

COLLEGE SCIENCE & TECHNIQUE POUR L'ENERGIE ET L'ENVIRONNEMENT DE LA
COTE BASQUE
UNIVERSITE DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR

LICENCE BIOLOGIE DES ORGANISMES

VARIATION DE L'AGE DE PREMIERE REPRODUCTION CHEZ UNE POPULATION DE MOUFLON MEDITERRANEEN (*OVIS GMELINI MUSIMON X OVIS SP.*)

ANNE MICHAUD

Stage effectué du 12 mars au 4 mai 2018
à l'ONCFS - Réserve du Caroux-Espinouse
Sous la direction scientifique de ITTY Christian



« Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil. »

REMERCIEMENTS

Je souhaite tout d'abord adresser mes remerciements à mon maître de stage Christian ITTY, pour m'avoir permis de découvrir la réserve du Caroux-Espinouse et de son espèce emblématique le mouflon

Je tiens aussi à remercier Mathieu GAREL, ingénieur au CNERA, d'avoir pris le temps de m'aider lors de l'analyse de mes données et pour ses relectures.

Bien sûr je n'oublie pas mes collègues de Fagairolles qui ont apporté la bonne humeur dans le gîte comme sur le terrain. Et à qui je souhaite beaucoup de réussite dans tous leurs projets

Merci à Luc, Justine, Xabi, Mélanie, Alexandre, Léo, Johan, Vincent, Morgane et Lucie.

RESUME

Comme de nombreuses espèces le Mouflon méditerranéen (*Ovis gmelini musimon x Ovis sp.*) est soumis à des changements environnementaux qui affectent directement la disponibilité de ces ressources alimentaires. De plus l'espèce est sensible à la densité de population, c'est-à-dire qu'une densité trop élevée d'individus a des effets néfastes sur la population. Ces effets de densité et de conditions climatiques modifient les traits d'histoire de vie du mouflon.

Le suivi de la population par la méthode de Capture-Marquage-Recapture instauré depuis plus de quarante ans au sein de la Réserve nationale de chasse et de faune sauvage du Caroux-Espinouse offre les données nécessaires à l'étude de la reproduction du mouflon méditerranéen.

L'objectif à travers cette étude est de montrer l'effet de la densité et du climat sur le succès reproducteur et l'âge de primiparité de la population. Et ainsi apporter des informations utiles à la gestion de la population pour permettre d'adapter les mesures nécessaires à la conservation de l'espèce.

Les résultats montrent une diminution de succès reproducteur chez les femelles primipares de deux ans qui témoignent des contraintes environnementales subies par l'espèce dans son habitat.

Mots-clés

Succès reproducteur, Primiparité, Mouflon méditerranéen, Densité-dépendance

Abréviations

RNCFS CE : Réserve Nationale de Chasse et de Faune Sauvage du Caroux-Espinouse

ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
MATERIELS ET METHODES	2
1. Le mouflon méditerranéen	2
2. La réserve naturelle de chasse et de faune sauvage du Caroux-Espinouse	3
3. Suivi de la population.....	4
4. Présentation des données.....	6
RESULTATS	8
1. Poids des agneaux	8
1.1. Liaison entre « poids » et « année ».....	9
1.2. Liaison entre « poids » et « période »	10
2. Âge de reproduction	11
2.1. Etude du succès reproducteur chez le mouflon.....	12
DISCUSSION	15
Conclusion	15
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	16
ANNEXES	18

INTRODUCTION

Bien que tous les êtres vivants soient sous l'influence de conditions environnementales évoluant de façon naturelle, les activités anthropiques et leurs conséquences nous ont conduit en grande partie, à l'aube d'une crise biologique majeure. C'est par leurs conséquences sur les habitats que les activités anthropiques affectent le plus les écosystèmes. Que ce soit les changements climatiques (Parmesan 2006), la fragmentation de l'habitat (Haddad et al. 2015) ou encore la modification de l'utilisation des terres (Muheim et Meier 2017), tous ont de graves répercussions sur les relations entre les êtres vivants et leur milieu. Ces changements produits sur une période courte entraînent une importante chute de la biodiversité. En effet les espèces incapables de faire face à l'évolution de leur environnement sont forcées de disparaître.

La théorie de l'Evolution proposée en 1859 par Charles Darwin, définit la sélection naturelle comme un moteur de l'évolution. Elle se fonde sur le principe qu'une population constituée d'un ensemble d'individus uniques par la combinaison de leurs gènes, transmet d'une génération à l'autre un caractère avantageux à l'individu. Cet avantage, face à un environnement particulier et à un moment donné, permet alors à l'individu d'augmenter son succès différencié. Les descendants sont plus nombreux et la fréquence de ce caractère augmente dans la population. Ainsi, l'individu issu de cette sélection est défini par un ensemble de caractéristiques qui sont la réponse optimale en termes de survie et de reproduction face aux conditions de son environnement.

Les ongulés sauvages constituent un fort intérêt d'étude. Leur grande répartition géographique associée à leur diversité de taille (Fritz et Loison 2006) leur permet d'avoir un impact conséquent sur l'ensemble des communautés végétales avec lesquelles ils interagissent. Ils influencent la composition et la structure de ces communautés, à la fois source d'alimentation et lieu de vie. Par conséquent, ces grands herbivores affectent indirectement les communautés animales avec lesquelles ils cohabitent. Or la population de mouflon méditerranéen (*Ovis gmelini musimon x Ovis sp*) du Caroux-Espinouse est, depuis quelques années, soumise à une baisse de la condition physique des animaux, ainsi qu'à des changements phénotypiques importants : diminution de la taille et du poids des animaux (Mathieu Garel et al. 2007). La population, lors de la sécheresse de l'été 2003, a subi des variations climatiques qui ont eu des répercussions considérables sur la survie des agneaux puisque la population a perdu quasiment toute sa cohorte de l'année (M. Garel et al. 2004). Dans cette optique, l'étude de l'évolution de la population se justifie.

La dynamique des populations est une discipline essentielle en écologie, elle s'intéresse à l'étude des mécanismes à l'origine de la structuration démographique des populations. Elle varie selon des caractéristiques individuelles (âge, sexe) ou environnementales (climat, ...). Chez les ongulés sauvages, quatre paramètres majeurs influencent le cycle de vie des espèces : la fécondité, la survie, la proportion de femelles reproductrices, et l'âge de première reproduction (M. Garel 2007). La fécondité des jeunes femelles est un paramètre auquel il est important de s'intéresser, plus variable que celle du reste de la population, car plus sensible aux conditions environnementales défavorables, elle témoigne de l'équilibre entre la population et son milieu de vie (Loison 1995).

La démographie du mouflon est densité-dépendante (Bonenfant et al. 2009) c'est-à-dire que la densité a un effet sur la population. Cet effet est visible seulement lorsque le nombre d'animaux

atteint une valeur au-delà de laquelle les ressources disponibles par individu diminuent. Ces variations de densité ont largement été reconnues chez les ongulés, pour être étroitement liées aux performances individuelles (M Garel 2007).

En effet lorsque la densité augmente, la masse corporelle diminue et affecte en retour à la fois le patron de reproduction et de survie des individus. L'âge de première reproduction est aussi affecté : les populations en phase de colonisation se caractérisent par un faible âge de primiparité et un fort taux de femelles reproductrices à tout âge. Au contraire, les femelles des populations établies à une forte densité se reproduisent plus tard et une plus faible proportion de femelles adultes se reproduit chaque année (Loison 1995).

L'objectif de ce travail est de d'évaluer l'effet des changements environnementaux comme la densité de population et le climat, sur la reproduction de la population de mouflon méditerranéen du Caroux-Espinouse, et en particulier sur l'âge de primiparité des femelles.

MATERIELS ET METHODES

1. Le mouflon méditerranéen

Le mouflon de Corse *Ovis gmelini musimon* (Figure 1) appartenant à la famille des bovidés, est classé par l'IUCN comme vulnérable au niveau mondial, en effet il fait l'objet sur son île d'origine de nombreuses mesures de sauvegarde. C'est donc dans un but de conservation et à la fois cynégétique qu'il a été introduit sur le continent. La taxonomie du mouflon méditerranéen a fait l'objet de nombreuses révisions. Dans un souci de rigueur, le mouflon introduit en Europe se distingue de son espèce d'origine puisque des hybridations entre l'espèce corse et des moutons domestiques ou d'autres mouflons ont eu lieu lors de la création de populations continentales en France (Cugnasse 1994). Ils sont donc regroupés et distingués sous l'appellation "Mouflon méditerranéen" (*Ovis gmelini musimon* x *Ovis* sp.)



FIGURE 1. MOUFLON CORSE – SOURCE : B. DESIGNOLLE

Quelques éléments sur la morphologie et la biologie de l'espèce sont indispensables à la compréhension de l'étude et du protocole.

Le mouflon corse présente un dimorphisme sexuel de taille important puisque les mâles atteignent une taille au garrot comprise entre 70 et 75 cm pour une longueur d'environ 130-140 cm et un poids d'environ 35 à 50 kg, alors que les femelles n'atteignent que 65 cm au garrot, une longueur de 120 à 130 cm et un poids compris entre 25 et 35 kg. De plus, la présence de cornes s'enroulant en spirales au cours de la croissance et pouvant approcher les 1 mètre de longueur chez les mâles adultes, permet de les différencier des femelles. Même si les femelles peuvent être cornues, leurs cornes sont plus fines et généralement dissymétriques, et dépassent rarement les 20 cm.

Concernant le régime alimentaire du mouflon méditerranéen, il se caractérise par son extrême faculté d'adaptation. Le mouflon consomme tous types de plantes, recouvrant des centaines d'espèces appartenant à tous les embranchements du règne végétal : phanérogames, fougères, champignons, mousses et lichens. Ce sont cependant les plantes herbacées, les feuilles d'arbustes et de buissons qui forment le fond de son alimentation dans la plupart des régions. Les proportions des différents types de plantes sont variables suivant les saisons. Même si le nombre d'espèces consommées peut être élevé, le nombre de celles qui constituent son régime de base est largement plus restreint. Les conditions bioclimatiques peuvent influencer son régime alimentaire (PFEFFER 1967). Le plus souvent, les aliments comme les jeunes pousses d'arbres ou les mousses sont consommés uniquement aux périodes où les feuilles d'arbustes et les plantes herbacées font défaut, particulièrement en hiver et au printemps dans les biotopes où l'enneigement est abondant et durable. Aussi et comme la plupart des ongulés, les mouflons sont friands de sel, et particulièrement les femelles en lactation.

D'un point de vue reproductif les mouflons atteignent la maturité sexuelle entre un an et demi et deux ans. La primiparité se situe généralement à deux ou trois ans (J.-M. Gaillard et al. 2000) et une fois leur première reproduction faite, les femelles se reproduisent chaque année. Le temps de gestation varie entre 149 et 159 jours, soit environ cinq mois (Mathieu Garel et al. 2005). Les naissances sont groupées entre mi-mars et fin avril, cela permet de réduire la mortalité du aux risques de prédation et d'être synchronisé avec la qualité et la disponibilité de la végétation (Festa-Bianchet Marco 1988). Le rut dure deux mois environ, entre octobre et novembre. Les femelles allaitent leurs agneaux jusqu'à trois mois.

2. La réserve naturelle de chasse et de faune sauvage du Caroux-Espinouse

Situé en Occitanie, dans le département de l'Hérault (34), la réserve est au cœur du massif du Caroux Espinouse. L'altitude du massif variant de 150 à 1124 mètres, lui vaut un climat complexe. En effet les façades ouest et nord sont confrontées aux flux océaniques, alors que le versant sud est sous influence méditerranéenne. Mais cette double influence climatique est nuancée sur les zones les plus hautes où prédominent un climat montagnard. Les vents de nord et nord-ouest sont dominants presque tous les mois.

La mise en place d'une RNCFS se justifie par son intérêt scientifique ou par la présence d'espèces patrimoniales. Ce fut donc pour la sauvegarde du Mouflon de Corse, espèce de

montagne menacée dans son habitat d'origine, que la réserve, d'une superficie de 1658 hectares, a vu le jour en 1973. La population aujourd'hui présente a été créée à partir de l'introduction de 19 individus entre 1956 et 1960. La majorité appartenait à l'espèce corse (8), mais d'autres résultaient d'hybridations entre plusieurs espèces. C'est le cas des animaux de Tchécoslovaquie (5) ou de Chambord (6).

3. Suivi de la population

La RNCFS du CE, est devenue un territoire de référence tant au niveau national qu'international pour l'étude du mouflon méditerranéen. Depuis 1973 la population fait l'objet d'un suivi à long terme assuré en majeure partie par l'ONCFS et des gestionnaires locaux. Chaque année, entre mai et juillet, des pièges sont posés pour la capture de mouflons (Dubray 1993). Durant cette période 27 trappes et 6 filets tombants sont utilisées. Les cages constituées de parois grillagées et d'une porte guillotine nécessitent d'être vérifiées chaque jour, alors que les filets tombants sont déclenchés lors d'affûts. Les captures sont essentielles au suivi de la population, car elles permettent d'obtenir des données individuelles

Les individus attirés dans les pièges par une pierre à sel, sont soumis à divers prélèvements et mesures. Les prélèvements sanguins et coprologiques renseignent sur l'état parasitaire de l'animal, lui-même identifié grâce au prélèvement génétique. Des mesures biométriques comme l'âge, le poids ou la taille du cou et du métatarse sont faites. L'estimation de l'âge chez les mâles est basée sur la courbure des cornes et par la présence de stries dû à une vitesse de croissance ralentie en hiver. Pour les femelles, l'estimation est plus complexe. Elle s'effectue par l'analyse des dents, voir Figure 2, mais il n'est possible de le déterminer que pour les individus de moins de quatre ans. En effet lorsqu'une femelle a toutes ses dents définitives, il est impossible de différencier une femelle de quatre ans d'une autre plus âgée. (Rutberg 1987)

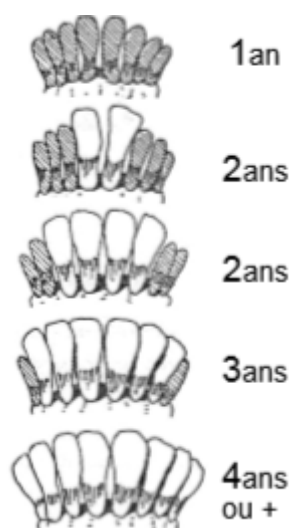


FIGURE 2. SCHEMA DE DENTITION DU MOUFLON

Une fois les prélèvements fait, une autre étape est essentielle au suivi par capture marquage recapture. Il s'agit de la pose d'un collier permettant la réobservation de l'animal dans la réserve. Bien que de nombreux éléments soient pris en compte dans la pose d'un collier (âge, poids, sexe, ...), le principe reste identique, il doit être reconnaissable visuellement à une distance importante. Pour cela il est constitué de deux bandes plastiques, une de chaque côté du cou, où est inscrit sur chacune d'elle une combinaison unique de deux caractères. Le marquage passe aussi par la pose d'une boucle auriculaire de couleur, qui peut aider à l'indentification de l'individu. Et certains individus peuvent être équipés d'un collier GPS, permettant des études basées sur leur déplacements. D'autres encore pourront être équipés d'un VHF, permettant le suivi par télémétrie.

Une fois marqués, les individus peuvent être réobservés et identifiés tout au long de l'année (Figure 3).(Annexe 3) Ces informations sont essentielles à notre étude, puisqu'elle renseigne du statut de reproduction des individus. Une femelle est notée « suivée » (Figure 1) uniquement dans des situations précises : si l'agneau tête sa mère, s'il la suit ou s'il est couché contre. Et « non suivée » lorsque la femelle se déplace seule. Si aucune des justifications n'est observée, alors le statut reproducteur est indéterminé.



FIGURE 3. MALE MARQUE - BX - SOURCE : X. DARTHAYETTE



FIGURE 4. FEMELLE ET AGNEAU - SOURCE M. ZOCCARATO

4. Présentation des données

Le protocole de récolte des données désormais clarifié, le jeu de données disponible peut être étudié. Ce dernier provient de la base de données sur laquelle sont saisies l'ensemble des observations de terrain. Après avoir regroupé l'ensemble des données sur un même fichier, nous obtenons un tableau de données individuelles contenant : 6 variables et 3256 individus statistiques.

Il est important de noter qu'un individu statistique correspond à une observation.

Les variables de départ sont présentées dans le Tableau 1 ci-dessous :

TABLEAU 1. VARIABLES DE DEPART

Attributs des variables	Signification	Rôle
Fichier	Identifiant de l'animal	Explicative
Date	Date de l'observation	Explicative
Suivée	Statut suivée de l'animal	A expliquer
Âge	Âge de l'animal à la capture	Explicative
Année	Année de capture	Explicative

Afin de pouvoir utiliser ces données dans l'étude de l'âge de la première reproduction, la création de nouvelles variables est nécessaire. De plus, dans un souci de rigueur et compte tenu de l'objectif de l'étude, il est nécessaire d'intégrer certaines conditions à notre jeu de données.

Nous avons restreint nos analyses aux animaux d'âges connus : seuls les individus capturés avant 4 ans sont donc conservés dans l'analyse. Concernant le statut de reproduction, une femelle est considérée « suivée » une année donnée si elle a été vue au moins deux fois en présence d'un jeune. Pour qu'une femelle soit classée « non suivée », il faut par contre au minimum trois observations sans jeune.

Lorsque qu'aucun de ces deux critères n'est rempli, le statut de la femelle est considéré « indéterminé » et elle est sortie du jeu de données pour l'année concernée. Pour prendre en compte la mortalité juvénile importante, les observations faites après le 15 mai ne sont pas conservées. Cette date représente le moment où toutes les femelles ont mis bas, ainsi celles observées non suivées sont bien des femelles qui ne se sont pas reproduit et non pas de femelles qui ont perdu leur agneau.

L'intérêt de l'étude se portant sur l'âge de primiparité, et étant donné la maturité sexuelle située entre un an et demi et deux ans, il est intéressant de distinguer les individus de deux et trois ans, des adultes (Mathieu Garel et al. 2005).

Dans le but d'intégrer à notre étude l'effet des conditions environnementales sur le milieu, des données concernant le poids moyen des agneaux par année sont ajoutées. Sachant que femelle et agneau constituent une population unie (Martins et al. 2002) et que le poids des agneaux dépend de la qualité du milieu dans lequel il vit avec sa mère (Sæther et Heim 1993), il peut être utilisé comme un indicateur de qualité de l'habitat.

Avant toute analyse, il est intéressant de regarder de plus près la composition de l'échantillon étudié. Le Tableau 2 présente les 15 dernières cohortes, étudiées à travers les 3 classes d'âge d'intérêt.

TABLEAU 2. TABLEAU DE CONTINGENCE : EVOLUTION DE CLASSE D'AGE AU COURS DU TEMPS

Classe d'âge	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
2 ans	1	2	1	0	2	2	0	3	7	6	9	2	3	0	4
3 ans	0	0	0	1	2	0	0	8	12	15	8	7	4	7	0
adulte	5	1	1	2	7	3	2	4	19	40	40	26	40	35	30

Le nombre d'observations du statut reproducteur par années et/ou catégorie d'âge est faible, il est dans plusieurs catégories inférieur à 5 individus statistiques. Nous ne pouvons pas réaliser nos analyses à partir de ses effectifs, les résultats ne seraient pas représentatifs de la population globale. Afin d'obtenir un nombre d'individus par classe d'âge suffisant tout en conservant à la fois une évolution temporelle, nous avons choisi de créer trois périodes, chacune regroupant cinq années.

TABLEAU 3. TABLEAU DE CONTINGENCE : EVOLUTION DE CLASSE D'AGE SELON LES PERIODES

classe d'âge	[2002-2007]	[2008-2013]	[2013-2017]
2 ans	6	18	18
3 ans	3	35	26
adulte	20	68	171

En regroupant les données annuelles par périodes présentées dans le Tableau 3 nous obtenons des effectifs nettement plus conséquents, même s'ils restent assez bas pour la période [2002-2007].

RESULTATS

L'étude se porte sur un échantillon de 372 femelles d'âge connues dont le statut de reproduction a pu être déterminé.

1. Poids des agneaux

Nous nous intéressons tout d'abord, aux poids des agneaux. Nous cherchons à savoir si la variable « poids » suit une loi normale.

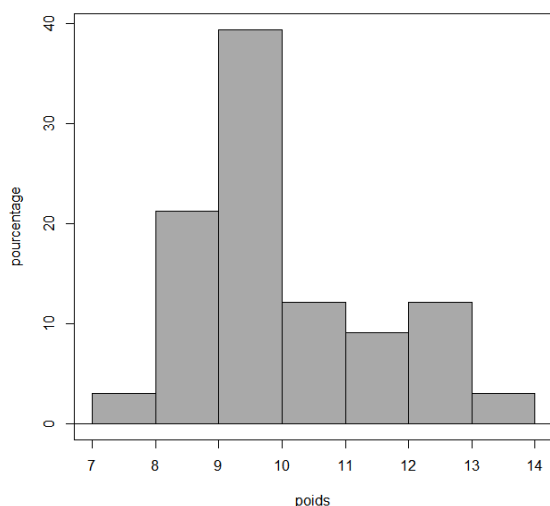


FIGURE 5. HISTOGRAMME DE POIDS

L'histogramme (Figure 5) ne représente pas une forme de cloche. Nous allons tenter de nous y ramener par une transformation log. Nous vérifions la normalité à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk : $W = 0.95486$, $p\text{-value} = 0.1842$. D'après la $p\text{-value}$, le poids des agneaux suit bien une loi normale au seuil de 5%.

1.1.Liaison entre « poids » et « année »

Ici nous essayons de montrer une évolution du poids moyen des agneaux au cours du temps, pour cela nous représentons ces données à l'aide d'un nuage de points.



FIGURE 6. NUAGE DE POINTS DU POIDS EN FONCTION DE L'ANNEE

La Figure 6 présente un nuage de points de forme ellipsoïdale, il semble y avoir une liaison linéaire entre le poids des agneaux et l'année. Le test de corrélation de Pearson (p -value = $1.309e-08$), indique une corrélation forte, le coefficient est de $-0,807976$. Les conditions sont réunies pour appliquer une régression linéaire.

Concernant la qualité globale du modèle :

Multiple R-squared: 0.6528, Adjusted R-squared: 0.6416
F-statistic: 58.29 on 1 and 31 DF, p -value: $1.309e-08$

Le coefficient de détermination est de 0,6528, et est très significatif. Cela indique une bonne qualité du modèle : 65,28% des valeurs de poids sont expliquées par les valeurs de l'année.

Et les coefficients :

	Estimate	Std.Error	t-value	Pr(> t)	
(Intercept)	182.61098	22.60905	8.077	4.03e-09	***
poids	-0.08638	0.01131	-7.635	1.31e-08	***

Les 2 coefficients sont significatifs donc utiles dans le modèle qui s'écrit:

$$poids = -7.5574 \times année + 2073.8175 + \varepsilon$$

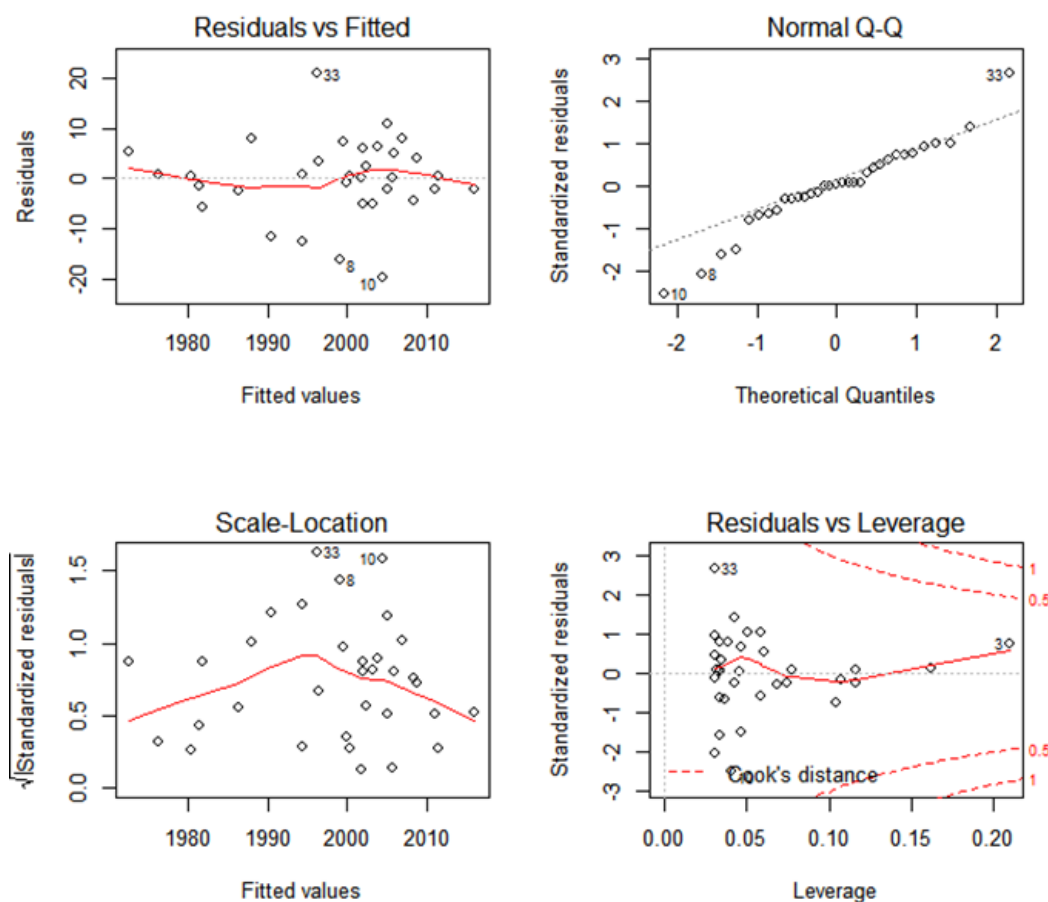


FIGURE 7. DIAGNOSTIC GRAPHIQUE DES RESIDUS DE LA REGRESSION LINEAIRE DE POIDS EN FONCTION D'ANNEE

D'après la Figure 7, les résidus sont indépendants et suivent une loi normale. Le modèle linéaire est validé.

1.2.Liaison entre « poids » et « période »

La Figure 8 et la Figure 9 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** mettent en évidence des différences de poids entre les périodes étudiées, aussi bien au niveau de la moyenne qu'au niveau des quartiles. Les graphes des moyennes sont représentés avec leur intervalle de confiance à 95%

Le résultat de l'Anova valide notre hypothèse. Les différences de poids moyens entre les périodes sont significatives.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Période	2	11.13	5.567	13.06	3.36e-06 ***
Residuals	358	152.65	0.426		

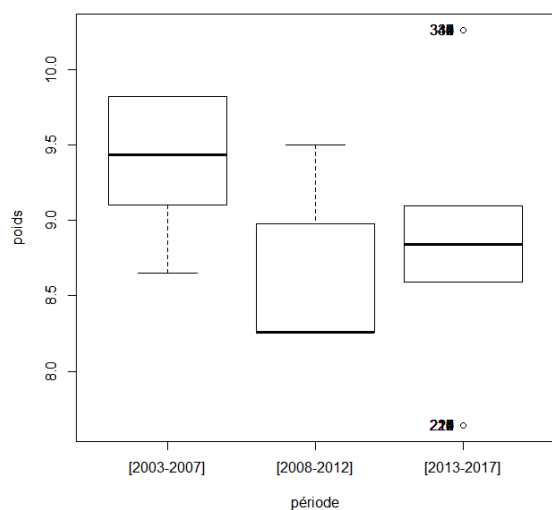


FIGURE 8. DISPERSION DU POIDS EN FONCTION DE PERIODE

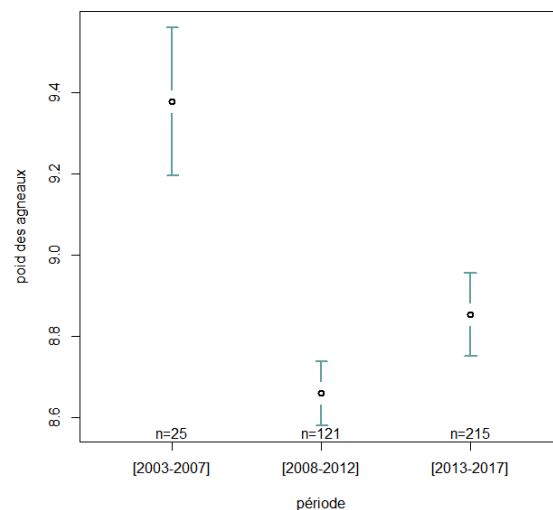


FIGURE 9. GRAPHE DES MOYENNES DE POIDS EN FONCTION DE PERIODE – BARRE D'ERREUR = CI 0.95

2. Âge de reproduction

La variable « âge », correspond à l'âge des individus au moment de l'observation de leur statut de reproduction

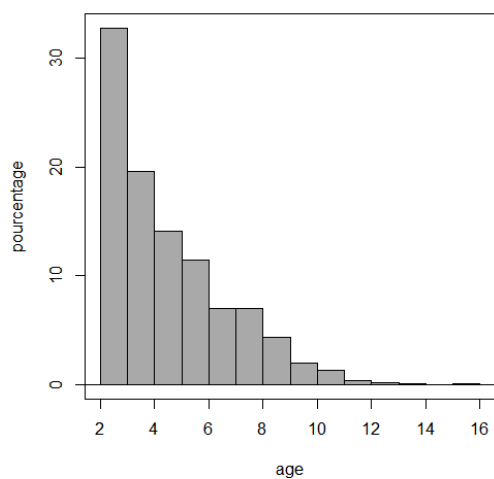


FIGURE 10. DISTRIBUTION DE L'AGE DES FEMELLES

TABLEAU 4. INDICATEURS STATISTIQUES DE L'AGE

mean	sd	IQR	0%	25%	50%	75%	100%	n
5,02	2,38	3	2	3	5	6	16	361

L'histogramme (Figure 10) met en évidence la répartition de l'âge observé.

La Tableau 4, nous donne plusieurs informations. L'âge maximal est de 16 ans, 50% des animaux sont âgés de moins de 5 ans et 75% de moins de 6 ans. L'écart-type de 2,38 indique une certaine homogénéité de l'âge dans l'échantillon. Même si quelques valeurs sont extrêmes (une femelle de 16 ans), elles ne sont pas pour autant aberrantes puisque la longévité maximale de l'espèce est estimée à 15 ans.

2.1. Etude du succès reproducteur chez le mouflon.

La Figure 11 représente le succès de reproduction moyen du mouflon en fonction de l'âge. Il semble y avoir des distinctions entre les classes d'âge. Près de 75% des femelles de 2 ans semblent se reproduire alors que chez les adultes et chez les individus de 3 ans, le succès de reproduction dépasse les 90%.

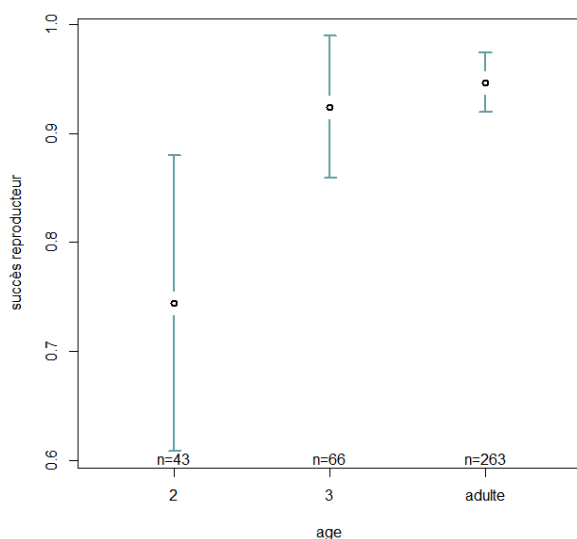


FIGURE 11. GRAPHE DES MOYENNES DU SUCCES REPRODUCTEUR EN FONCTION DE L'AGE

D'après l'Anova, les différences de moyennes entre les succès de reproduction sont significatives

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
âgecl	2	1.519	0.7593	10.75	2.9e-05 ***
Residuals	369	26.062	0.0706		

L'objectif de l'étude vise à étudier l'effet des conditions environnementales sur la primiparité, il convient donc d'étudier séparément chaque classe d'âge en fonction des périodes, et ainsi montrer l'effet de la période sur le succès reproducteur.

La Figure 12 présente le succès reproducteur moyen des individus de 2 ans. Des différences entre les moyennes sont visibles. Le succès reproducteur semble diminué au cours du temps.

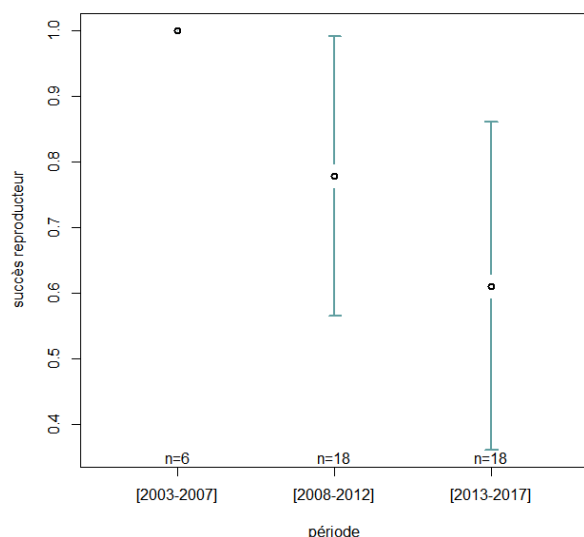


FIGURE 12. GRAPHE DES MOYENNES DU SUCCES REPRODUCTEUR DES INDIVIDUS DE 2 ANS EN FONCTION DES PERIODES

D'après l'Anova, les différences de moyenne entre les périodes de sont pas significatives

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Période	2	0.730	0.3651	1.927	0.159
Residuals	39	7.389	0.1895		

Pour les individus de 3 ans, les différences de succès reproducteur sont visibles uniquement entre les deux premières périodes, voir Figure 13. D'après l'Anova, les différences ne sont pas significatives

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Période	2	0.020	0.01018	0.135	0.874
Residuals	61	4.589	0.07523		

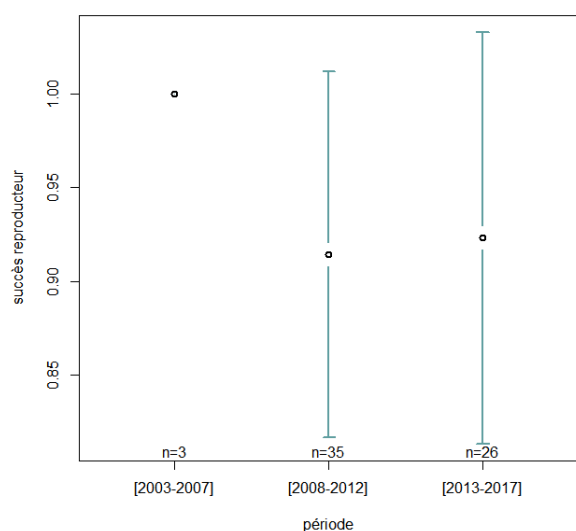


FIGURE 13. GRAPHE DES MOYENNES DU SUCCES REPRODUCTEUR DES INDIVIDUS DE 3 ANS

Pour les adultes, les différences de succès reproducteur sont visibles uniquement entre les deux premières périodes.

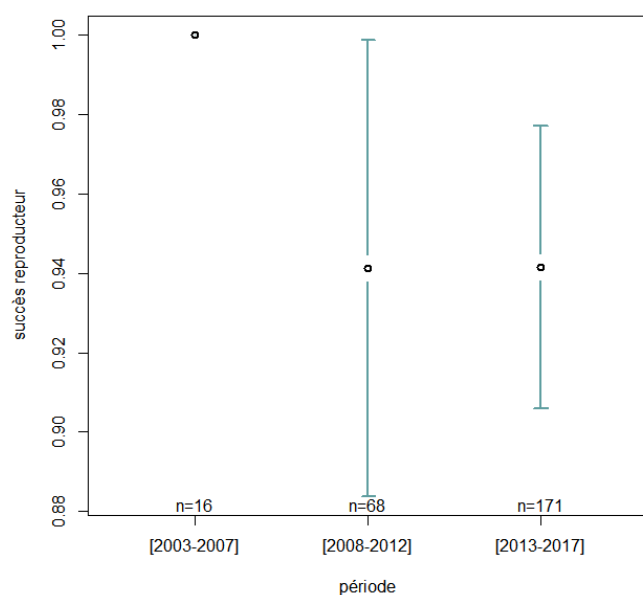


FIGURE 14. GRAPHE DES MOYENNES DU SUCCES REPRODUCTEUR DES INDIVIDUS ADULTES

D'après l'Anova, les différences entre ces périodes de sont pas significatives.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	Fvalue	Pr(>F)
Période	2	0.020	0.01018	0.135	0.874
Residuals	61	4.589	0.07523		

DISCUSSION

L'étude du poids des agneaux à la naissance a permis de montrer des différences significatives suivant les années. Autrement dit, les périodes reflètent des densités de population et des conditions climatiques différentes. En effet le poids de agneaux était en forte diminution de 1980 à 2011 (près de 4 kg), depuis il tend vers une augmentation. Durant cette période, la population était en forte croissance, ce qui limitait donc l'accès aux ressources.

L'étude du succès de reproduction montre des différences significatives entre les âges. En effet les jeunes femelles ont un taux de reproduction réduit par rapport aux plus âgées. (Festa-Bianchet, Gaillard, et Jorgenson, s. d.) ont démontré que le succès de reproduction du mouflon est sensible à la taille du corps. D'ailleurs (Jean-Michel Gaillard et al. 1992) mettent en évidence chez plusieurs ongulés, un poids limite à la reproduction. Le poids des individus dépend de la disponibilité des ressources, or la densité de population affecte ce caractère puisqu'elle en diminue l'accessibilité au niveau individuel.

Etant donné que la taille du corps influence la reproduction, l'étude du succès de reproduction devrait révéler des différences au niveau de la primiparité. En effet, la primiparité des femelles de 2 ans est en constante diminution, passant de 80% au cours de la période [2008-2012] à seulement 60% pour [2013-2017], alors que pour les individus de 3 ans, il n'y a quasiment pas de différence. Cependant la différence de primiparité à 2ans ne s'est pas révélée significative, les résultats ne peuvent pas être extrapolés à la population globale.

Cependant pour notre échantillon, les conditions climatiques et de densité semblent avoir affecté la qualité de l'habitat des mouflons, en ralentissant la croissance des jeunes femelles. Ces femelles n'ayant donc pas atteint le poids seuil nécessaire à la reproduction au moment du rut, ne pourront alors se reproduire que l'année suivante, à l'âge de 3 ans.

Un coût à la reproduction chez les jeunes entraine un retard de croissance et donc diminue la survie future de l'animal. La stratégie adoptée par les femelles est alors dite « égoïste », dans la mesure où l'espèce a tout intérêt de privilégier sa condition au détriment de la reproduction. En effet il vaut mieux que la femelle privilégie sa condition, pour augmenter sa survie et donc le nombre de descendants qu'elle pourra engendrer par la suite, d'autant plus que la survie juvénile est bien plus variable que la survie adulte (M Garel 2007).

Conclusion

La densité dépendance associé aux perturbations climatiques affectent les traits d'histoire de vie du mouflon méditerranéen, en partie par leur impact sur la qualité de l'habitat et des ressources disponibles. Le succès reproducteur est dépendant de la capacité de l'espèce à assurer sa croissance, afin de se reproduire sans nuire à leur survie.

La stratégie adoptée en cas de risque pour l'individu est donc de favoriser sa survie au détriment de la reproduction. La primiparité ainsi retardée constitue un élément important à prendre en compte pour adapter les mesures de gestion de la population au sein de la réserve.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bonenfant, Christophe, Jean-Michel Gaillard, Tim Coulson, Marco Festa-Bianchet, Anne Loison, Mathieu Garel, Leif Egil Loe, et al. 2009. « Empirical Evidence of Density-Dependence in Populations of Large Herbivores ». *Advances in Ecological Research* 41 (mars): 313-57. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(09\)00405-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(09)00405-X).
- Cugnasse, JM. 1994. « Révision taxinomique des mouflons des îles méditerranéennes ». *Mammalia (Paris)* 58 (3): 507-12.
- Dubray, Dominique Éditeur scientifique. 1993. *Techniques de capture et de marquage des ongulés sauvages : Actes du Symposium, Meze (Hérault), 20-21 et 22 mars 1990*. Office National de la Chasse, CNERA Faune de montagne. Montpellier.
- Festa-Bianchet Marco. 1988. « Birthdate and survival in bighorn lambs (*Ovis canadensis*) ». *Journal of Zoology* 214 (4): 653-61. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1988.tb03764.x>.
- Festa-Bianchet, Marco, Jean-Michel Gaillard, et Jon T Jorgenson. s. d. « Mass- and Density-Dependent Reproductive Success and Reproductive Costs in a Capital Breeder », 13.
- Fritz, Hervé, et Anne Loison. 2006. « Large Herbivores across Biomes ». In *Large Herbivore Ecology, Ecosystem Dynamics and Conservation*, édité par Kjell Danell, Roger Bergstrom, Patrick Duncan, et John Pastor, 19-49. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511617461.003>.
- Gaillard, Jean-Michel, Antoine J. Sempéré, Jean-Marie Boutin, Guy Van Laere, et Bernard Boisaubert. 1992. « Effects of Age and Body Weight on the Proportion of Females Breeding in a Population of Roe Deer (*Capreolus Capreolus*) ». *Canadian Journal of Zoology* 70 (8): 1541-45. <https://doi.org/10.1139/z92-212>.
- Gaillard, J.-M., M. Festa-Bianchet, N. G. Yoccoz, A. Loison, et C. Toïgo. 2000. « Temporal Variation in Fitness Components and Population Dynamics of Large Herbivores ». *Annual Review of Ecology and Systematics* 31 (1): 367-93.
- Garel, M. 2007. « Conséquences de la chasse et des contraintes environnementales sur la démographie des populations d'ongulés. L'exemple du mouflon méditerranéen (*Ovis gmelini* musimon × *Ovis* sp.) en France et de l'élan (*Alces alces*) en Norvège. », 355.
- Garel, M., A. Loison, J.- M. Gaillard, J.- M. Cugnasse, et D. Maillard. 2004. « The Effects of a Severe Drought on Mouflon Lamb Survival ». *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 271 (Suppl_6): S471-73.
- Garel, Mathieu, Jean-Marc Cugnasse, Jean-Michel Gaillard, Anne Loison, Philippe Gibert, Philippe Douvre, et Dominique Dubray. 2005. « Reproductive Output of Female Mouflon (*Ovis Gmelini* Musimon × *Ovis* Sp.): A Comparative Analysis ». *Journal of Zoology* 266 (1): 65-71.
- Garel, Mathieu, Jean-Marc Cugnasse, Daniel Maillard, Jean-Michel Gaillard, A. J. Mark Hewison, et Dominique Dubray. 2007. « Selective Harvesting and Habitat Loss Produce Long-

Term Life History Changes in a Mouflon Population ». *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America* 17 (6): 1607-18.

Haddad, N. M., L. A. Brudvig, J. Clobert, K. F. Davies, A. Gonzalez, R. D. Holt, T. E. Lovejoy, et al. 2015. « Habitat Fragmentation and Its Lasting Impact on Earth's Ecosystems ». *Science Advances* 1 (2): e1500052-e1500052.

Loison, Anne. 1995. « Approche intra- et inter-spécifique de la dynamique des populations : l'exemple du chamois ».

Martins, Ana Gonçalves, Newton Tércio Netto, Stéphane Aulagnier, Ana Borges, Michel Dubois, Luis Vicente, Jean-François Gerard, et Marie-Line Maublanc. 2002. « Population Subdivision among Mouflon Sheep (*Ovis Gmelini*) Ewes and Ranging Behaviour of Rams during the Rut ». *Journal of Zoology* 258 (1): 27-37.

Muheim, Luis, et Tina Meier. 2017. « Mountain Agricultural Land Abandonment in the Alps: Consequences on Ecosystem Services », 9.

Parmesan, Camille. 2006. « Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change ». *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 3: 637-69.

PFEFFER, P. 1967. « Le Mouflon de Corse (*Ovis ammon musimon* Schreber, 1782) ; position systématique, écologie et éthologie comparées ». *Mammalia (Paris)*.

Rutberg, Allen T. 1987. « Adaptive Hypotheses of Birth Synchrony in Ruminants: An Interspecific Test ». *The American Naturalist* 130 (5): 692-710.

Sæther, Bernt-Erik, et Morten Heim. 1993. « Ecological Correlates of Individual Variation in Age at Maturity in Female Moose (*Alces alces*): The Effects of Environmental Variability ». *Journal of Animal Ecology* 62 (3): 482-89.

ANNEXES

Intervenant	Choix du sujet	Bibliographie	Collecte de données	Analyse statistique	Rédaction
Anne					
Mathieu GAREL					
Christian ITTY					
Stagiaires					

ANNEXE 1. TABLEAU DES TACHES

Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Collecte de données sur le terrain										
Bibliographie										
Préparation des données										
Statistiques										
Rédaction										

ANNEXE 2. CALENDRIER DU STAGE

DATE :		HEURE :			
OBSERVATEURS :					
LOCALISATION CARROYEE DU GROUPE	LOCALISATION OBSERVATEUR	☐ Lors d'un Itinéraire : ☐ au hasard ☐ au point :			
	☐ au hasard	☐ Point fixe :			
N° du groupe :		NOMBRE TOTAL D'ANIMAUX DANS LE GROUPE : 			
ANIMAUX NON MARQUES : EFFECTIFS PAR CLASSES					
	Mâle	Femelle non cornue	Femelle cornue	Femelle corne ?	Sexe ?
Agneaux					
1 an					
2-3 ans					
4-6 ans					
7 ans et +					
Age ?					
Nombre total d'animaux non marqués :					
ANIMAUX MARQUES					Nombre total d'animaux marqués :
<i>Relier à l'aide d'un trait les colonnes des animaux apparentés</i>					
Sexe	☐ M ☐ F ☐ ?	☐ M ☐ F ☐ ?	☐ M ☐ F ☐ ?	☐ M ☐ F ☐ ?	☐ M ☐ F ☐ ?
Age (ag. 1,...)					
Suivée	☐ O ☐ N ☐ ?	☐ O ☐ N ☐ ?	☐ O ☐ N ☐ ?	☐ O ☐ N ☐ ?	☐ O ☐ N ☐ ?
Cornue	☐ O ☐ N ☐ ?	☐ O ☐ N ☐ ?	☐ O ☐ N ☐ ?	☐ O ☐ N ☐ ?	☐ O ☐ N ☐ ?
Collier	☐ ext. couleurs ☐ ext. + vhf ☐ GPS	☐ ext. couleurs ☐ ext. + vhf ☐ GPS	☐ ext. couleurs ☐ ext. + vhf ☐ GPS	☐ ext. couleurs ☐ ext. + vhf ☐ GPS	☐ ext. couleurs ☐ ext. + vhf ☐ GPS
Code (compléter schéma et couleurs)	 couleur bande : couleur symbole :	 couleur bande : couleur symbole :	 couleur bande : couleur symbole :	 couleur bande : couleur symbole :	 couleur bande : couleur symbole :
BA	☐ oreil. D couleur ☐ oreil. G	☐ oreil. D couleur ☐ oreil. G	☐ oreil. D couleur ☐ oreil. G	☐ oreil. D couleur ☐ oreil. G	☐ oreil. D couleur ☐ oreil. G
Etat marquage					
Remarques					
N°Fichier					
OBSERVATIONS:					

ANNEXE 3. FICHE OBSERVATION