des données

Plusieurs opérations de recaptures par observations n'ont pu être réalisées certaines années sur le secteur Embargade (2005 et 2012 à 2017) et le secteur Réservoir nord (2005 à 2012). Ainsi, les différences observées sur les estimations s'expliquent en partie à cause d'un nombre de répétition de recaptures par observations non équivalent d'un site à l'autre, voire inexistant certaines années. De ce fait, cette source de variation à laquelle on peut sensiblement ajouter l'hétérogénéité spatiale de l'habitat et le temps (effet de la température, luminosité, précipitations..) modulent toutes précisions aux estimations de densité.

4. Impressions personnelles et acquisitions professionnelles.

Ce stage en alternance m'a confronté aux réalités du monde du travail, à participer en l'acquisition de nouvelles compétences en traitement et analyses de données mais aussi à la valorisation de mon cursus antérieur, en mettant à contribution mon expérience professionnelle. L'enjeu de ce stage n'a pas été uniquement celui de conceptualiser un rapport de stage, mais bien celui de prendre du recul tout en motivant l'envie de poursuivre, en explorant de nouveaux horizons professionnels, dont celui de l'univers de la recherche appliquée à l'écologie et à l'étude du comportement de la Faune Sauvage. Au cours de cette période, ma principale mission a été de produire des estimations de densité locale sur une population de chevreuils. L'originalité de ce travail est qu'il m'a permis de concilier à la fois le terrain, période qui restera un moment de convivialité, d'apprentissage technique mais aussi une étape bureautique consacrée à la manipulation et au traitement de données à l'aide du logiciel R. Cette étape bureautique m'a mise en difficulté mais elle m'a permise d'en apprendre davantage sur le langage R et a forgé mon envie de poursuivre dans cette voie pour acquérir une meilleure maîtrise de ce logiciel essentiel pour de futures missions professionnelles.

Bibliographie

- ABBAS F., MORELLET N., HEWISON A. JM, et al.** Landscape fragmentation generates spatial variation of diet composition and quality in a generalist herbivore. *Oecologia*, 2011, vol. 167, no 2, p. 401-411.
- ACEVEDO P., DELIBES-MATEOS M., ESCUDERO M. A., et al.** Environmental constraints in the colonization sequence of roe deer (*Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758) across the Iberian Mountains, Spain. *Journal of Biogeography*, 2005, vol. 32, no 9, p. 1671-1680.
- ACEVEDO, P., ESCUDERO MA., MUÑOZ R., et al.** Factors affecting wild boar abundance across an environmental gradient in Spain. *Acta Theriologica*, 2006, vol. 51, no 3, p. 327-336.
- ANCIAUX MR., et LIBOIS R.,** Atlas des mammifères sauvages de Wallonie (suite). Le chevreuil, *Capreolus capreolus* L. *Cahiers d'Ethologie*, 1990, vol. 10, no 2, p. 183-196.
- BEGON, M., MORTIMER, M., and THOMPSON, D.J** Population ecology : a unified study of animals and plants, 3 edn (Oxford, Wiley-Blackwell), 1996.
- BOISAUBERT B., et BOUTIN JM.,** *Le chevreuil*. Hatier, 1988.
- BONENFANT C., GAILLARD JM., COULSON T., et al.** Empirical evidence of density-dependence in populations of large herbivores. *Advances in ecological research*, 2009, vol. 41, p. 313-357.
- BONNOT N., VERHEYDEN H., BLANCHARD P., et al.** Interindividual variability in habitat use: evidence for a risk management syndrome in roe deer?. *Behavioral Ecology*, 2014, vol. 26, no 1, p. 105-114.
- BONNOT N., MORELLET N., HEWISON A. J., et al.** Roe deer at risk: teasing apart habitat selection and landscape constraints in risk exposure at multiple scales. *Oikos*, 2015, vol. 124, no 11, p. 1536-1546.
- CANDELA, M G., SERRANO E., SEVILA J., et al.** Pathogens of zoonotic and biological importance in roe deer (*Capreolus capreolus*): Seroprevalence in an agro-system population in France. *Research in veterinary science*, 2014, vol. 96, no 2, p. 254-259.
- CARGNELUTTI B., REBY D., DESNEUX L., et al.** Space use by roe deer in a fragmented landscape: some preliminary results. 2002.
- CLUTTON-BROCK T.H., ILLIUS A.W., WILSON K., GRENFELL B.T., MACCOLL A.D.C., and ALBON S.D.** Stability and instability in ungulate populations: an empirical analysis. *Am Nat* 149, 1997, p 195-219.
- COULSON T., MILNER-GULLAND E.J., and CLUTTON-BROCK T.H.** The relative roles of density and climatic variation on population dynamics and fecundity rates in three contrasting ungulate species. *Proc R Soc Lond B* 1454, 2000, p 1771-1779.
- COULON A., COSSON J. F., ANGIBAUT J. M., et al.** Landscape connectivity influences gene flow in a roe deer population inhabiting a fragmented landscape: an individual-based approach. *Molecular ecology*, 2004, vol. 13, no 9.
- DAJOZ, R.** Précis d'écologie, 8th edn. – Dunod, 2006.
- EBERHARDT L. L.** Using radio-telemetry for mark-recapture studies with edge effects. *Journal of Applied Ecology*, 1990, p. 259-271.
- EVE J.H., and KELLOGG F.E.** Management implications of abomasal parasites in southeastern white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management* 41, 1977, p 169-177.
- FERNÁNDEZ N., KRAMER-SCHADT S., et THULKE HH.** Viability and risk assessment in species restoration: planning reintroductions for the wild boar, a potential disease reservoir. *Ecology and Society*, 2006, vol. 11, no 1.
- FOCARDI S., ISOTTI R., PELLICIONI E., et al.** The use of distance sampling and mark-resight to estimate the local density of wildlife populations. *Environmetrics*, 2002, vol. 13, no 2, p. 177-186.
- FRYXELLE J.M., HUSSELL D.J.T., LAMBERT A.B., and SMITH, P.C.** Time lags and population fluctuations in white-tailed deer. *J Wildl Manage* 55, 1991, p 377-385.
- GAILLARD J. M., BOISAUBERT B., BOUTIN J. M., et al.** L'estimation d'effectifs à partir de capture-marquage-recapture: application au chevreuil (*Capreolus capreolus*). *Gibier Faune Sauvage*, 1986, vol. 3, no 2, p. 143-158.
- GAILLARD J.M., DELAFORME D., and JULLIEN J.M.** Effects of cohort, sex, and birth date on body development of roe deer (*Capreolus capreolus*) fawns. *Oecologia* 94, 1993, p 57-61.

- GUYON J.-P., BESSIÈRES, François FAINGNAERT Ophélie, et al.** Évolution des formations boisées sur le territoire de deux communes du canton d'Aurignac (Haute Garonne) de 1942 à 1992. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 1996, p. 139-152.
- LE GOFF Christian, BARADEL, J. M., BARRAT Jacques, et al.** Bilan d'une enquête sérologique effectuée sur différents mammifères sauvages de France. *Revue scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 1988, vol. 7, no 4, p. 861-872.
- HARTL G. B., HEWISON A. J. M., APOLLONIO, M., et al.** Genetics of European roe deer. *The european roe deer: The biology of success*, 1998, p. 71-90.
- HEMAMI, Mahmoud-Reza, WATKINSON A. R., et DOLMAN P. M.** Population densities and habitat associations of introduced *muntjac Muntiacus reevesi* and native roe deer *Capreolus capreolus* in a lowland pine forest. *Forest ecology and management*, 2005, vol. 215, no 1-3, p. 224-238.
- HEWISON A. JM., VINCENT J. P., et REBY D.** Social organisation of European roe deer. *The European roe deer: the biology of success. Scandinavian University Press, Oslo*, 1998, p. 189-219.
- HEWISON A. JM., VINCENT J. P., BIDEAU E., et al.** Variation in cohort mandible size as an index of roe deer (*Capreolus capreolus*) densities and population trends. *Journal of Zoology*, 1996, vol. 239, no 3, p. 573-581.
- HEWISON A. JM, VINCENT J. P., JOACHIM, J., et al.** The effects of woodland fragmentation and human activity on roe deer distribution in agricultural landscapes. *Canadian journal of zoology*, 2001, vol. 79, no 4, p. 679-689.
- HEWISON A. JM., ANGIBAUT JM., CARGNELUTTI B., et al.** Using radio-tracking and direct observation to estimate roe deer *Capreolus capreolus* density in a fragmented landscape: a pilot study. *Wildlife Biology*, 2007, vol. 13, no 3, p. 313-320.
- IANNUZZO D., FOCARDI S., RAGANELLA-PELLICIONI E., et al.** A method to estimate roe deer *Capreolus capreolus* density at various spatial scales in a fragmented landscape. *Wildlife biology*, 2010, vol. 16, no 3, p. 283-291.
- JARNEMO A.** Predation processes: behavioural interactions between red fox and roe deer during the fawning season. *Journal of Ethology*, 2004, vol. 22, no 2, p. 167-173.
- JEPSEN J. U. et TOPPING C. J.** Modelling roe deer (*Capreolus capreolus*) in a gradient of forest fragmentation: behavioural plasticity and choice of cover. *Canadian journal of zoology*, 2004, vol. 82, no 9, p. 1528-1541.
- KREBS C.J.** Ecology, fifth edn (San Francisco, Benjamin Cummings) 2001.
- LINNELL J.D.C., DUNCAN P. & ANDERSEN R.** The European roe deer: A portrait of a successful species. *The European roe deer: The Biology of Success* (ed. by R. Andersen, P. Duncan, and J.D.C. Linnell), 1998, pp. 11-22. Scandinavian University Press, Oslo.
- MAILLARD D., GAUDIN J.-C., REUDET D., et al.** Acclimatation du chevreuil (*Capreolus capreolus* L.) introduit en milieu supra méditerranéen et son occupation de l'espace. 1999.
- MCINTOSH R., BURLTON F. W. E., et MCREDDIE G.** Monitoring the density of a roe deer *Capreolus capreolus* population subjected to heavy hunting pressure. *Forest Ecology and Management*, 1995, vol. 79, no 1-2, p. 99-106.
- MORELLET N., GAILLARD JM., HEWISON A. JM., et al.** Indicators of ecological change: new tools for managing populations of large herbivores. *Journal of Applied Ecology*, 2007, vol. 44, no 3, p. 634-643.
- MORELLET N., VAN MOORTER B., CARGNELUTTI B., et al.** Landscape composition influences roe deer habitat selection at both home range and landscape scales. *Landscape Ecology*, 2011, vol. 26, no 7, p. 999-1010.
- ODUM E.P.** Fundamentals of ecology (Philadelphia, Saunders), 1953.
- PETTORELLI N., GAILLARD JM., VAN LAERE G., et al.** Variations in adult body mass in roe deer: the effects of population density at birth and of habitat quality. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 2002, vol. 269, no 1492, p. 747-753.
- POLLOCK H., NICHOLS D., BROWNIE C., et al.** Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildlife monographs*, 1990, p. 3-97.
- REBY D., HEWISON, A. JM., CARGNELUTTI B., et al.** Use of vocalizations to estimate population size of roe deer. *The Journal of wildlife management*, 1998, p. 1342-1348.
- RICHARD E., MORELLET N., CARGNELUTTI B., ANGIBAUT JM., VANPE C., HEWISON A. JM.** Ranging behaviour and excursions of female roe deer during the rut. *Behavioural Processes* 79, 2008, p 28-35.

SIBLY R.M., BARKER D., HONE, J., and PAGEL M. On the stability of populations of mammals, birds, fish and insects. *Ecology Letters* 10, 2007, p 970-976.

STENSETH N.C., BJORNSTAD O.N., and SAITOH T. A gradient from stable to cyclic populations of *Clethrionomys rufocanus* in Hokkaido, Japan. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 263, 1996, p 1117-1126.

TUFTO J., ANDERSEN R., et LINNELL J. Habitat use and ecological correlates of home range size in a small cervid: the roe deer. *Journal of Animal Ecology*, 1996, p. 715-724.

VINCENT JP., GAILLARD JM., et BIDEAU E. Kilometric index as biological indicator for monitoring forest roe deer populations. *Acta theriologica*, 1991, vol. 36, no 3-4, p. 315-328.

Webographie

[1] Le chevreuil : http://alpesoiseaux.free.fr/animaux/chevreuil_capreolus/chevreuil.htm

[2] Réseau ongulés sauvages, *ONCFS* : <http://www.oncfs.gouv.fr/Connaitre-les-especes-ru73/>

[3] Laboratoire CEFS (page accueil) : <https://www.toulouse.inra.fr/cefs/>

Rapports d'étude consultés

BIDEAU. E, MAIRE. F Contribution à l'élaboration d'une méthode de recensement des populations de chevreuil (*Capreolus capreolus*), 1978. Rapport d'étude ONF.

CARGNELUTTI. B Influence de l'hétérogénéité du paysage sur l'occupation de l'espace de chevreuils (*Capreolus capreolus*) vivant en milieu fragmenté. Mémoire de l'école pratique des hautes études, 2007.

GAILLARD, JM. Contribution à la dynamique des populations de grands mammifères: l'exemple du chevreuil (*Capreolus capreolus*). 1988. Thèse de doctorat. Lyon 1.

KABACOFF. R, R in action, data analysis and graphics with R, second edition, 2015, p. 301-311.

LAROUERE .J, (2000), Densité de population chez le chevreuil: étude bibliographique. Thèse de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon – Université Claude Bernard Lyon I.

MERGEY. M, Etude de la densité locale sur les succès reproducteurs à vie et annuel des femelles de chevreuils. Rapport DEA « Analyse et Modélisation des Systèmes Biologiques », 2004.

OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET DE LA FAUNE SAUVAGE. Atlas de la Biodiversité de la Faune Sauvage, tout le gibier de France. Paris: HACHETTE, 2008, p 24-29.

STUYK O., Etude du domaine de vie de quelques chevreuils suivis par radio-émetteur en forêt de Lilhac-Fabas. (Canton d'Aurignac Haute-Garonne). Rapport DUT de biologie appliquée, 2000, p10.

Résumé

L'étude de la dynamique des populations est un réel enjeu en biologie de la conservation mais aussi dans la lutte biologique, épidémiologie et la gestion des populations exploitées (chasse, pêche, forêts, élevage). Le principal objectif de la dynamique des populations est de décrire et d'expliquer les variations d'abondance des populations dans l'espace et dans le temps. Au travers de cette étude nous avons pu développer dans le cas du chevreuil *Capreolus capreolus*, une approche fonctionnelle et démographique des populations à partir de données obtenues sur plusieurs années de suivi en nature. Le paysage actuel est en très grande partie façonné par l'organisation et la nature des activités humaines (agricoles, sylvicole,..) qui s'y déroulent. Le Chevreuil s'intègre dans ce tissu en s'adaptant aux activités locales et aux changements qui peuvent survenir. C'est pourquoi, nous avons étudié l'effet de la structure d'un paysage contrasté sur la densité locale de chevreuils adultes vivant dans un agroécosystème du sud ouest de la France (Bas Comminges). L'estimation de la densité de chevreuils par secteur est obtenue par la méthode de capture-marquage-recapture dans un cadre de Petersen-Lincoln en conciliant d'une part, le radiopistage et d'autre part l'observation directe. D'une superficie de 225 km², le site d'étude est composé d'un paysage de coteaux à vocation polyculture d'élevage et on note un gradient d'ouverture du milieu. Sur cet espace, les estimations locales montrent entre 2006 et 2017 une densité moyenne de 5.2-7.3 chevreuils aux 100 ha, contrairement à ce qu'il a pu être démontré sur les espaces forestiers où les densités avoisinent les 34.3 chevreuils aux 100 ha. Ainsi, il apparaît que l'abondance en chevreuils est modulée non seulement par la structure du paysage, mais il faut aussi considérer l'action des mécanismes extrinsèques dont les aléas météorologiques d'une année sur l'autre pour lesquels peuvent dépendre les disponibilités en ressources, la survie de la progéniture, la dispersion.

Mots clef : densité locale, habitat fragmenté, capture-marquage-recapture, Chevreuils, télémétrie.

ANNEXES

Annexe 1 : Le Laboratoire Comportement et écologie de la Faune Sauvage (CEFS).



L'INRA (Institut national de la recherche agronomique) est le premier institut de recherche agronomique en Europe, le deuxième dans le monde. Il mène des recherches regroupant les thèmes de l'alimentation, l'agriculture, et l'environnement. Cet établissement public à caractère scientifique et technologique (EPST) comprend 20 centres en France, regroupant 208 unités de recherches, dont le laboratoire comportement et Écologie de la Faune Sauvage (CEFS), basé à Auzeville-Tolosan.

Le CEFS, anciennement nommé Institut de Recherche sur les Grands Mammifères (IRGM, 1978-2004), existe depuis le 1er Janvier 2004 et est rattaché au département de recherche Ecologie des Forêts, Prairies et milieux aquatiques (EFPA). C'est une petite structure composée de scientifiques, ingénieurs, techniciens de recherche et d'un nombre variable d'étudiants. Les travaux du laboratoire concernent l'éco-éthologie des grands herbivores (cervidés et bovidés) et des écosystèmes dont ils vivent, en privilégiant le suivi à long terme avec une approche centrée sur l'individu.

In natura, dans les Coteaux et Vallons de Gascogne, dans le canton d'Aurignac (sud de la Haute Garonne) l'équipe développe depuis 1976 un programme sur une population de chevreuils sauvages. En effet, plongé au cœur d'un paysage contrasté et d'une couverture forestière fragmentée, les différentes études qui y sont menées consistent à suivre par capture-marquage-recapture des individus équipés de collier émetteur (GPS ou VHF). L'objectif est d'appréhender le fonctionnement de cette population de chevreuils dans un environnement très anthropisé au travers du suivi d'individus marqués (dynamique de la population, occupation spatio-temporelle, mouvements de dispersion des jeunes, ...).

L'unité dispose depuis d'une installation expérimentale (un enclos de 20 ha situé sur la commune de Gardouch (31)) où elle réalise des expériences en conditions contrôlées. Cette structure offre de nombreuses possibilités, comme l'étude des interactions chevreuil-écosystème (faune, flore, pathogènes, sol) en milieu boisé et prairial en faisant varier la densité d'animaux. Elle permet aussi d'aborder les études fines sur le comportement du chevreuil (relation mère jeune par exemple) par l'observation d'animaux imprégnés (Blog: Histoire de Chevreuils). De plus, il est possible de tester et/ou de mettre au point du matériel (capteur, émetteur, ...) destiné au suivi des animaux *in natura*.



1 - Ecologie du mouvement

- Sélection de l'habitat
- Dispersion / migration
- Structure spatiale / paysage

Nicolas MORELLET (IR)
Stéphane AULAGNIER (PREX)

6 - Impacts

- Gestion (dégâts, population)
- Ecosystème (biodiversité)

Éric BIDEAU (CR1)
Jean JOACHIM (AI)

Directeur d'unité: **Mark HEWISON (DR1)**

Directrice-adjointe: **Hélène VERHEYDEN (CR1, 90%)**

2 - Comportement individuel

- Ontogenèse
- Hétérogénéité individuelle

Georges GONZALEZ (CR1)

Techniciens d'appui à la recherche

Gestionnaire: **Marianne BAYROU (TRN, 50%)**

Secrétaire: **Pascale DUFOUR (TRN)**

Assistants Ingénieurs/Techniciens de recherche

Bruno CARGNELUTTI (AI) : responsable du site atelier

Yannick CHAVAL (AI): gestion base de données

Nicolas CEBE (TRE) : capture, élevage, observation

Bruno LOURTET (TRN) : SIG

Joël MERLET (TRS) : expérimentation, génétique, prévention

Jean-Luc RAMES (ATP1) : , élevage, entretien

Denis PICOT (TRS) : , qualité, végétation

5 - Démographie / Traits d'histoire de vie

- Qualité phénotypique
- Reproduction / survie
- Système d'appariement
- Plasticité / déterminisme génétique

Mark HEWISON (DR1)
Erwan QUÉMÉRÉ (CR2)

3 - Relations sociales

- Partage de l'espace
- Relations entre individus
- Ségrégation des sexes
- Formation des groupes

Jean-François GERARD (CR1)
Marie-Line MAUBLANC (CR1)

4 - Stress / Pathogène / Alimentation

- Santé / comportement
- Réponse immunitaire / physiologie
- Transmission intra population
- Interaction faune sauvage – domestique

Hélène VERHEYDEN (CR1)

Annexe 2 : Présentation de l'espèce

Le Chevreuil (*Capreolus capreolus*)

Ordre : Cétartiodactyles

Famille : Cervidés



- **Comportement, biologie et écologie de l'espèce**

Originellement forestiers (Hartl *et al.* 1998), les chevreuils s'adaptent remarquablement bien à d'autres milieux. On les retrouve aujourd'hui dans des milieux très différents, et notamment dans le milieu agricole où ils sont particulièrement représentés (Linnell *et al.* 1998). En outre, plusieurs auteurs ont démontré que les adultes sont particulièrement fidèles à un domaine de vie qu'ils occupent durant de longues années (Linnell *et al.* 1998, Hewison *et al.* 1998, Cargnelutti *et al.* 2002). Cette période de territorialité débute dès la fin de l'hiver, c'est-à-dire en février/mars, et s'étend jusqu'à la fin du rut (fin août).

Ce petit cervidé très présent en Europe (Boisaubert et Boutin, 1988) ne dépasse pas les 80 cm au garrot, et pèse entre 18 et 49 kg avec un avantage de 2 à 3 kg pour les mâles. Contrairement aux femelles, les mâles portent des bois qu'ils perdent annuellement vers la fin du mois d'octobre. Le chevreuil est brun-roux en été, puis devient gris foncé en hiver. Son museau est noir avec le bord des lèvres marqué de blanc. Le miroir présent sur l'arrière-train est en forme d'haricot chez le mâle et de cœur chez la femelle.



Figure 1: miroir de la femelle (gauche) et du mâle (droite).

C'est un herbivore ayant une alimentation sélective composée de jeunes pousses d'espèces ligneuses, d'espèces semi ligneuses telles que la ronce ou le lierre, d'herbacées et de fruits forestiers (glands, faînes, mures) qu'il va privilégier lorsque ceux-ci sont disponibles. Le chevreuil est particulièrement actif à l'aube et au crépuscule et occupe un domaine vital annuel allant de 20 hectares, pour les individus forestiers, à une centaine d'hectares pour les individus vivant dans un environnement agricole (source ONCFS).

Nous savons que le chevreuil est un mammifère sédentaire et forestier (Hewison *et al.* 1998) et de récentes études ont démontré que cette espèce avait colonisé les milieux ouverts, leur fournissant ainsi

une alimentation riche (Hewison *et al.* 2001, Abbas *et al.* 2011). Par ailleurs, d'autres auteurs (Danilkin et Hewison, 1996) ont démontré que sa remarquable capacité d'adaptation était responsable de l'expansion de son aire de répartition ces dernières années.

Une enquête nationale (ONCFS, 2010) a permis aussi de mettre en évidence l'expansion progressive de l'espèce sur l'ensemble du territoire métropolitain. En 2007, l'espèce était présente dans près de 79 % des communes de France. Lors de la saison cynégétique 2008-2009, les prélèvements nationaux s'élevaient à 487 984 animaux. En l'espace de 20 ans, le prélèvement de cette espèce a été multiplié par 3,4.

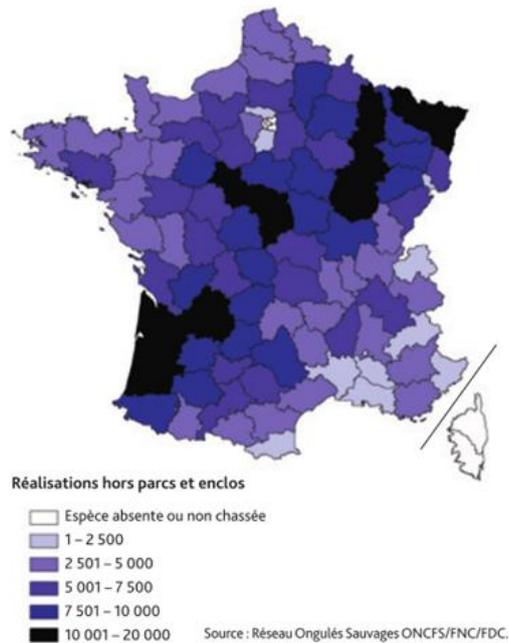


Figure 2: Tableaux de chasse départementaux du chevreuil en France
Source: Saint-Andrieux et Barboiron 2016.

• La reproduction

La maturité sexuelle chez le chevreuil est atteinte à l'âge d'un an, la période de rut (Figure 3) débute de mi-juillet à mi-août. Durant cette période certaines femelles peuvent se déplacer sur de longues distances, alors que son petit n'a que quelques mois. Elle réalise plusieurs excursions hors de son domaine vital dans la même journée (Richard, 2008). La femelle présente qu'un seul oestrus annuel, mais elle est poly-ovulante. Contrairement à la plupart des autres espèces d'ongulés, l'œuf reste libre dans la cavité utérine (diapause embryonnaire), la nidation se fera durant le mois de décembre.

Une chevrette porte généralement deux faons (de 1 à 3, en moyenne 1,6 à 1,8). La période de mise bas varie selon les latitudes, mais aussi selon le développement de la végétation (Linnell et Andersen, 1998). Le taux de survie des jeunes varie de 30 à 85 % selon la qualité et l'abondance des ressources mais aussi et surtout des conditions climatiques et de la densité de prédateurs (Jarnemo 2004).

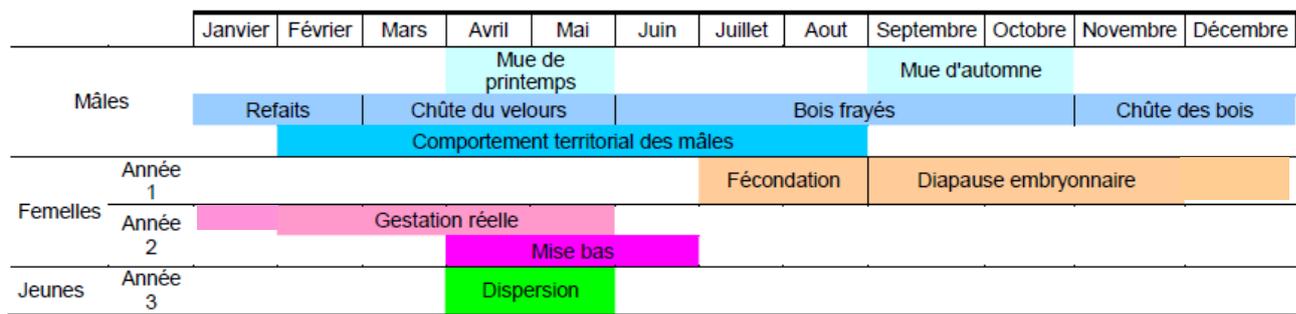


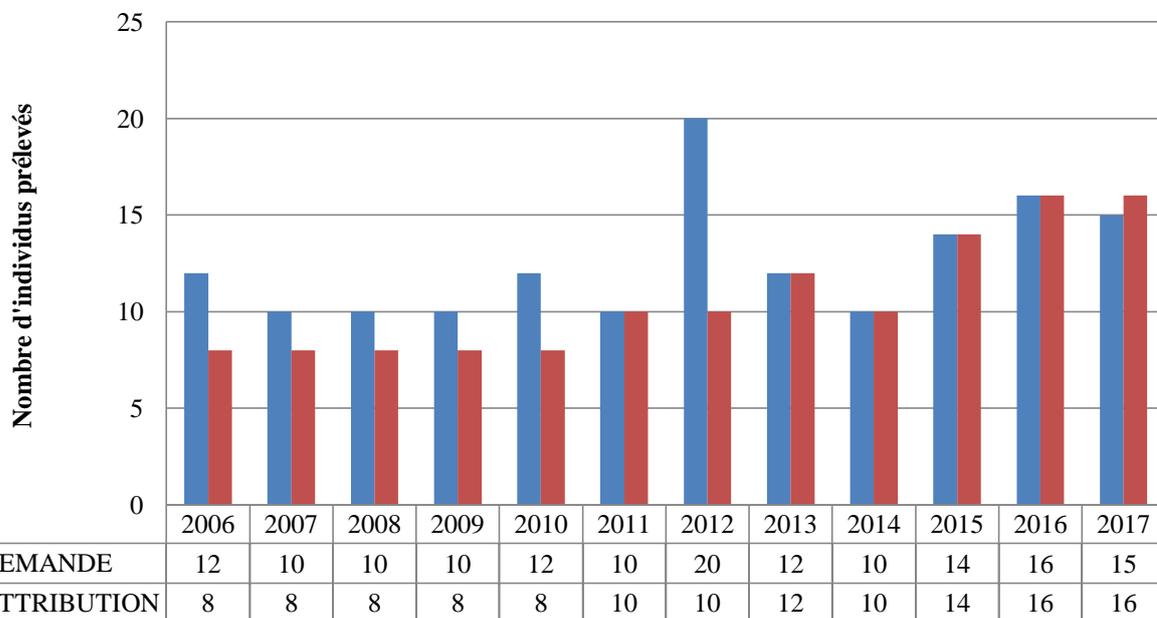
Figure 3: Calendrier biologique et cycle de reproduction chez le chevreuil.

- **Perspectives sur la connaissance et le suivi des populations de chevreuil.**

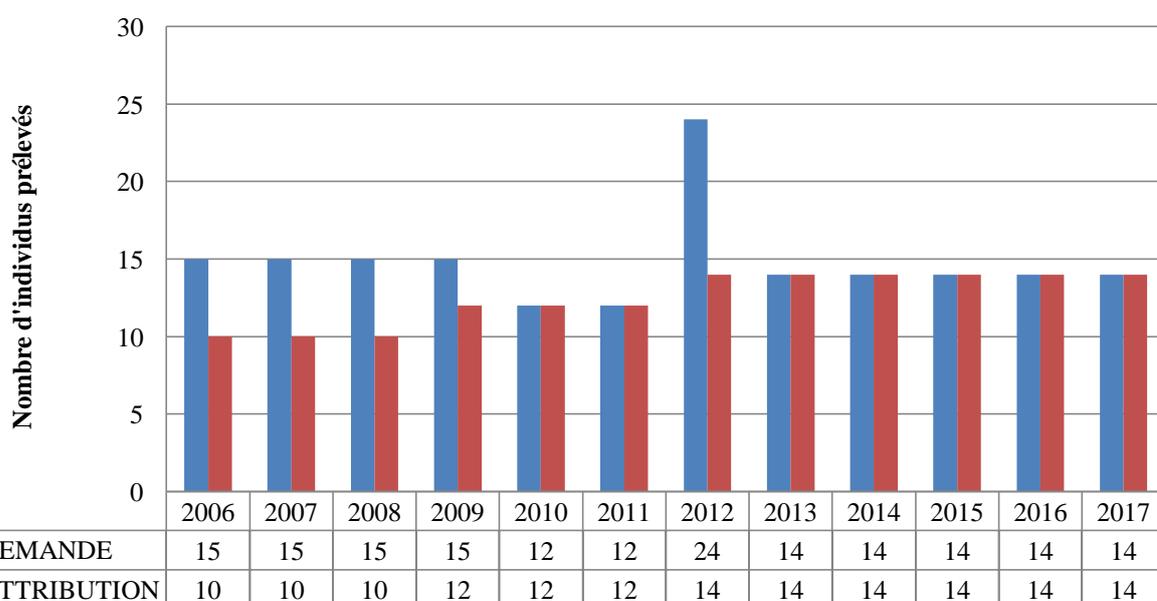
La population de chevreuil en France est croissante et les prélèvements cynégétiques suivent la même tendance depuis ces trente dernières années. En effet, le tableau de chasse est passé de 70 400 prélèvements en 1980 à plus de 550 000 en 2015, soit un taux de multiplication de 7.8 (Saint-Andrieux et Pfaff, 2007, Saint-Andrieux et Barboiron, 2016). Cette progression démographique est étroitement liée à la forte plasticité écologique du chevreuil, et donc à sa forte capacité d'adaptation pour coloniser un milieu agricole ou forestier. D'ailleurs, il est connu que l'habitat conditionne fortement la démographie de l'espèce. À grande échelle, il est particulièrement important de comprendre l'impact de la transformation de la forêt et la fragmentation des habitats sur le fonctionnement des populations.

Annexe 3: Présentation des attributions au chevreuil entre 2006 et 2017 sur le site d'étude, au cours de la saison de Chasse.

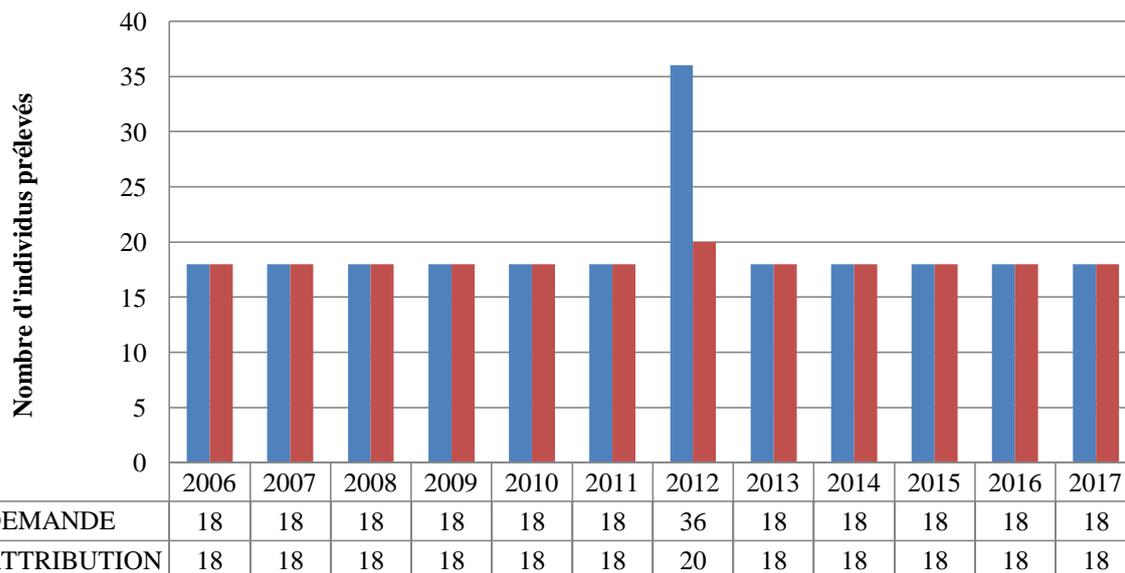
Régulation du chevreuil sur ACCA Peyrissas



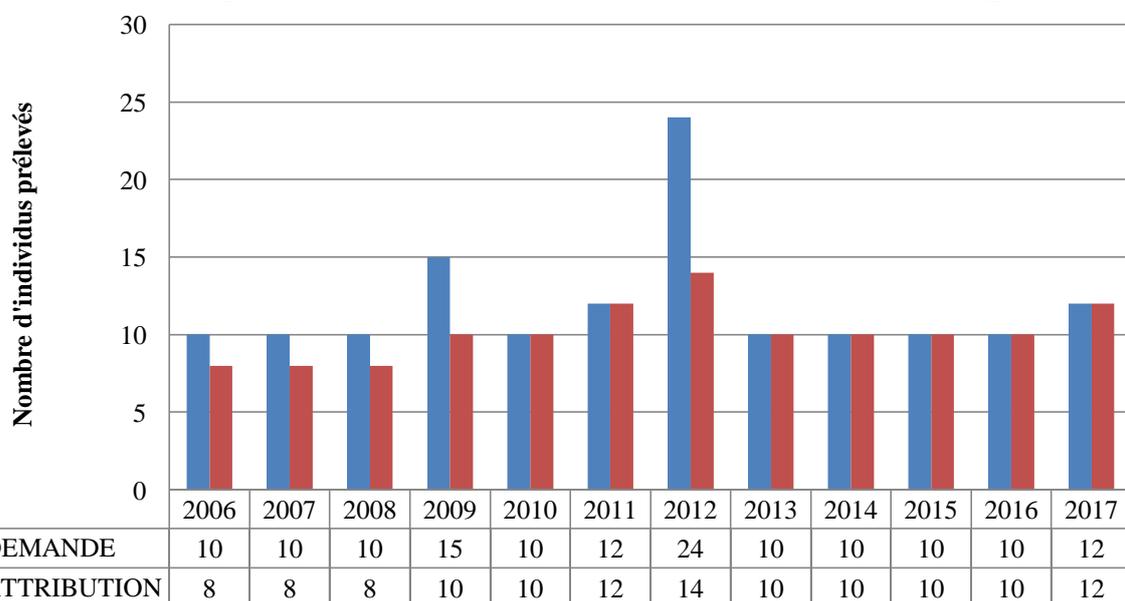
Régulation du chevreuil sur ACCA Eoux



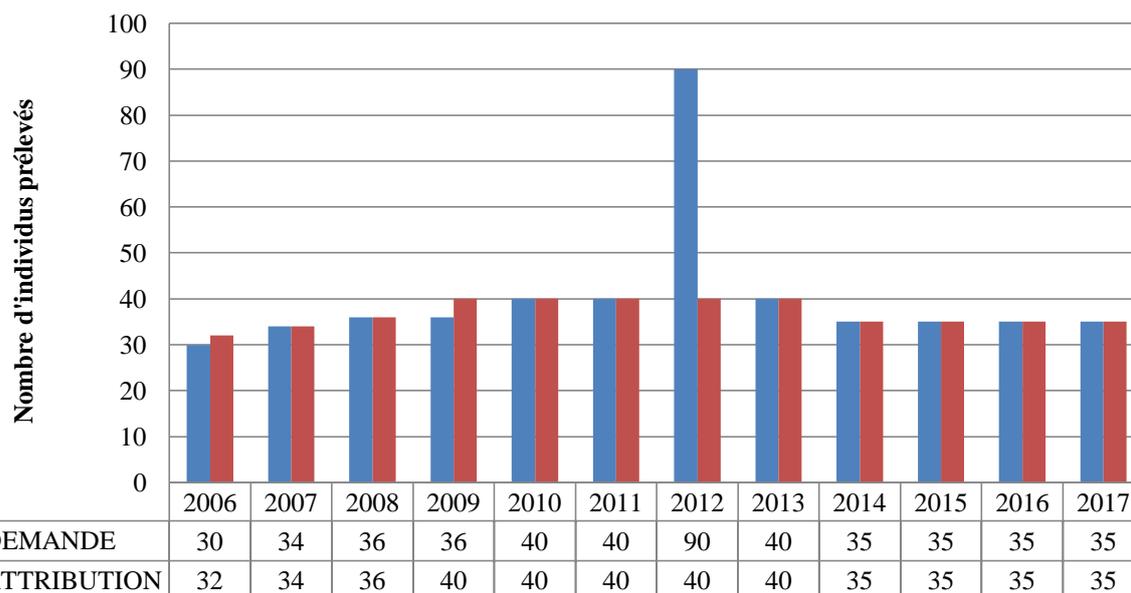
Régulation du chevreuil sur ACCA Fabas



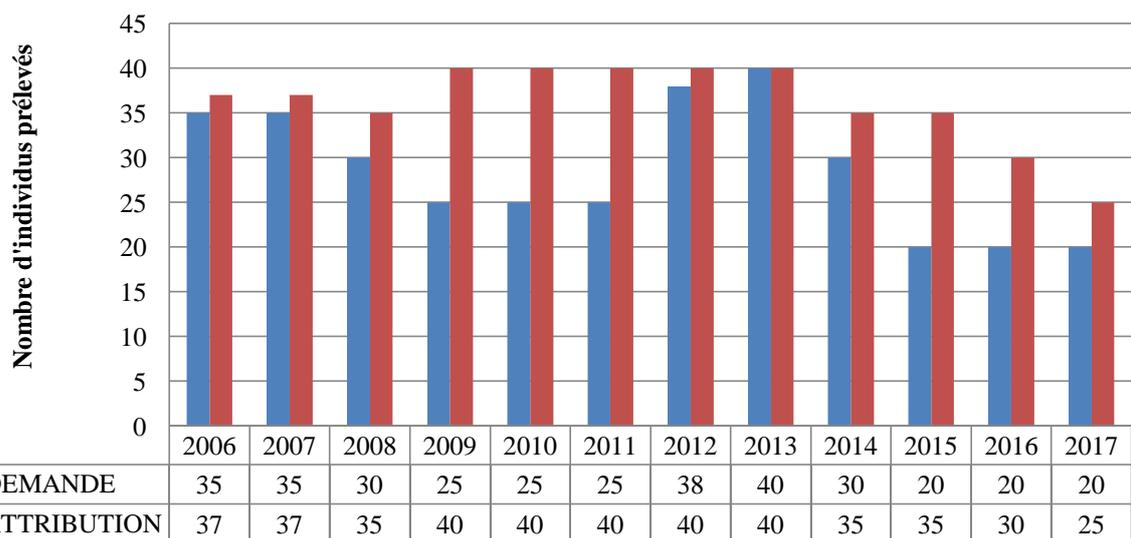
Régulation du chevreuil sur ACCA Aurignac



Régulation du chevreuil sur ACCA St André

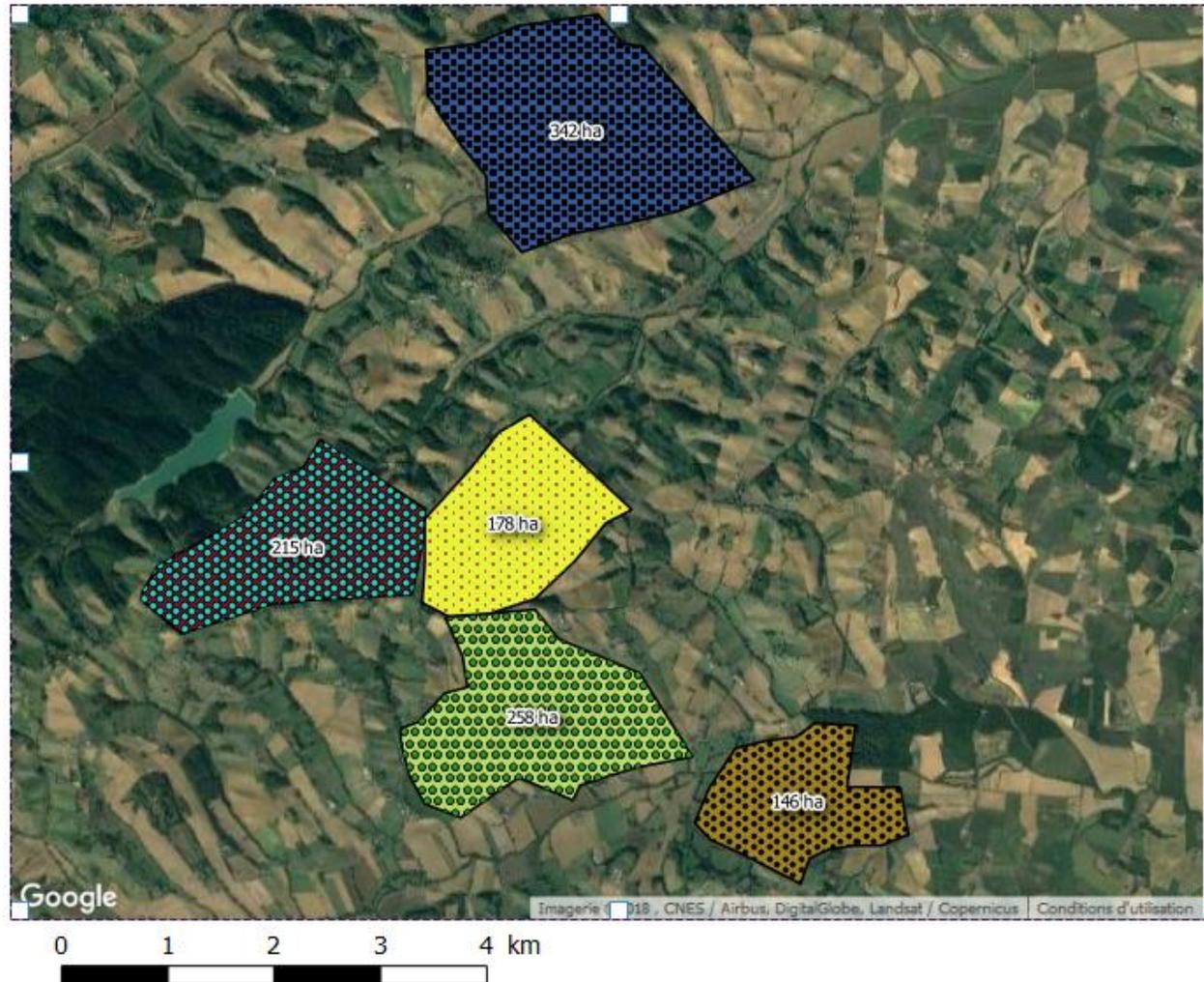


Régulation du chevreuil sur Chasse privée ACGG



Annexe 4 : Présentation de la zone d'étude

Localisation des stations Capture/Recapture en faveur du chevreuil *Capreolus capreolus* sur les coteaux du Bas Comminges.



Réalisation: Nicolas FROUSTEY - 02.05.2018

Source: INRA CEFS & IGN Google satellite (extension). Programme recherche en faveur du chevreuil.



Sites sélectionnés

- Réservoir nord
- Embargade
- Fabas
- Peryssas
- Eoux



Annexe 5 : Extrait des modèles par méthode de classification (critère AIC).

Model selection based on AICc:						
	K	AICc	Delta_AICc	AICcWt	Cum.Wt	LL
Mod6	4	392.24	0.00	0.25	0.25	-192.05
Mod3	1	392.73	0.49	0.19	0.44	-195.36
Mod15	5	392.81	0.57	0.18	0.62	-191.31
Mod17	2	393.33	1.10	0.14	0.76	-194.65
Mod14	5	393.88	1.64	0.11	0.87	-191.84
Mod8	2	394.48	2.24	0.08	0.95	-195.22
Mod12	7	396.57	4.33	0.03	0.98	-191.10
Mod16	4	397.09	4.85	0.02	1.00	-194.48
Mod7	12	408.17	15.93	0.00	1.00	-191.55
Mod5	15	408.98	16.74	0.00	1.00	-188.67

Tableau 1 : Présentation des différentes combinaisons de modèle.

	Combinaison du modèle
Modèle 6	Probabilité d'observation en fonction du site
Modèle 3	Modèle référent
Modèle 15	Probabilité d'observation en fonction du site + sexe
Modèle 17	Probabilité d'observation en fonction du sexe
Modèle 14	Probabilité d'observation en fonction du site + âge
Modèle 8	Probabilité d'observation en fonction âge
Modèle 12	Probabilité d'observation en fonction âge*sexe + site
Modèle 16	Probabilité d'observation en fonction âge*sexe
Modèle 7	Probabilité d'observation en fonction de l'année
Modèle 5	Probabilité d'observation en fonction du site + année

Annexe 6 : Estimation des densités par secteur entre 2005 et 2018.

Année	2005						IC 95%
	Ps (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité aux 100 ha	Densité moyenne	
Fabas plaine1	76	20	31	342	5.7	5.5	[3.92-7.03]
Fabas plaine2	76	16	29	342	4.4		
Fabas plaine3	76	22	26	342	6.3		
Eoux1	73	18	23	215	7.7	5,6	[1.45-9.80]
Eoux2	73	15	19	215	6.5		
Eoux3	73	7	8	215	2.7		
Peyrissas1	80	6	9	258	2.9	3.8	[2.34-5.31]
Peyrissas2	80	13	17	258	5.1		
Peyrissas3	80	-6	11	258	3.5		

Année	2006						
	Ps (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité aux 100 ha	Densité moyenne	IC 95%
Fabas plaine1	80	29	34	342	7.9	7.3	[6.36-8.30]
Fabas plaine2	80	27	32	342	7.4		
Fabas plaine3	80	24	29	342	6.7		
Eoux1	45	27	32	215	6.6	4.8	[1.72-7.94]
Eoux2	45	11	15	215	3.2		
Eoux3	45	11	16	215	3.4		
Eoux4	45	24	29	215	6.2		
Peyrissas	-	-	-	258	-	-	-
Plaine réservoir nord	-	-	-	178	-	-	-
Embargade	-	-	-	146	-	-	-

Année	2007						
	Ps (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité aux 100 ha	Densité moyenne	IC 95%
Fabas plaine1	50,0	4,0	13	342	1,9	2,6	[1,37-3,79]
Fabas plaine2	50,0	14,0	23	342	3,4		
Fabas plaine3	50,0	8,0	17	342	2,5		
Eoux	-	-	-	215	-	-	-
Plaine réservoir nord	-	-	-	178	-	-	-
Embargade1	39,0	15	21	146	5,7	5,5	[4,38-6,68]
Embargade2	39,0	13	18	146	4,8		
Embargade3	39,0	18	23	146	6,1		
Peyrissas1	44,0	27	33	258	5,7	4,8	[3,58-5,99]
Peyrissas2	44,0	20	25	258	4,3		
Peyrissas3	44,0	20	25	258	4,3		

Année	2008						
	P _s (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité aux 100 ha	Densité moyenne	IC 95%
Fabas plaine1	80,0	13	20	342	4,6	4,4	[3,18-5,63]
Fabas plaine2	80,0	6	15	342	3,6		
Fabas plaine3	80,0	14	22	342	5,1		
Eoux1	50,0	24	26	215	6,0	5,7	[4,85-6,62]
Eoux2	50,0	20	23	215	5,3		
Eoux3	50,0	22	25	215	5,8		
Peyrissas1	76,0	28	35	258	10,2	9,7	[7,22-12,20]
Peyrissas2	76,0	30	37	258	11,0		
Peyrissas3	76,0	21	27	258	8,0		
Plaine réservoir nord	-	-	-	178	-	-	-
Embargade1	64,0	16	18	146	7,7	7,2	[5,26-9,20]
Embargade2	64,0	13	19	146	8,1		
Embargade3	64,0	9	13	146	5,9		

Année	2009						
	P _s (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité aux 100 ha	Densité moyenne	IC 95%
Fabas plaine1	71,0	18	29	342	6,1	6,8	[3,53-10,06]
Fabas plaine2	71,0	31	44	342	9,1		
Fabas plaine3	71,0	17	25	342	5,2		
Peyrissas1	89,0	16	26	258	8,9	9,9	[7,64-12,12]
Peyrissas2	89,0	21	33	258	11,5		
Peyrissas3	89,0	17	27	258	9,3		
Eoux1	50,0	26	28	215	6,5	5,6	[3,61-7,55]
Eoux2	50,0	24	26	215	6,0		
Eoux3	50,0	16	18	215	4,2		
Plaine réservoir nord	-	-	-	178	-	-	-
Embargade1	43,0	9	17	146	5,1	4,7	[3,98-5,49]
Embargade2	43,0	12	17	146	4,9		
Embargade3	43,0	9	14	146	4,2		

Année	2010						
	P _s (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité aux 100 ha	Densité moyenne	IC 95%
Fabas plaine1	56,0	21	29	342	4,8	3,7	[1,82-5,51]
Fabas plaine2	56,0	11	16	342	2,6		
Fabas plaine3	56,0	16	22	342	3,6		
Peyrissas1	76,0	26	31	258	9,2	7,4	[4,14-10,56]
Peyrissas2	76,0	20	26	258	7,6		
Peyrissas3	76,0	12	18	258	5,3		
Eoux1	72,0	7	13	215	4,3	5,4	[3,88-6,82]
Eoux2	72,0	13	17	215	5,5		
Eoux3	72,0	13	19	215	6,2		
Plaine réservoir nord	-	-	-	178	-	-	-
Embargade1	50,0	18	20	146	6,8	4,8	[1,83-7,76]
Embargade2	50,0	10	12	146	4,1		
Embargade3	50,0	8	10	146	3,4		

Année	2011						
	Ps (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité aux 100 ha	Densité moyenne	IC 95%
Fabas plaine1	70,0	17	21	342	4,3	4,4	[3,67-5,07]
Fabas plaine2	70,0	16	22	342	4,4		
Fabas plaine3	70,0	13	19	342	3,9		
Fabas plaine4	70,0	16	24	342	4,9		
Peyrissas1	57,0	30	44	258	9,7	7,9	[5,38-10,37]
Peyrissas2	57,0	18	32	258	7,0		
Peyrissas3	57,0	18	32	258	7,0		
Eoux1	50,0	14	19	215	4,4	4,9	[4,08-5,68]
Eoux2	50,0	16	21	215	4,9		
Eoux3	50,0	18	23	215	5,3		
Plaine réservoir nord	-	-	-	178	-	-	-
Embargade1	67,0	1	3	146	1,6	5,1	[0,19-10,00]
Embargade2	67,0	15	16	146	7,3		
Embargade3	67,0	12	14	146	6,4		

Année	2012						
	Ps (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité aux 100 ha	Densité moyenne	IC 95%
Fabas plaine1	83,0	7	12	342	3,0	3,1	[2,59-3,70]
Fabas plaine2	83,0	7	12	342	3,0		
Fabas plaine3	83,0	8	14	342	3,5		
Peyrissas1	69,0	14	29	258	7,9	6,1	[3,43-8,77]
Peyrissas2	69,0	9	22	258	5,8		
Peyrissas3	69,0	7	17	258	4,6		
Eoux	-	-	-	215	-	-	-
Plaine réservoir nord1	63,0	17	25	178	9,0	7,5	[4,74-10,29]
Plaine réservoir nord2	63,0	14	22	178	7,9		
Plaine réservoir nord3	63,0	8	16	178	5,6		
Embargade	-	-	-	146	-	-	-

Année	2013				
	Ps (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité moyenne
Fabas plaine	70,0	13	23	342	4,7
Peyrissas	63,0	19	28	258	6,8
Eoux	100,0	19	21	215	9,8
Plaine réservoir nord	62,0	6	19	178	6,8
Embargade	-	-	-	146	-

Année	2014						
	Secteur	Ps (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité aux 100 ha	Densité moyenne
Fabas plaine1	57,0	16	23	342	3,8	3,6	[3,30-3,94]
Fabas plaine2	57,0	16	21	342	3,5		
Fabas plaine3	57,0	18	22	342	3,6		
Peyrissas1	46,0	48	56	258	10,0	8,4	[6,00-10,71]
Peyrissas2	46,0	37	45	258	8,0		
Peyrissas3	46,0	35	40	258	7,1		
Eoux1	78,0	14	17	215	6,2	6,5	[6,05-6,98]
Eoux2	78,0	15	18	215	6,7		
Eoux3	78,0	15	18	215	6,7		
Plaine réservoir nord1	69,0	14	26	178	10,3	9,7	[5,92-13,47]
Plaine réservoir nord2	69,0	7	18	178	7,1		
Plaine réservoir nord3	69,0	20	30	178	11,7		
Embargade	-	-	-	146	-	-	-

Année	2015						
	Secteur	Ps (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité aux 100 ha	Densité moyenne
Fabas plaine1	46,0	28	35	342	4,7	4,3	[3,79-4,96]
Fabas plaine2	46,0	24	29	342	3,9		
Fabas plaine3	46,0	26	32	342	4,3		
Peyrissas1	80,0	15	23	258	7,1	4,7	[1,32-8,08]
Peyrissas2	80,0	4	12	258	3,6		
Peyrissas3	80,0	4	11	258	3,3		
Eoux1	89,0	18	21	215	8,7	8,7	[7,88-9,48]
Eoux2	89,0	19	22	215	9,1		
Eoux3	89,0	17	20	215	8,2		
Plaine réservoir nord1	33,0	33	38	178	7,1	5,9	[4,08-7,77]
Plaine réservoir nord2	33,0	24	26	178	4,9		
Plaine réservoir nord3	33,0	27	31	178	5,8		
Embargade	-	-	-	146	-	-	-

Année	2016						
	Secteur	Ps (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité aux 100 ha	Densité moyenne
Fabas plaine1	71,0	27	34	342	7,0	4,9	[1,90-7,83]
Fabas plaine2	71,0	17	20	342	4,1		
Fabas plaine3	71,0	13	17	342	3,5		
Peyrissas1	81,0	11	18	258	5,7	3,8	[1,15-6,44]
Peyrissas2	81,0	4	10	258	3,0		
Peyrissas3	81,0	2	8	258	2,7		
Eoux1	67,0	16	20	215	6,4	5,7	[4,83-6,65]
Eoux2	67,0	15	17	215	5,3		
Eoux3	67,0	15	18	215	5,6		
Plaine réservoir nord	33,0	9	10	178	1,9	2,2	-
Embargade	-	-	-	146	-	-	-

Année	2017						
Secteur	Ps (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité aux 100 ha	Densité moyenne	IC 95%
Fabas plaine1	60,0	25	34	342	6,0	6,9	[5,63-8,13]
Fabas plaine2	60,0	33	42	342	7,4		
Fabas plaine3	60,0	33	41	342	7,3		
Peyrissas1	85,0	13	24	258	7,9	6,3	[3,66-8,95]
Peyrissas2	85,0	9	19	258	6,4		
Peyrissas3	85,0	7	14	258	4,6		
Eoux1	62,0	34	40	215	11,5	10,8	[9,15-12,49]
Eoux2	62,0	32	39	215	11,3		
Eoux3	62,0	27	33	215	9,6		
Plaine réservoir nord1	41,0	34	40	178	9,2	7,6	[4,34-10,78]
Plaine réservoir nord2	41,0	29	35	178	8,1		
Plaine réservoir nord3	41,0	17	23	178	5,3		
Embargade	-	-	-	146	-	-	-

Année	2018						
Secteur	Ps (% vu)	non marqué	Ot	Surface (ha)	Densité aux 100 ha	Densité moyenne	IC 95%
Peyrissas1	82,0	16	30	258	9,5	8,7	[7,62-9,87]
Peyrissas2	82,0	13	25	258	8,1		
Peyrissas3	82,0	18	27	258	8,7		
Eoux1	71,0	37	43	215	14,1	10,4	[4,97-15,91]
Eoux2	71,0	25	30	215	10,0		
Eoux3	71,0	17	22	215	7,2		