



HAL
open science

Traitements utilisés dans les zones de reproduction du vautour moine : établissement d'un inventaire grâce à une enquête à destination des vétérinaires ruraux

Fanny Aurore Stralen

► **To cite this version:**

Fanny Aurore Stralen. Traitements utilisés dans les zones de reproduction du vautour moine : établissement d'un inventaire grâce à une enquête à destination des vétérinaires ruraux. Médecine vétérinaire et santé animale. 2023. dumas-04414521

HAL Id: dumas-04414521

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04414521v1>

Submitted on 24 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Année 2023

**TRAITEMENTS UTILISÉS DANS LES ZONES DE
REPRODUCTION DU VAUTOUR MOINE : ÉTABLISSEMENT
D'UN INVENTAIRE GRÂCE À UNE ENQUÊTE À
DESTINATION DES VÉTÉRINAIRES RURAUX**

THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)

le 17 novembre 2023

par

Fanny Aurore STRALEN

sous la direction de

Yves MILLEMANN

JURY

Président du jury :	M. Matthias KOHLHAUER	Professeur à l'EnvA
Directeur de thèse :	M. Yves MILLEMANN	Professeur à l'EnvA
Examineur :	M. Pascal ARNÉ	Maître de Conférences à l'EnvA

Liste des enseignants intervenant dans l'encadrement des thèses de Doctorat vétérinaire



Version juillet 2023

Liste des Professeurs et Maîtres de conférences titulaires de l'HDR

M	Adjou	Karim	Professeur	DPASP
M	Audigié	Fabrice	Professeur	DEPEC
M	Bellier	Sylvain	Professeur	DSBP
M	Blaga	Radu	Professeur	DSBP
M	Blot	Stéphane	Professeur	DEPEC
M	Boulouis	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP
Mme	Chetboul	Valerie	Professeur	DEPEC
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP
M	Degueurce	Christophe	Professeur	DSBP
M	Denoix	Jean-Marie	Professeur	DEPEC
M	Desquilbet	Loïc	Professeur	DSBP
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP
M	Eloit	Marc	Professeur	DSBP
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC
M	Federighi	Michel	Professeur	DPASP
M	Fontbonne	Alain	Professeur	DEPEC
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC
Mme	Grimard-Ballif	Bénédicte	Professeur	DPASP
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP
M	Jouvion	Gregory	Professeur	DSBP
M	Kohlhauer	Matthias	Professeur	DSBP
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP
Mme	Le Roux	Delphine	Maître de conférences HDR	DSBP
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC
Mme	Maurey-Guéneç	Christelle	Professeur	DEPEC
M	Millemann	Yves	Professeur	DPASP
Mme	Pilot-Storck	Fanny	Professeur	DSBP
M	Ponter	Andrew	Professeur	DPASP
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Rivière	Julie	Maître de conférences HDR	DPASP
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP
M	Tiret	Laurent	Professeur	DSBP
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Arné	Pascal	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barbarino	Alix	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Benckroun	Ghita	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Bertoni	Lelia	Maître de conférences	DEPEC
M	Bolnot	Francois	Maître de conférences	DPASP
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Chevallier	Lucie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Cochet-Faivre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Coudry	Virginie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences	DSBP
M	Crozet	Guillaume	Maître de conférences	DPASP
Mme	De Paula Reis	Alline	Maître de conférences	DPASP
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences	DPASP
Mme	Denis	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP
Mme	Guérin	Virginie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Guétin-Poirier	Valentine	Maître de conférences	DPASP
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Kurtz	Maxime	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Lagrée	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP
Mme	Le Dudal	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DSBP
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP
M	Mammeri	Mohamed	Maître de conférences	DSBP
Mme	Manguin	Estelle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Marignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP
Mme	Marotto	Stéphanie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Maurice	Emeline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mespoules-Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mtîmet	Narjès	Maître de conférences	DPASP
M	Mortier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC
M	Nudelmann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP
Mme	Quéré	Émilie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Ravary-Plumioën	Bérangère	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Reyes-Gomez	Edouard	Maître de conférences	DSBP
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP
M	Tanquerel	Ludovic	Maître de conférences	DEPEC

Remerciements

À mon jury de thèse

Au Président du Jury de cette thèse, M Matthias Kohlhauer, professeur à l'EnvA,
Pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury de thèse. Hommages respectueux.

Au Professeur Yves Millemann,

Pour m'avoir proposé ce sujet de thèse, pour vos corrections toujours rapides et pertinentes et pour la disponibilité dont vous avez fait preuve tout au long de ce travail. Sincères remerciements.

À M Pascal Arné, Maître de conférences à l'EnvA,

Pour avoir accepté d'être l'examineur de cette thèse. Mes plus respectueux remerciements.

À celles et ceux ayant permis à ce travail d'avoir lieu

À Mme Léa Giraud, responsable du site Grands Causses à la LPO,

Pour avoir proposé et encadré ce travail, pour avoir relu et testé le questionnaire et pour vos réponses à mes questions. Sincères remerciements.

À Mme Noémie Ziletti et M Renaud Nadal de la LPO Grands Causses,

Pour avoir pris le relai de cette thèse, pour votre aide concernant les zones d'étude et la diffusion du questionnaire. Sincères remerciements.

Au Dr Frédéric Decante, vétérinaire à Banassac,

Pour avoir fait le relai de ce sujet, pour avoir été le premier vétérinaire à tester le questionnaire, pour vos remarques précieuses et pour votre aide dans la diffusion du questionnaire sans laquelle nous n'aurions pu avoir autant de réponses. Mes plus respectueux remerciements.

À l'ensemble des vétérinaires ayant répondu à l'enquête,

Pour avoir consacré un peu de votre temps pour répondre à ce questionnaire et pour vos commentaires pertinents sur vos pratiques. Sincères remerciements.

À Lukas,

Pour l'aide que tu m'as apportée aussi bien pour rédiger au mieux mes questions que pour réaliser les graphiques. Merci beaucoup.

À l'ensemble de mes proches,

Pour avoir contribué à faire de moi celle que je suis aujourd'hui, pour votre soutien sans faille tout au long de ces années. Merci de tout mon cœur.

Table des matières

Liste des figures	5
Liste des tableaux	9
Liste des abréviations	11
Introduction	13
Première partie : Étude bibliographique	15
1. Biologie du Vautour moine.....	15
1.1. <i>Présentation de l'espèce</i>	15
1.1.1. Systématique.....	15
1.1.2. Caractéristiques physiques.....	15
1.2. <i>Répartition du Vautour moine</i>	17
1.2.1. Situation dans le monde.....	17
1.2.1.1 Historique.....	17
1.2.1.2 Statut de protection à travers le monde (Nadal et al., 2020).....	18
1.2.1.3 Situation actuelle.....	18
1.2.2. Situation en France.....	21
1.2.2.1 Historique.....	21
1.2.2.2 Statut de protection en France.....	22
1.2.2.3 Situation actuelle.....	22
1.3. <i>Écologie du Vautour moine</i>	24
1.3.1. Habitat.....	24
1.3.2. Formation de colonies.....	25
1.3.3. Exploitation d'un domaine vital.....	25
1.3.4. Mouvements des populations.....	26
1.4. <i>Comportement alimentaire des vautours</i>	27
1.4.1. Régime alimentaire.....	27
1.4.1.1 Généralités.....	27
1.4.1.2 Provenance des ressources alimentaires.....	29
1.4.1.2.1 Cadavres issus de la faune sauvage.....	29
1.4.1.2.2 Cadavres issus de l'élevage domestique.....	29
1.4.1.3 Adaptations au régime charognard.....	30
1.4.1.3.1 Tête et cou.....	30
1.4.1.3.2 Bec (Chassagne, 1998).....	31
1.4.1.3.3 Pattes.....	31
1.4.1.3.4 Système digestif.....	32
1.4.2. Prospection alimentaire.....	32
1.4.2.1 Méthode de prospection (Chassagne, 1998).....	32
1.4.2.2 Adaptations à la prospection alimentaire.....	33
1.4.2.2.1 Une capacité à voler sur de longues distances.....	33
1.4.2.2.2 Une capacité à détecter les charognes à de grandes distances.....	34
1.4.2.2.3 Une capacité à jeûner plusieurs jours.....	34
1.4.3. Prise alimentaire : la curée.....	35
1.4.4. Gestion des ressources alimentaires par l'homme.....	38
1.4.4.1 Nécessité d'un nourrissage artificiel des vautours.....	38
1.4.4.1.1 Un soutien alimentaire indispensable (Chassagne, 1998).....	38
1.4.4.1.2 Une protection de l'environnement.....	38
1.4.4.2 Réglementation de l'équarrissage naturel en France.....	39
1.4.4.3 Charniers lourds.....	40
1.4.4.3.1 Présentation et fonctionnement des charniers.....	40
1.4.4.3.2 Avantages et inconvénients des charniers (Joncour, 1999).....	41
1.4.4.4 Placettes d'équarrissage individuelles.....	42
1.4.4.4.1 Présentation.....	42
1.4.4.4.2 Réglementation associée aux placettes d'équarrissage.....	42
1.4.4.4.3 Fonctionnement des placettes.....	43
1.4.4.4.4 Avantages et inconvénients des placettes.....	44

2. Étude de la galénique des médicaments vétérinaires utilisés en rurale et propriétés pharmacologiques.....	46
2.1. Pharmacocinétique des médicaments vétérinaires.....	47
2.1.1. Absorption.....	47
2.1.2. Distribution.....	48
2.1.3. Biotransformations.....	48
2.1.4. Élimination.....	49
2.1.5. Facteurs de variation des paramètres pharmacocinétiques.....	50
2.1.5.1 Facteurs liés à la forme galénique du médicament (Enriquez et Boulouis, 1990; Stoltz, 2008).....	50
2.1.5.2 Facteurs liés au mode et à la voie d'administration (Enriquez et Boulouis, 1990; Stoltz, 2008).....	50
2.1.5.3 Facteurs liés à l'animal (Enriquez et Boulouis, 1990; Stoltz, 2008).....	51
2.1.5.4 Facteurs liés au type de médicament.....	51
2.1.5.4.1 Pharmacocinétique des antibiotiques.....	51
2.1.5.4.2 Pharmacocinétique des AINS.....	53
2.1.5.4.3 Pharmacocinétique des euthanasiants.....	54
2.1.5.4.4 Pharmacocinétique des anti-parasitaires (Papich et Riviere, 2017; Torche et Beroual, 2020).....	54
2.2. Pharmacie galénique du médicament vétérinaire.....	56
2.2.1. Voie entérale : la voie orale.....	57
2.2.2. Voie parentérale.....	58
2.2.2.1 Voie intraveineuse.....	59
2.2.2.2 Voie intramusculaire.....	59
2.2.2.3 Voie sous-cutanée.....	59
2.2.2.4 Autres voies parentérales (Kubler, 2005; Perrot, 2019a).....	59
2.2.3. Autres voies d'administration non parentérales.....	60
2.2.3.1 Voie cutanée et percutanée.....	60
2.2.3.2 Voies transmuqueuses.....	61
2.2.3.2.1 Voie intra-mammaire.....	61
2.2.3.2.2 Voies vaginale et intra-utérine.....	61
2.2.3.2.3 Voie nasale.....	62
2.2.3.2.4 Voie oculaire.....	62
2.3. Notion de résidus médicamenteux.....	63
2.3.1. Définition réglementaire des résidus médicamenteux.....	63
2.3.2. Limites maximales de résidus et temps d'attente.....	64
3. La problématique des résidus médicamenteux chez les vautours.....	66
3.1. Dangers liés aux résidus d'antibiotiques.....	66
3.1.1. Mise en évidence de l'exposition des vautours aux antibiotiques et aux résidus d'antibiotiques.....	66
3.1.2. Apparition d'antibiorésistances dans des populations de charognards et de rapaces.....	68
3.1.3. Prédisposition au développement de mycoses chez les vautours.....	70
3.2. Dangers liés aux résidus d'anti-inflammatoires.....	73
3.2.1. Une crise sans précédent liée au diclofénac dans les années 1990 en Inde.....	73
3.2.2. Une nouvelle menace liée à l'usage de la flunixin.....	75
3.2.3. Les risques liés aux autres AINS.....	76
3.2.4. Le méloxicam, un anti-inflammatoire plus sécuritaire ?.....	78
3.3. Dangers liés aux résidus d'euthanasiants.....	80
3.3.1. Signes d'un empoisonnement aux barbituriques chez les vautours (Thomas, 1999).....	80
3.3.2. Historique des empoisonnements de rapaces et vautours au pentobarbital sodique.....	81
3.3.2. Situation en France.....	81
3.4. Dangers liés aux résidus d'anti-parasitaires.....	82
3.4.1. Signes d'une intoxication par les organophosphorés et les carbamates (Glaser, 1999).....	82
3.4.2. Mortalité et empoisonnement de charognards suite à l'exposition à des organophosphorés et des carbamates.....	83
3.4.3. Des risques liés à d'autres anti-parasitaires en France et en Espagne.....	84
Deuxième partie : Enquête auprès des vétérinaires ruraux des zones de reproduction du Vautour moine concernant les traitements utilisés.....	87
1. Introduction et objectifs de l'enquête.....	87

2. Matériels et méthodes.....	88
2.1. <i>Élaboration du questionnaire</i>	88
2.1.1. Choix des régions d'étude.....	88
2.1.1.1 Les Grands Causses.....	89
2.1.1.2 Les Baronnies Provençales.....	89
2.1.1.3 Les Gorges du Verdon.....	90
2.1.2. Choix des molécules à étudier.....	91
2.1.2.1 Antibiotiques.....	91
2.1.2.2 Anti-inflammatoires.....	92
2.1.2.3 Euthasians.....	93
2.1.2.4 Anti-parasitaires.....	93
2.1.2.5 Anesthésiques.....	94
2.2. <i>Modalités de diffusion de l'enquête</i>	95
2.3. <i>Recueil et traitement des données</i>	95
3. Résultats.....	95
3.1. <i>Taux de participation et répartition géographique</i>	95
3.2. <i>Les Grands Causses</i>	96
3.2.1. Caractéristiques de l'activité.....	96
3.2.1.1 Proportion de rurale.....	96
3.2.1.2 Nombre d'élevages et de ruminants suivis.....	97
3.2.2. Antibiotiques.....	99
3.2.3. Anti-inflammatoires.....	100
3.2.4. Anti-parasitaires.....	101
3.2.4.1 Anti-parasitaires externes.....	101
3.2.4.2 Anti-parasitaires internes.....	103
3.2.4.3 Endectocides.....	104
3.2.5. Anesthésiques et sédatifs.....	106
3.2.5.1 Sédatifs.....	106
3.2.5.2 Anesthésiques.....	107
3.2.6. Euthasians.....	108
3.3. <i>Les Gorges du Verdon</i>	109
3.3.1. Caractéristiques de l'activité.....	109
3.3.1.1 Proportion de rurale.....	109
3.3.1.2 Nombre d'élevages et de ruminants suivis.....	110
3.3.2. Antibiotiques.....	111
3.3.3. Anti-inflammatoires.....	112
3.3.4. Anti-parasitaires.....	113
3.3.4.1 Anti-parasitaires externes.....	113
3.3.4.2 Anti-parasitaires internes.....	114
3.3.4.3 Endectocides.....	115
3.3.5. Anesthésiques et sédatifs.....	117
3.3.5.1 Sédatifs.....	117
3.3.5.2 Anesthésiques.....	118
3.3.6. Euthasians.....	119
3.4. <i>Les Baronnies Provençales</i>	120
3.4.1. Caractéristiques de l'activité.....	120
3.4.1.1 Proportion de rurale.....	120
3.4.1.2 Nombre d'élevages et de ruminants suivis.....	121
3.4.2. Antibiotiques.....	122
3.4.3. Anti-inflammatoires.....	123
3.4.4. Anti-parasitaires.....	124
3.4.4.1 Anti-parasitaires externes.....	124
3.4.4.2 Anti-parasitaires internes.....	126
3.4.4.3 Endectocides.....	127
3.4.5. Anesthésiques et sédatifs.....	128
3.4.5.1 Sédatifs.....	128
3.4.5.2 Anesthésiques.....	129

3.4.6. Euthanasiants.....	130
4. Discussion.....	132
4.1. <i>Méthode</i>	132
4.2. <i>Retour sur les résultats de l'enquête</i>	133
4.2.1. Profil des répondants.....	133
4.2.2. Antibiotiques.....	134
4.2.3. Anti-inflammatoires.....	134
4.2.4. Anti-parasitaires.....	135
4.2.5. Anesthésiques et sédatifs.....	136
4.2.6. Euthanasiants.....	136
4.2.7. Bilan des traitements réalisés par les vétérinaires.....	137
4.2.8. Pratiques réelles des vétérinaires sur le terrain.....	138
4.3. <i>Perspectives</i>	138
Conclusion.....	141
Liste des références bibliographiques.....	143
Annexe 1 : Présentation comparée des quatre vautours français (Borrel et al., 2022).....	155
Annexe 2 : Action 4.1 du PNA 2021 – 2030 en faveur du Vautour moine (Nadal et al., 2020)	157
Annexe 3 : Questionnaire de l'enquête diffusé aux vétérinaires (exemple pour la région des Grands Causses).....	160

Liste des figures

Figure 1 : Comparaison entre un Vautour moine (à gauche) et un Vautour fauve (à droite) (photo : B. Berthémy (dans Giraud et al., 2022)).....	17
Figure 2 : Aire de répartition mondiale actuelle des Vautours moines (<i>Aegypius monachus</i>) (Andevski et al., 2017).....	20
Figure 3 : Localisation des trois programmes de réintroduction des Vautours moines en France (Rousteau, 2020).....	22
Figure 4 : Schéma des dispersions de reproduction de Vautours moines reproducteurs sur la période de 1992 à 2018 (Rousteau, 2020).....	23
Figure 5 : Comparaison des domaines vitaux de sept Vautours moines hors période de reproduction et pendant la période de reproduction (Rousteau, 2020).....	26
Figure 6 : Fréquence de présence de la faune sauvage et de la faune domestique dans les restes alimentaires des Vautours moines (Nadal et Riols, 2018).....	28
Figure 7 : Fréquence de présence des diverses espèces consommées par le Vautour moine dans les Grands Causses entre 2010 et 2017 (Nadal et Riols, 2018).....	28
Figure 8 : Photographie d'un Vautour moine adulte au cours d'une curée (photo : B. Berthémy (dans Lecuyer et Orabi, 2013)).....	30
Figure 9 : Vue de profil d'un bec de Vautour moine adulte au cours d'une curée (photo : L. Vanbeselaère (dans Bouriette et al., 2020)).....	31
Figure 10 : Utilisation des ascendances thermiques pour le vol plané par un vautour (d'après Pennycuick, 1972; dans Maurel, 2002).....	34
Figure 11 : Pourcentage cumulé du nombre d'observations enregistrées pour chacun des trois types d'interactions (combats/attaques, déplacements et vol) liés au comportement agonistique des quatre espèces de vautours européens (Moreno-Opo et al., 2020).....	36
Figure 12 : Schéma d'une placette d'équarrissage destinée aux Vautours fauves et moines (Lecuyer et Orabi, 2013).....	44
Figure 13 : Représentation du devenir d'un médicament dans l'organisme (D'Alteroche, 2003; dans Kubler, 2005).....	47
Figure 14 : Principe du cycle entéro-hépatique (Rock et al., 2007).....	50
Figure 15 : Méthode de détermination des temps d'attente à partir d'une limite maximale de résidus (LMR) (Perrot, 2019b).....	65
Figure 16 : Fréquence d' <i>E. coli</i> résistantes isolées pour chaque famille d'antibiotique dans le centre de l'Espagne (Blanco et Bautista, 2020).....	69

Figure 17 : Exemples de lésions dans la cavité buccale lors d'infection par les levures de type <i>Candida</i> chez un Vautour moine (A et B), un Vautour fauve (C) et un Vautour percnoptère (D et E) (Pitarch et al., 2017).....	70
Figure 18 : Fréquence des lésions de type <i>Candida</i> (A) et localisation associée (B) chez quatre espèces de rapaces (Vautour moine, Vautour fauve, Vautour percnoptère et Aigle royal) (Pitarch et al., 2017).....	72
Figure 19 : Toxicité de différents anti-inflammatoires chez les vautours du genre <i>Gyps</i> (a) et chez d'autres oiseaux charognards et rapaces (b) (d'après Oaks et al., 2004; Swan et al., 2006a; Cuthbert et al., 2007b).....	77
Figure 20 : Carte du Parc Naturel Régional des Grands Causses (Parc naturel régional des Grands Causses, 2014).....	89
Figure 21 : Carte du Parc Naturel Régional des Baronnies Provençales (Parc naturel régional des Baronnies Provençales, 2015).....	90
Figure 22 : Carte du Parc Naturel Régional du Verdon (Parc naturel régional du Verdon, 2014).....	91
Figure 23 : Proportion de vétérinaires répondant à l'enquête en fonction de la zone d'étude (n = 21).....	96
Figure 24 : Proportion d'activité rurale chez les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	97
Figure 25 : Nombre d'élevages suivis par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	98
Figure 26 : Présentation des antibiotiques couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	99
Figure 27 : Antibiotiques les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	99
Figure 28 : Présentation des anti-inflammatoires couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	100
Figure 29 : Anti-inflammatoires les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	101
Figure 30 : Présentation des anti-parasitaires externes couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	102
Figure 31 : Anti-parasitaires externes les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	102
Figure 32 : Présentation des anti-parasitaires internes couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	103
Figure 33 : Anti-parasitaires internes les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	103

Figure 34 : Familles d'endectocides les plus utilisées par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	104
Figure 35 : Endectocides les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	105
Figure 36 : Sédatifs les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	106
Figure 37 : Anesthésiques les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	107
Figure 38 : Euthanasiants les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12).....	108
Figure 39 : Proportion d'activité rurale chez les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	110
Figure 40 : Nombre d'élevages suivis par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	110
Figure 41 : Présentation des antibiotiques couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	111
Figure 42 : Antibiotiques les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	112
Figure 43 : Présentation des anti-inflammatoires couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	112
Figure 44 : Anti-inflammatoires les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	113
Figure 45 : Présentation des anti-parasitaires externes couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	113
Figure 46 : Anti-parasitaires externes les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	114
Figure 47 : Présentation des anti-parasitaires internes couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	114
Figure 48 : Anti-parasitaires internes les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	115
Figure 49 : Familles d'endectocides les plus utilisées par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	116
Figure 50 : Endectocides les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	116
Figure 51 : Sédatifs les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	117

Figure 52 : Anesthésiques les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	118
Figure 53 : Euthanasiants les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4).....	119
Figure 54 : Proportion d'activité rurale chez les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	120
Figure 55 : Nombre d'élevages suivis par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	121
Figure 56 : Présentation des antibiotiques couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	122
Figure 57 : Antibiotiques les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	122
Figure 58 : Présentation des anti-inflammatoires couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	123
Figure 59 : Anti-inflammatoires les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	124
Figure 60 : Présentation des anti-parasitaires externes couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	125
Figure 61 : Anti-parasitaires externes les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	125
Figure 62 : Présentation des anti-parasitaires internes couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	126
Figure 63 : Anti-parasitaires internes les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	126
Figure 64 : Familles d'endectocides les plus utilisées par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	127
Figure 65 : Endectocides les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	128
Figure 66 : Sédatifs les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	129
Figure 67 : Anesthésiques les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	130
Figure 68 : Euthanasiants les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	131

Liste des tableaux

Tableau 1 : Présentation comparée des caractéristiques physiques des quatre espèces de vautours présentes en France (d'après Choisy, 2004a; et Nadal et al., 2020).....	16
Tableau 2 : Avantages et inconvénients des charniers lourds (d'après Joncour, 1999).....	41
Tableau 3 : Propriétés pharmacocinétiques des principales familles d'antibiotiques (d'après Papich et Riviere, 2017; et Kohlhauer, 2020).....	52
Tableau 4 : Avantages et inconvénients de la voie orale (d'après Perrot, 2019a).....	57
Tableau 5 : Avantages et inconvénients de la voie parentérale (d'après Perrot, 2019a).....	58
Tableau 6 : Principaux signes secondaires à une exposition aiguë aux organophosphorés et carbamates chez les oiseaux (d'après Glaser, 1999).....	83
Tableau 7 : Nombre d'animaux de rente minimum, maximum suivis par les vétérinaires, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 12).....	98
Tableau 8 : Nombre de traitements antibiotiques minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 8).....	100
Tableau 9 : Nombre de traitements anti-inflammatoires minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 9).....	101
Tableau 10 : Nombre de traitements à base de deltaméthrine minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 8).....	102
Tableau 11 : Nombre de traitements anti-parasitaires internes minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 8).....	104
Tableau 12 : Nombre de traitements endectocides minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 8).....	105
Tableau 13 : Nombre de traitements sédatifs minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 10).....	106
Tableau 14 : Nombre de traitements anesthésiques minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 10).....	108
Tableau 15 : Nombre d'euthanasies minimum, maximum réalisées par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 10).....	109
Tableau 16 : Nombre d'animaux de rente minimum, maximum suivis par les vétérinaires, moyenne et médiane dans les Gorges du Verdon (n = 3).....	111
Tableau 17 : Nombre de traitements sédatifs minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Gorges du Verdon (n = 2).....	117

Tableau 18 : Nombre de traitements anesthésiques minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Gorges du Verdon (n = 2).....	118
Tableau 19 : Nombre d'euthanasies minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Gorges du Verdon (n = 1).....	120
Tableau 20 : Nombre d'animaux de rente minimum, maximum suivis par les vétérinaires, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 4).....	121
Tableau 21 : Nombre de traitements antibiotiques minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 2).....	123
Tableau 22 : Nombre de traitements à base d'acide tolfénamique minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 2).....	124
Tableau 23 : Nombre de traitements à base de deltaméthrine minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 1).....	125
Tableau 24 : Nombre de traitements anti-parasitaires internes minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 2).....	127
Tableau 25 : Nombre de traitements à base d'ivermectine minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 1).....	128
Tableau 26 : Nombre de traitements sédatifs minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 3).....	129
Tableau 27 : Nombre de traitements anesthésiques minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 3).....	130
Tableau 28 : Nombre d'euthanasies minimum, maximum réalisées par an, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 3).....	131
Tableau 29 : Bilan : Principaux traitements mis en œuvre par les vétérinaires pour chaque classe de médicament, en fonction de la région d'exercice.....	137

Liste des abréviations

AIS : Anti-Inflammatoire Stéroïdien

AINS : Anti-Inflammatoire Non Stéroïdien

ALAT : Alanine-aminotransférase

AMM : Autorisation de Mise sur le Marché

APE : Anti-Parasitaire Externe

API : Anti-Parasitaire Interne

DJA : Dose Journalière Acceptable

DL50 : Dose Létale 50 %

CVO : Cotisation Volontaire Obligatoire

ESB : Encéphalopathie Spongiforme Bovine

ESST : Encéphalopathie Subaiguë Spongiforme Transmissible

GTV : Groupement Technique Vétérinaire

IM : intramusculaire

IV : Intraveineuse

JOCE : Journal Officiel des Communautés Européennes

JORF : Journal Officiel de la République Française

JOUE : Journal Officiel de l'Union Européenne (ex-JOCE)

KCIB : Kérato-conjonctivite infectieuse bovine

LPO : Ligue pour la Protection des Oiseaux

LMR : Limite Maximale de Résidus

PNA : Plan National d'Actions

PNR : Parc Naturel Régional

QCM : Question à Choix Multiples

QCU : Question à Choix Unique

QROC : Question à Réponse Ouverte Courte

RCP : Résumé des Caractéristiques du Produit

SC : Sous-Cutanée

SPEC : Species of European Conservation

TA : Temps d'Attente

URL : Uniform Resource Locator

Introduction

Le Vautour moine est un rapace nécrophage nichant sur les arbres. Historiquement largement répandues en Europe et en Asie, les populations ont connu une forte régression durant le 20^e siècle. En France, l'espèce avait totalement disparu dès le 19^e siècle. Son retour et son implantation sur le territoire sont le fruit d'un long travail mené conjointement par la Ligue pour la Protection des Oiseaux, par les Parcs Naturels Régionaux et par le Ministère de l'Agriculture. L'espèce se reproduit de nouveau sur trois sites français où elle a été réintroduite, mais le nombre de couples reproducteurs est assez faible et leur situation reste précaire malgré les programmes de protection mis en place.

Les vautours sont tributaires de l'élevage traditionnel pour leur alimentation et des carcasses sont régulièrement laissées à leur disposition par les éleveurs afin de leur assurer une source alimentaire supplémentaire. Cependant, les changements dans l'agriculture moderne et le développement d'une agriculture plus intensive influencent la qualité de leur alimentation. Les risques liés à la consommation de carcasses d'animaux domestiques contenant des résidus médicamenteux sont documentés et certains traitements semblent avoir eu des conséquences dramatiques à travers le monde. En France, les traitements utilisés par les vétérinaires ruraux dans les zones de présence des vautours moines ne sont pas documentés. Comprendre comment et dans quelle mesure les vautours sont exposés à ces phénomènes d'intoxication est important pour en tenir compte dans les plans de restauration de l'espèce.

Ce manuscrit présente dans un premier temps une synthèse bibliographique des connaissances sur le sujet. Ainsi une première partie présente la biologie du Vautour moine pour comprendre comment il peut être exposé à des résidus médicamenteux, puis une seconde partie présente les mécanismes de traitement et les phénomènes aboutissant à la formation de résidus dangereux pour les vautours, enfin la troisième partie consiste en un historique mettant en évidence les cas d'intoxications rapportés dans les populations de charognards à travers le monde et les traitements ayant été identifiés comme responsables de ceux-ci. La seconde partie du manuscrit est un travail personnel dont le but est de réussir à établir un inventaire des traitements qui sont le plus souvent utilisés par les vétérinaires ruraux dans les zones de reproduction du Vautour moine en France à l'aide d'une enquête par questionnaire.

Première partie : Étude bibliographique

1. Biologie du Vautour moine

La connaissance de la biologie du Vautour moine est indispensable afin de comprendre comment il peut être exposé à des résidus médicamenteux à travers son alimentation. Nous commencerons donc dans un premier temps par présenter l'espèce, puis nous nous intéresserons à sa répartition à travers le monde et en France ainsi qu'à son écologie. Enfin nous étudierons plus en détail son régime alimentaire et les comportements qui y sont associés ainsi que la gestion de l'alimentation par l'homme et le risque qu'elle peut représenter en termes de résidus médicamenteux.

1.1. Présentation de l'espèce

1.1.1. Systématique

Au sein du règne animal, le Vautour moine est classifié de la façon suivante (Ministère de la transition écologique, 2020; Giraud *et al.*, 2022) :

- Embranchement : Cordés
- Sous-embranchement : Vertébrés
- Classe : Aves (Oiseaux)
- Ordre : Falconiformes (rapaces diurnes)
- Sous-ordre : Accipitriforme
- Famille : Accipitridae (vautours de l'Ancien Monde)
- Genre : *Aegypius*
- Espèce : *Aegypius monachus*

La première description de cette espèce est faite en 1766 par Linné sous le nom de *Vultur monachus*. En 1809, Jules-César Savigny lui donne le nom scientifique *Aegypius monachus* dérivé du latin *gups* signifiant vautour et *pilus* signifiant pieu. *Monachus* est un terme signifiant moine, en référence à la livrée sombre et à la tonsure claire de sa tête.

Le Vautour moine, nom commun qui lui est donné en France, est le seul représentant actuel du genre *Aegypius*, puisqu'aucune autre sous-espèce n'a été identifiée. Une espèce fossile a été décrite dans les Pyrénées : *Aegypius prepyrenaicus* ; mais elle reste à confirmer sur davantage d'échantillons (Ministère de la transition écologique, 2020). Par ailleurs, bien qu'il n'y ait pas de sous-espèces identifiées, on distingue différentes lignées avec une faible variabilité génétique (Andevski *et al.*, 2017).

1.1.2. Caractéristiques physiques

Le Vautour moine appartient à l'ordre des Falconiformes qui regroupe les rapaces diurnes tels que les milans, buses, aigles, faucons. Ces rapaces présentent les particularités physiologiques et morphologiques d'oiseaux de proie prédateurs : des serres, griffes recourbées puissantes pour saisir des proies vivantes ; bec crochu et tranchant afin de tuer et consommer les proies ainsi que des capacités de vol adaptées à leur milieu de vie. Au sein de cet ordre, le vautour fait exception

car il est un charognard strict et présente donc des particularités physiques orientées vers la consommation de carcasses (Lamagere, 2011).

Les principales caractéristiques physiques du Vautour moine sont présentées dans le tableau 1 ci-dessous et dans l'annexe 1 (Borrel *et al.*, 2022), par comparaison aux trois autres espèces de vautours présentes en France.

La majorité des espèces de vautours sont très grandes. Avec une envergure allant de 2,50 à 2,95 m et une hauteur de 100 à 110 cm, le Vautour moine figure parmi les plus grands oiseaux de proie au monde et les plus grands rapaces d'Europe (Andevski *et al.*, 2017; Ministère de la transition écologique, 2020). Son poids est généralement compris entre 7 et 9 kg, mais peut parfois atteindre les 13 kg chez les individus les plus grands (Giraud *et al.*, 2022). Il n'existe pas de dimorphisme sexuel dans cette espèce, cependant les femelles sont légèrement plus grandes que les mâles (Andevski *et al.*, 2017).

Tableau 1 : Présentation comparée des caractéristiques physiques des quatre espèces de vautours présentes en France (d'après Choisy, 2004a; et Ministère de la transition écologique, 2020)

Espèce	Envergure	Poids	Plumage
Vautour moine (<i>Aegypius monachus</i>)	2,50 – 2,95 m	Jusqu'à 13 kg	Adulte : uniformément brun Jeune de l'année : uniformément noir Livrée sombre, collerette sur les épaules, crâne « tonsuré »
Vautour fauve (<i>Gyps fulvus</i>)	2,40 – 2,80 m	9 – 10 kg	Long cou à duvet ras et collerette
Gypaète barbu (<i>Gypaetus barbatus</i>)	2,50 – 2,80 m	5 – 7 kg	Ailes gris ardoise Plumes de la tête, du cou et de la poitrine couleur blanc orangé Iris cerclé de rouge
Vautour percnoptère (<i>Neophron percnopterus</i>)	1,55 – 1,80 m	Environ 2 kg	Tête jaune or Plumage blanc avec rémiges noires

Comme on peut le voir sur la figure 1, le plumage est uniformément brun à l'âge adulte, chez les jeunes de l'année il est totalement noir et s'éclaircit avec l'âge. Par comparaison avec le Vautour fauve (*Gyps fulvus*), les ailes sont rectangulaires et tenues plus à plat avec les extrémités tombantes en vol plané permettant des battements d'ailes lents et puissants ainsi que le planage. Enfin, le long cou emplumé, bordé d'une large collerette de plumes érectiles, la tonsure claire de la tête et son bec très fort avec une cire violacée sont caractéristiques de l'espèce et à l'origine de son nom (Choisy, 2004a; Andevski *et al.*, 2017; Ministère de la transition écologique, 2020).

**Figure 1 : Comparaison entre un Vautour moine (à gauche) et un Vautour fauve (à droite)
(photo : B. Berthémy (dans Giraud *et al.*, 2022))**



Bilan :

- Le Vautour moine, *Aegypius monachus*, est l'un des plus grands rapaces d'Europe.
- On le reconnaît à son plumage uniformément brun, sa livrée sombre, sa collerette sur les épaules et son crâne tonsuré.

1.2. Répartition du Vautour moine

1.2.1. Situation dans le monde

1.2.1.1 Historique

L'aire de reproduction du Vautour moine est la plus septentrionale des vautours de l'Ancien Monde (Muséum National d'Histoire Naturelle, 2003). Historiquement, il occupait de larges aires de répartition s'étendant sur trois continents (Europe, Afrique et Asie) (Ogada *et al.*, 2012) dans des milieux favorables jusqu'au 18^e siècle : de la péninsule ibérique à la Mongolie, en passant par les pays du nord de la Méditerranée, les Balkans, la Turquie et l'Asie centrale au nord de la chaîne de l'Himalaya et jusqu'en Chine. Il était également présent dans de grandes îles comme Majorque, la Sardaigne, la Sicile ou Chypre et pouvait nicher en Algérie et au Maroc (Heredia, 1996; Ministère de la transition écologique, 2020; Giraud *et al.*, 2022).

Cependant, les populations de Vautours moines ont connu un fort déclin à travers le monde du fait des activités humaines : empoisonnement direct ou indirect, mise à mort délibérée, électrocution ou collision avec des câbles électriques, altérations de l'habitat dans les aires de reproduction, pénurie alimentaire suite au déclin des herbivores, empoisonnement au plomb ou par les produits vétérinaires utilisés sur le bétail *etc.* (Heredia, 1996; Andevski *et al.*, 2017).

En Europe, la population a largement régressé et il ne restait à la fin du 20^e siècle qu'environ 200 couples dans le Sud-Ouest de l'Espagne et deux populations d'une dizaine de couples à Majorque et en Grèce. En Afrique du Nord, le Vautour moine a disparu et est considéré

comme éteint et la population des Baléares est actuellement la dernière population insulaire existante (Ministère de la transition écologique, 2020).

1.2.1.2 Statut de protection à travers le monde (Nadal *et al.*, 2020)

Le Vautour moine figure sur la liste rouge mondiale comme espèce « quasi menacée » (IUCN, 2022) en raison d'un déclin des populations en Asie, malgré la hausse des effectifs européens. Il est donc une priorité européenne mais aussi mondiale pour la conservation des populations d'oiseaux.

L'espèce est ainsi inscrite à :

- l'annexe III de la Convention de Washington du 3 mars 1973 sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (JORF du 17 septembre 1978 ; dernière modification JORF du 22 mars 1996) : espèce vulnérable dont le commerce est strictement réglementé ;
- l'annexe I de la Directive « Oiseaux » n°79/409/CEE du conseil du 2 avril 1979 concernant la conservation des oiseaux sauvages (JOCE du 25 avril 1979, recodifiée Directive 2009/147/CE du 30 novembre 2009 JOCE du 26 janvier 2010) ;
- l'annexe II de la Convention de Bonn du 23 juin 1979 relative à la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (JORF du 30 octobre 1990) : espèce migratrice se trouvant dans un état de conservation défavorable et nécessitant l'adoption de mesures de conservation et de gestion appropriées ;
- l'annexe II de la Convention de Berne du 19 septembre 1979 relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (JORF du 28 août 1990 et du 20 août 1996) : espèce strictement protégée ;
- l'annexe A du Règlement communautaire CITES/CEE n°3626/82 du conseil du 3 décembre 1982 relatif à l'application dans la Communauté de la CITES (dernière modification JOCE du 10 mars 1995) : espèce menacée d'extinction dont le commerce à l'intérieur et à l'extérieur de l'Union européenne est interdit, sauf dans des conditions exceptionnelles ;
- la liste des espèces à statut européen défavorable dont la majorité de la population mondiale se trouve hors d'Europe (SPEC 3) ;
- le plan d'actions 2008 de la convention sur les espèces migratrices : conservation des oiseaux de proie migrateurs en Afrique et en Eurasie.

Un plan d'action européen a également débuté en 2018 et se poursuivra jusqu'en 2028 afin de limiter le déclin des populations actuelles et de les restaurer dans un état de conservation favorable sur l'ensemble des aires géographiques historiques de l'espèce (Andevski *et al.*, 2017).

1.2.1.3 Situation actuelle

Grâce aux mesures de protection mises en place à travers le monde, la situation des vautours moines s'est améliorée.

Aujourd'hui, la population mondiale est estimée entre 8400 et 11 400 couples soit environ 16 800 – 22 800 individus matures (BirdLife International, 2021) dont :

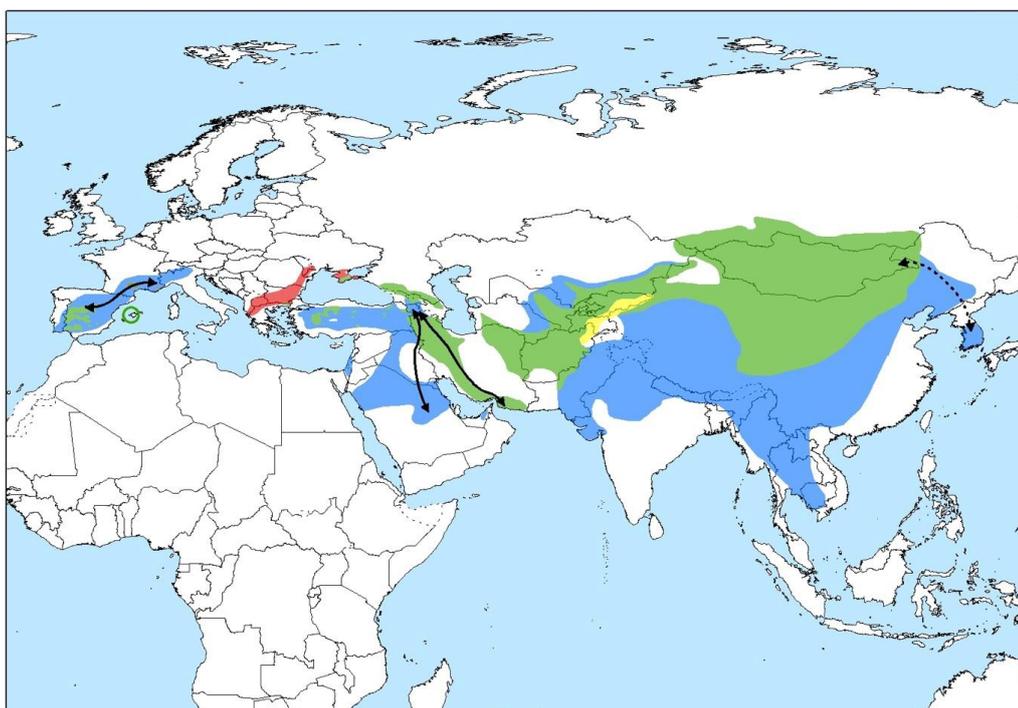
- 5500 à 8000 couples en Asie

- et 2300 à 2500 couples en Europe (Andevski *et al.*, 2017).

La population de vautours moine est en augmentation en Europe de près de 48 % au cours de la dernière décennie. La Mongolie détient environ 50 % de la population mondiale et l'Espagne plus de 20 % (représentant 90 % de la population européenne) (Andevski *et al.*, 2017).

L'aire de répartition mondiale est présentée dans la figure 2 ci-dessous : les Vautours moines occupent une vaste aire de répartition en Asie et en Europe. Ils se reproduisent dans de nombreux pays dont l'Espagne, la France, la Grèce, la Turquie, la Géorgie, l'Ukraine, la Russie, la Mongolie ou encore la Chine continentale (Andevski *et al.*, 2017; Ministère de la transition écologique, 2020).

Figure 2 : Aire de répartition mondiale actuelle des Vautours moines (*Aegypius monachus*)
(Andevski *et al.*, 2017)



	Résident : résident toute l'année et reproducteur.
	Visiteur nicheur : présent régulièrement uniquement pendant la saison de reproduction, et connu pour se reproduire.
	Visiteur non reproducteur : présent régulièrement en dehors de la saison de reproduction (l'hiver dans le contexte eurasiatique). Couvre tous les mouvements non reproducteurs en dehors de l'aire de reproduction.
	Éteint : anciennement reproducteur, mais aucune reproduction n'a été enregistrée au cours des trente dernières années.
	Itinéraires de migration/dispersion confirmés par plusieurs ensembles de données de suivi.
	Itinéraires de migration/dispersion déduits à partir d'informations ponctuelles sur la localisation.

Le rétablissement des populations européennes de Vautours moines a été permis par sept programmes de réintroduction débutés à la fin du 20^e siècle :

- le premier a été initié en 1986 à Majorque, où en 1982 il ne persistait plus que sept couples reproducteurs. Jusqu'au début des années 1990, 35 oiseaux ont été relâchés et en 2017 la population est estimée à trente couples reproducteurs sur l'île ;

- en France, tout d'abord dans les Grands Causses à partir de 1992 puis sur les sites des Baronnies et du Verdon. Ces programmes de réintroduction seront détaillés dans la partie 1.2.2.3.

- en Catalogne : à partir de 2007, 71 oiseaux ont été relâchés. La première reproduction à l'état sauvage a été enregistrée en 2010 et en 2017 la population atteint 56 individus résidents ;

- à Burgos en Espagne : à partir de 2015, quinze vautours ont été relâchés dans le but de rétablir la population dans la région et de favoriser son expansion vers le Nord-Est par des connexions entre les colonies pyrénéennes et les colonies françaises. Un an après les premiers lâchés, des individus provenant d'autres colonies ont été observés dans la région ;

- enfin en Bulgarie, où l'espèce était déclarée comme « éteinte » depuis environ 30 ans, un projet débuté en 2018 vise à relâcher près de 50 individus pour y rétablir la population (Andevski *et al.*, 2017; Giraud *et al.*, 2022).

1.2.2. Situation en France

1.2.2.1 Historique

Les recherches archéologiques menées en France permettent d'attester de la présence du Vautour moine sur plusieurs sites durant les 11^e et 13^e siècles mais l'espèce semble avoir été présente dès le Pléistocène supérieur (- 126 000 à - 11 700 ans) dans les Pyrénées-Orientales, les Bouches-du-Rhône, les Hautes-Pyrénées, la Corrèze, le Vaucluse, le Lot, la Charente, la Vienne, les Pyrénées-Atlantiques, l'Ariège, le Tarn-et-Garonne et la Dordogne. On peut donc la considérer comme autochtone de la faune de la France continentale (Muséum National d'Histoire Naturelle, 2003).

Par ailleurs, des ossements traduisent sa présence dans l'Hérault, le Vaucluse et le Gard au début de l'Holocène (- 12 000 à nos jours), ainsi que dans le Gers, le Vaucluse et la Nièvre au cours du Moyen-Age.

Ces découvertes traduisent une présence régulière de l'espèce dans le Sud de la France au cours du Pléistocène et de l'Holocène. Néanmoins, on dispose de peu d'indications concernant sa reproduction sur le territoire : il se serait reproduit au cours du 17^e siècle, mais du 18^e au 19^e siècle les données ne sont pas assez précises pour pouvoir en attester. A partir du 19^e siècle l'espèce est considérée comme ne se reproduisant plus en France, et les déboisements massifs et les défrichements agricoles semblent avoir contribué à la perte d'habitats favorables à leur reproduction (Ministère de la transition écologique, 2020).

La raréfaction puis la disparition de l'espèce en France est probablement due à plusieurs facteurs :

- surexploitation forestière des territoires de basse et moyenne montagne ;
- développement des armes à feu et de la chasse ;
- empoisonnements involontaires : les tentatives d'éradication d'espèces dites « nuisibles » (loup, renard, chacal) ont eu de lourdes conséquences sur les vautours ;
- dénichages ;
- intensification de l'élevage : disparition progressive de la transhumance et abandon des pelouses de montagne entraînant une diminution des ressources disponibles pour les vautours (Joncour, 1999; Ministère de la transition écologique, 2020).

1.2.2.2 Statut de protection en France

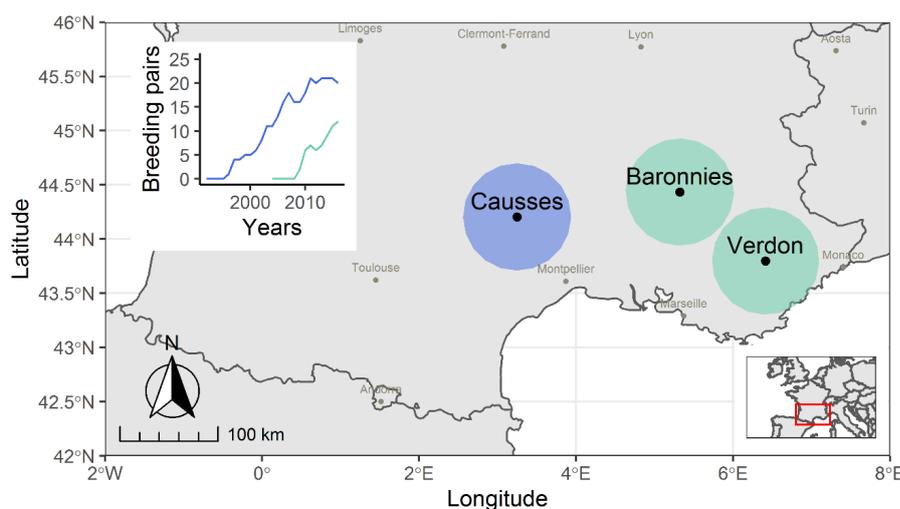
En France, le Vautour moine est protégé par la loi du 10 juillet 1976 et son arrêté d'application du 29 octobre 2009 (Ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat et Ministre de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche, 2009) qui fixe la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. Par ailleurs, il est une des priorités nationales pour la conservation des populations d'oiseaux et figure donc à ce titre dans :

- l'arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département (Ministre de l'agriculture et de la pêche et Ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 1999) ;
- la liste rouge de la faune menacée en France : catégorie « vulnérable » ;
- la liste des espèces présentes en France et très menacées à la fois en France et en Europe, et dont la conservation mérite une attention particulière ;
- la liste des espèces d'oiseaux sauvages traitées sur la liste rouge mondiale (IUCN, 2022) et présentes en France métropolitaine : catégorie « faible risque » (Ministère de la transition écologique, 2020; Giraud *et al.*, 2022).

1.2.2.3 Situation actuelle

En France, dans les années 1900 le Vautour moine était éteint et les trois autres espèces de vautours déclinaient fortement. Par conséquent à partir des années 1990, suite à la réintroduction réussie du Vautour fauve, des programmes de réintroduction du moine ont été lancés avec succès sur trois sites, présentés dans la figure 3, afin de rétablir l'espèce sur le territoire.

Figure 3 : Localisation des trois programmes de réintroduction des Vautours moines en France (Rousteau, 2020)



Les sites de lâcher (volières) sont indiqués par des points, entourés de cercles de 55 km de rayon.
Encadré : Nombre annuel de couples reproducteurs dans les Causses (bleu) et dans les Alpes (vert).

Entre 1992 et 2004, un premier programme est lancé par le Fond d'Intervention pour les Rapaces (FIR) (actuellement LPO des Grands Causses), le Parc National des Cévennes et la Fondation pour la conservation du Vautour moine : 53 individus sont libérés dans les Grands Causses et la reproduction y est de nouveau constatée à partir de 1996 (Muséum National d'Histoire Naturelle, 2003). Les individus réintroduits étaient des oiseaux récupérés affaiblis en Espagne et soignés dans des centres de réhabilitation, ainsi que des jeunes oiseaux nés dans les centres de reproduction européens participant au programme Eurasian Black Vulture European Endangered Species Program, afin qu'ils puissent recoloniser leurs anciens territoires et qu'ils reconstituent une population viable.

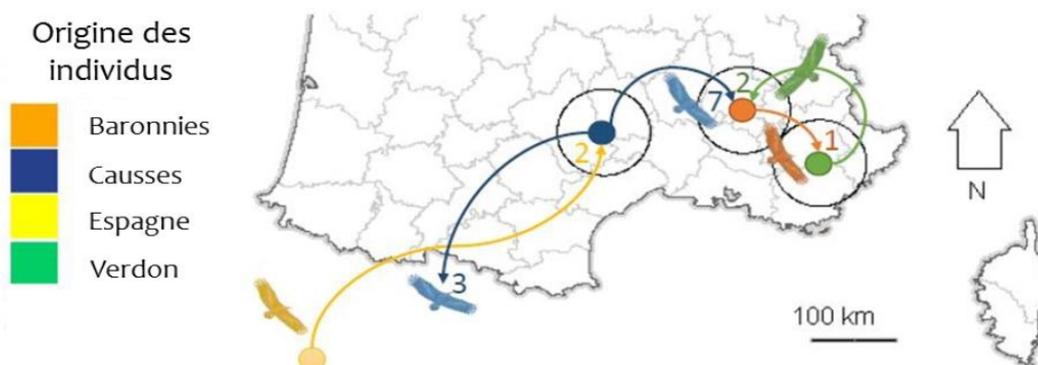
Par la suite, entre 2004 et 2018, 49 individus sont réintroduits dans le massif des Baronnies et entre 2005 et 2019, 41 oiseaux sont réintroduits dans les Gorges du Verdon. La reproduction y sera de nouveau observée à partir de 2010 pour les Baronnies et à partir de 2013 pour le Verdon (Andevski *et al.*, 2017; Ministère de la transition écologique, 2020).

Aujourd'hui, la présence du Vautour moine en France se concentre dans les trois massifs où il a été réintroduit récemment : Grands Causses, Baronnies et Verdon. En 2017, 27 couples sont recensés dans les Grands Causses, huit dans les Baronnies et un seul dans le Verdon (Andevski *et al.*, 2017) et en 2018, la population totale est estimée à 180-250 individus dont 42 couples (Ministère de la transition écologique, 2020).

La population française continue d'augmenter puisqu'en 2021 un total de 51 couples reproducteurs ayant déposé une ponte ont été recensés dont 29 dans les Grands Causses, quatorze dans les Baronnies et huit dans le Verdon (Giraud *et al.*, 2022).

Dans les Alpes, les individus sont très fidèles à leur site de naissance, ce qui n'est pas le cas dans les Causses où de nombreux individus se sont dispersés et se reproduisent désormais dans les Baronnies ou en Espagne, en faisant une population source pour les autres régions. Des échanges entre les Baronnies et le Verdon sont également notés comme cela est visible sur la figure 4 ci-dessous (Rousteau, 2020).

Figure 4 : Schéma des dispersions de reproduction de Vautours moines reproducteurs sur la période de 1992 à 2018 (Rousteau, 2020)



La population française de Vautours moines connaît donc une croissance assez lente mais les effectifs réduits rendent la situation assez précaire. Son accroissement dépend du taux de survie des individus matures qui est plus élevé que chez les jeunes (83 % lors de la première année, 92 % pour les individus de six ans et plus), il est donc important de prendre en compte les

risques de mortalité présents sur le territoire et de les réduire au maximum pour assurer le maintien de la population (Giraud *et al.*, 2022).

Bilan :

- Historiquement, les Vautours moines occupaient de vastes aires étendues sur trois continents (Europe, Afrique, Asie).
Les activités humaines ont entraîné un fort déclin des populations à travers le monde voire même leur extinction dans certains territoires.
Le Vautour moine figure sur la liste rouge mondiale de l'IUCN comme espèce « quasi menacée » et dispose de nombreux statuts de protection en Europe et dans le monde.
Les mesures de protection et des programmes de réintroductions menés depuis la fin du 20^e siècle ont permis un rétablissement des effectifs. À l'heure actuelle la population mondiale est estimée entre 16 800 et 22 800 individus répartis entre l'Europe et l'Asie.
- En France, le Vautour moine était présent dans le Sud dès le Pléistocène. Les recherches montrent qu'il s'y serait reproduit au cours du 17^e siècle, mais à partir du 19^e siècle l'espèce est considérée comme ne se reproduisant plus sur le territoire. Les activités humaines ont conduit à sa disparition.
Depuis 1976, l'espèce est protégée en France et des programmes de réintroduction ont été menés avec succès d'abord dans les Grands Causses puis dans les Baronnies et les Gorges du Verdon où les populations sont désormais installées. En 2018, la population totale est estimée entre 180 et 250 individus.
Des échanges entre populations françaises et entre les populations françaises et espagnoles ont régulièrement lieu.
- La croissance des populations de Vautours moines reste cependant assez lente et la situation précaire, il faut donc prendre en compte tous les risques de mortalité existant et les gérer du mieux possible afin d'assurer un maintien des populations.

1.3. Écologie du Vautour moine

1.3.1. Habitat

Les Vautours moines sont des oiseaux de basse et moyenne montagne (Ministère de la transition écologique, 2020), ils exploitent à travers le monde deux types d'habitats :

- en Asie centrale : les broussailles, steppes et prairies arides et semi-arides d'altitude, ils nichent sur les falaises et peuvent parfois être observés jusqu'à 4500 m d'altitude (Andevski *et al.*, 2017) ;

- ailleurs dans le monde : comme le Vautour fauve, ils nichent du niveau de la mer à la moyenne montagne (entre 300 et 1400 m d'altitude) et sont capables d'exploiter les pelouses alpines. Ils exploitent les habitats semi-boisés voire les forêts très claires à forte influence méditerranéenne et nichent rarement dans les falaises (Choisy, 2004a; Giraud *et al.*, 2022).

En France, l'espèce niche actuellement dans des régions de moyennes montagnes sous influence méditerranéenne et montagnarde comme cela est le cas dans les colonies les plus au Nord de l'Espagne (Madrid, Ségovie et Catalogne) (Ministère de la transition écologique, 2020).

Le Vautour moine est le seul vautour arboricole d'Europe. Les aires de reproduction connues sont installées sur des arbres, mais des mentions sont faites d'anciennes aires établies sur des rochers (Ministère de la transition écologique, 2020). Ils sélectionnent plutôt de grands arbres dans des zones non perturbées par les activités humaines : pins sylvestres âgés et chênes situés dans le tiers supérieur de versants clairsemés ou à proximité de zones rocheuses (Andevski *et al.*, 2017; Giraud *et al.*, 2022). Un autre facteur très important dans le choix de la zone de reproduction est la présence d'une pente abrupte, de préférence exposée au Sud (Andevski *et al.*, 2017).

Enfin, les individus non reproducteurs ont plutôt tendance à se concentrer dans des zones où la disponibilité alimentaire est prévisible et élevée (sites d'alimentation, domaine de chasse) tandis que les reproducteurs se concentrent dans les zones avec une plus grande abondance de proies, en particulier le bétail, les ongulés sauvages et les lagomorphes (Andevski *et al.*, 2017).

1.3.2. Formation de colonies

Le Vautour moine est une espèce dite semi-coloniale : il niche souvent en colonies lâches, avec une distance moyenne entre chaque nid allant de 400 à 1000m.

Dans les Causses, les vautours forment des noyaux de plusieurs couples pouvant évoluer dans le temps et la densité globale de la population est estimée à environ 26 couples sur 200 km². Cette densité est inférieure à celles observées dans les autres colonies françaises : six couples sur 3 km² dans la Jonte, sept couples sur 3,5 km² dans le Tarn, et cinq couples sur 2 km² dans la Dourbie. La densité maximale est atteinte dans les Gorges du Tarn avec quatre couples sur 1 km² (Ministère de la transition écologique, 2020; Giraud *et al.*, 2022).

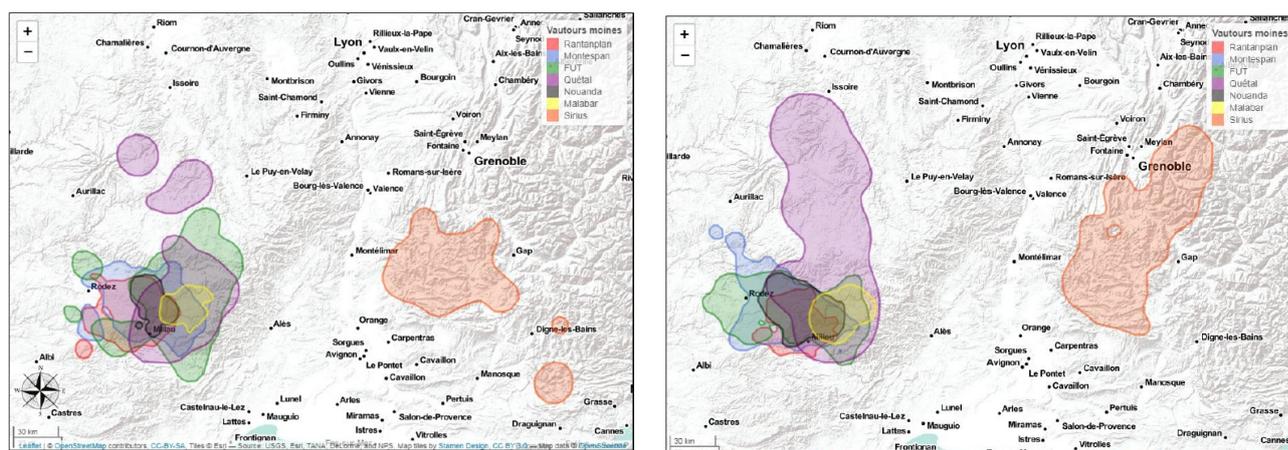
1.3.3. Exploitation d'un domaine vital

Le domaine vital est défini comme l'aire exploitée par un individu ou un couple, comprenant le site de nidification ainsi que les territoires de prospection alimentaire (Giraud *et al.*, 2022). Celui-ci peut s'étendre sur plusieurs centaines, voire milliers de kilomètres carrés.

Au sein des colonies de vautours, les domaines vitaux des différents individus se chevauchent ce qui est courant au sein des espèces semi-coloniales. D'une année sur l'autre, les domaines vitaux varient peu ce qui suggère des habitudes ou des préférences individuelles dans la sélection de l'habitat et de la zone de prospection alimentaire (Rousteau, 2020).

En France, le domaine vital des Vautours moines semble très étendu et est estimé à 3892 km² ± 2875 par adulte en période de reproduction (Rousteau, 2020). Comme on peut le voir sur la figure 5 ci-dessous, le domaine vital s'agrandit durant les périodes de reproduction.

Figure 5 : Comparaison des domaines vitaux de sept Vautours moines hors période de reproduction et pendant la période de reproduction (Rousteau, 2020)



A gauche : carte des domaines vitaux hors période de reproduction (septembre 2018 à janvier 2019) ; moyenne = 3297,58 km² ± 2102,94

A droite : carte des domaines vitaux en période de reproduction (février à août 2019) ; moyenne = 3892,02 km² ± 2875,62

Chaque couleur correspond à un individu.

1.3.4. Mouvements des populations

Les vautours ne migrent pas durant la mauvaise saison car la reproduction les occupe la majeure partie de l'année (Choisy, 2004a). Cependant, certains individus hivernent au sud des aires de reproduction, en faisant une espèce migratrice partielle, sédentaire dans certaines régions avec un degré considérable de nomadisme (Andevski *et al.*, 2017).

En Europe, les adultes sont pour la plupart sédentaires alors que les juvéniles ont tendance à se disperser sur de plus grandes zones, et on observe parfois également des mouvements vers l'Afrique (Andevski *et al.*, 2017).

Au sein de la population française, les mouvements des Vautours moines varient selon les classes d'âge en interaction avec la région d'origine. Lors de la première année, les individus réintroduits sont plus fidèles au site de réintroduction que les individus nés en milieu naturel qui auront plus tendance à se disperser (Rousteau, 2020).

Bilan :

- Les Vautours moines nichent dans des zones de moyenne montagne et exploitent des habitats semi-boisés voire même parfois des forêts claires. Cette espèce est la seule à être arboricole et sélectionne des zones avec une pente pour s'installer.
- C'est une espèce semi-coloniale : les colonies sont lâches et les nids éloignés de 400 à 1000 mètres au sein de celles-ci.
- En France, le domaine vital des Vautours moines est très étendu et s'agrandit au cours des périodes de reproduction.

- Ce n'est pas une espèce migratrice, cependant des mouvements sont observés vers le sud des aires de reproduction notamment chez les juvéniles.

1.4. Comportement alimentaire des vautours

1.4.1. Régime alimentaire

1.4.1.1 Généralités

Les vautours sont des rapaces nécrophages, c'est-à-dire qu'ils se nourrissent exclusivement de charognes retrouvées dans des pâturages à proximité des sites de nidification. Ils sont donc spécialisés dans la recherche et la consommation de cadavres (Chassagne, 1998; Andevski *et al.*, 2017). Ils consomment des cadavres en début de putréfaction, qui viennent de mourir et qu'ils ont la faculté de détecter plus rapidement que leurs concurrents (Chassagne, 1998).

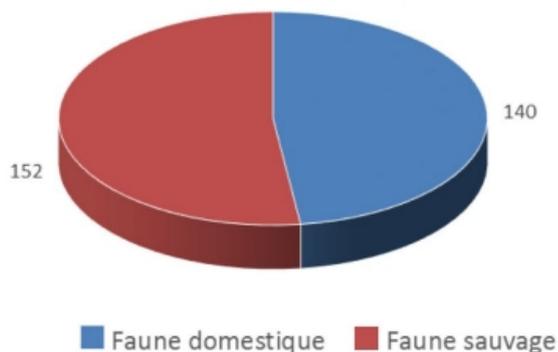
L'ensemble des quatre espèces de vautours présentes en France forme une communauté complémentaire puisque chaque espèce consomme des parties différentes permettant un système complet d'élimination des cadavres : le Vautour moine est qualifié de « dépeceur » puisqu'il se nourrit des parties dures des carcasses telles que la peau, les tendons, les cartilages, les capsules articulaires ou encore les aponévroses (Choisy, 2004a, 2011). Le Vautour fauve quant à lui préfère les parties molles comme les viscères et les muscles (« fouilleur-tireur ») tandis que le Vautour percnoptère (« picoreur ») consomme les bribes et les restes persistant sur les os, dans le crâne ou dans le contenu de la panse, et que le Gypaète barbu (« casseur d'os ») consomme les os qu'il casse en les lâchant sur des rochers (Choisy, 2004a).

Primitivement, les vautours ont évolué en se concentrant sur l'exploitation de charognes d'Ongulés sauvages et de Mammifères de taille moyenne à grande, puis avec le développement de l'élevage ils se sont spécialisés dans la consommation de charognes d'Ongulés domestiques et de déchets carnés provenant de l'élevage (Heredia, 1996; Choisy, 2004a). Cependant le Vautour moine est également capable de détecter et d'exploiter de petits cadavres de Vertébrés de la faune sauvage ce qui le rend moins dépendant des cadavres d'Ongulés domestiques que le Vautour fauve. Il existe donc une grande diversité de proies consommées par le Vautour moine (Giraud *et al.*, 2022).

Une étude menée depuis 2010 par Nadal et Riols (2018) dans les Grands Causses, vise à étudier les restes alimentaires des Vautours moines pour mieux connaître leur régime alimentaire. Pour cela, entre 2010 et 2017, 86 collectes ont été réalisées sur les nids du Vautour moine et 292 restes ont été analysés. Les résultats sont présentés dans les figures 6 et 7 ci-dessous. On constate une grande diversité dans le régime alimentaire du Vautour moine : près de 48 % de l'alimentation est représentée par la faune domestique et 52 % par la faune sauvage (figure 6).

Figure 6 : Fréquence de présence de la faune sauvage et de la faune domestique dans les restes alimentaires des Vautours moines (Nadal et Riols, 2018)

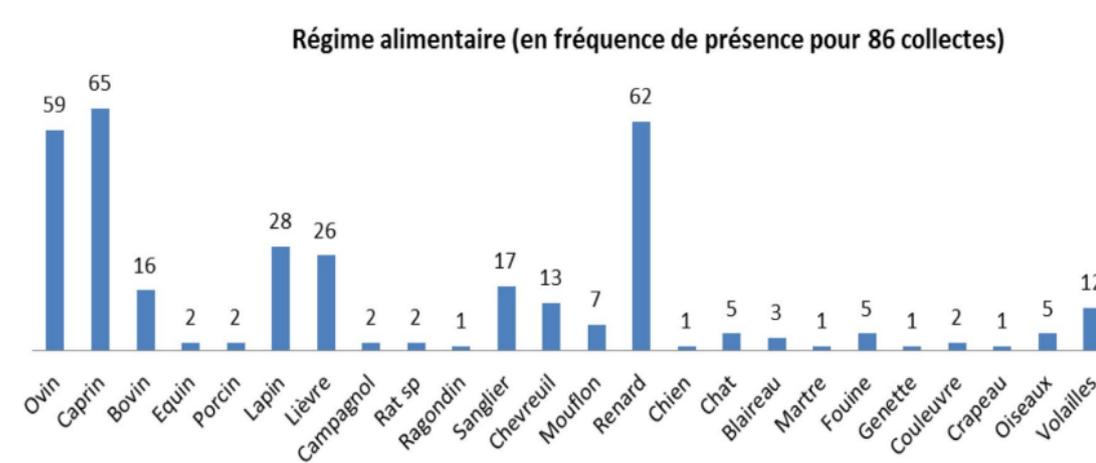
Fréquence faune domestique/faune sauvage (292 données)



Parmi les espèces sauvages, le renard est retrouvé dans 70 % des lots, suivi par les lagomorphes. En revanche, les Ongulés sauvages (sanglier, chevreuil, cerf) sont un peu moins fréquents. On note également la présence anecdotique de petites proies comme les reptiles ou les amphibiens traduisant un comportement opportuniste des Vautours moines (figure 7).

Parmi les espèces domestiques, les Ongulés représentent la majeure partie de leur régime avec 42 % de restes. Les deux principaux Ongulés retrouvés sont les brebis et les chèvres. Les bovins sont moins souvent retrouvés et les équins et porcins restent anecdotiques (figure 7).

Figure 7 : Fréquence de présence des diverses espèces consommées par le Vautour moine dans les Grands Causses entre 2010 et 2017 (Nadal et Riols, 2018)



Cependant, il reste difficile de conclure sur le réel degré de dépendance à chaque espèce dans le régime alimentaire du Vautour moine du fait de la difficulté d'interprétation des résultats en raison de la possible incapacité à détecter certaines espèces (peaux et abats consommés ne présentant ni poils, ni petits os qui pourraient être retrouvés dans les aires) et de la difficulté d'évaluer précisément le nombre d'individus présent sur chaque site pour chaque espèce. Néanmoins, cette étude montre bien une grande diversité dans l'alimentation du Vautour moine, confirmant sa moindre dépendance vis-à-vis des cadavres d'Ongulés domestiques (Nadal et Riols, 2018).

Occasionnellement, le Vautour moine est également capable de mettre à mort des proies de petite taille et lentes ou affaiblies et de consommer des insectes et des lézards (Heredia, 1996).

1.4.1.2 Provenance des ressources alimentaires

Les Vautours moines sont capables d'exploiter deux types de ressources alimentaires : des animaux issus de la faune sauvage mais aussi des carcasses d'animaux provenant de l'élevage.

1.4.1.2.1 Cadavres issus de la faune sauvage

Comme nous l'avons vu dans la partie 1.4.1.1, le Vautour moine a la particularité de ne pas dépendre totalement de l'élevage car il est capable de se nourrir de mammifères de la faune sauvage et de petits vertébrés. Cela est notamment rendu possible par le fait qu'il est capable de prospecter dans des zones de forêt ouverte avec des broussailles de sous-bois contrairement au Vautour fauve qui prospecte dans des espaces ouverts (Jiménez Garcia-Herrera, 1990).

Ainsi, la faune sauvage peut constituer une ressource suffisante pour le Vautour moine, mais cela nécessite que les cadavres restent à disposition des charognards. Cela est possible dans les parcs nationaux et régionaux ou encore dans les réserves où la chasse est interdite. On le retrouve également dans des zones où elle est autorisée notamment lorsque les chasseurs ne récupèrent qu'une partie des carcasses pour les trophées ou encore lorsque des animaux sont tués ou blessés sans que les cadavres ne soient retrouvés (Choisy, 2004b).

1.4.1.2.2 Cadavres issus de l'élevage domestique

Nous avons également vu dans la partie 1.4.1.1, que l'élevage représente une part non négligeable de l'alimentation des Vautours moines.

Historiquement, en Europe, les vautours sont des commensaux quasi obligatoires de l'homme : ils dépendent des déchets de l'élevage et ont besoin des milieux entretenus par le pastoralisme. Les éleveurs ont tiré profit de leur efficacité de charognards à faire disparaître les carcasses en leur livrant leurs bêtes mortes et même parfois leurs propres défunts pour certaines ethnies (la communauté des Parsi en Inde et certains peuples tibétains de la région de Kham déposent les dépouilles en hauteur à destination des vautours) (Chassagne, 1998; Joncour, 1999; Vezon, 2013).

On constate d'ailleurs en France, que la localisation des populations de vautours correspond aux zones d'estive, terrains favorables pour leur alimentation et les populations sont d'autant plus abondantes que l'on retrouve plus de bétail (Heredia, 1996; Bouriette *et al.*, 2020).

En Espagne, depuis des siècles il existe une coopération entre les éleveurs et les charognards : les carcasses d'animaux étaient déposées par les fermiers sur des décharges ou des sites de nourrissage, les « muladares » qui constituaient un moyen pratique de se débarrasser des bêtes mortes tout en assurant un apport important de nourriture pour les vautours (Donázar *et al.*, 1996).

Les causes de mortalité en élevage sont variées :

- agneaux : mises-bas difficile, chétivité, maladies infectieuses diverses (entérotaxémie, diarrhée, affection respiratoire)

- brebis adulte : mammites aiguës, agnelage difficile
- veaux : mortalité périnatale, maladies infectieuses diverses (diarrhée, affection respiratoire)
- bovin adulte : mammites aiguës, accident obstétrical, météorisation (LPO Grands Causses, 2019).

On observe également une surmortalité exceptionnelle lors de foudroiement, d'accidents dans les pâtures, d'intoxication végétale au cours de l'estivage (Choisy, 2011).

Lorsque ces mortalités surviennent en pâture, elles vont alors bénéficier aux vautours qui viendront s'alimenter directement sur le site. Mais les changements dans les pratiques agricoles traditionnelles (élevage en bâtiment, enlèvement des carcasses par l'homme) vont alors avoir un effet négatif sur ces espèces conduisant à une diminution des effectifs (Heredia, 1996).

Finalement, la pérennité des rapaces nécrophages en France, reste tributaire de la disponibilité mais aussi de l'accessibilité aux ressources alimentaires provenant de l'élevage domestique même si les Vautours moines n'en sont pas totalement dépendants (Lecuyer et Orabi, 2013).

1.4.1.3 Adaptations au régime charognard

La consommation de carcasses nécessite des adaptations morphologiques spécifiques chez les espèces qui se sont spécialisées dans ce régime alimentaire. Ces adaptations sont présentées de façon succincte ci-dessous.

1.4.1.3.1 Tête et cou

La tête et le cou sont dégarnis ou bien présentent un duvet ras et dense facile à nettoyer (figure 8), ce qui permet d'éviter la souillure des plumes par des liquides organiques au cours du repas. Les plumes de la base du cou viennent former une collerette qui assure une protection du corps contre les souillures mais aussi une couverture isolante en cas de froid et est impliquée dans l'expression des messages sociaux (Chassagne, 1998).

Figure 8 : Photographie d'un Vautour moine adulte au cours d'une curée (photo : B. Berthémy (dans Lecuyer et Orabi, 2013))



Le cou est très long, il mesure environ 38 cm et possède entre 13 et 17 vertèbres cervicales selon les espèces. Souple et rétractable, il permet aux Vautours moines et fauves de rentrer leur tête dans les carcasses jusqu'à la collerette de plumes sans risque de se salir (Mundy *et al.*, 1992).

Une étude menée en 2020, compare l'anatomie du cou de trois espèces de vautours (fauve, moine et percnoptère) qui exploitent les mêmes ressources alimentaires mais de différentes façons. Les auteurs ont mis en évidence une différence dans le nombre de vertèbres cervicales (13 chez les moines contre 15 chez les fauves) mais aussi dans la morphologie du complexe atlas-axis et dans la musculature du cou ce qui prouve une relation entre le système musculo-squelettique du cou et la stratégie alimentaire chez ces espèces montrant leurs adaptations fonctionnelles à leur régime alimentaire. Cependant, la colonne vertébrale cervicale est indispensable pour tous les types de mouvements et comportements, la forte proximité dans l'anatomie du cou de ces espèces en fait un système peu spécialisé compte tenu des différentes postures de nourrissage (Böhmer *et al.*, 2020).

1.4.1.3.2 Bec (Chassagne, 1998)

Le bec est l'appendice essentiel pour la prise alimentaire mais aussi pour la préhension.

Les vautours présentent un bec long, très large et acéré, recourbé à son extrémité qui leur permet de mettre en pièce la viande et de curer les os. Chez le Vautour moine, le bec est très puissant avec des bords tranchants afin de déchirer le cuir des carcasses et de se nourrir des parties dures (figure 9).

Figure 9 : Vue de profil d'un bec de Vautour moine adulte au cours d'une curée (photo : L. Vanbeselaëre (dans Bouriette *et al.*, 2020))



La largeur du bec leur permet également de manger vite, aidée par la langue qui agit comme une pelle, ce qui est important en raison de la compétition avec les autres vautours au cours des curées. La lubrification du bol alimentaire est par ailleurs assurée par une salivation très abondante.

1.4.1.3.3 Pattes

Parmi les quatre vautours présents en France, seul le Gypaète présente une capacité de préhension. Les autres espèces ont des pieds plats avec des pattes robustes qui vont leur

permettre une station debout ainsi que des déplacements au sol durant la curée. Les pieds vont également servir au cours du repas afin de plaquer les pièces au sol et d'en tirer les morceaux intéressants avec le bec (Mundy *et al.*, 1992).

1.4.1.3.4 Système digestif

Le système digestif des Vautours moines est adapté à la consommation des tissus nécrosés et à l'élimination de tous les germes pathogènes.

Le tube digestif est court, mais adapté à une prise de nourriture en grande quantité. La digestion est permise par un équipement enzymatique complexe fonctionnant à un pH très acide : dans l'estomac il peut descendre jusqu'à 1-1,5 et est proche de 6-7 dans les autres parties du tube digestif. Ces conditions de pH permettent la destruction de la majorité des germes pathogènes présents sur les carcasses ce qui justifie son statut de « cul-de-sac épidémiologique » (Houston et Cooper, 1975).

1.4.2. Prospection alimentaire

Chez les vautours, la prospection alimentaire consiste en la recherche de carcasses depuis le ciel.

1.4.2.1 Méthode de prospection (Chassagne, 1998)

La prospection dure de nombreuses heures, elle sera d'autant plus longue que les ressources sont peu abondantes et les conditions aérologiques mauvaises (non adaptées au vol à voile). En moyenne, les vautours s'absentent 60 % de la durée du jour pour prospecter. Plus la nourriture est facile d'accès, moins le temps sera long. L'hiver, l'investissement énergétique pour la prospection est plus important, la durée est donc moins longue d'autant plus que la pluie et la nébulosité y sont défavorables.

Afin de localiser rapidement des animaux morts sur un vaste territoire plusieurs techniques sont utilisées conjointement :

- les vautours repèrent l'absence de mouvements qu'ils soient respiratoires ou de tressaillements pour échapper aux mouches sur des animaux immobiles et étendus au sol ;

- ils mémorisent les situations favorables : présence d'un troupeau en pâturage, inspection quotidienne des lieux où sont déposés des cadavres (charniers, placettes), venues de personnes les nourrissant habituellement ;

- les Vautours moines adultes, contrairement aux fauves qui forment des escadrilles capables de quadriller tout un territoire, prospectent à moyenne altitude et de façon plutôt individuelle. Ils sont capables de prospecter au-dessus de domaines boisés à basse altitude et peuvent trouver leur repas entre les arbres. Les jeunes en revanche ont plutôt tendance à prospecter dans des milieux ouverts et en suivant les Vautours fauves ;

- lorsqu'un individu repère une carcasse, il focalise son regard vers elle, vole en cercle au-dessus, maintient son altitude ou en perd. Cette modification dans le comportement est repérée par les autres vautours situés dans les 5 km à la ronde et se propage de proche en proche jusqu'à 35 km.

Les vautours étant des oiseaux craintifs, une fois la carcasse repérée, avant de se poser ils vont observer attentivement le site pour s'assurer de l'absence de dangers : présence d'humains ou de prédateurs, conditions non optimales pour l'atterrissage et le décollage, expression de

comportements de méfiance de la part des autres charognards. Cette surveillance peut durer de quelques minutes à plusieurs jours. Une fois certains de l'absence complète de danger, ils se posent à environ un mètre de la carcasse puis s'en approchent en l'encerclant avant de se jeter dessus tous ensemble pour la consommer.

1.4.2.2 Adaptations à la prospection alimentaire

Nous l'avons vu dans les parties 1.3.3 et 1.4.2.1, le domaine vital des vautours est large, la recherche des aliments se fait sur de grandes distances et pendant une durée plus ou moins longue. Elle va donc nécessiter des adaptations spécifiques pour le vol et la localisation des carcasses sans dépense énergétique majeure. Cette stratégie d'économie débute avec le régime strictement charognard qui permet de limiter la dépense énergétique générée par la poursuite des proies.

1.4.2.2.1 Une capacité à voler sur de longues distances

Afin de prospecter des superficies très vastes avec une faible dépense énergétique, les vautours se sont spécialisés dans le vol à voile. Le vol battu, pratiqué par les autres oiseaux, coûte environ trente fois plus d'énergie et n'est donc pas adapté à un déplacement sur de grandes distances (Choisy, 2004a).

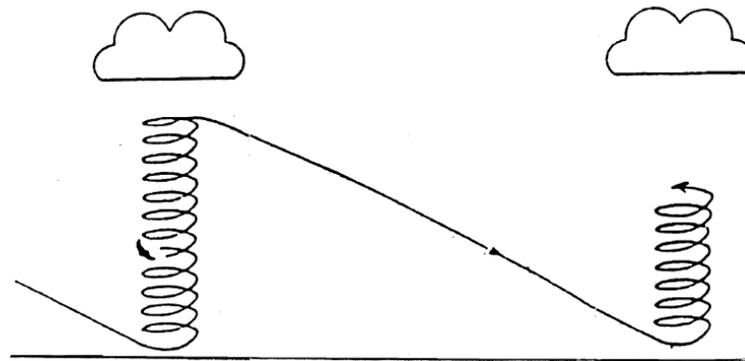
Pour le vol plané les vautours exploitent deux types d'ascendances, remontées verticales d'air dans les basses couches de l'atmosphère :

- ascendance thermique : elle résulte de l'élévation de l'air qui se réchauffe au contact avec le sol ;

- ascendance dynamique : elle résulte de la butée du vent sur un relief abrupt ou de la rencontre de deux masses d'air ascendantes et circulant en sens opposé entraînant une déviation de l'air vers le haut (Maurel, 2002).

Pour s'envoler, les vautours se jettent dans le vide, étendent les ailes et rejoignent une colonne d'air chaud dans laquelle ils s'installent en vol plané. Comme on peut le voir sur la figure 10, arrivés au sommet de l'ascendance thermique, ils planent en ligne droite les ailes étendues et immobiles, et perdent lentement de l'altitude (environ 100 m pour 1500 m parcourus) jusqu'à rejoindre l'ascendance suivante et ainsi de suite jusqu'à repérer une carcasse (LPO Grands Causses, 2022).

Figure 10 : Utilisation des ascendances thermiques pour le vol plané par un vautour (d'après Pennycuick, 1972; dans Maurel, 2002)



Ils sont également capables d'exploiter les ascendances dynamiques et s'élèvent alors en restant à la verticale des falaises.

En cas de mauvaises conditions climatiques, lorsque le temps est couvert (pas d'ascendance thermique) et sans vent (pas d'ascendance dynamique) il est préférable pour les vautours, d'un point de vue énergétique, d'endurer le jeûne plutôt que de prospecter en vol battu (Choisy, 2004a).

1.4.2.2 Une capacité à détecter les charognes à de grandes distances

Les vautours repèrent les carcasses en cours de vol, alors qu'ils se trouvent à plusieurs centaines de mètres d'altitude.

Cette détection se fait uniquement à vue :

- soit directement : leur vue est perçante, tandis que la fonction olfactive est très peu développée. Les yeux vont donc permettre de repérer la nourriture jusqu'à plusieurs kilomètres lorsque le temps est très lumineux. Un cadavre dissimulé et invisible, même s'il émet de fortes odeurs, ne pourra pas être trouvé par la plupart des espèces mais le Vautour moine a la capacité de les repérer dans les sous-bois (Chassagne, 1998) ;

- soit indirectement en observant le comportement d'autres charognards : si l'un des vautours descend sur un cadavre, son mouvement est remarqué par les plus proches congénères et se propage à l'ensemble du groupe (Choisy, 2004a). Ce comportement de recherche en groupe permet d'augmenter les chances de trouver la nourriture.

Par ailleurs, afin d'économiser un maximum d'énergie, les vautours vont concentrer leur prospection sur les zones où ils savent qu'ils pourront facilement trouver de la nourriture.

1.4.2.3 Une capacité à jeûner plusieurs jours

Les vautours sont capables de couvrir leurs besoins par un petit nombre de repas et de jeûner longtemps, ce qui est important lorsque la ressource alimentaire est aléatoire. Ils ont ainsi la capacité de jeûner pendant une semaine à dix jours en moyenne avec une perte de poids réversible, certains peuvent même jeûner jusqu'à trente jours. Cependant, à partir de 40 jours de jeûne ils s'affaiblissent trop, rendant la prospection difficile, leur survie dépend alors du hasard.

Cette capacité au jeûne est utilisée lorsque les conditions climatiques ne sont pas favorables à la prospection et qu'il est alors plus rentable pour les vautours de jeûner que de s'épuiser au vol battu (Choisy, 2004a).

Elle est favorisée par leur grande taille qui permet de plus grandes capacités de stockage (réservoir digestif et masse adipeuse) associées à un métabolisme plus lent (Chassagne, 1998).

Enfin, lorsque les conditions seront de nouveau favorables ou la ressource à nouveau disponible, le vautour affamé sera capable de consommer jusqu'à 20 % de son poids et de stocker de la nourriture dans son jabot (jusqu'à 1,2 kg chez le Vautour moine) permettant de rétablir les réserves (Houston et Cooper, 1975).

1.4.3. Prise alimentaire : la curée

La curée est le nom qui est donné au repas de tous les vautours rassemblés autour d'une même carcasse. Lors de la curée, chaque individu entre en compétition avec ses voisins pour se remplir au maximum le jabot. Cette compétition génère une hiérarchie entre les individus en fonction de leur taille, poids et âge. Afin d'optimiser l'exploitation des charognes, ils ont développé divers comportements agonistiques afin d'exclure les concurrents des ressources.

Entre mai 2009 et avril 2011, Moreno-Opo *et al.* (2020) ont mené une étude sur quatre sites d'alimentation des vautours en Espagne (deux dans la chaîne des Pyrénées (Nord-Est de l'Espagne) et deux dans le bassin méditerranéen (Centre-Ouest de l'Espagne)) afin d'analyser à l'aide de vidéos les interactions entre les vautours au cours des curées.

Les auteurs définissent une interaction comme l'action directe d'un vautour sur un autre vautour, dans laquelle l'activité agressive résulte de la compétition pour la nourriture ou d'une autre activité associée, comme l'occupation d'un certain endroit à proximité de la charogne. Pour chaque individu, les interactions ont été analysées en tenant compte de l'âge (juvénile, subadulte, adulte). Trois grands types d'interaction ont ainsi pu être observées :

- Combat/attaque : agression ou tentative d'agression par l'utilisation du bec, des griffes et/ou l'ouverture des ailes pour occuper la place occupée par un autre individu.

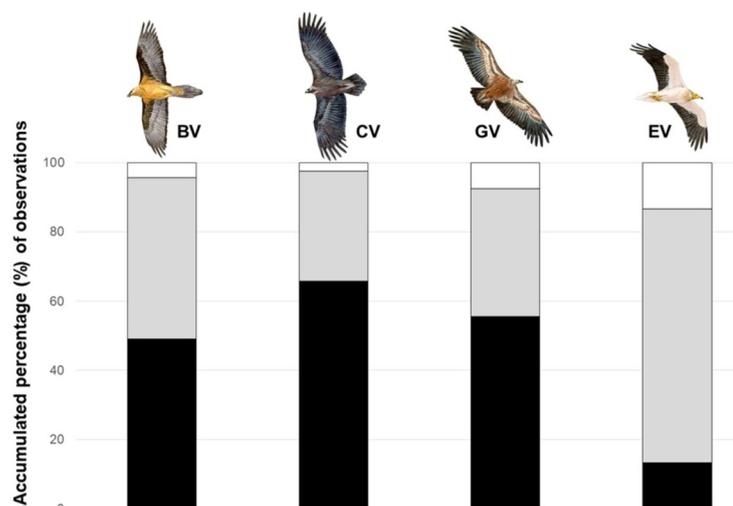
- Déplacement : charge ou poussée afin de déplacer un autre individu et d'occuper sa place, sans utiliser le bec, les griffes, ou les ailes.

- Vol : Enlèvement d'un morceau de nourriture à un individu qui l'avait déjà acquis, soit par le bec ou les griffes, soit par régurgitation forcée.

Dans 64,1 % des observations, un comportement agonistique a été observé. L'espèce avec le plus grand nombre d'interactions avec les autres est le Vautour moine, suivi du fauve, du percnoptère et enfin du Gypaète. Par ailleurs, 65 % des interactions étaient intraspécifiques et 35 % entre des individus d'espèces différentes.

La figure 11 ci-dessous présente le type d'interactions réalisées en fonction des espèces. On observe que chez les Vautours moines, l'interaction la plus fréquemment réalisée est l'attaque vis-à-vis des autres individus quelle que soit l'espèce (plus de 60 % des interactions). Ils peuvent également générer des déplacements mais volent rarement la ressource.

Figure 11 : Pourcentage cumulé du nombre d'observations enregistrées pour chacun des trois types d'interactions (combats/attaques, déplacements et vol) liés au comportement agonistique des quatre espèces de vautours européens (Moreno-Opo *et al.*, 2020)



BV = Gypaète barbu

CV = Vautour moine

GV = Vautour fauve

EV = Vautour percnoptère

■ : Combat/Attaque

■ : Déplacement

□ : Vol

Les Vautours moines sont donc dominants, avec un comportement d'agresseurs plus marqué (initiateurs d'une agression dans 72 % des cas) : une plus grande taille et un bec et des griffes plus puissants permettent de meilleures performances compétitives contre les autres espèces de vautours. Par ailleurs, ils présentent également un certain nombre de parades et de postures non présentes chez d'autres espèces, tels que le hérissément du plumage ou la "marche menaçante".

Les auteurs ont également constaté que les juvéniles se montraient plus agressifs envers les autres espèces avec plus de 68 % d'interactions de type combat/attaque. Cela pourrait être expliqué par le fait qu'ils ont moins d'expérience ou bien qu'ils sont plus sensibles à la famine donc plus facilement prêts à prendre des risques que les subadultes et adultes. Cependant, les juvéniles montrent de moins bons taux de réussite dans leurs interactions que les adultes.

Ainsi, la taille corporelle et l'âge entrent en jeu dans les comportements agonistiques entre les vautours. Des individus plus grands et plus expérimentés (Vautour moine adulte notamment) se montreront plus agressifs pour accéder à la ressource au cours de la curée. Ceux-ci vont occuper des zones de disponibilité et de qualité optimale des ressources tandis que les individus plus jeunes ou moins compétitifs se contenteront de parcelles sous-optimales (Moreno-Opo *et al.*, 2020).

Cependant ces résultats sont à nuancer en fonction du nombre de vautours présents au cours de la curée. En effet, les Vautours fauves sont souvent présents en très grand nombre sur les carcasses, tandis que les moines sont plus individualistes donc souvent peu nombreux sur le site (souvent moins d'une dizaine). Par conséquent, les Vautours fauves peuvent limiter l'accès aux carcasses aux moines et laissent peu de restes après leur passage. Les Vautours moines

auront alors tendance à se rabattre sur des cadavres plus petits (comme des agneaux) ou divisés car ils seront plus faciles à défendre et leur comportement agressif ne leur conférera l'avantage qu'en l'absence d'un trop grand nombre de Vautours fauves autour des parties qui les intéressent (Ministère de la transition écologique, 2020).

La faim et la biomasse disponible constituent également un facteur d'agressivité : plus un individu a faim, plus il défend sa place au cours de la curée et plus ses interactions sont agressives. Mais une fois rassasié, l'individu devenu moins agressif, est vite évincé par ses concurrents, la hiérarchie est donc en perpétuel renouvellement pendant toute la curée (Chassagne, 1998).

Comme nous l'avons vu dans la partie 1.4.1.3, la plupart des vautours ne sont pas capables de transporter des aliments. Ils vont donc consommer la viande directement sur place. Une fois repus, ils se tiennent à l'écart de la carcasse et commencent leur toilette pendant que débute la digestion. Ces vautours servent de sentinelles pour les autres, en cas de menace, ils sont capables de régurgiter une partie du contenu de leur jabot pour s'alléger et s'enfuient bruyamment ce qui permet d'alerter les autres vautours qui prendront également la fuite.

En général, la curée est finie avant la fin de la journée et les vautours rentrent sur leur site de nidification avant la tombée de la nuit. Mais il peut parfois arriver qu'ils passent la nuit sur le site de la curée afin de poursuivre leur repas le lendemain (Chassagne, 1998).

Bilan :

- Le Vautour moine est un rapace nécrophage spécialisé dans la consommation des parties dures des carcasses comme la peau, les tendons, les cartilages ou les aponévroses. L'alimentation du Vautour moine est très variée : il consomme des cadavres d'Ongulés domestiques (brebis et chèvres essentiellement) mais aussi de petits animaux de la faune sauvage (renard, lagomorphes) grâce à sa capacité à prospecter dans des milieux boisés.
- Les vautours sont des commensaux quasi obligatoires de l'homme. Leur localisation en France correspond aux zones d'estive et ils sont d'autant plus abondants que le nombre d'élevages est élevé. Ils dépendent donc de la mortalité en élevage pour leur survie.
- Le régime charognard et plus particulièrement la consommation des parties dures des carcasses nécessite plusieurs adaptations morphologiques. Les Vautours moines présentent une tête et un cou dégarni évitant les souillures au cours du repas, par ailleurs le cou est relativement long permettant d'entrer dans les carcasses. Leur bec est très long, acéré et très puissant pour déchirer les parties dures. Les pattes sont robustes et permettent les déplacements au sol ainsi que de plaquer les ressources pour les consommer. Enfin, le système digestif est adapté à la consommation de tissus nécrosés et à l'élimination des germes pathogènes justifiant leur statut de « cul-de-sac épidémiologique ».
- La recherche des carcasses se fait grâce à une prospection depuis le ciel sur de grandes distances grâce à l'utilisation du vol plané permettant des économies d'énergie. Leur vue est perçante ce qui leur permet de repérer une absence de mouvement autour d'animaux immobiles au sol et ils sont également capable d'analyser le comportement des autres charognards pour repérer une carcasse.

Enfin, les vautours sont capables de jeûner plusieurs jours pour éviter la prospection lorsque les conditions n'y sont pas favorables.

- Le repas des vautours est appelé la curée. Au cours de celle-ci les différents vautours entrent en compétition les uns avec les autres pour exploiter les meilleures parties des carcasses. Une étude a démontré que les Vautours moines se montraient particulièrement agressifs et dominants au cours des curées, mais leur faible nombre face aux fauves peut aussi limiter leur accès à la carcasse.

1.4.4. Gestion des ressources alimentaires par l'homme

Les vautours sont des commensaux de l'homme. Par conséquent, une gestion des ressources alimentaires est nécessaire afin d'assurer leur pérennité. La mise en place de sites d'alimentation gérés par l'homme a participé à leur rétablissement en France.

1.4.4.1 Nécessité d'un nourrissage artificiel des vautours

1.4.4.1.1 Un soutien alimentaire indispensable (Chassagne, 1998)

Nous l'avons vu dans la partie 1.4.1.2 les vautours sont dépendants de la mortalité en élevage pour leur alimentation. Cependant, au cours du 20^e siècle, l'élevage s'est transformé : le plein-air disparaît peu à peu, le nombre d'élevages diminue et leur état sanitaire s'améliore (ce qui limite le nombre de décès). Par ailleurs, durant l'hiver les animaux sont désormais enfermés dans les bergeries, or cette période était celle où la mortalité du bétail était la plus importante permettant un apport conséquent de nourriture aux vautours.

A ceci s'ajoute la mise en place d'une réglementation sur l'équarrissage, qui oblige les éleveurs à faire disparaître les cadavres par les services d'équarrissage. Ceux-ci ne sont donc plus laissés à disposition des charognards causant une diminution des ressources pour les populations.

Ainsi, la disponibilité des cadavres diminue très fortement, conduisant à une moindre reproduction des vautours et à un exil des populations vers des colonies où les ressources sont plus abondantes. Il apparaît alors indispensable d'aider au rétablissement des populations en remettant à disposition des rapaces charognards des carcasses issues des élevages. Pour se faire, la réglementation a été modifiée et deux types de sites d'alimentation ont été créés : les charniers dans un premier temps, puis les placettes d'équarrissage.

1.4.4.1.2 Une protection de l'environnement

Le processus de décomposition des carcasses à l'air libre passe par la multiplication de germes tels que les *Clostridium* et la libération de molécules potentiellement dangereuses comme l'ammoniac, l'hydrogène sulfureux, l'histamine, la cadavérine ou encore la putrescine. Il y a donc un risque majeur de pollution des sols et des eaux adjacents au site de dépôt du cadavre si celui-ci n'est pas retiré ou nettoyé (Gedoux, 2010). Les vautours aidés par d'autres animaux nécrophages et détritivores vont donc limiter ce risque de pollution en contribuant à l'élimination du cadavre : cinquante vautours peuvent "nettoyer" entièrement, à l'état de squelette, un cadavre de brebis

caussenarde (65 kg) en moins de 15 minutes. Ils contribuent ainsi à limiter le risque sanitaire (Joncour, 1999).

L'utilisation des vautours pour l'équarrissage présente également un intérêt pour l'écologie : en limitant les transports répétés vers les sites d'équarrissage, ils participent à une limitation des émissions de CO₂ par l'industrie.

Finalement, même si l'action d'équarrisseurs des vautours semble négligeable par comparaison aux milliers de tonnes de carcasses gérées par l'équarrissage industriel, elle reste indispensable pour les petits éleveurs indépendants dont les élevages, isolés, sont souvent difficiles d'accès par les services publics avec des délais de récupération souvent supérieurs aux 48 heures légales d'enlèvement entraînant un risque de pollution de l'environnement (Lecuyer et Orabi, 2013).

1.4.4.2 Réglementation de l'équarrissage naturel en France

Historiquement, l'équarrissage était très peu réglementé en France : les éleveurs laissaient leurs bêtes mortes sur place afin qu'elles profitent aux divers charognards. Cependant, la législation leur a par la suite imposé de faire disparaître les cadavres mais aucun service de collecte n'existait. Par conséquent, nombreux étaient les éleveurs qui abandonnaient les carcasses de leur bétail dans des avens ou dans des failles les rendant inaccessibles aux vautours (Chassagne, 1998). En 1902, suite à l'intoxication de l'explorateur Edouard-Alfred Martel par de l'eau contaminée par un cadavre de veau, le rejet de cadavres d'animaux, de déchets de boucherie, de fumier et de résidus animaux putrescibles dans les failles et les gouffres est officiellement interdit par l'article 28 de la loi relative à la santé publique du 15 février 1902 (Légifrance, 1902).

Il faudra attendre 1975 pour que l'équarrissage soit officiellement intégré au code rural. L'équarrissage s'organise, les cadavres d'animaux doivent être enlevés dans les plus brefs délais et les éleveurs doivent contacter eux-mêmes les services d'équarrissage. Si la récupération n'est pas possible, il est demandé aux éleveurs de détruire la carcasse en l'incinérant, l'enfouissant ou en utilisant de la chaux vive. En 1996, une nouvelle loi est publiée, le service de l'équarrissage quitte le secteur privé pour devenir un service public. L'enlèvement des cadavres devient alors soumis au paiement d'une cotisation (CVO = cotisation volontaire obligatoire) pour tous les éleveurs quelle que soit leur situation géographique (Chassagne, 1998).

Parallèlement, dans le cadre des programmes de réintroduction des vautours dans le Massif central à partir de 1970, des dérogations sont obtenues afin d'ouvrir des points de nourrissage pour les vautours. Néanmoins ces mises à disposition de cadavres restent en contradiction avec la loi (Lecuyer et Orabi, 2013).

En 1986, une autorisation est donnée pour le dépôt d'animaux morts accidentellement, après que la cause de la mort a été certifiée par un vétérinaire sanitaire (accident obstétrical, fulguration, attaques de chiens, météorisations, intoxications végétales, envenimations, séquestrations par le milieu) sur des charniers dits 'lourds' (Chassagne, 1998).

Finalement, suite aux actions des associations et aux réflexions sur l'utilisation des rapaces nécrophages comme équarrisseurs naturels, en 1998 la législation est modifiée. L'arrêté du 7 août 1998 reconnaît le rôle positif des rapaces nécrophages comme auxiliaires de l'équarrissage et donne ainsi la possibilité de créer, dans le respect de certaines dispositions, des sites

d'alimentation pour assurer la destruction de cadavres de ruminants issus des élevages domestiques (Ministre de l'agriculture et de la pêche et Ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 1998).

Cependant, la crise de l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) au début des années 2000, conduit à une interdiction européenne des pratiques d'équarrissage naturel, forçant les éleveurs à incinérer les cadavres. A partir de 2003, en application de la décision 2003/322/CE de l'Union européenne, la collecte d'animaux morts pour l'approvisionnement des aires de nourrissage est conditionnée par la réalisation de tests systématiques de dépistage des encéphalopathies spongiformes transmissibles (EST) : toutes les carcasses des bovins âgés de plus de 24 mois et toutes les carcasses d'ovins et caprins de plus de 18 mois doivent être testées et l'obtention de résultats négatifs est nécessaire pour pouvoir laisser les carcasses à disposition des charognards (Commission européenne, 2003). Cette mesure, compliquée à mettre en place pour les éleveurs, a conduit à la réduction des dépôts sur les sites d'équarrissage naturel en faveur de l'équarrissage et donc rendant impossible le nourrissage des vautours.

En 2005, la LPO contribue à l'obtention d'une dérogation qui permet un dépistage non plus de tous les animaux mais de 4 % des carcasses d'ovins et caprins destinées à l'alimentation des rapaces (Commission européenne, 2005). La France a très vite appliqué cette réglementation afin de remettre en service les anciens charniers et de développer des placettes individuelles d'alimentation.

1.4.4.3 Charniers lourds

Un charnier est un espace clôturé sur lequel les cadavres issus de la mortalité normale de plusieurs troupeaux sont mis à disposition des vautours.

1.4.4.3.1 Présentation et fonctionnement des charniers

Avec les autorisations d'alimentation des vautours, se sont développés des charniers permettant un nourrissage régulier des vautours afin d'assurer leur maintien sur le site de réintroduction et de favoriser la survie des jeunes (Joncour, 1999).

En 2013, en France quatre charniers sont gérés par la LPO Grands Causses et le Parc national des Cévennes alimentés par des carcasses provenant de 57 élevages en Aveyron, Gard et Lozère (LPO Grands Causses et Parc naturel régional des Grands Causses, 2013).

Les charniers dits « lourds » sont à destination des Vautours fauves et des Vautours moines (Lecuyer et Orabi, 2013). Initialement, ils étaient approvisionnés soit par des cadavres d'animaux domestiques issus d'élevages traditionnels extensifs exempts de maladies collectives ; soit par des saisies d'abattoir, des déchets de boucherie, d'ateliers de découpe ou de produits de charcuterie et de boucherie invendus. Mais, les saisies d'abattoirs ont assez vite été abandonnées pour permettre un nourrissage exclusivement à partir de la mortalité naturelle des troupeaux afin de rendre aux vautours leur rôle d'équarrisseurs naturels (Chassagne, 1998).

Une liste d'élevages participant au ravitaillement de ces charniers est fournie. La collecte des cadavres se fait de façon collective et est assurée par la structure gestionnaire du charnier (LPO, Parc National). Les éleveurs ne peuvent pas venir eux-mêmes déposer directement les cadavres. Le poids maximal des cadavres doit être de 100 kg (vaches et chevaux sont compliqués à transporter et à déposer et rarement complètement consommés à moins d'être débités au

préalable en morceaux). Les espèces collectées varient en fonction de l'élevage local et des moyens de ramassage : ovins, caprins, suidés, jeunes bovins et équidés, lapins issus d'élevage, quelques animaux de la faune sauvage victimes de collision routière ou de la chasse (Chassagne, 1998).

Dans le cadre des charniers lourds, une dalle en béton doit obligatoirement être mise en place et une attention particulière doit être apportée à l'entretien hebdomadaire et la quantité de nourriture déposée doit être réévaluée régulièrement en fonction de la fréquentation du site par les vautours (Lecuyer et Orabi, 2013).

Les cadavres doivent être issus de cheptels indemnes de maladies contagieuses et régulièrement suivis sur le plan sanitaire (deux visites vétérinaires annuelles minimum, enregistrement des événements tels que les maladies, les traitements, les vaccinations, les mortalités et les introductions). Les animaux morts de maladies contagieuses, les avortons et les enveloppes fœtales ne doivent pas être déposés. De même on évitera les volailles pour le risque de transmission de maladies aviaires (Chassagne, 1998).

1.4.4.3.2 Avantages et inconvénients des charniers (Joncour, 1999)

Les charniers lourds présentent des avantages pour la gestion des populations de vautours mais également des inconvénients assez nombreux. Ceux-ci sont présentés dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Avantages et inconvénients des charniers lourds (d'après Joncour, 1999)

Avantages :	Inconvénients :
<ul style="list-style-type: none"> - Renforcements des populations locales et extension de leurs aires de prospection alimentaire et de reproduction - Aide à la réintroduction d'espèces disparues - Recolonisation d'espèces nouvelles commensales : Vautour percnoptère, Aigle royal - Fixation des individus relâchés dans la région - Aide au contrôle de l'identité des individus relâchés dans le cadre du suivi scientifique - Contact éleveur-naturalistes : permet de rallier les éleveurs à la cause des vautours 	<ul style="list-style-type: none"> - Artificialisation des conditions de vie des charognards et tendance à la mendicité - Cantonnement excessif des populations - Risque sanitaire important lié aux passages dans les différents élevages et au transport parfois sur de longues distances - Coût important que ça soit pour la construction ou pour l'entretien du charnier mais aussi pour les collectes - Très chronophage pour les acteurs impliqués dans leur gestion - Ré-approvisionnements réguliers nécessaires - Risque de dérangements par des personnes mal intentionnées - Image négative des charniers : lieu repoussant ou choquant pour les non initiés (découverte fortuite par des marcheurs) - Peur à la vue d'un très grand nombre d'oiseaux rassemblés

Par conséquent, les charniers sont petit à petit fermés et les associations œuvrent afin de développer de plus en plus de placettes d'équarrissage individuelles pour les éleveurs (Vezon, 2013).

1.4.4.4 Placettes d'équarrissage individuelles

Une placette d'alimentation est un espace clôturé, qui permet à l'éleveur de mettre directement à disposition des vautours des cadavres issus de la mortalité normale de son troupeau. Elle offre ainsi la possibilité d'un équarrissage naturel aux éleveurs.

1.4.4.4.1 Présentation

Suite aux programmes de réintroduction des Vautours fauves et moines dans les Grands Causses, les placettes d'alimentation sont la suite logique du développement des charniers. Avec le retour des vautours en France, les éleveurs avaient très tôt pris l'initiative de laisser leurs brebis mortes à l'attention de ces oiseaux car les services d'équarrissage étaient souvent compliqués à mettre en œuvre dans des zones difficiles d'accès. Mais ces pratiques sortaient du cadre réglementaire et législatif des charniers.

En avril 2001, le tout premier arrêté préfectoral d'autorisation de mise en place d'une placette éleveur individuelle est obtenu par la LPO Grands Causses pour une exploitation qui faisait déjà partie du réseau de collecte pour les charniers. Très vite, d'autres éleveurs ont fait les demandes d'autorisation pour régulariser leur situation puis les demandes se sont étendues à d'autres régions comme l'Aude, l'Hérault, le Gard, la Drôme, les Alpes de Haute Provence, les Bouches du Rhône mais aussi l'Ardèche. L'accord des services vétérinaires est le plus souvent obtenu mais la localisation et la topographie autour de certaines exploitations ne sont pas toujours compatibles avec la mise en place d'une placette (Lecuyer et Orabi, 2013).

En 2021 en France, 109 placettes sont réparties entre l'Aveyron, la Lozère et le Gard à proximité des élevages volontaires. Elles permettent l'élimination par les vautours d'environ 130 tonnes de cadavres sur une année (les sociétés d'équarrissage quant à elles collectent environ 400 tonnes). Dans les Causses, l'utilisation des charniers lourds est donc petit à petit remplacée par la mise en place de placettes individuelles. Toutefois, le maintien d'une petite collecte assurant un service d'équarrissage à quelques éleveurs, permet aussi d'assurer la pérennité d'activités scientifiques comme les lectures de bagues lors des curées ou des sessions de captures de vautours à des fins d'études diverses (pose de GPS par exemple) (Bodot et Giraud, 2021).

1.4.4.4.2 Réglementation associée aux placettes d'équarrissage

La création de placettes est restreinte à certains mammifères et oiseaux par le Règlement n°142/2011/UE (Commission européenne, 2011) : Gypaète barbu (*Gypaetus barbatus*), Vautour moine (*Aegypius monachus*), Vautour percnoptère (*Neophron percnopterus*), Vautour fauve (*Gyps fulvus*), Aigle royal (*Aquila chrysaetos*), Pygargue à queue blanche (*Haliaeetus albicilla*), Milan noir (*Milvus migrans*), Milan royal (*Milvus milvus*).

Les placettes sont autorisées et réglementées par arrêté préfectoral dans l'aire de nidification ou de prospection des vautours ainsi que sur les couloirs de déplacement entre les différentes populations. L'arrêté du 7 août 1998 (Ministre de l'agriculture et de la pêche et Ministre

de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 1998) fixe les normes applicables pour leur création :

- Respect d'une distance minimum de 500 mètres entre la placette et les habitations ou les locaux occupés. Cette distance est fixée à 200 mètres pour les stockages des eaux pour éviter toutes pollutions (article 2).
- Aucune pénétration dans le sol par les « jus d'égouttage » de la carcasse ne doit être possible. Pour cela, une dalle en béton peut être envisagée (article 3).
- Elle doit être délimitée correctement (clôture) pour empêcher l'accès aux animaux errants (article 3).
- La quantité maximale de cadavres pouvant être déposés est fixée à 300 kg (article 3). Lorsque ce quota est atteint, les cadavres ne peuvent être redéposés qu'une fois la zone complètement vide.
- Pour les conditions d'entretien de la placette : les éventuels restes (os et peau) doivent être éliminés sous 7 jours après le dépôt. Ils peuvent être incinérés dans un brasero artisanal ou bien enfoui avec de la chaux.
- Tenue à jour d'un registre mentionnant la date, la nature, le nombre, le poids approximatif et la nature des dépôts (article 4). Il est également nécessaire depuis 2003 de consigner les résultats des tests de dépistage des ESST (Lecuyer et Orabi, 2013).

La nature des dépôts est également réglementée. Les placettes ne sont pas destinées à recevoir les déchets de chasse ou les cadavres d'animaux externes à l'élevage comme les animaux de compagnie. Seuls des cadavres d'animaux d'élevages domestiques : ovins, caprins, voire bovins ou porcins peuvent y être déposés, avec la condition qu'ils n'aient pas été euthanasiés, anesthésiés ou traités aux antibiotiques ou anti-inflammatoires préalablement au décès (Direction départementale des territoires de la Lozère, 2018). De même, les animaux tués par tir (risque d'intoxication au plomb des charognards), traités aux antiparasitaires ou empoisonnés ne doivent pas être déposés. Une grande vigilance est indispensable. De manière générale, la mise à disposition de denrées à la faveur de rapaces nécrophages nécessite de s'assurer au préalable de l'absence de menace toxique et donc de l'innocuité des aliments mis à disposition (Lecuyer et Orabi, 2013).

1.4.4.4.3 Fonctionnement des placettes

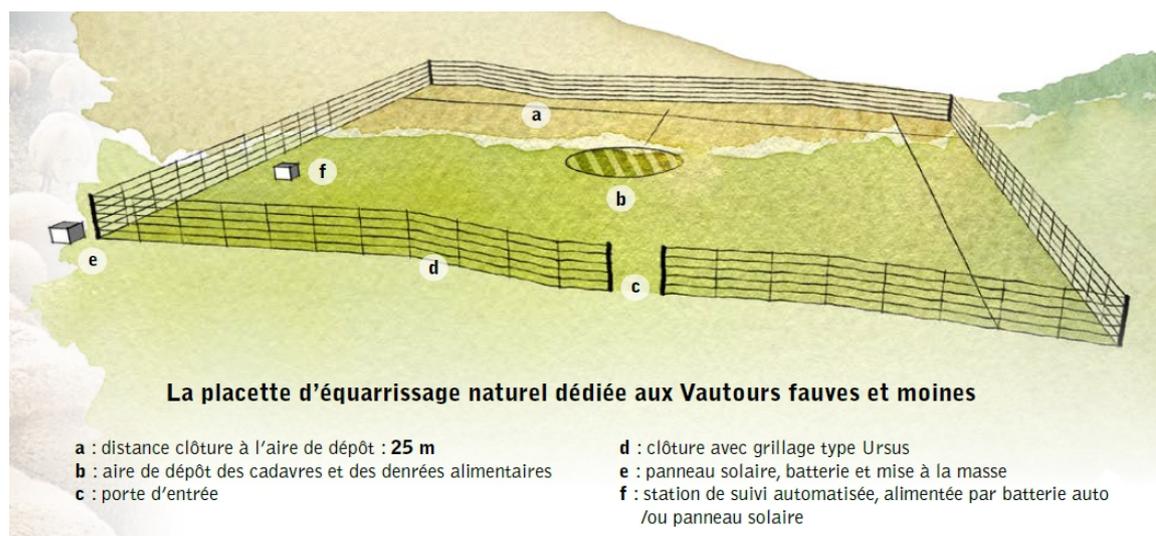
Contrairement aux charniers, les placettes individuelles sont alimentées par la mortalité des seuls animaux issus de l'exploitation dont les éleveurs se portent volontaires pour leur gestion.

Chaque éleveur vient déposer lui-même ses bêtes mortes sur le site de la placette, il y a donc une moindre circulation des cadavres et moins de brassage de microbisme entre élevages. Quelques brebis sont déposées chaque mois, le surplus est envoyé à l'équarrissage. Les dépôts sont aléatoires puisqu'ils sont conditionnés par la mortalité au sein de l'exploitation (souvent plus importante l'hiver notamment avec la mortalité des agneaux de moins d'un mois).

La situation de propriété privée permet d'assurer la quiétude du site, les éleveurs ont d'ailleurs l'obligation de tenir secrète sa localisation (Chassagne, 1998; Lecuyer et Orabi, 2013).

L'aire choisie pour le dépôt doit être ouverte et largement dégagée, avec une pente. La figure 12 décrit l'organisation d'une placette à destination des Vautours moines. Au centre de la placette se trouve l'aire de dépôt des cadavres, elle est constituée d'une chaîne et d'un crochet qui permettent de maintenir la carcasse en place au cours de la curée et parfois d'une dalle en béton. La clôture se situe à 25 m de l'aire de dépôt permettant une surface suffisante pour l'envol. Elle peut être électrifiée et son rôle est d'empêcher l'entrée et la sortie d'animaux errants sur le site. Un dispositif de suivi automatique est mis en place grâce à un capteur de mouvement qui permet le déclenchement d'un piège photo (Bouriette *et al.*, 2020).

Figure 12 : Schéma d'une placette d'équarrissage destinée aux Vautours fauves et moines
(Lecuyer et Orabi, 2013)



1.4.4.4 Avantages et inconvénients des placettes

L'objectif des placettes est d'apporter un complément alimentaire aux rapaces nécrophages par une meilleure accessibilité des denrées produites localement tout en diminuant progressivement la collecte d'équarrissage réalisée par les structures gestionnaires des charniers associés aux volières. De plus, elle intègre les populations de rapaces nécrophages aux écosystèmes pastoraux en leur reconnaissant le « droit » de s'alimenter sur les ressources locales (Lecuyer et Orabi, 2013).

Elles présentent de nombreux avantages pour l'homme (Lecuyer et Orabi, 2013; Direction départementale des territoires de la Lozère, 2018):

- coût moindre à la création et l'entretien que les charniers lourds, avec une réalisation plus simple et une possibilité de déplacer les clôtures en cas de non-utilisation du site ;
- gestion autonome et efficace des cadavres par l'éleveur ;
- renforcement du lien vautours-éleveurs ;
- économie financière en s'affranchissant de la taxe (CVO) pour l'élimination des carcasses par voie industrielle, d'autant plus importante pour les petites exploitations individuelles ;

- élimination rapide du bétail mort dans des zones peu accessibles, permettant également une réduction des risques sanitaires ;

- réduction de la propagation de certaines maladies grâce au rôle de « cul-de-sac épidémiologique » des vautours ;

- réduction d'émission de gaz à effet de serre en évitant le recours aux véhicules de transport vers un site d'équarrissage industriel ;

- limitation des sources de pollution résultantes de l'activité agricole (déchets animaux, limitation des émissions de CO₂) ;

- allègement du travail nécessaire pour les acteurs impliqués dans leur gestion.

En plus des intérêts retirés par l'homme, les placettes présentent également des avantages pour les vautours (Lecuyer et Orabi, 2013; Direction départementale des territoires de la Lozère, 2018) :

- mise à disposition spatialement et temporellement aléatoire des ressources alimentaires, favorisant un comportement naturel de prospection ;

- conservation d'espèces menacées ;

- récupération d'une place prépondérante dans les systèmes pastoraux ;

- extension du domaine de prospection, permettant de découvrir d'autres cadavres (cheptel ou faune sauvage) inaccessibles à l'homme ou ayant pu passer inaperçus garantissant leur rôle « d'équarrisseurs naturels ».

Dans le contexte de la réintroduction d'espèces menacées, le développement des placettes favorise donc leur succès à la reproduction, leur survie mais aussi la colonisation de nouveaux territoires (Vezon, 2013).

Les inconvénients sont peu nombreux, nous citerons la création et l'entretien de la placette selon la réglementation, la nécessité d'obtenir une autorisation préfectorale ainsi que le poids limite par dépôt (Direction départementale des territoires de la Lozère, 2018).

Les Vautours moines sont donc dépendants de l'élevage pour leur alimentation. Les rapaces nécrophages participent au service d'équarrissage par l'élimination des cadavres d'animaux morts en élevage. Lorsque les animaux meurent de maladies ou d'accidents, ils peuvent avoir subi préalablement à leur décès un traitement médicamenteux. En se nourrissant sur des carcasses d'animaux domestiques, les vautours peuvent donc être exposés aux résidus médicamenteux. Cependant, la réglementation interdisant le dépôt de cadavres d'animaux euthanasiés, anesthésiés ou traités aux antibiotiques ou anti-inflammatoires permet de limiter le risque de contamination des Vautours moines par les résidus médicamenteux.

Bilan :

- La diminution du nombre de cadavres d'animaux domestiques suite aux transformations de l'élevage et aux nouvelles réglementations du 20^e siècle a conduit à une diminution des populations de vautours sur le territoire français.
- Le développement de l'équarrissage industriel empêchait les éleveurs de laisser les cadavres de leurs bêtes à disposition des vautours. Cependant, grâce à des actions menées par les associations et aux programmes de réintroduction, en 1998 les vautours sont reconnus comme équarrisseurs naturels et l'autorisation est donnée de créer des sites d'alimentation.
- Les charniers regroupent les cadavres issus de la mortalité de plusieurs troupeaux qui sont collectés par les structures gestionnaires. Bien qu'ils permettent un renforcement des populations locales, ils présentent des inconvénients nombreux dont l'artificialisation des conditions de vie des charognards, des risques sanitaires et une image négative auprès des non initiés. Par ailleurs, le coût de fonctionnement d'un charnier est très élevé, ils sont donc fermés progressivement.
- Les placettes d'équarrissage, autorisées en 2001, sont la suite des charniers. Situées à proximité d'un élevage, elles sont approvisionnées uniquement par la mortalité de celui-ci. Les avantages retirés par les hommes comme les vautours sont nombreux. On en compte plus d'une centaine en France actuellement.
- Le dépôt d'animaux anesthésiés, euthanasiés, traités aux antibiotiques ou aux anti-inflammatoires avant la mort est interdit sur les sites de nourrissages. Le risque d'une exposition aux résidus médicamenteux semble donc limité. Cependant, il ne faut pas exclure un risque d'accident ou d'erreur pouvant survenir et conduire à un empoisonnement involontaire d'une population par des résidus.

2. Étude de la galénique des médicaments vétérinaires utilisés en rurale et propriétés pharmacologiques

Le médicament vétérinaire est défini comme « toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies animales » ; ou « toute substance ou composition pouvant être utilisée chez l'animal ou pouvant lui être administrée en vue soit de restaurer, de corriger ou de modifier des fonctions physiologiques en exerçant une action pharmacologique, immunologique ou métabolique, soit d'établir un diagnostic médical » (Parlement européen et Conseil de l'Union Européenne, 2001). Pour qu'un médicament vétérinaire soit mis sur le marché dans un État membre, il doit bénéficier d'une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) délivrée par l'autorité compétente de cet État (Conseil de l'Union Européenne, 1993).

Pour comprendre comment les vautours peuvent être intoxiqués après avoir consommé des carcasses d'animaux traités par des médicaments vétérinaires, il est nécessaire de comprendre comment sont traités les animaux et quels phénomènes aboutissent à l'élimination

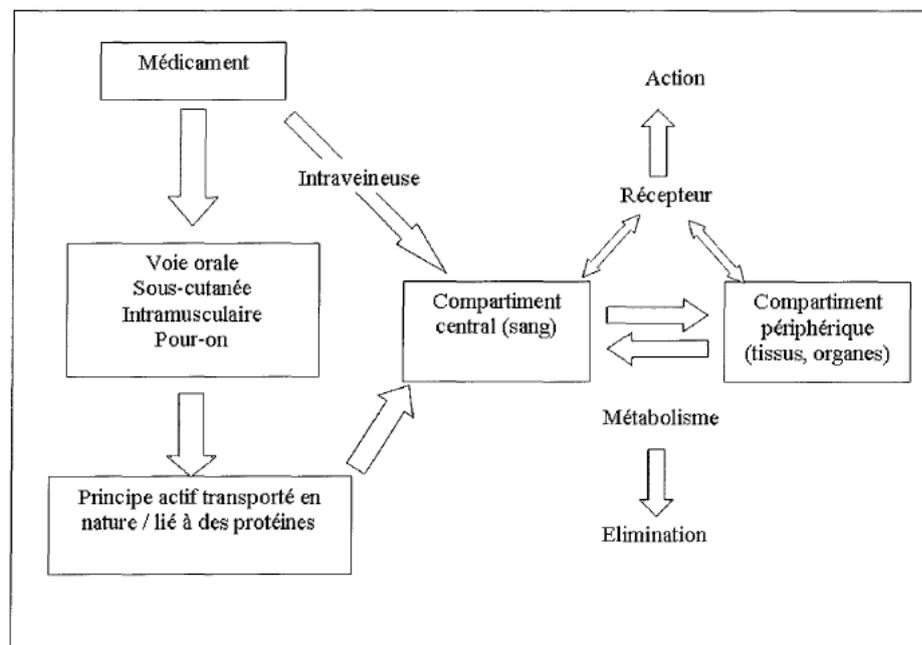
des produits par l'organisme pour former des résidus dangereux pour les vautours. Nous étudierons donc dans cette partie la pharmacocinétique puis la pharmacie galénique du médicament vétérinaire puis nous expliciterons la notion de résidus médicamenteux.

2.1. Pharmacocinétique des médicaments vétérinaires

La pharmacocinétique représente l'ensemble des phénomènes qui influencent le devenir d'un médicament dans l'organisme. Elle décrit donc le devenir d'un médicament au sein de l'organisme et est importante à prendre en compte afin d'évaluer la possibilité de formation de résidus chez les animaux de production traités avant leur mort et mis à disposition des vautours. Elle se fait en quatre grandes étapes visibles dans la figure 13 ci-dessous, qui correspondent à quatre processus physiologiques distincts qui peuvent contribuer à modifier la concentration d'une molécule dans l'organisme (Kohlhauer, 2019) :

- absorption ;
- distribution ;
- biotransformations/métabolisme ;
- élimination.

Figure 13 : Représentation du devenir d'un médicament dans l'organisme (D'Alteroche, 2003; dans Kubler, 2005)



2.1.1. Absorption

L'absorption correspond au passage d'une molécule dans la circulation générale depuis son lieu d'administration. Elle peut être évaluée grâce à la biodisponibilité (valeur comprise entre 0 et 1) qui correspond à la fraction de la dose de médicament administrée qui sera effectivement présente dans la circulation générale et la vitesse à laquelle elle l'atteint (Kubler, 2005).

La vitesse d'absorption dépend de plusieurs facteurs :

- la forme galénique : les médicaments en solution aqueuse sont plus rapidement absorbés que ceux en solution huileuse, en suspension ou sous forme solide ;
- la voie d'administration : on parle d'absorption entérale si elle se fait à travers la muqueuse digestive principalement au niveau de l'intestin, sinon on parle d'absorption parentérale. Dans ce dernier cas, la concentration plasmatique souhaitée est atteinte plus rapidement par contournement de l'intestin. Par ailleurs, lors d'absorption parentérale une grande partie de la dose d'un médicament passe par le foie (drainage par la veine porte hépatique) qui est le lieu de biotransformations et d'inactivation des molécules. Par conséquent, les molécules peuvent avoir été inactivées avant même d'avoir atteint leur cible thérapeutique. C'est ce qu'on appelle l'effet de premier passage hépatique. Les voies sublinguale et intra-rectale permettent de contourner cet effet de premier passage puisque ces régions ne sont pas drainées par la veine porte hépatique ;
- les caractéristiques physiques et chimiques du médicament ;
- le flux sanguin au niveau du site d'administration/absorption (Rock, 2007).

2.1.2. Distribution

La distribution correspond à la répartition du médicament dans le sang et dans les différents tissus de l'organisme via la circulation sanguine (Kubler, 2005). Le principe actif est retrouvé dans le sang sous deux fractions : une fraction libre et une fraction liée aux protéines plasmatiques (albumine le plus souvent). C'est cette fraction libre qui va diffuser dans les organes et les tissus et on observe ensuite une fixation tissulaire. Les principes actifs dont la fixation tissulaire est la plus importante laisseront en général le plus de résidus (Stoltz, 2008).

La distribution est influencée par plusieurs facteurs tels que le débit sanguin régional ; le niveau de perfusion de l'organe cible : plus l'organe est perfusé (cœur, foie, reins, glandes endocrines par exemple) ; la liposolubilité du médicament ; les liaisons aux protéines plasmatiques ou encore la capacité des molécules à traverser les membranes et l'existence d'un système de transport actif adéquat : dans la plupart des organes, les capillaires sont relativement perméables, permettant aux molécules de taille faible de diffuser librement par diffusion paracellulaire (Rock, 2007; Kohlhauser, 2019).

Cependant, il existe également des barrières fonctionnelles dans l'organisme, telles que la barrière hémato-encéphalique. Elles présentent des jonctions serrées les rendant étanches, par conséquent seuls les nutriments et les molécules liposolubles non ionisées peuvent les franchir et se distribuer à l'organe concerné. Les autres médicaments ne pourront pas les franchir en l'absence d'inflammation. Les parois des abcès, la pénétration dans les os et l'accès au tissu mammaire constituent d'autres barrières à la pénétration (Rock, 2007).

2.1.3. Biotransformations

Certains médicaments peuvent être excrétés par l'organisme sous forme inchangée, mais la plupart vont subir une ou plusieurs transformations métaboliques qui vont modifier la structure des principes actifs. Ces biotransformations sont catalysées par des enzymes et sont de deux types :

- biotransformations de phase I : séries de réactions d'oxydation, de réduction et d'hydrolyse catalysées par la famille des cytochromes P450.

- biotransformations de phase II : séries de réactions de conjugaisons de la molécule initiale ou du produit issu de la phase I, avec des groupements spécifiques qui conduisent à des molécules de poids moléculaire plus élevé, plus hydrosolubles et polaires ; elles sont catalysées par la famille des transférases.

Ainsi, les biotransformations peuvent soit conduire à une inactivation ou à une détoxification des principes actifs vis à vis de l'organisme par blocage chimique des groupements responsables de l'activité pharmacologique ou toxique ou par augmentation de l'hydrosolubilité favorisant l'élimination urinaire ; soit à une augmentation voire à une apparition d'activité pharmacologique pour les médicaments ayant besoin d'être métabolisés afin d'exercer leur effet (Rock, 2007; Stoltz, 2008; Kohlhauer, 2019).

Les enzymes qui assurent le métabolisme des médicaments se trouvent dans tout l'organisme mais le principal site de métabolisation des médicaments est le foie (Rock, 2007). Chez les ruminants, un grand nombre de réactions métaboliques peuvent être réalisées au niveau du rumen : ce sont des réactions d'oxydation, de réduction et d'hydrolyse qui permettent une inactivation et/ou une dégradation de la molécule (Kohlhauer, 2019).

Le métabolisme des médicaments sera affecté par de nombreux facteurs tels que des différences entre les espèces, l'âge (les systèmes enzymatiques sont fonctionnellement immatures à la naissance), le sexe, les carences alimentaires qui diminuent l'activité métabolique des enzymes ou encore une maladie hépatique (Rock, 2007).

Finalement, les biotransformations ont une importance majeure dans le processus de formation des résidus puisqu'elles conditionnent la persistance des substances médicamenteuses dans les tissus, la nature des résidus mais aussi leurs propriétés pharmacologiques et toxicologiques.

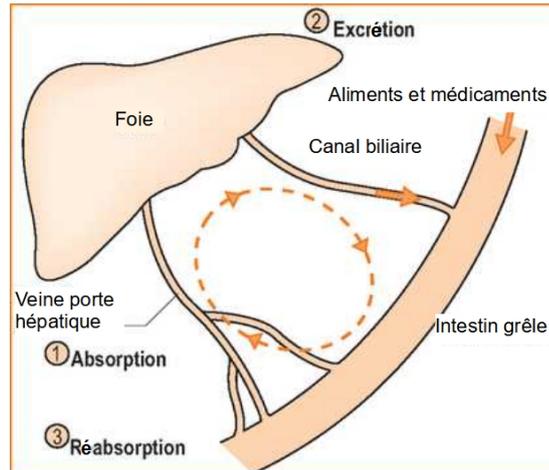
2.1.4. Élimination

L'élimination est la dernière phase du devenir du médicament, elle correspond à l'excrétion des médicaments et de leurs métabolites vers le milieu extérieur (Kubler, 2005).

La principale voie d'élimination est la voie rénale avec élimination dans l'urine mais elle peut aussi se faire par voie biliaire dans les matières fécales, par élimination dans les œufs pour les molécules liposolubles ou encore par voie mammaire via le lait pour les molécules basiques non ionisées, liposolubles (Stoltz, 2008; Kohlhauer, 2019). Un petit nombre de médicaments, tels que les médicaments liposolubles et les toxines, restent dans les tissus où ils peuvent s'accumuler et provoquer des lésions tissulaires (Rock, 2007).

Enfin, certains des médicaments excrétés dans la bile peuvent être réabsorbés par l'intestin et regagner la circulation sanguine comme on peut le voir dans la figure 14 ci-dessous. C'est ce qu'on appelle le cycle entéro-hépatique et les molécules seront alors éliminées plus lentement que par voie rénale (Rock, 2007).

Figure 14 : Principe du cycle entéro-hépatique (Rock, 2007)



2.1.5. Facteurs de variation des paramètres pharmacocinétiques

De nombreux paramètres peuvent modifier le devenir d'un médicament dans l'organisme, certains concernent le médicament en lui-même mais l'animal traité peut également avoir une influence.

2.1.5.1 Facteurs liés à la forme galénique du médicament (Enriquez et Boulouis, 1990; Stoltz, 2008)

L'absorption et la distribution d'un principe actif dans l'organisme sont influencées par la forme galénique du médicament, sa concentration en principe actif mais aussi par sa forme chimique. Ainsi, les sels seront plus hydrosolubles que les composés parentaux dont ils dérivent, tandis que la mise en suspension huileuse entraîne un ralentissement de l'absorption ; les esters quant à eux sont généralement lipophiles.

La forme physique joue quant à elle un rôle dans la diffusion du ou des principes actifs :

- les véhicules : les solutions aqueuses ont une diffusion plus aisée que les solutions huileuses ;
- les adsorbants permettent de maintenir le principe actif sur le site d'administration ;
- les tensioactifs stabilisent deux phases non miscibles et interviennent aussi dans les émulsions ou les solutions micellaires.

2.1.5.2 Facteurs liés au mode et à la voie d'administration (Enriquez et Boulouis, 1990; Stoltz, 2008)

La voie d'administration influence les capacités d'absorption et de distribution du médicament :

- Administration intraveineuse (IV) : le médicament est administré directement dans le sang, il n'y a donc pas de phase d'absorption et la phase de distribution est immédiate.
- Administrations intramusculaire (IM) et sous-cutanée (SC) : elles se distinguent par la distance à franchir avant d'atteindre la circulation sanguine. Ainsi, la résorption est souvent plus rapide par voie IM mais sa vitesse peut être augmentée ou diminuée par la forme galénique (formulation longue action ou retard).

- Administration orale : les paramètres pharmacocinétiques sont très variables du fait de l'influence de nombreux facteurs. Ainsi, la présence d'aliments qui fixent les molécules ralentit l'absorption tandis qu'elle se fera mieux si l'animal est à jeun. Des variations entre espèces existent également. Chez les ruminants, l'existence du rumen modifie les modalités d'absorption et de diffusion : forte dilution donc réduction du gradient de concentration, pH plus basique que l'estomac des monogastriques limitant l'absorption des acides faibles, brassage lent retardant l'accès de la molécule aux parois, interactions entre la microflore et les médicaments qu'elle peut inactiver (notamment certains antibiotiques).

- Administration intra-mammaire : l'absorption est modulée par l'état de la glande mammaire, notamment en cas d'infection.

2.1.5.3 Facteurs liés à l'animal (Enriquez et Boulouis, 1990; Stoltz, 2008)

Pour un médicament donné, ses paramètres pharmacocinétiques peuvent varier en fonction de paramètres liés à l'animal :

- Espèce à laquelle il est administré : les paramètres pharmacocinétiques varient entre les différentes espèces, des variations peuvent même avoir lieu entre des animaux d'une même catégorie (par exemple au sein des ruminants, des différences existent entre bovins, ovins et caprins).

- Age de l'animal : les animaux jeunes et âgés disposent de capacités moindres de détoxification et d'élimination hépatique et rénale, les résidus mettront alors plus de temps à être éliminés que chez un individu adulte.

- État pathologique de l'animal : une infection peut perturber les processus d'élimination hépatique et/ou rénale, certaines maladies modifient les taux de fixation aux protéines plasmatiques ce qui modifie la distribution du principe actif. Ainsi, chez les vaches laitières, les infections mammaires perturbent profondément le fonctionnement de la glande et la composition du lait produit, entraînant une persistance de traitements systémiques dans le lait ou encore le passage d'antibiotiques dans des quartiers non traités.

2.1.5.4 Facteurs liés au type de médicament

2.1.5.4.1 Pharmacocinétique des antibiotiques

Les propriétés pharmacocinétiques des antibiotiques sont variables en fonction de la famille à laquelle ils appartiennent. Celles-ci sont présentées dans le tableau 3 ci-dessous pour les principales familles à usage vétérinaire.

La capacité de liaisons aux protéines plasmatiques module fortement la distribution des antibiotiques dans l'organisme : les acides faibles (pénicillines, sulfamides, céphalosporines), ont une affinité plus grande pour les protéines plasmatiques que tissulaires, un volume de distribution assez limité et ne s'accumulent pas dans les cellules. Les bases faibles dont la forme non-ionisée est liposoluble (macrolides), les alcools (florfenicol) et les substances amphotères (tétracyclines), ont quant à eux un volume de distribution plus important (Stoltz, 2008).

Tableau 3 : Propriétés pharmacocinétiques des principales familles d'antibiotiques (d'après Papich et Riviere, 2018; et Kohlhauer, 2020)

Famille :	Absorption :	Distribution :	Métabolisme	Élimination :
Pénicillines	<ul style="list-style-type: none"> - Voie orale : nulle chez les ruminants (possible chez le veau pré-ruminant) - Voie IM : très bonne 	<ul style="list-style-type: none"> - Modérée et limitée au compartiment extracellulaire - Se fait dans l'ensemble des tissus de l'organisme (sauf le tissu nerveux) - Liaison aux protéines plasmatiques variable 	Peu de biotransformations	<ul style="list-style-type: none"> - Élimination urinaire sous forme active - Peu d'élimination dans le lait
Céphalosporines	<ul style="list-style-type: none"> - Voie orale : pas d'absorption (sauf pour la céfalexine dont la résorption digestive est très rapide) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne distribution extracellulaire sauf dans le système nerveux central et la prostate - Liaison aux protéines globalement modérée 	Peu de biotransformations par le foie (sauf pour le ceftiofur)	<ul style="list-style-type: none"> - Élimination urinaire sous forme active - Très peu d'élimination dans le lait
Fluoroquinolones	<ul style="list-style-type: none"> - Voie orale : réduite chez les ruminants - Voie parentérale : excellente 	<ul style="list-style-type: none"> - Distribution large et intracellulaire - Liaison aux protéines limitée 	Métabolisation en composés actifs par le foie	<ul style="list-style-type: none"> - Élimination urinaire essentiellement, biliaire possible - Persistance dans les tissus par accumulation intracellulaire
Tétracyclines	<ul style="list-style-type: none"> - Voie orale : très mauvaise chez les ruminants (et diminuée par la présence d'aliments) - Voie parentérale : bonne mais incomplète 	<ul style="list-style-type: none"> - Distribution large et intracellulaire - Liaison aux protéines variable selon la molécule 	Limité à des réactions de conjugaison dans le foie	Élimination urinaire surtout et hépatique (cycle entéro-hépatique)
Sulfamides	<ul style="list-style-type: none"> - Voie orale : très bonne (sauf sulfaguanidine) - Voie parentérale : satisfaisante 	<ul style="list-style-type: none"> - Distribution limitée (tissus les plus vascularisés) et extracellulaire - Forte liaison aux protéines 	Rapide chez les herbivores, formation de composés inactifs	<ul style="list-style-type: none"> - Élimination urinaire sous forme active et inactive - Élimination modérée dans le lait et les matières fécales

Macrolides et lincosamides	- Voie orale : bonne (sauf érythromycine) - Voie parentérale : bonne	Distribution large et intracellulaire	Conjugaison hépatique	- Élimination hépatique (cycle entéro-hépatique), urinaire sous forme active - Chez les bovins forte élimination dans le lait
Aminosides	- Voie orale : nulle - Voie parentérale : très bonne	- Diffusion paracellulaire très faible - Passage de la barrière placentaire - Voie parentérale : une fraction importante reste fixée au point d'injection	Très peu de biotransformations	- Élimination urinaire - Possible accumulation dans les reins
Antibiotiques polypeptidiques	Voie orale : nulle	- Très faible distribution - Pas de liaison aux protéines	Très peu de biotransformations	Élimination urinaire
Phénicolés	Voie parentérale : très bonne	- Large distribution intracellulaire y compris à travers la barrière hémato-encéphalique	Métabolisme hépatique quasi intégral	Florfénicol éliminé lentement chez les bovins
Nitroimidazolés	- Voie orale : très bonne - Voie parentérale : très bonne	Large distribution	Métabolisme hépatique	- Élimination urinaire et fécale - Élimination salivaire et dans le lait non négligeables

L'élimination des antibiotiques par voies urinaire et hépatique, implique une forte concentration en résidus dans le foie et les reins des animaux traités. Ces viscères représentent alors un risque lorsqu'ils sont consommés par les vautours. Les antibiotiques non résorbés par voie orale présentent quant à eux un risque moindre pour les charognards (Buronfosse, 2006).

2.1.5.4.2 Pharmacocinétique des AINS

L'absorption des AINS est en général rapide et complète qu'ils soient administrés par voie orale ou par voie parentérale et l'effet est immédiat. Le risque pour les vautours repose donc sur la consommation des zones d'injection ou des tissus contenant des AINS (Buronfosse, 2006).

La forme active des AINS est la forme ionisée, c'est sous celle-ci qu'on les retrouve dans le sang. La forme non ionisée est retrouvée liée aux protéines plasmatiques et limite la distribution. Ils présentent également une forte affinité pour les protéines exsudatives des tissus inflammatoires et ont donc tendance à se concentrer dans les foyers inflammatoires.

Les biotransformations sont très variables en fonction des composés, de la dose et de l'espèce traitée. En général, elles se font dans le foie et conduisent à la formation de métabolites inactifs, généralement hydrosolubles favorisant une élimination rénale. Ainsi, la plupart des AINS sont éliminés par voie urinaire après filtration glomérulaire. Des variations existent entre espèces : chez les ruminants, le pH étant moins acide que chez les carnivores, la réabsorption tubulaire passive est beaucoup moins importante et l'excrétion urinaire rapide.

Enfin, certains AINS (comme le carprofène) ont une élimination biliaire avec un cycle entéro-hépatique, conduisant à la recirculation des molécules dans l'organisme donc au maintien de concentrations sanguines élevées (Puyt *et al.*, 1992; Papich et Riviere, 2018).

2.1.5.4.3 Pharmacocinétique des euthanasiants

Le pentobarbital est absorbé très rapidement après administration. L'action débute dans les minutes suivant une administration IV. Comme tous les barbituriques, il se distribue très rapidement à tous les tissus, avec des concentrations très élevées dans le foie et le cerveau. Ils sont également capables de traverser le placenta et le lait. Chez les ruminants (en particulier moutons et chèvres), le pentobarbital est très rapidement métabolisé après injection : la demi-vie d'élimination chez la chèvre est d'environ 0,9 heure contre environ 8 heures chez les chiens et entre 15 et 50 heures chez l'homme (Plumb, 2008).

Concernant le T61®, produit couramment utilisé pour l'euthanasie des animaux de rente, l'absorption du solvant (le diméthylformamide) est très bonne par voie digestive mais avec une forte toxicité pour le foie, par contre le mébézomium (curare) n'est pas absorbé par cette voie. L'absorption est également très bonne après une administration parentérale. L'élimination se fait essentiellement par voie urinaire (Gedoux, 2010).

Ainsi, après une administration IV d'euthanasiant, le risque pour les charognards repose sur la consommation des organes très vascularisés où s'accumulent les résidus après la mort.

2.1.5.4.4 Pharmacocinétique des anti-parasitaires (Papich et Riviere, 2018; Torche et Beroual, 2020)

Comme pour les antibiotiques, les propriétés pharmacocinétiques des anti-parasitaires destinés aux ruminants varient selon les molécules étudiées.

- Organophosphorés et carbamates : Ils sont bien résorbés par toutes les voies puis se distribuent de manière assez homogène dans tout l'organisme mais en priorité vers les tissus bien vascularisés comme le SNC et le foie. Les biotransformations se font essentiellement dans le foie et le tube digestif, chez les ruminants des hydrolyses ont lieu dans le rumen. L'élimination est très rapide par voie urinaire.
- Pyréthriinoïdes : Ils sont bien absorbés mais détruits dans le tube digestif des mammifères. Par conséquent, leur utilisation systémique se fait grâce à des formes transdermiques (spot-on ou pour-on). La distribution est homogène et les biotransformations sont rapides et intenses dans le plasma et le foie. Ils sont rapidement dégradés dans l'organisme, le passage dans le lait est très faible.
- Benzimidazolés : L'absorption orale est globalement très bonne, elle est plus élevée chez les ruminants que chez les carnivores grâce au transit plus lent permettant des concentrations plus importantes dans le sang. Ils se distribuent largement dans l'organisme et la fixation aux protéines plasmatiques est faible. Les métabolisations se font au niveau

du tube digestif et au niveau du foie et l'élimination est essentiellement fécale pour la fraction non résorbée, dans une moindre mesure une élimination urinaire et dans le lait est possible.

- Imidazothiazole : La résorption digestive est rapide et complète avec des pics de concentrations entre 2 et 6 h. La résorption intramusculaire et sous-cutanée des solutions injectables est encore plus rapide (pics de concentrations atteints en 1 heure environ). La résorption à partir des formulations pour-on ou des formulations à libération ruminale programmée est au contraire progressive pour permettre un effet prolongé important. On note une diffusion excellente, notamment dans le mucus bronchique. De nombreuses biotransformations ont lieu dans le foie et l'élimination se fait à plus de 90 % sous forme de métabolites dans l'urine, le reste se fait dans les matières fécales.
- Salicylanilide : L'absorption par voie orale est variable selon la molécule. Celles qui sont résorbées sont très fortement fixées aux protéines plasmatiques et se concentrent dans le sang où elles sont ingérées par les parasites hématophages. Ces molécules passent par le cycle entéro-hépatique et sont donc éliminées lentement par voie biliaire.
- Macrolides : Les macrolides antiparasitaires ou avermectines sont des molécules liposolubles, leur résorption est variable selon la voie :
 - voie orale : la résorption est bonne mais inférieure à la voie sous cutanée, elle est rapide et on l'utilise surtout pour traiter les vers gastro-intestinaux ;
 - voie sous-cutanée : la biodisponibilité est complète mais lente et progressive. Elle permet d'obtenir un effet retard qui prolonge leur durée d'action de quelques jours. On l'utilise pour traiter les parasitoses générales ;
 - voie cutanée : la biodisponibilité est inférieure à celle obtenue par la voie SC.

La distribution est large et se fait vers les tissus très vascularisés ou riches en lipides (foie, tissu adipeux, système nerveux central des insectes). Mais ils sont aussi capables d'atteindre les tissus peu vascularisés comme la peau. Les biotransformations sont faibles, ils persistent donc longtemps dans l'organisme, cette persistance est favorisée par le fait qu'ils entrent dans le cycle entéro-hépatique. L'élimination se fait par voie biliaire et dans le lait.

Bilan :

- La pharmacocinétique décrit le devenir d'un médicament dans l'organisme. Elle se fait en quatre grandes étapes : absorption, distribution, métabolisme et élimination, qui conditionnent la possibilité de formation de résidus chez les individus traités.
- L'absorption correspond au passage de la molécule du lieu d'administration à la circulation générale. Elle dépend notamment de la forme galénique et de la voie d'administration.

- Après absorption, le principe actif se répartit dans le sang et les tissus de l'organisme via la circulation sanguine, c'est la distribution. On retrouve le principe actif sous deux formes dans le sang : une fraction liée aux protéines plasmatiques et une fraction libre qui diffuse jusqu'aux organes et tissus où elle se fixe. Cette fixation tissulaire est à l'origine de la persistance de résidus.
- La plupart des médicaments subissent ensuite des transformations métaboliques qui visent à modifier la structure afin de les rendre actifs ou inactifs. Ces biotransformations sont catalysées par deux grandes familles d'enzymes et conditionnent la persistance des substances médicamenteuses dans les tissus, la nature des résidus ainsi que leurs propriétés pharmacologiques et toxicologiques.

Le principal site de métabolisation est le foie. Chez les ruminants on trouve également un grand nombre de biotransformations au niveau du rumen.

- La dernière étape de la pharmacocinétique est l'élimination, qui correspond à l'excrétion du médicament et de ses métabolites vers l'extérieur. Les deux principales voies sont l'élimination urinaire par voie rénale et l'élimination dans les matières fécales par voie hépatique. On pourra également avoir une élimination dans le lait, les œufs ou par les poumons.

Concernant la voie hépatique, dans la bile certains médicaments peuvent être ré-absorbés par l'intestin puis regagner la circulation sanguine. Ce phénomène est appelé cycle entéro-hépatique et conduit à une élimination plus lente des molécules.

- De nombreux facteurs vont modifier les paramètres pharmacocinétiques d'un médicament : la forme galénique et la voie d'administration modifient l'absorption et la distribution ; des paramètres liés à l'animal traité interviennent dans toutes les étapes.

Enfin, des différences sont notées entre médicaments (anti-inflammatoires vs antibiotiques vs euthanasiants vs anti-parasitaires) mais également au sein même des différentes familles de médicaments. Ces variations sont à prendre en compte lors de la décision du traitement d'un individu.

- Finalement, l'élimination de certains médicaments sous forme active par l'urine ou les matières fécales peut conduire à une contamination de l'environnement. Par ailleurs, l'accumulation de certaines substances dans les organes comme les reins ou le foie, représente un risque pour les charognards consommateurs de ces tissus, de même que la consommation de zones d'injection.

2.2. Pharmacie galénique du médicament vétérinaire

La pharmacie galénique est définie comme l'art de concevoir un médicament sous la forme la plus adaptée à la maladie et à l'espèce animale traitée. Étant donnée la diversité des espèces traitées en médecine vétérinaire, une large gamme de produits vétérinaires sont disponibles sous différentes mises en forme pharmaceutiques et de nombreuses avancées ont eu lieu afin de garantir l'efficacité et la sécurité des produits vétérinaires (Malleme *et al.*, 2013; Perrot, 2019a).

Nous nous concentrerons ici sur les formes pharmaceutiques disponibles pour les animaux de production.

2.2.1. Voie entérale : la voie orale

La voie orale ou *per os* est la voie qui comporte le plus de spécialités vétérinaires (Perrot, 2019a). Les voies perlinguales et rectales sont très peu utilisées en animaux de production, c'est pourquoi nous ne les détaillerons pas dans cette partie (ANSES, 2022).

Après administration par voie orale, les médicaments passent la barrière intestinale essentiellement au niveau de l'intestin grêle, puis atteignent le foie avant d'atteindre la circulation générale et enfin les organes où ils exerceront leur action thérapeutique (Perrot, 2019a). Les avantages et inconvénients de cette voie sont présentés dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 : Avantages et inconvénients de la voie orale (d'après Perrot, 2019a)

Avantages :	Inconvénients :
<ul style="list-style-type: none"> - Administration plus ou moins aisée des médicaments, réalisation possible du traitement par le propriétaire. - Réalisation d'un traitement au long cours d'affections chroniques. - Des doses élevées peuvent être prises en une seule fois. - Possibilité d'utiliser des formes appétentes pour améliorer l'acceptabilité du traitement par l'animal. - Voie adaptée aux traitements collectifs (aliment médicamenteux ou eau de boisson). 	<ul style="list-style-type: none"> - Irritation du tube digestif par certains médicaments (AINS, corticostéroïdes...). À éviter en cas d'ulcère gastroduodéal ou de gastrite. - Non utilisable pour les médicaments détruits par le tube digestif. - L'action n'apparaît qu'après un temps de latence correspondant au temps d'absorption (20min). - Odeur et goût parfois désagréables. - Absorption variable selon la prise alimentaire. - Risque de fausse route si incapacité de préhension et de déglutition. - Difficile d'utilisation en cas de nausées et de vomissements. - Contrôle de la posologie délicat, surtout lors de traitement collectif. - Dégradation des molécules par la microflore du rumen. - Exposition de la flore digestive aux molécules, pouvant entraîner des modifications de celle-ci (antibiotiques).

De nombreuses formes galéniques sont disponibles pour la voie orale : les formes solides et liquides sont les plus utilisées en animaux de production. Les formes semi-consistantes sont également disponibles, sous forme de gel et de pâtes distribués dans des seringues en plastique afin de contrôler avec précision la dose administrée (Kubler, 2005).

Chez les ruminants, le rumen peut être utilisé comme réservoir pour des bolus. Les bolus sont des gros médicaments lestés administrés par voie orale grâce à un lance-bolus, qui tombent au fond du rumen et sont trop encombrants pour poursuivre le transit. Le principe actif est alors libéré à long terme dans le rumen (Kubler, 2005). Jusqu'en 2004, un bolus contenant de l'ivermectine existait, il permettait aux éleveurs un confort d'utilisation du fait de sa longue durée d'action mais avait un fort impact environnemental avec une excrétion dans les matières fécales d'ivermectine sous forme active avec des conséquences sur les insectes coprophages et un développement de résistances. Il a donc été interdit en 2003 (décision publiée au JORF le 24 avril 2004) (Alvinerie *et al.*, 2021). Les bolus sont actuellement essentiellement utilisés pour des traitements anti-parasitaires, pour des complémentations (oligo-éléments, vitamines) ou pour une activité antibiotique utilisée dans la gestion de la cétose de la vache laitière (monensin dans les bolus de Kexxtone®) (ANSES, 2022).

Enfin, dans le cadre du traitement de grands effectifs où les traitements individuels sont difficiles à mettre en œuvre, il est possible d'utiliser des pré-mélanges médicamenteux et des aliments médicamenteux à des fins préventives ou curatives. Cette forme est facile à administrer puisqu'elle correspond à l'ingestion de l'aliment habituel de l'animal dans lequel on a incorporé le pré-mélange. La maîtrise de la ration alimentaire permet d'avoir des traitements précis en matière de doses ce qui permet d'éviter la surconsommation de médicaments (Kubler, 2005).

2.2.2. Voie parentérale

La voie parentérale ou injectable correspond à l'administration des médicaments par une autre voie que la voie orale. En pratique, cela correspond à une administration par effraction au travers de la peau via des injections intraveineuse (IV), sous cutanée (SC), intramusculaire (IM), intra-péritonéale, intra-articulaire, intrathécale, *etc.* (Kubler, 2005; Perrot, 2019a). Cette voie est plus directe car les médicaments sont immédiatement mis en contact avec le sang ou le liquide interstitiel. Ses avantages et inconvénients sont présentés dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 : Avantages et inconvénients de la voie parentérale (d'après Perrot, 2019a)

Avantages :	Inconvénients :
<ul style="list-style-type: none"> - Effet rapide, surtout après administration IV. - Passage immédiat dans l'organisme. - Pas de destruction par les enzymes du tube digestif qu'elle permet d'éviter. - Injection possible au lieu désiré (par exemple injection intramammaire, intra-utérine). - Voie utile pour un animal inconscient ou incapable d'avaler. - Meilleur contrôle du débit d'arrivée et de la dose. 	<ul style="list-style-type: none"> - Injection parfois douloureuse. - Risque d'infection ou de lésions au point d'injection SC (fibrosarcome chez le chat). - Difficultés en cas d'injections répétées, car le nombre de points d'injection est limité. - Les suspensions injectables ne peuvent être administrées que par voie IM ou SC. - Il ne faut pas injecter des produits irritants qui pourraient léser la veine. - Durée d'action médicamenteuse généralement courte, surtout après administration IV. - Les médicaments administrés doivent être stériles et apyrogènes. - Rarement réalisable par le propriétaire (sauf les éleveurs).

La voie parentérale est donc très utilisée en pratique car relativement simple à mettre en œuvre. Elle est essentielle chez les ruminants et est notamment utilisée pour la réalisation de traitements anti-infectieux, anti-inflammatoires et vaccins, de grands volumes de perfusions mais aussi des anesthésies et euthanasies (Perrot, 2019a; ANSES, 2022).

2.2.2.1 Voie intraveineuse

Cette voie est la voie utilisée en traitement d'urgence car elle permet de mettre le médicament directement en contact avec le sang et donc d'avoir une action quasi immédiate. Elle sera également utile lorsqu'un médicament ne peut pas être toléré par voie IM ou SC, ou lorsqu'il ne peut pas être absorbé par voie digestive.

Cependant, seules les solutions aqueuses et les émulsions peuvent être administrées par cette voie et l'administration doit être réalisée lentement afin d'éviter le risque de choc. La posologie est très précise et facilement contrôlable puisque l'administration peut être arrêtée immédiatement si l'animal réagit mal (Perrot, 2019a).

2.2.2.2 Voie intramusculaire

La voie intramusculaire permet l'administration de solutions et suspensions huileuses trop douloureuses pour être injectées en SC. Cependant, il y a un risque de piqûre vasculaire mais aussi de piqûre nerveuse la rendant douloureuse. La vitesse de résorption des médicaments administrés par cette voie est plus lente par comparaison avec la voie IV (Perrot, 2019a).

2.2.2.3 Voie sous-cutanée

La voie sous-cutanée permet d'introduire sous la peau des solutions aqueuses isotoniques telles que les vaccins. Elle permet d'avoir une action plus lente du médicament par rapport à la voie IV. Par contre, elle peut être également douloureuse du fait de l'innervation de la peau et peut conduire à la formation d'abcès (Perrot, 2019a).

2.2.2.4 Autres voies parentérales (Kubler, 2005; Perrot, 2019a)

D'autres formes parentérales existent bien qu'elles soient moins utilisées que les trois précédentes. Chez les ruminants, les voies épidurale et intra-rachidiennes permettent la réalisation d'anesthésies. La voie intra-articulaire est utilisée dans le cas d'arthrite et la voie intradermique essentiellement dans la réalisation de la prophylaxie de la tuberculose. La voie intrapéritonéale est utilisée pour l'administration d'antibiotiques, notamment en postopératoire et est intéressante pour les médicaments irritants par voie SC ou IM (Puyt, 2009).

Enfin, il est également possible d'utiliser des implants, qui sont des préparations solides stériles de taille et de forme appropriées à l'implantation parentérale qui assurent la libération de la ou des substances actives sur une longue durée.

La voie intracardiaque et la voie intra-artérielle sont anecdotiques chez ces espèces.

2.2.3. Autres voies d'administration non parentérales

2.2.3.1 Voie cutanée et percutanée

La voie cutanée consiste en l'application directe du médicament sur la peau qui permet d'obtenir trois types d'effets :

- un effet local : les composants ne traversent pas la barrière cutanée et ont une action limitée à la région cutanée traitée (couche cornée et épiderme). Ainsi, pour traiter l'ensemble de la surface cutanée, il faudra appliquer le médicament sur la totalité du corps de l'animal. C'est le cas par exemple des antiseptiques cutanés ou des bains. Cet effet n'entraîne pas de formation de résidu et le risque d'intoxication est limité. Cependant la protection est parfois incomplète ;

- un effet de surface : le principe actif se répartit sur l'intégralité de la surface de la couche cornée sous l'effet d'un gradient de concentration. C'est le cas des traitements antiparasitaires sous forme de pour-on, collier ou boucle d'oreille ;

- un effet systémique : les propriétés physiques du principe actif lui permettent, après application sur une surface limitée, de traverser la peau et d'atteindre la circulation générale. C'est le cas des pour-on et spot-on à effet systémique, des patchs et des timbres cutanés. Cet effet permet une protection homogène de la totalité du corps, en revanche il y a un risque d'intoxication et la formation de nombreux résidus (Kubler, 2005).

Le passage systémique des médicaments après application par voie cutanée est modifié par de nombreux facteurs tels que l'espèce traitée, la région d'application (certaines zones sont plus perméables que d'autres), les phanères qui constituent un obstacle au contact entre le principe actif et la couche cornée, la microflore cutanée et les enzymes de biotransformation de la peau qui peuvent diminuer la biodisponibilité du principe actif, les conditions climatiques ou encore le choix des excipients et de la formulation (Kubler, 2005).

La voie cutanée présente de nombreux avantages : elle est simple et facile à mettre en œuvre, non traumatisante contrairement à la voie parentérale, les effets peuvent être ponctuels ou prolongés et elle permet d'éviter le premier passage hépatique. L'inconvénient principal est le risque de contamination du propriétaire et de l'environnement lors de l'application ; des réactions d'hypersensibilité peuvent également avoir lieu. De nombreuses formes pharmaceutiques sont donc disponibles (Perrot, 2019a) :

- des préparations solides : dispositifs transdermiques et patchs qui permettent une diffusion du principe actif dans la circulation générale après passage de la barrière cutanée ; colliers, boucles ou plaquettes auriculaires contenant des insecticides et acaricides libérés lentement en surface de la peau.

- des préparations semi-solides : elles permettent une libération locale ou transdermique du principe actif ou une action émollissante et protectrice. C'est le cas des pommades, crèmes, gels, pâtes, emplâtres médicamenteux ou encore des cataplasmes.

- des préparations liquides : elles permettent une application sur l'intégralité du corps de l'animal. Chez les ruminants, des préparations existent pour le lavage, le trempage et la pulvérisation mammaire contenant des désinfectants afin de protéger les trayons entre les traites et de limiter les contaminations par des agents pathogènes.

Par ailleurs, parmi les préparations liquides, deux formes très utilisées sont spécifiquement vétérinaires et ont constitué un progrès majeur dans les traitements antiparasitaires vétérinaires. Il s'agit des pour-on et des spot-on antiparasitaires qui permettent d'assurer la totalité du traitement en une seule application grâce à une durée d'action de plusieurs semaines (Malleme *et al.*, 2013).

Le pour-on est administré à un volume supérieur à 5 mL en suivant la ligne dorso-lombaire de la base du cou à la base de la queue. Le spot-on quant à lui est administré à un volume inférieur à 10 mL sur une zone cutanée limitée, en général un point de la tête ou du dos. Ils peuvent avoir un effet de surface et rester dans la couche cornée de la peau après l'application ou à l'inverse un effet systémique et se distribuer dans tout l'organisme. Cela dépendra des propriétés physiques du principe actif (Kubler, 2005).

Un avantage majeur de ces formulations est la facilité de traitement d'un grand nombre d'animaux avec peu de matériel. Cependant, le risque de contaminations environnementales, dû aux doses administrées qui sont plus importantes que celles administrées par voie parentérale, est conséquent et les léchages entre animaux conduisent à une administration orale pouvant être à l'origine de défauts d'efficacité (Alvinerie *et al.*, 2021).

2.2.3.2 Voies transmuqueuses

Les voies auriculaires et pulmonaires n'étant pas utilisées en animaux de production, nous ne les détaillerons pas dans cette partie.

2.2.3.2.1 Voie intra-mammaire

La voie intra-mammaire est destinée aux ruminants. Elle est utilisée afin d'obtenir une action locale au sein du pis associé au trayon dans lequel le médicament est administré. Cependant, le principe actif peut également passer dans le reste de la mamelle ou dans la circulation générale (Kubler, 2005).

En général, on la trouve sous forme de gels ou de pommades conditionnés dans des seringues en plastique, ce qui permet une administration directe dans le canal galactophore d'antibiotiques principalement (ANSES, 2022).

En France, on peut également trouver d'autres formes telles que des mèches non résorbables qui doivent être retirées ; des obturateurs internes des trayons (OrbeSeal® développé par le laboratoire Pfizer) : médicament intra-mammaire non antibiotique destiné à la prévention des nouvelles infections intra-mammaires pendant le tarissement. Il s'administre dans les trayons des vaches saines après la dernière traite et obture ainsi le canal et la citerne du trayon (Kubler, 2005).

2.2.3.2.2 Voies vaginale et intra-utérine

Tout comme la voie intra-mammaire, la voie vaginale est essentiellement utilisée chez les animaux de rente pour obtenir un effet local du fait de la faible perméabilité de la muqueuse vaginale (Kubler, 2005).

Plusieurs formes pharmaceutiques sont disponibles :

- oblet : comprimé utilisable par voie vaginale ;
- ovule : gélule molle de forme sphérique contenant du glycérol ;
- solutions, émulsions et suspensions vaginales : préparations liquides administrables par voie vaginale, en général contenant des antibiotiques (ANSES, 2022) ;

- spirales (chez les bovins) et éponges vaginales (chez les ovins) : ces formes vétérinaires sont destinées à la synchronisation des chaleurs, elles contiennent de la progestérone ou un dérivé qui permet d'éliminer les corps jaunes et d'initier de nouveaux cycles ;

- autres formes : pommades, crèmes ou gels vaginaux, mousses et tampons vaginaux (Kubler, 2005; Perrot, 2019a).

La voie intra-utérine est également utilisée pour le traitement des infections post-partum telles que les métrites ou les non délivrances. On dispose pour cela d'oblets et de suspensions (ANSES, 2022).

2.2.3.2.3 Voie nasale

Les préparations nasales sont destinées à l'administration dans les cavités nasales en vue d'une action locale ou systémique. Elles sont sous de nombreuses formes pharmaceutiques (préparations liquides pour pulvérisation, bâtons, solutions pour lavage nasal, inhalation) (Perrot, 2019a), mais chez les bovins, la voie nasale est uniquement utilisée pour la réalisation de vaccins (ANSES, 2022).

2.2.3.2.4 Voie oculaire

Les préparations ophtalmiques sont destinées à être appliquées sur le globe oculaire et /ou les conjonctives ou à être introduites dans le sac conjonctival : collyres, gels ophtalmiques, pommades et solutions pour bain d'œil. Celles-ci doivent être parfaitement contrôlées et stériles en raison de la fragilité et de la sensibilité de la muqueuse oculaire (Kubler, 2005; Perrot, 2019a).

Aucune de ces formes ne dispose d'une AMM pour les ruminants (ANSES, 2022), cependant dans le cadre de la Kérato-Conjonctivite Infectieuse Bovine (KCIB) des pommades ophtalmiques ou intra-mammaires peuvent être appliquées par voie locale ou des injections sous-conjonctivales d'antibiotiques et d'anti-inflammatoires peuvent être réalisées.

Bilan :

- La pharmacie galénique correspond à la mise en forme du médicament de manière la plus adaptée à la maladie et à l'espèce traitée. De nombreuses formes sont disponibles en médecine vétérinaire et les avancées ont permis d'assurer leur efficacité et leur sécurité.
- La voie orale est celle qui comporte le plus de spécialités vétérinaires. L'absorption se fait au niveau de l'intestin puis le foie et enfin le médicament atteint son site d'action. Cette voie est facilement réalisable et elle permet de traiter un grand nombre d'individus en même temps.

Une forme particulière de la voie orale est destinée aux ruminants : le bolus, qui permet une libération prolongée du principe actif (en général anti-parasitaire ou oligo-éléments et vitamines) dans le rumen.

- La voie parentérale correspond à la voie injectable. Les trois principales voies sont les voies IV, IM et SC qui permettent une mise en contact rapide du médicament avec le sang ou le liquide interstitiel. La voie IV permet les traitements d'urgence par mise en contact directe avec le sang et donc une action quasi immédiate après l'administration. Les voies IM et SC sont plus lentes à agir mais présentent également un intérêt dans les traitements.

La voie parentérale est très facile à mettre en œuvre donc très régulièrement utilisée notamment en animaux de production où elle permet la réalisation de traitements anti-infectieux, anti-inflammatoires et vaccins, de grands volumes de perfusions mais aussi des anesthésies et euthanasies.

- La voie cutanée consiste en une application directe du médicament sur la peau, qui peut alors soit agir localement soit diffuser et avoir un effet systémique. Cette voie est très facile à mettre en œuvre et non traumatisante et permet également le traitement d'un grand nombre d'animaux.

Deux formes sont spécifiquement vétérinaires et particulièrement utilisées en animaux de production. Il s'agit des spot-on et des pour-on utilisés pour des traitements anti-parasitaires longue durée. Administrés directement sur la peau, ils peuvent avoir un effet local ou systémique selon les propriétés physiques du principe actif utilisé. L'inconvénient majeur de ce type de traitement est le risque de contamination de l'environnement et l'absorption orale par léchage entre les animaux.

- Deux formes de la voie transmuqueuse sont très utilisées en animaux de production : la voie intra-mammaire pour les ruminants qui permet une action locale au sein du pis et les voies vaginale et intra-utérine qui permettent également un effet local intéressant dans les traitements antibiotiques mais aussi pour la gestion de la reproduction.
- D'autres voies sont plus anecdotiques chez les animaux de production comme les voies nasales et oculaires.

2.3. Notion de résidus médicamenteux

2.3.1. Définition réglementaire des résidus médicamenteux

Une première définition du terme « résidus » était codifiée par le Règlement (CEE) n° 2377/90. Dans ce texte, les résidus de médicaments vétérinaires sont définis comme étant « toutes les substances pharmacologiquement actives, qu'il s'agisse de principes actifs, d'excipients ou de produits de dégradation, ainsi que leurs métabolites restant dans des denrées alimentaires obtenues à partir d'animaux auxquels le médicament vétérinaire en question a été administré » (Conseil de l'Union Européenne, 1990).

Le règlement (CE) n°470/2009 modifie légèrement cette définition en la complétant : les résidus de substances pharmacologiquement actives sont définis comme « toutes les substances pharmacologiquement actives, exprimées en mg/kg ou µg/kg sur la base du poids frais, qu'il s'agisse de substances actives, d'excipients ou de produits de dégradation, ainsi que leurs métabolites restant dans les aliments produits à partir d'animaux » (Parlement européen, 2009).

Tous les traitements médicamenteux ne sont pas à l'origine de résidus dans les viandes. Leur présence dans les muscles et/ou certains tissus de l'animal dépend des caractéristiques pharmacocinétiques du médicament administré ainsi que de sa voie d'administration. Comme nous l'avons vu précédemment, les biotransformations sont un phénomène majeur dans le processus de formation des résidus : elles conditionnent la persistance des substances

médicamenteuses dans l'organisme des animaux traités et dans les denrées qui en sont issues, la nature des résidus et leurs propriétés pharmacologiques et toxicologiques. Ainsi, seule une fraction des résidus présents dans les tissus des animaux est identique à la molécule originelle, l'autre fraction correspondant à divers métabolites de cette molécule (Stoltz, 2008).

La présence de ces résidus dans les denrées alimentaires peut donc présenter un risque pour la santé des consommateurs. Afin de les protéger, plusieurs concepts ont été développés : les Limites Maximales de Résidus (LMR) et les Temps d'Attente (TA).

2.3.2. Limites maximales de résidus et temps d'attente

Les limites maximales de résidus sont définies par le Règlement (CEE) n° 2377/90 comme : « la teneur maximale en résidus, résultant de l'utilisation d'un médicament vétérinaire (exprimée en mg/kg ou en µg/kg sur la base du poids frais), que la Communauté peut accepter comme légalement autorisée ou qui est reconnue comme acceptable dans ou sur des denrées alimentaires » (Conseil de l'Union Européenne, 1990).

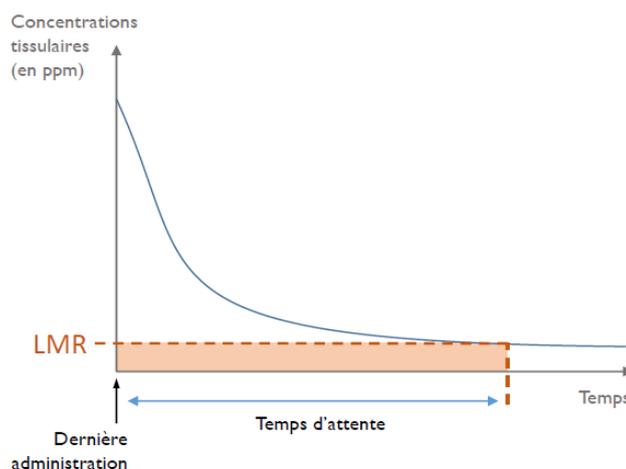
Ces LMR sont fixées par décision de la Commission européenne basée sur un avis scientifique rendu par l'Agence européenne du médicament en tenant compte de la toxicité de la substance et de l'exposition possible du consommateur de denrées. Afin d'éviter que les consommateurs ingèrent une quantité de substance supérieure à la Dose Journalière Acceptable (DJA : dose qu'un humain peut consommer tous les jours de sa vie sans développer aucun effet lié à l'exposition au médicament), si celle-ci est supérieure aux seuils acceptables fixés (LMR), la commercialisation de la denrée n'est pas autorisée (Perrot, 2019b).

Le tableau 1 du Règlement (UE) n°37/2010 fixe les LMR pour chaque substance, en fonction de l'espèce, de la denrée et éventuellement de la voie d'administration. Le tableau 2 de ce même règlement liste les substances interdites. Ainsi est interdite l'administration à des animaux destinés à la production d'aliments, de tout médicament vétérinaire contenant des substances pharmacologiquement actives qui ne figurent pas dans le tableau 1 de l'annexe du Règlement (UE) n°37/2010 ou qui figurent dans le tableau 2 des substances interdites du Règlement (UE) n°37/2010 (Commission européenne, 2009).

Afin de ne pas dépasser les LMR, on applique des temps d'attente (TA) dont la définition est donnée par la Directive 2001/82/CE : « période nécessaire entre la dernière administration du médicament vétérinaire à l'animal dans les conditions normales d'emploi et l'obtention des denrées alimentaires provenant de cet animal, afin de garantir qu'elles ne contiennent pas de résidus en quantités supérieures aux limites maximales établies en application du règlement (CEE) n°2377/90 » (Parlement européen et Conseil de l'Union Européenne, 2001).

Les TA sont définis dans les AMM et correspondent à la durée au bout de laquelle 95 % des animaux ont une concentration tissulaire inférieure à la LMR (figure 15) (Perrot, 2019b).

Figure 15 : Méthode de détermination des temps d'attente à partir d'une limite maximale de résidus (LMR) (Perrot, 2019b)



Les TA sont calculés dans des conditions précises (celles définies dans les AMM). Dès lors que l'on change d'indication, d'espèce, de posologie, de voie d'administration, le TA ne s'applique plus. Le décompte du TA débute après la dernière administration du médicament (Perrot, 2019b).

Bilan :

- Les résidus médicamenteux sont définis par le règlement (CE) n°470/2009 comme « toutes les substances pharmacologiquement actives, exprimées en mg/kg ou µg/kg sur la base du poids frais, qu'il s'agisse de substances actives, d'excipients ou de produits de dégradation, ainsi que leurs métabolites restant dans les aliments produits à partir d'animaux ».

La présence de résidus dans les muscles et/ou les tissus dépend des caractéristiques pharmacocinétiques du médicament ainsi que de sa voie d'administration. Parmi les caractéristiques pharmacocinétiques, les biotransformations sont celles qui conditionnent le plus la formation de résidus, leur persistance et leurs propriétés pharmacologiques et toxiques.

- Afin de protéger les consommateurs des limites maximales de résidus ont été mises en place, elles correspondent à « la teneur maximale en résidus, résultant de l'utilisation d'un médicament vétérinaire (exprimée en mg/kg ou en µg/kg sur la base du poids frais), que la Communauté peut accepter comme légalement autorisée ou qui est reconnue comme acceptable dans ou sur des denrées alimentaires » (Règlement (CEE) n° 2377/90). Elles prennent en compte la toxicité de la substance et l'exposition possible du consommateur de denrées et chaque substance mise en vente dispose d'une LMR fixée par la Commission européenne.

- Pour ne pas dépasser les LMR, des temps d'attente sont fixés, ils sont définis par la Directive 2001/82/CE : « période nécessaire entre la dernière administration du médicament vétérinaire à l'animal dans les conditions normales d'emploi et l'obtention des denrées alimentaires provenant de cet animal, afin de garantir qu'elles ne contiennent pas de résidus en quantités supérieures aux limites maximales établies en application du règlement (CEE) n°2377/90 ». En pratique, cela correspond à la durée au bout de laquelle 95 % des individus ont une concentration tissulaire inférieure à la LMR.
- Dans le cadre de la santé humaine, les LMR et les TA sont correctement gérés par les vétérinaires et les éleveurs. Cependant, ces concepts sont définis par rapport à une consommation humaine. Les conséquences pour les charognards, et notamment les vautours, sont beaucoup moins bien maîtrisées. Ainsi, la mise à disposition des carcasses pour les vautours, sans tenir compte des TA fixés (par exemple si l'animal meurt avant la fin du TA viande) pourrait les exposer à des teneurs en résidus supérieures aux LMR et donc à une toxicité de ces substances.
- Le risque d'exposition des vautours dépendra également des tissus qu'ils consomment : ainsi les Vautours fauves seront les plus à risque du fait qu'ils consomment les viscères (dont le foie et les reins, où s'accumulent énormément de résidus), les Vautours moines seront moins exposés, le risque majeur pour eux étant les médicaments s'accumulant essentiellement dans les muscles.

3. La problématique des résidus médicamenteux chez les vautours

La consommation de carcasses issues de l'élevage peut entraîner une exposition à des résidus médicamenteux si ceux-ci ne sont pas correctement gérés. Les risques pour les vautours peuvent être nombreux et causer un déclin des populations comme cela fut le cas en Inde (Prakash *et al.*, 2003). Nous étudierons donc dans cette partie les dangers liés aux résidus des principales familles de médicaments utilisées en élevages (antibiotiques, anti-inflammatoires, euthanasiants et anti-parasitaires) à partir de l'historique de cas d'intoxication ou d'exposition rapportés à travers le monde chez les vautours.

3.1. Dangers liés aux résidus d'antibiotiques

Les antibiotiques sont utilisés en élevage pour le traitement et/ou la prévention de diverses maladies. Des résidus peuvent persister chez les individus après leur administration. Dans le cas où les animaux meurent après le traitement et où les carcasses sont laissées à disposition des charognards, il pourrait alors exister un risque d'exposition aux antibiotiques pour ces populations sauvages, avec des conséquences sur leur santé.

3.1.1. Mise en évidence de l'exposition des vautours aux antibiotiques et aux résidus d'antibiotiques

En 2013, afin de déterminer si des résidus d'antibiotiques sont présents dans les populations espagnoles de Vautours fauves (*Gyps fulvus*) nourris avec des carcasses domestiques, huit

antibiotiques ont été dosés dans leur circulation sanguine : l'oxytétracycline, la tétracycline, la chlortétracycline, le triméthoprime, la sulfadiazine, l'érythromycine, l'enrofloxacin et l'acide nalidixique. Des résidus de l'ensemble de ces huit antibiotiques ont pu être détectés dans le plasma sanguin de la population étudiée, à des fréquences variables selon les composés. Trois d'entre eux étaient présents chez la majorité des individus testés et présentaient des concentrations plus élevées que les autres dans le sang : l'oxytétracycline, l'acide nalidixique ainsi que l'érythromycine. La détection de ces résidus antibiotiques dans la circulation sanguine met en évidence l'existence d'une exposition récente à ces composés au sein de la population étudiée, sans exclure également la possibilité d'une exposition chronique (García-Fernández *et al.*, 2013).

D'autres scientifiques se sont intéressés à l'exposition des vautours aux fluoroquinolones. Les fluoroquinolones sont des antibiotiques large spectre actifs sur les bactéries Gram-négatives, quelques Gram-positives ainsi que sur des mycoplasmes et sur *Pseudomonas aeruginosa*, elles ont donc largement été utilisées dans le traitement des affections chez les carnivores domestiques et dans une moindre mesure chez les animaux de rente. En raison d'un fort risque de développement de résistances, elles sont aujourd'hui classées comme « antibiotique critique » depuis 2013 en France (ANSM, 2013).

Blanco *et al.* (2016) ont évalué la présence et la concentration de résidus de fluoroquinolones dans le plasma de 25 oisillons de Vautours fauves dans le centre de l'Espagne, dont les parents s'alimentent sur des carcasses d'animaux de production. Les analyses ont mis en évidence la présence de résidus de trois fluoroquinolones chez 92 % des oisillons : marbofloxacin à des concentrations importantes en majorité, enrofloxacin et ciprofloxacin. Dans l'un des échantillons, une bêta-lactamine, la nafcilline, a également été mise en évidence, suggérant une circulation de cette famille et peut-être d'autres antibiotiques non ciblés dans l'étude chez les vautours. La ciprofloxacin n'étant pas autorisée en médecine vétérinaire, les auteurs suggèrent qu'elle est soit utilisée illégalement chez le bétail, soit une résultante de la métabolisation de l'enrofloxacin chez le bétail avant la mort ou chez les vautours eux-mêmes. Cette dernière hypothèse semble la plus probable en raison de la proximité des structures chimiques de l'enrofloxacin et de la ciprofloxacin (un groupement éthyle en plus sur l'enrofloxacin).

Afin de montrer que l'exposition des vautours aux fluoroquinolones provient de la consommation de carcasses sans contrôle des médicaments vétérinaires qu'elles peuvent contenir, la présence de fluoroquinolones dans le plasma de Vautours fauves a été comparée entre deux régions d'étude en Espagne : la région de Navarre, où des stations de ravitaillement sont mises à disposition pour les vautours et régulièrement alimentées avec des carcasses provenant des fermes alentours sans contrôle concernant les résidus médicamenteux ; et la Catalogne, où les stations d'alimentation sont moins nombreuses, donc les ressources alimentaires sont plus aléatoires, et fournies par le pâturage extensif et le dépôt de carcasses de porcs provenant des abattoirs alentours, donc soumis à des délais d'attente et à des contrôles des résidus. Le sang de 106 Vautours fauves a ainsi été prélevé dans les deux régions et des résidus de fluoroquinolones ont été mis en évidence dans 65 % des cas parmi lesquels 15 % présentaient des résidus d'enrofloxacin et 5 % des résidus de ciprofloxacin. Concernant la différence entre les deux régions, les concentrations et les niveaux de quantification en enrofloxacin étaient plus élevés dans la région de Navarre qu'en Catalogne mais il n'y avait pas de différence entre les deux régions concernant les concentrations en ciprofloxacin. Ainsi, cette étude met en évidence que les vautours ont accès à du bétail médicamenté et que des antibiotiques circulent dans leur

plasma, avec un risque d'effets directs sur leur santé mais aussi possiblement de développement de résistances au niveau de leur flore bactérienne d'autant plus important dans les régions d'élevage intensif (Casas-Díaz *et al.*, 2016).

Les effets d'une contamination à court et à long terme par les antibiotiques chez les vautours peuvent être variés : risque d'altération du microbiote, troubles gastro-intestinaux, prolifération d'agents pathogènes (bactéries, champignons) ou encore réactions d'hypersensibilité (Blanco *et al.*, 2016) et doivent donc être étudiés.

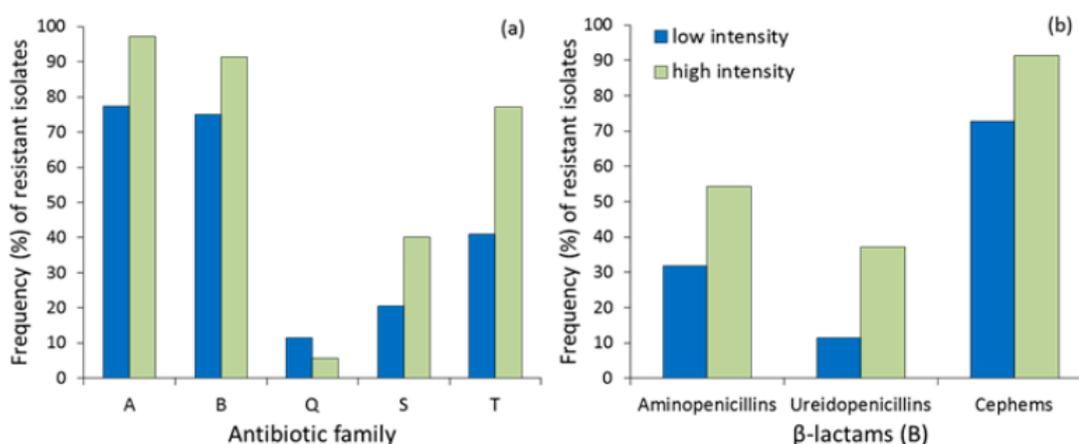
3.1.2. Apparition d'antibiorésistances dans des populations de charognards et de rapaces

L'utilisation des antibiotiques en santé animale suite à leur mise sur le marché a généré petit à petit le développement de résistances bactériennes qui sont de plus en plus préoccupantes avec l'apparition de bactéries aujourd'hui multirésistantes. Les vautours ne font sûrement pas exception et il est probable que des résistances apparaissent dans les populations sauvages. En effet, l'approvisionnement en carcasses d'animaux médicamenteux dans des élevages intensifs peut entraîner un préjudice en raison de l'ingestion potentielle de résidus médicamenteux et d'agents pathogènes multirésistants (Cortés-Avizanda *et al.*, 2016).

Contrairement à la majorité des espèces sauvages qui se trouvent exposées aux bactéries résistantes issues des activités polluantes pour l'environnement, les charognards et les rapaces peuvent eux être exposés directement en ingérant des antibiotiques actifs contenus dans les carcasses de bétail (Blanco *et al.*, 2016, 2017a, 2017b).

Il a été démontré que l'intensification des productions animales (donc de l'usage des antibiotiques) est associée à une hausse des multirésistances bactériennes dans les populations sauvages d'un rapace, le Milan royal (*Milvus milvus*). À cette fin, les profils de résistance de vingt antibiotiques ont été déterminés chez des bactéries intestinales (*Escherichia coli*) issues d'excréments de Milans royaux prélevés dans deux zones distinctes : une zone de production intensive d'animaux de rente et une zone de troupeaux de moutons rares (élevage extensif traditionnel). Les résultats obtenus apparaissent dans la figure 16 ci-dessous. Les résistances apparaissent plus fréquentes dans les zones où l'élevage est intensif, cela concerne tout particulièrement les aminosides et les tétracyclines, il n'y a en revanche pas de différence significative entre les deux régions concernant les résistances aux sulfamides et aux quinolones. Des résistances à plusieurs antibiotiques ont également été mises en évidence de façon plus importante dans les zones d'élevage intensif. Les combinaisons les plus fréquentes étaient des résistances simultanées aux aminosides et bêta-lactamines dans la zone d'élevage extensif, et une triple résistance aux aminosides, bêta-lactamines et tétracyclines. Une quadruple résistance à ces dernières ainsi qu'aux sulfamides a également été démontrée dans la zone d'élevage intensif. Le lien entre l'apparition des résistances et le temps écoulé depuis le début de mise en vente de chaque antibiotique a également été testé. Il est apparu que dans la zone d'élevage intensif, plus le temps écoulé était long, plus les valeurs de résistances étaient élevées (Blanco et Bautista, 2020).

Figure 16 : Fréquence d'*E. coli* résistantes isolées pour chaque famille d'antibiotique dans le centre de l'Espagne (Blanco et Bautista, 2020)



■ : zone d'élevage extensif
 ■ : zone d'élevage intensif

A aminosides ; B bêta-lactamines ; Q quinolones ; S sulfamides ; T tétracyclines

Une autre étude a été menée dans le centre de l'Espagne afin d'évaluer la présence de sérotypes de *Salmonella* et leur résistance aux antibiotiques chez une population de Milans royaux. En règle générale, la faune sauvage est infectée par cette bactérie zoonotique par la consommation d'eau ou d'aliments contaminés ; les individus peuvent alors devenir porteurs asymptomatiques à long terme avec des effets sur la santé et un risque de mortalité selon les espèces et sérotypes impliqués mais aussi selon la densité de population et le régime alimentaire de l'hôte.

Des prélèvements de 36 échantillons frais de déjections de Milans royaux, nourris avec des proies sauvages mais aussi des carcasses de bétail provenant d'exploitations dédiées à l'engraissement des porcs de façon intensive, ont été réalisés puis mis en culture pour ensuite permettre un sérotypage et une évaluation de la résistance aux antibiotiques des salmonelles isolées. Dans trois des échantillons (soit 8,3 %) des salmonelles ont été identifiées, il s'agissait à chaque fois de *Salmonella enterica enterica* sérovar Typhimurium monophasique variant monophasique 4, [5],12:i:-. Cette estimation est considérée comme minimale du fait de l'excrétion intermittente de la bactérie dans les excréments et d'une sensibilité limitée des méthodes de détection. Sur les vingt-quatre antimicrobiens testés, les isolats prélevés étaient résistants à la moitié d'entre eux (respectivement 54 %, 45,8 % et 50 %). L'ensemble des isolats s'est avéré résistants à la streptomycine, à la pénicilline G, à l'amoxicilline, à l'ampicilline, à la pipéracilline ainsi qu'à tous les tétracyclines et macrolides testés, mais ils étaient sensibles à la gentamicine, à la kanamycine, à la ceftazidime, à l'imipénème et à toutes les quinolones testées. Ainsi, les carcasses de porcs semblent pouvoir être une source d'infection par des sérovares multirésistants chez les charognards, des infections croisées pourraient également avoir lieu entre les individus se nourrissant sur une même aire d'alimentation, incluant les vautours (Blanco, 2015).

Les effets d'une exposition chronique à faible dose aux antibiotiques sur la résistance bactérienne au sein des populations de charognards aviaires ne sont pour le moment pas encore connus. Par ailleurs, il n'y a pas non plus à ce jour de recherche concernant les interactions

possibles entre la disponibilité de la nourriture, les qualités nutritionnelles des carcasses et leur teneur en médicaments vétérinaires, et la façon dont ceux-ci vont influencer les taux de mortalité et la santé des vautours (Cortés-Avizanda *et al.*, 2016).

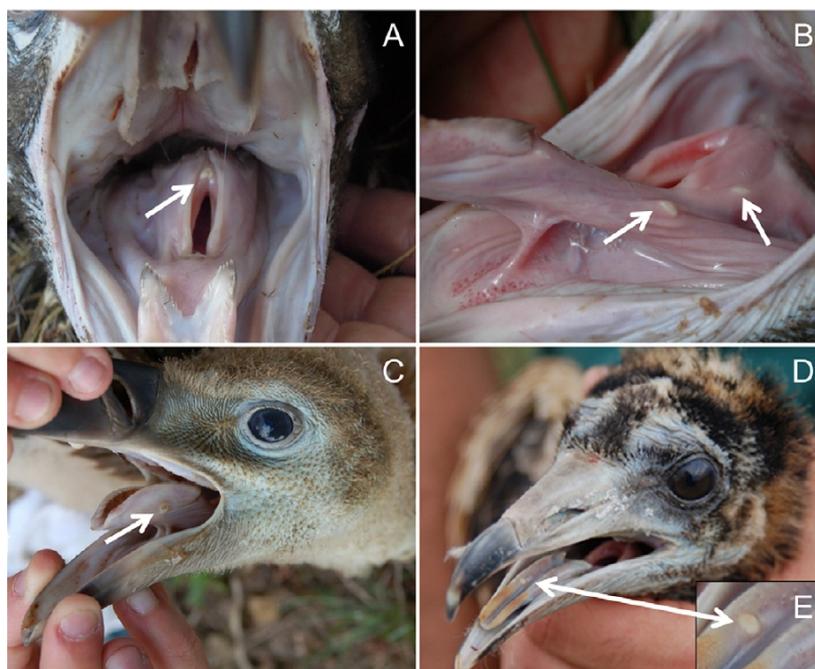
3.1.3. Prédilection au développement de mycoses chez les vautours

Chez l'homme, plusieurs études ont montré que l'utilisation des antibiotiques pouvait prédisposer au développement de mycoses opportunistes suite à une baisse des capacités du système immunitaire à lutter contre les infections due à des perturbations du microbiote intestinal ; les lésions peuvent être superficielles mais chez des patients gravement malades le champignon est capable de passer dans la circulation sanguine et de provoquer une infection disséminée (Levy, 2000; Lin *et al.*, 2005; MacCallum, 2010; Keeney *et al.*, 2014). L'usage prolongé des antibiotiques chez les oiseaux élevés en captivité est déjà considéré comme responsable de leur plus grande sensibilité à la candidose par rapport aux oiseaux sauvages (Caliendo et Bull, 2011). Chez les vautours, le risque de développement de mycose à *Candida* associé à l'exposition à des antibiotiques large spectre pourrait donc également être présent.

Chez les oiseaux, les principales manifestations cliniques des infections fongiques opportunistes comprennent des nodules laiteux circulaires et ulcératifs et des zones en forme de plaque qui forment souvent des grappes dans les zones supérieures du tube digestif comme visible sur la figure 17 ci-dessous. On observe également de la dysphagie, des régurgitations ou des vomissements, un retard de croissance, une dépression, une émaciation et de l'anorexie.

Les mycoses opportunistes peuvent donc avoir un impact majeur sur les populations en favorisant une émaciation et une déshydratation suite à la douleur engendrée lors de la déglutition des aliments puis des difficultés à s'alimenter pouvant aboutir à la mort (Pitarch *et al.*, 2017).

Figure 17 : Exemples de lésions dans la cavité buccale lors d'infection par les levures de type *Candida* chez un Vautour moine (A et B), un Vautour fauve (C) et un Vautour percnoptère (D et E) (Pitarch *et al.*, 2017)

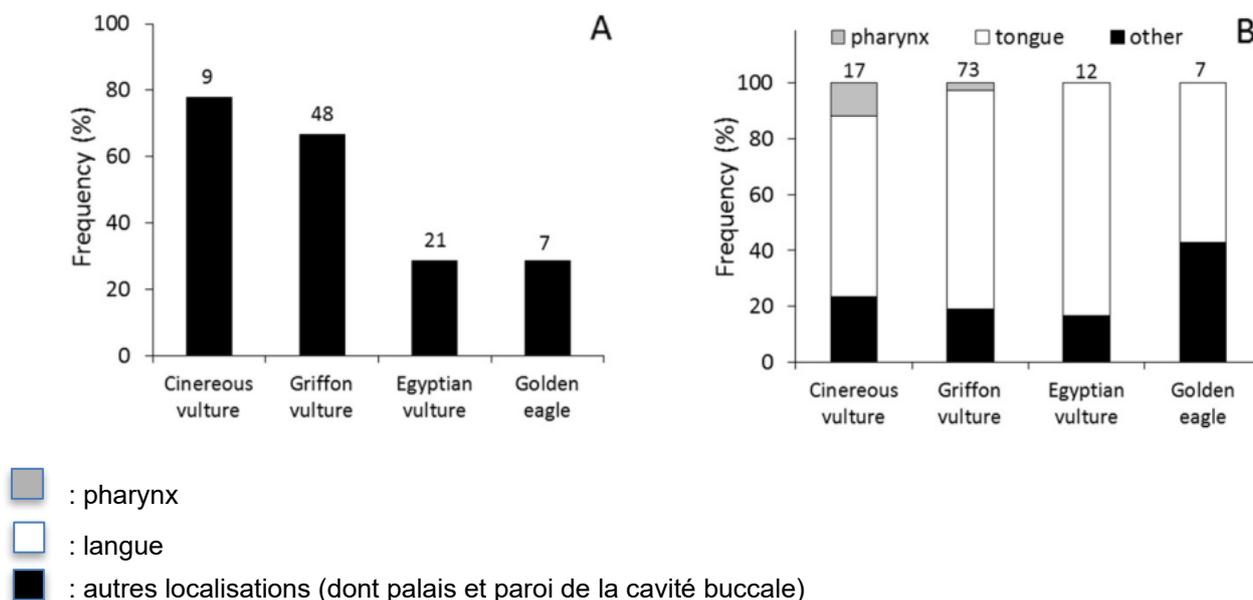


En 2015, une étude menée dans le centre de l'Espagne a mis en évidence la présence de lésions causées par des levures du type *Candida* dans la cavité buccale de Vautours fauves avec une prévalence et un nombre de lésions de candidose plus élevés chez les oisillons que chez les vautours adultes (López-Rull *et al.*, 2015). La zone d'étude correspondait à une zone où la plupart des oisillons de cette espèce présentaient des résidus circulants de fluoroquinolones (Blanco *et al.*, 2016). Les auteurs ont donc supposé l'existence d'un lien entre exposition aux fluoroquinolones et développement d'une candidose.

Les signes cliniques associés à l'exposition aux antibiotiques ont été étudiés chez deux espèces de vautours : les Vautours moines (*Aegypius monachus*) et les Vautours percnoptères (*Neophron percnopterus*). Les auteurs ont comparé les concentrations sanguines en fluoroquinolones et la présence de lésions buccales de type *Candida* chez les oisillons de ces espèces. Les concentrations en fluoroquinolones étaient plus élevées chez les Vautours moines que chez les percnoptères, ce qui était cohérent avec le fait que les Vautours moines dépendent beaucoup plus des carcasses de bétail que les percnoptères et que les os sont probablement moins contaminés par les antibiotiques. Cependant, aucune différence significative n'était notée entre les deux espèces en ce qui concerne les lésions de candidose. Ces résultats suggèrent que la concentration en fluoroquinolones ne serait pas associée aux lésions, néanmoins les auteurs n'excluent pas la possibilité que les antibiotiques, en éliminant certaines bactéries du tube digestif des vautours, pourraient être impliqués dans l'acquisition et la prolifération de levures opportunistes causant une candidose invasive par la suite (Blanco *et al.*, 2017a).

L'incidence des lésions de type muguet (candidose) a été évaluée chez des populations de Vautours moines, fauves et percnoptères ainsi que des Aigles royaux (*Aquila chrysaetos*) nourris avec des carcasses de bétail traité avec des antibiotiques vétérinaires peu de temps avant leur mort. Un suivi des populations a été effectué durant la saison de reproduction 2013-2014 dans le centre de l'Espagne (région de Castille), région où l'on trouve l'une des plus fortes concentrations en élevages intensifs de porcs du pays, et la présence de lésions compatibles avec une infection fongique dans la cavité buccale des oisillons a été notée. Le nombre de lésions et leur emplacement dans la cavité buccale ont été relevés et sont présentés dans la figure 18 ci-dessous. Les oisillons des quatre espèces présentaient des lésions compatibles avec une candidose, la proportion d'individus atteints était plus importante chez les Vautours moines et fauves. Dans 40 % des cas, les lésions avaient une localisation unique, dans la majorité des cas la langue, dans 12,8 % des cas elles étaient sur deux localisations et dans un unique cas touchant un Vautour fauve les lésions concernaient l'ensemble de la cavité buccale. L'isolement de levures des lésions des oisillons a mis en évidence la présence de quatorze espèces de levures appartenant à sept genres différents : *Candida*, *Meyerozyma*, *Pichia*, *Yarrowia*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula* et *Trichosporon* (Pitarch *et al.*, 2017).

Figure 18 : Fréquence des lésions de type *Candida* (A) et localisation associée (B) chez quatre espèces de rapaces (Vautour moine, Vautour fauve, Vautour percnoptère et Aigle royal) (Pitarch *et al.*, 2017)



Cette étude indique donc qu'une forte proportion de vautours présente des lésions ressemblant à du muguet dans la cavité buccale. Cette fréquence élevée de lésions dans le centre de l'Espagne a déjà été associée à l'exposition chronique due à la consommation de carcasses d'animaux précédemment médicamenteux (Blanco *et al.*, 2016, 2017a, 2017b).

Une autre étude plus récente vient confirmer le lien entre l'exposition aux antibiotiques et le développement de lésions de candidose. Le régime alimentaire et les signes de lésions des muqueuses buccales dues à des infections mixtes bactériennes et fongiques ont été évalués chez les oisillons de trois espèces de vautours : moine, fauve et percnoptère. Deux régions d'Espagne ont été étudiées : centre de l'Espagne où se trouvent de nombreuses zones d'élevages intensifs (fermes industrielles) et sud et nord de l'Espagne où les zones d'élevages sont plus extensives. Dans la zone du centre de l'Espagne, une forte proportion des oisillons des trois espèces présentait des lésions buccales de candidose (75 % des moines, 61 % des fauves et 46 % des percnoptères), en revanche dans les zones d'élevage extensif les proportions de lésions étaient beaucoup plus faibles (38,5 % des moines, 7% des fauves et 6 % des percnoptères). Les élevages intensifs utilisant de façon beaucoup plus fréquente les antibiotiques (en métaphylaxie et en curatif) contrairement aux élevages extensifs où leur usage est beaucoup plus irrégulier, cette étude met donc en évidence une corrélation positive potentielle entre la proportion d'oisillons présentant des lésions liées à *Candida* et l'ingestion d'antibiotiques via l'alimentation entraînant une exposition chronique à ces produits pharmaceutiques (Blanco *et al.*, 2019).

Ainsi, les populations de vautours européennes sont exposées à des résidus d'antibiotiques, non sans conséquences sur leur survie. Le risque de développement de résistances et d'infections secondaires ne peut être ignoré et des programmes de surveillance des effets directs et indirects des pratiques d'élevage sur les vautours sont nécessaires.

Les antibiotiques ne sont pas les seuls traitements vétérinaires à causer des dommages aux populations de vautours. D'autres traitements couramment utilisés ont entraîné des déclin de populations à travers le monde.

Bilan :

- Plusieurs études ont mis en évidence la présence de résidus d'antibiotiques dans la circulation sanguine des vautours, dont des antibiotiques critiques (fluoroquinolones notamment).
- L'accès aux antibiotiques se fait par la consommation de carcasses traitées peu de temps avant la mort de l'animal et l'ingestion d'antibiotiques encore actifs.
- Les charognards sont exposés à des bactéries résistantes aux antibiotiques lorsqu'ils se nourrissent sur des aires d'alimentation approvisionnées par du bétail provenant d'élevages intensifs.
- Les antibiotiques entraînent un plus grand risque de développement de mycoses à *Candida* chez les vautours. Les symptômes sont des nodules laiteux circulaires et ulcératifs dans les zones supérieures du tube digestif à l'origine de dysphagie, régurgitations, vomissements, retards de croissance, dépression, émaciation et anorexie liés à la douleur engendrée lors de la déglutition.

3.2. Dangers liés aux résidus d'anti-inflammatoires

Les anti-inflammatoires sont des molécules diversifiées présentant des propriétés communes. Ils sont utilisés pour leurs effets anti-inflammatoire mais aussi analgésique et antipyrétique. Chez les patients à qui ils sont administrés, ils peuvent provoquer des effets secondaires indésirables assez importants : troubles digestifs, immunodépression, troubles musculo-squelettiques, néphrotoxicité. La présence de résidus dans l'alimentation des vautours pourrait donc générer aussi des effets secondaires non négligeables.

3.2.1. Une crise sans précédent liée au diclofénac dans les années 1990 en Inde

Dans les années 1990, l'Inde connaît un déclin important parmi trois populations de vautours endémiques d'Asie du Sud : le Vautour chaugoun (*Gyps bengalensis*), le Vautour indien (*Gyps indicus*) et le Vautour à long bec (*Gyps tenuirostris*). En dix ans, près de 95 % des effectifs de ces espèces disparaissent, conduisant à leur inscription en « danger critique d'extinction » sur la Liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN, 2022). Des oiseaux malades ou morts étaient fréquemment observés dans la région, ce qui a conduit les scientifiques à suspecter l'apparition d'un nouvel agent pathogène dans la population (Prakash *et al.*, 2003). Les études mettent en évidence une mortalité secondaire à une insuffisance rénale et à des lésions de goutte viscérale (Gilbert *et al.*, 2002).

Oaks *et al.* (2004) sont les premiers à établir un lien entre l'utilisation du diclofénac et les lésions d'insuffisance rénale et de goutte observées chez les vautours au Pakistan. Constatant que la source principale d'alimentation des Vautours chaugouns était le bétail domestique mort, ils

ont supposé que l'insuffisance rénale était due à une exposition à des résidus médicamenteux. Ils ont donc mené une enquête auprès de vétérinaires et pharmaciens afin d'identifier les médicaments qui pouvaient être connus pour être à la fois toxiques pour les reins et absorbés par voie orale. Le seul médicament qui répondait à ces deux critères était le diclofénac, un anti-inflammatoire non stéroïdien (AINS) vendu sans ordonnance dans le pays.

Pour confirmer leur hypothèse, ils ont collecté 259 vautours morts entre 2000 et 2002 et mis en évidence des lésions de goutte chez 85 % d'entre eux. L'analyse des reins de ces animaux a confirmé une corrélation positive à 100 % entre les lésions de goutte et la présence de diclofénac dans les reins. Par ailleurs, leur analyse a également montré qu'un dixième de la dose recommandée pour les mammifères pouvait suffire à causer une insuffisance rénale chez des vautours ayant consommé une carcasse de bétail traité juste avant sa mort. La dose toxique pour le Vautour chaugoun est estimée à 0,098-0,225 mg/kg (Swan *et al.*, 2006a).

Une autre étude menée au Népal et en Inde vient confirmer les résultats de Oaks *et al.* (2004). Parmi 15 Vautours chaugouns et 13 Vautours indiens retrouvés morts ou en train de mourir entre août 2000 et février 2004, 14 présentaient des lésions de goutte viscérale associées à la présence de résidus de diclofénac, tandis que le diclofénac n'était pas retrouvé chez les quatre oiseaux sans lésion de goutte (Shultz *et al.*, 2004).

La contamination à un niveau létal d'une faible proportion (0,13 à 0,77 %) des carcasses disponibles pour les vautours pourrait suffire à expliquer le déclin des populations dans les années 1990 (Green *et al.*, 2004).

Ainsi, la forte proportion de vautours morts présentant des signes d'intoxication par le diclofénac fait qu'il est au moins la principale cause, et peut-être la seule cause, du déclin rapide des populations de vautours en Inde (Green *et al.*, 2004; Oaks *et al.*, 2004; Shultz *et al.*, 2004).

Suite à l'inquiétude grandissante concernant le déclin des populations de vautours en Inde, l'usage vétérinaire du diclofénac a été interdit en Inde, au Pakistan et au Népal en 2005 et toutes les autorisations accordées pour sa fabrication ont été retirées par le Contrôleur général des médicaments en mai 2006 (Ogada *et al.*, 2012; Taggart *et al.*, 2007). Le Bangladesh a également suivi en 2010 (Prakash *et al.*, 2017). Ces interdictions ont permis une diminution de moitié de la présence du diclofénac dans les carcasses mises à disposition des charognards dans la région (Cuthbert *et al.*, 2014; Ogada *et al.*, 2012). Plusieurs enquêtes de terrain ont montré un ralentissement du rythme de déclin voire le rétablissement partiel des populations de certaines espèces de vautours ; la population de Vautours indiens a continué à décliner, car la prévalence reste encore trop élevée, mais probablement à un rythme plus lent que dans les années 1990 (Ogada *et al.*, 2012; Prakash *et al.*, 2017).

A l'heure actuelle, les connaissances sur les mécanismes de toxicité du diclofénac chez les vautours sont encore limitées. Il est possible qu'il provoque une ischémie rénale en activant les valves portales rénales (par levée de l'effet immunomodulateur des prostaglandines) à l'origine d'une redistribution du sang vers la veine cave caudale et donc d'un contournement du rein. Il en résulte des lésions rénales et de goutte viscérale ainsi qu'une hausse des concentrations en acide urique aboutissant à la mort par insuffisance rénale dans les jours suivant l'exposition (Meteyer *et al.*, 2005). Pour représenter un risque significatif pour les vautours, le bétail doit mourir dans les jours qui suivent l'administration du diclofénac, car il peut persister jusqu'à 71 heures dans le foie, les reins et les intestins d'un bovin ; chez les caprins, le métabolisme est beaucoup plus rapide

donc ce délai est plus court et le diclofénac n'est plus détectable dans les tissus après 26 heures (Taggart *et al.*, 2007).

Sawn *et al.* (2006a) se sont intéressés à la toxicité du diclofénac chez deux autres espèces du genre *Gyps* pour évaluer la toxicité de cet AINS sur l'ensemble du genre. Pour cela, ils ont administré du diclofénac à des Vautours fauves et des Vautours africains (*Gyps africanus*) soit par voie orale soit en les nourrissant avec des tissus provenant d'animaux traités peu avant leur mort. Tous les animaux ayant reçu du diclofénac ont présenté des signes de toxicité de plus en plus marqués (léthargie, affaissement du cou) et sont morts dans les 30 à 48 heures post-traitement. De plus, les concentrations sériques en acide urique et en alanine-aminotransférase (ALAT) étaient fortement augmentées et les autopsies ont mis en évidence des lésions de goutte viscérale étendue (reins, foie et rate). La dose toxique a été estimée à 0,8 mg/kg pour ces deux espèces.

Les huit espèces de *Gyps* présentent une forte proximité phylogénétique (Johnson *et al.*, 2006). Les résultats de Sawn *et al.* (2006a) suggèrent donc que le diclofénac pourrait être toxique pour l'ensemble des espèces appartenant au genre *Gyps* à travers le monde.

En France, le risque lié au diclofénac est très faible car aucun médicament vétérinaire contenant cette molécule n'est autorisé. Cependant, plusieurs pays européens l'autorisent, dont l'Espagne (où se regroupent près de 95 % des vautours d'Europe) et l'Italie. Or de nombreux jeunes vautours passent le début de leur vie en Espagne puis migrent en France, il existe donc un risque pour ces populations (Piquemal *et al.*, 2022).

En Espagne, une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) est disponible depuis mars 2013 pour deux médicaments destinés aux porcs, aux bovins et aux chevaux et contenant du diclofénac. Suite à la crise survenue en Inde, des mesures ont été prises pour limiter l'impact de ces médicaments sur les vautours avec notamment l'ajout dans les Résumés des Caractéristiques du Produit (RCP) de précisions sur les conditions d'utilisation et sur la gestion des cadavres pour limiter le risque de consommation des carcasses par les charognards. Des évaluations des risques ont également été menées, elles estiment le nombre de décès de vautours moines liés à l'exposition au diclofénac comme allant de zéro à quelques dizaines ou centaines par an (Moreno-Opo *et al.*, 2021). Cependant, en 2020 un Vautour moine a été découvert mort suite à une intoxication par le diclofénac après qu'une carcasse de porc traité avait été mise à disposition sur un site d'alimentation en contradiction avec les recommandations des RCP (Herrero-Villar *et al.*, 2021).

Par ailleurs, aucun changement dans la démographie des populations de vautours en Espagne n'a été noté depuis l'autorisation du diclofénac. Une surveillance continue doit être menée pour limiter les risques de futurs cas d'empoisonnement (Moreno-Opo *et al.*, 2021).

3.2.2. Une nouvelle menace liée à l'usage de la flunixin

Le premier cas d'un vautour sauvage empoisonné par un AINS autre que le diclofénac en dehors de l'Asie a été rapporté en 2015 (Zorrilla *et al.*, 2015). Les auteurs ont analysé la carcasse d'un Vautour fauve trouvée en Andalousie. L'autopsie a mis en évidence la présence de dépôts d'urates sur le foie, le péricarde et les reins compatibles avec une insuffisance rénale et une goutte viscérale étendue, associée à de forts taux de flunixin dans ces tissus (2,7 mg/kg dans le foie et 6,5 mg/kg dans les reins) suggérant que la cause de la mort était une intoxication par la flunixin après la consommation d'une carcasse d'un bétail traité peu avant sa mort.

Précédemment, Cuthbert *et al.* (2007b) avaient déjà mis en évidence un risque de mortalité lié à l'usage de la flunixin en retrouvant des lésions similaires à celles secondaires à une intoxication au diclofénac (insuffisance rénale et goutte) suite à l'administration directe (et non via la consommation de carcasses) de flunixin. Ils déconseillaient son usage pour le bétail destiné à l'alimentation des vautours.

Suite à ces constats, plusieurs études ont été menées afin d'étudier la toxicité de la flunixin chez les charognards.

En 2019, une étude est menée au zoo de Rome sur trois carcasses de vautours (deux Vautours de Rüppel (*Gyps rueppelli*) et un Vautour africain) décédés peu de temps après avoir consommé la même carcasse d'un bovin. L'examen nécropsique a montré des lésions de goutte viscérale étendue et le seul AINS retrouvé dans les échantillons prélevés sur les vautours et sur la carcasse fut la flunixin (avec une très forte concentration dans la carcasse du bovin) permettant ainsi d'attribuer la cause de la mort à une intoxication à la flunixin. Selon les auteurs, des expositions répétées seraient nécessaires pour provoquer la mort des vautours (Eleni *et al.*, 2019).

Une autre étude menée par Herrero-Villar *et al.* (2020) met en évidence la toxicité liée à la consommation de carcasses contenant des résidus de flunixin. Leur étude menée en Espagne visait à quantifier la présence de diclofénac et d'autres AINS dont la flunixin, dans 228 carcasses de bétail laissées à disposition pour les vautours, ainsi qu'à évaluer si des résidus d'AINS étaient présents chez 389 charognards retrouvés morts. Plusieurs résidus d'AINS dont la flunixin ont été retrouvés dans sept carcasses de cochons et de moutons (3 %). Par ailleurs, des résidus de flunixin ont été retrouvés dans les reins et le foie de quatorze charognards (3,6 %) et la flunixin était associée à des lésions rénales et de goutte viscérale chez trois de ces animaux. La flunixin présente donc un risque immédiat pour les vautours et les auteurs estiment qu'elle pourrait causer la mort de plus d'une centaine de Vautours fauves chaque année.

Ainsi, la flunixin présente une toxicité aiguë pour les charognards et induit une mortalité secondaire à une insuffisance rénale. La flunixin étant commercialisée dans l'Union européenne pour un usage vétérinaire, des précautions d'emploi ont donc été ajoutées dans les RCP, comme pour le diclofénac, afin de limiter le risque d'exposition des charognards aux carcasses traitées (Piquemal *et al.*, 2022).

3.2.3. Les risques liés aux autres AINS

Suite à l'interdiction du diclofénac, plusieurs auteurs ont cherché une alternative à son usage et se sont penchés sur les effets des autres anti-inflammatoires sur les vautours. Cela est d'autant plus important que des résidus d'anti-inflammatoires tels que l'ibuprofène, le kétoprofène ou encore le méloxicam peuvent être fréquemment retrouvés dans les carcasses laissées à disposition des charognards (Taggart *et al.*, 2009).

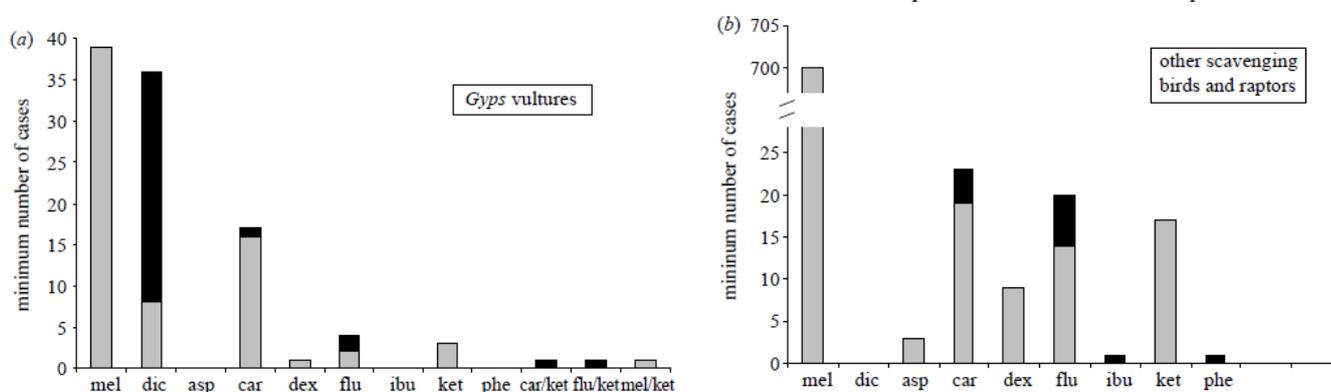
En 2006, le nimésulide est proposé comme alternative sécuritaire au diclofénac après des tests effectués sur des volailles domestiques (*Gallus gallus domesticus*) (Reddy *et al.*, 2006). Cependant, ces résultats ne sont pas applicables aux différentes espèces de vautours *Gyps* et aux niveaux d'AINS qu'ils pourraient rencontrer dans la nature, le nimésulide ne peut donc pas être considéré comme une alternative au diclofénac (Cuthbert *et al.*, 2007a).

L'étude menée par Herrero-Villar *et al.* (2020) met en évidence la présence de plusieurs résidus d'AINS dont la flunixin, le méloxicam, le kétoprofène et le diclofénac dans sept carcasses de

cochons et de moutons (3 %). Par ailleurs, des résidus de flunixin et de méloxicam ont également été retrouvés dans les reins et le foie de quatorze charognards (3,6 %).

La toxicité après administration orale de carprofène, dexaméthasone, flunixin, ibuprofène, kétoprofène et phénylbutazone a été testée chez des vautours et chez d'autres oiseaux. Comme le montre la figure 19 ci-dessous, chez les vautours du genre *Gyps* la mortalité s'élevait à 13 % avec le carprofène, la flunixin et le kétoprofène et à 30 % chez les autres oiseaux. La phénylbutazone et l'ibuprofène étaient également responsables de décès chez les autres charognards et rapaces. La dexaméthasone, un corticoïde, a également été testée et ne semblait pas présenter de risque de toxicité. Les mortalités dues au carprofène et à la flunixin étaient associées à des lésions similaires à celles retrouvées lors d'intoxication au diclofénac : goutte viscérale et insuffisance rénale, le mécanisme de toxicité est donc probablement le même (Cuthbert *et al.*, 2007b).

Figure 19 : Toxicité de différents anti-inflammatoires chez les vautours du genre *Gyps* (a) et chez d'autres oiseaux charognards et rapaces (b) (d'après Oaks *et al.*, 2004; Swan *et al.*, 2006a; Cuthbert *et al.*, 2007b)



■ : animaux décédés avec des symptômes de goutte et/ou d'insuffisance rénale

■ : animaux non décédés

mel méloxicam ; dic diclofénac ; asp aspirine ; car carprofène ; dex dexaméthasone ; flu flunixin ; ibu ibuprofène ; ket kétoprofène ; phe phénylbutazone

Le kétoprofène peut également être toxique à des doses rencontrées par les oiseaux en se nourrissant sur des carcasses d'animaux récemment traités bien qu'il soit rapidement éliminé des tissus. Il s'accumule à plus forte dose dans les reins des animaux traités que dans le reste de la carcasse. À des doses supérieures à 1,5 mg/kg, il entraîne systématiquement de la mortalité ou des signes de toxicité associés à des lésions de goutte viscérale comme le diclofénac, la flunixin ou le carprofène (Naidoo *et al.*, 2010).

Afin d'évaluer la potentielle toxicité du carprofène, de la flunixin et de la phénylbutazone chez les vautours de l'Ancien monde, six Vautours du Cap (*Gyps coprotheres*) ont été exposés à ces AINS (deux traités pour chaque AINS). Aucun décès n'a été noté, néanmoins plusieurs vautours parmi ceux du groupe traité ont présenté des signes de léthargie et de dépression. Aucune lésion de goutte viscérale ou de dépôt de cristaux d'urates n'était visible à l'autopsie, mais les concentrations en acide urique et en ALAT étaient augmentées au-dessus des intervalles de référence de cette espèce. Ainsi, bien qu'il n'y ait pas d'effet létal de ces substances démontré dans cette étude, la présence de signes cliniques toxiques et les modifications biochimiques,

suggèrent un potentiel de toxicité même s'il reste inférieur à celui du diclofénac (Fourie *et al.*, 2015).

En Afrique, le diclofénac n'est pas utilisé mais de nombreux autres AINS sont utilisés et les carcasses sont en général laissées à disposition des charognards : carprofène, méloxicam, flunixin, phénylbutazone, védaprofène. On dispose de peu d'information concernant les effets de ces anti-inflammatoires sur les vautours, néanmoins bien qu'aucune mortalité n'a été constatée à proximité des sites d'alimentation, il ne peut être exclu que des vautours soient morts intoxiqués sans que cela n'ait été remarqué (Anderson *et al.*, 2005).

Une étude a été menée afin d'étudier la persistance de la phénylbutazone dans les carcasses. Lorsque les carcasses étaient compostées ou enterrées, une diminution significative de la concentration en phénylbutazone était notée au bout de sept jours et elle n'était plus détectable à partir de 40 jours dans le compost et 20 jours pour les carcasses enterrées. Cela est rendu possible par le fait que la phénylbutazone est rapidement métabolisée dans le foie (Schwarz *et al.*, 2013). Ainsi, des méthodes pour retarder l'arrivée des charognards sur les carcasses permettraient de limiter leur exposition à ces substances toxiques.

3.2.4. Le méloxicam, un anti-inflammatoire plus sécuritaire ?

Le méloxicam est un AINS récent qui inhibe préférentiellement les COX-2 ; très efficace, il est utilisé pour traiter de nombreuses affections en médecine vétérinaire. Son innocuité pour les charognards a été évaluée afin d'envisager de l'utiliser en remplacement du diclofénac.

La première étude à mettre en évidence l'innocuité du méloxicam est réalisée en 2006 (Swan *et al.*, 2006b). Après administration orale de méloxicam ou apport de carcasses traitées à des doses supérieures au niveau d'exposition probable dans la nature (estimé à 2 mg/kg), aucun des 35 vautours inclus dans l'expérience n'a montré d'atteinte de l'état général ni d'augmentation des concentrations sériques en acide urique et en ALAT suggérant que le méloxicam pourrait ne pas présenter de toxicité pour les vautours.

En Inde, 31 vautours *Gyps* et 20 autres oiseaux charognards ont reçu du méloxicam soit par administration orale soit par consommation de tissus provenant d'animaux traités avant leur mort. Aucun oiseau n'est décédé ou n'a montré de changement dans son comportement, de plus les paramètres biologiques et hématologiques, dont le taux d'acide urique, n'étaient pas modifiés après l'exposition. Chez les oiseaux, la demi-vie du méloxicam serait très courte (moins d'une heure) et il serait complètement éliminé au bout de 24 heures, ce qui pourrait expliquer le faible risque de toxicité de cet AINS (Swarup *et al.*, 2007).

Ces deux études ne concernent l'innocuité du méloxicam qu'après une unique exposition mais rien n'indique une innocuité après des expositions répétées. Les effets pharmacocinétiques cumulatifs du méloxicam ont donc été étudiés par Naidoo *et al.* (2008). Après administration par voie orale ou par voie intramusculaire chez plusieurs espèces de *Gyps*, la demi-vie d'élimination était courte évitant ainsi l'accumulation du médicament dans l'organisme et un risque de toxicité retardée. Étant donnée l'élimination rapide en quelques heures, pour qu'une accumulation puisse avoir lieu, il faudrait que les vautours consomment plusieurs repas par jour, ce qui n'est pas le cas dans la nature où ils auront tendance, si les ressources le permettent, à se gaver d'un seul coup et à ne pas faire d'autre repas. Ainsi, une exposition répétée au méloxicam chez les vautours du genre *Gyps* ne présenterait pas de danger.

Par ailleurs, alors que le diclofénac est très toxique pour les cellules des tubes contournés proximal et distal, causant une mort par nécrose, le méloxicam s'avère provoquer une apoptose et être beaucoup moins toxique pour ces mêmes cellules (Ng *et al.*, 2008). Cette toxicité plus importante du diclofénac par rapport au méloxicam pourrait également être expliquée par le fait que, bien qu'ils soient tous les deux des inhibiteurs préférentiels des COX-2 (Hermans, 2017), le diclofénac possède également une action d'inhibition non spécifique de la cyclo-oxygénase à l'origine de la suppression de la synthèse des prostaglandines jouant un rôle dans le maintien du débit de filtration glomérulaire. Il en résulte une baisse de l'apport sanguin aux reins et une diminution du taux d'acide urique excrété à l'origine d'une toxicité rénale plus importante (Nethathe *et al.*, 2021).

Plusieurs autres essais confirment l'absence de nocivité du méloxicam après des administrations *per os* ou encore intramusculaires (Cuthbert *et al.*, 2007b; Pain *et al.*, 2008). Il a entraîné beaucoup moins d'effets secondaires après son introduction en Inde en remplacement du diclofénac, et la diminution du déclin des populations de vautours concourt à confirmer qu'il ne présente pas d'effets secondaires importants pour les vautours (Cuthbert *et al.*, 2014).

En 2018, du méloxicam a été détecté dans deux œufs de Gypaètes barbus (*Gypaetus barbatus*) élevés en captivité dans le Sud de l'Espagne. Ces oiseaux n'ayant jamais reçu de traitement vétérinaire, la source la plus probable de l'exposition était la nourriture fournie. Cependant, aucun effet néfaste sur la reproduction de ces individus n'a été noté suite à la découverte du méloxicam (Zorrilla *et al.*, 2018).

Ainsi, le méloxicam est le seul AINS qui présente une toxicité faible pour les vautours aux concentrations pouvant être rencontrées dans la nature par les charognards sauvages ainsi qu'une bonne efficacité sur les animaux de production. Dans les élevages disposant de placettes ou disposant des carcasses dans des charniers, son usage doit donc être préféré à celui du diclofénac ou d'autres anti-inflammatoires qui ont des effets secondaires importants sur les vautours (Herrero-Villar *et al.*, 2020; Piquemal *et al.*, 2022).

Bilan :

- Dans les années 1990 en Inde, l'usage du diclofénac a entraîné un déclin de près de 95 % des populations locales. La dose toxique pour les vautours est estimée à 0,8 mg/kg. Le risque est significatif lorsque l'animal meurt dans les jours qui suivent le traitement par le diclofénac.
Le diclofénac cause une mortalité secondaire à des lésions d'insuffisance rénale et de goutte viscérale, les signes cliniques associés sont de la léthargie et un affaissement du cou.
L'usage vétérinaire du diclofénac n'est pas autorisé en France, le risque est donc minime. Cependant, l'Espagne et l'Italie l'autorisent encore et le bétail traité peut alors représenter un risque pour les populations de vautours françaises qui traversent les frontières.
- En 2015, le premier cas d'un vautour empoisonné par un AINS autre que le diclofénac est rapporté : il s'agit d'une intoxication par la flunixin. Les lésions sont similaires à celles d'une intoxication par le diclofénac (insuffisance rénale et goutte). La flunixin présente une toxicité aiguë et peut entraîner de la mortalité.

Dans l'Union Européenne, l'usage vétérinaire de la flunixin est autorisé. Les RCP ont donc été modifiées concernant la prise en charge des carcasses d'animaux traités avant la mort afin de limiter l'exposition des charognards.

- Plusieurs études ont testé la toxicité d'autres AINS pour les vautours afin de remplacer l'usage du diclofénac. Carprofène, ibuprofène, kétoprofène et phénylbutazone sont tous toxiques et sont associés aux mêmes signes qu'une intoxication par le diclofénac ou la flunixin, suggérant un même mécanisme de toxicité. Ce potentiel de toxicité reste néanmoins inférieur à celui du diclofénac.

La dexaméthasone, un corticoïde, ne semble pas présenter de risque de toxicité.

Les anti-inflammatoires étant rapidement métabolisés par le foie, des méthodes pour retarder l'arrivée des charognards sur les carcasses (enfouissement, compost) pourraient permettre de limiter leur exposition à ces produits.

- Le méloxicam est un AINS qui est très utilisé en médecine vétérinaire. À l'heure actuelle, il est le seul AINS à présenter une innocuité pour les vautours. Les études ont montré qu'une exposition même à forte dose n'entraînait pas de modification clinique, biochimique ou de décès.

Le faible risque de toxicité pourrait être expliqué par le fait que le méloxicam possède une demi-vie très courte et est donc rapidement éliminé.

Dans les zones où le bétail est destiné à être laissé à disposition des vautours, l'usage du méloxicam doit donc être préféré aux autres anti-inflammatoires disponibles.

3.3. Dangers liés aux résidus d'euthasiantes

Les solutions d'euthanasie sont généralement administrées par voie intraveineuse, par conséquent après la mort les résidus s'accumulent dans le sang et les organes très vascularisés tels que le foie ou la rate de l'animal euthanasié. Laisser à disposition des charognards, ces carcasses peuvent alors représenter un danger pour tous les animaux.

3.3.1. Signes d'un empoisonnement aux barbituriques chez les vautours (Thomas, 1999)

Les vautours ont une faible tolérance aux barbituriques, la dose mortelle est donc souvent proche de la dose anesthésique.

Le signe le plus spécifique d'un empoisonnement aux barbituriques est la présence d'oiseaux retrouvés moribonds ou morts à proximité d'une carcasse d'un animal ayant été récemment euthanasié. Les oiseaux semblent somnolents, léthargiques voire comateux, les fréquences cardiaques et respiratoires sont ralenties et la conscience peut être altérée. La sensibilité varie entre les individus, les signes au sein d'un même groupe peuvent donc aller de la sédation au coma ou même à la mort de l'animal. Si les oiseaux reçoivent un soutien suffisant ils peuvent métaboliser le produit et se rétablir.

L'autopsie ne met pas en évidence de lésions spécifiques, au contraire les oiseaux présentent un bon état général, témoin de la nature aiguë de l'intoxication. Le barbiturique peut être identifié par analyse sanguine ou prélèvements de foie ou de contenu gastro-intestinal.

3.3.2. Historique des empoisonnements de rapaces et vautours au pentobarbital sodique

Historiquement, de nombreux cas d'empoisonnement d'oiseaux par des résidus de pentobarbital sodique sont rapportés.

- En 1988, en Colombie Britannique (au Canada), 29 Pygargues à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*) sont tombés malades, dont cinq mortellement, après avoir consommé une unique carcasse de vache ;
- En 1997, le National Wildlife Health Center (NWHC) rapporte un total de dix-sept cas d'empoisonnement secondaire aux barbituriques chez des Pygargues à tête blanche et des Aigles royaux (charognards opportunistes) dans six états américains (Thomas, 1999).
- En 1999, un éleveur du Colorado a tué accidentellement cinq Aigles royaux et deux Pygargues à tête blanche après avoir laissé à disposition deux carcasses de mulets euthanasiés au pentobarbital sodique ;
- Entre 1986 et 2001, le NWHC du Wisconsin a fait le lien entre la mort de 34 aigles et un empoisonnement secondaire au pentobarbital sodique (O'Rourke, 2002).
- Entre 1990 et 2007, un Vautour pernoptère a été empoisonné par une carcasse de mouton euthanasié au pentobarbital en Espagne (Hernández et Margalida, 2009).

Plus récemment, une enquête a été menée afin de recenser les cas d'empoisonnement secondaires au pentobarbital à travers le monde (Royaume-Uni, Australie, États-Unis, Nouvelle-Zélande, Afrique du Sud, Allemagne, France et Canada) dans la bibliographie mais aussi via un questionnaire à destination de vétérinaires, zoos et centres de réhabilitation de la faune sauvage. Dans presque 80 % des cas d'empoisonnements au pentobarbital rapportés, la carcasse source était celle d'un animal d'élevage : moutons, bovins, chevaux mais aussi des poules, cochons et chèvres. Parmi les 125 cas rapportés, 39 cas ont affecté la faune sauvage et moins de 10 % des animaux touchés ont survécu (Wells *et al.*, 2020).

En général, les empoisonnements concernent des carcasses de petits ou de grands animaux ayant été laissées à disposition dans le milieu ou bien insuffisamment enterrées pour empêcher l'accès des charognards à la carcasse (Wells *et al.*, 2020).

Les résidus de pentobarbital persistent à long terme dans les tissus et les organes des animaux euthanasiés, plusieurs études mettent en évidence la présence de résidus dans le foie ou le sérum plus de 220 jours après l'euthanasie (Payne *et al.*, 2012; Schwarz *et al.*, 2013) mais les concentrations détectées après cette durée seraient suffisamment faibles pour ne plus représenter un danger pour les charognards (Ciamillo *et al.*, 2014).

3.3.2. Situation en France

En France, aucun cas d'intoxication aux produits vétérinaires n'a eu lieu chez les Vautours moines. Cependant, en janvier 2017 un Vautour fauve a été retrouvé mort dans les Grands Causses probablement suite à la consommation d'une carcasse contaminée par des produits euthanasiant. Quelques jours plus tôt, une mortalité concernant une dizaine de vautours avait été constatée mais les analyses toxicologiques avaient été rendues impossibles en raison de l'état de décomposition déjà avancé (Roque *et al.*, 2020).

De même, en 2017 des Vautours fauves ont été observés présentant des comportements anormaux : chutes en vol, difficultés à décoller et troubles nerveux, à proximité d'une placette d'équarrissage naturel où avait été déposée la carcasse d'un cheval récemment euthanasié. L'un des vautours présentait des troubles nerveux très importants et a donc dû être euthanasié, les autres ont pu être soignés mais il est probable que laissés dans la nature ils n'auraient pas survécu (Ministère de la transition écologique, 2020).

Il est donc probable que le nombre d'oiseaux intoxiqués par des carcasses contenant des produits euthanasiant soit sous-estimé. Les RCP mentionnent le risque de toxicité secondaire à l'ingestion des carcasses d'animaux euthanasiés et conseillent l'élimination des cadavres « conformément à la réglementation en vigueur » (ANSES, 2022) ; cependant le risque d'une erreur ou d'un cadavre laissé trop longtemps sur place et auxquels les vautours pourraient avoir accès ne peut être exclu.

Bilan :

- Les résidus d'euthanasiants s'accumulent dans le foie et la rate des animaux euthanasiés et vont donc être ingérés par les charognards. La toxicité est aiguë : oiseaux moribonds, somnolents, léthargiques voire comateux, ralentissement des rythmes cardiaques et respiratoires et conscience altérée ; parfois ils peuvent entraîner la mort des individus.
- La tolérance des vautours aux barbituriques est très faible : la dose mortelle est proche de la dose anesthésique.
- Les principaux cas de mortalités rapportés sont liés à une exposition au pentobarbital sodique. Les résidus de pentobarbital persistent longtemps dans les tissus après la mort, il y a donc un risque pour les charognards s'ils consomment ces carcasses.
- Les RCP interdisent de laisser à disposition des charognards les carcasses d'animaux euthanasiés, cependant des erreurs ou accidents sont possibles et le risque pour les vautours est présent.

3.4. Dangers liés aux résidus d'anti-parasitaires

Dans le cadre de l'élevage conventionnel, les troupeaux sont généralement traités pour lutter contre les parasites internes et externes. Les vautours ne sont pas concernés directement par cette lutte mais ils peuvent être touchés par les effets nocifs de certains produits.

3.4.1. Signes d'une intoxication par les organophosphorés et les carbamates (Glaser, 1999)

Les organophosphorés et les carbamates sont des anti-parasitaires externes (APE) qui ont largement été utilisés par le passé dans le monde entier pour leurs actions insecticides, herbicides, nématocides, acaricides, fongicides, rodenticides ou encore avicides. Ils agissent par inhibition des cholinestérases responsables de la transmission de l'influx nerveux, ce qui entraîne une paralysie de l'ensemble du système nerveux aboutissant à la mort par insuffisance respiratoire la plupart du temps.

Les rapaces et charognards sont très sensibles aux effets toxiques des organophosphorés et des carbamates auxquels ils sont exposés par la consommation de carcasses d'animaux tués après avoir été traités. Le premier signe observé est la mortalité qui peut, lorsqu'elle est aiguë, être associée à des signes nerveux prononcés laissant des traces autour des cadavres : signes de lutte sur le sol, végétaux serrés dans les serres. Les signes cliniques et le comportement des oiseaux suite à une exposition aiguë sont présentés dans le tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6 : Principaux signes secondaires à une exposition aiguë aux organophosphorés et carbamates chez les oiseaux (d'après Glaser, 1999)

Signes neurologiques	Signes digestifs	Autres signes
Convulsions, tremblements Léthargie Paralysie Ataxie Hyperexcitabilité Opisthotonos Myosis ou mydriase	Vomissements Diarrhée Ténesme Défécation	Polydipsie Épistaxis Piloérection Larmolement Exophtalmie Dyspnée et/ou tachypnée

Si les animaux sont exposés à une dose sub létale, on pourra observer une altération du comportement pouvant causer une mort secondaire à un traumatisme (chute par exemple). Par ailleurs, les capacités de thermorégulation peuvent être affectées, les vautours vont moins tolérer le froid donc diminuer leur activité ce qui peut causer une diminution de la prise alimentaire et une perte de poids. Enfin, la reproduction s'en trouve affectée, l'attention portée au nid est diminuée compromettant la survie des oisillons.

À l'autopsie, les lésions macroscopiques sont minimes et non spécifiques : hémorragies, rougeur des parois intestinales, excès de liquides dans les voies respiratoires. Des traces d'APE peuvent être retrouvées dans le tractus gastro-intestinal.

3.4.2. Mortalité et empoisonnement de charognards suite à l'exposition à des organophosphorés et des carbamates

Le premier cas d'un empoisonnement secondaire à l'utilisation d'un organophosphoré (le famphur) en topique est rapporté en 1982 chez une buse. Par la suite, d'autres recherches ont été menées pour explorer les cas d'empoisonnement par des organophosphorés. Entre mars 1984 et mars 1985, onze cas de mortalité secondaire à un empoisonnement par des organophosphorés sont rapportés chez des Pygargues à tête blanche, des Buses à queue rousse (*Buteo jamaicensis*) et un Grand-duc d'Amérique (*Bubo virginianus*). La cause de la mortalité semble être la persistance du produit non absorbé sur les poils du bétail, que ce soit de façon directe par consommation des carcasses y compris des poils ou de façon indirecte par l'intermédiaire d'autres oiseaux (Henny *et al.*, 1987).

Mineau *et al.* (1999) ont effectué une compilation des cas de mortalités suite à l'exposition à des anti-parasitaires inhibiteurs des cholinestérases entre 1985 et 1995 aux États-Unis, en Grande-Bretagne et au Canada. Au total, 90 cas se sont avérés être dus à un usage conforme aux recommandations faites pour les produits, tandis que les autres cas étaient des cas

d'empoisonnement volontaire, de déversement d'insecticides et d'origine inconnue. Les anti-parasitaires les plus souvent impliqués étaient : le carbofurane, le fenthion, le famphur ou encore le fonofos.

Une étude de 2015 suggère que l'exposition au diazinon (un organophosphoré) utilisé comme APE chez le bétail, peut altérer la thermorégulation des Gypaètes barbus, réduire le succès à l'éclosion des œufs et compromettre la survie des jeunes en altérant le comportement des parents. Les auteurs ont étudié 486 cas de morts suspectes chez des charognards dont des Gypaètes barbus, des Vautours percnoptères et des Vautours fauves dans les Pyrénées et en Espagne. Dans 36 % des cas, une intoxication a été confirmée, avec comme sources les plus fréquemment rencontrées des organophosphorés et des carbamates. Parmi les Gypaètes étudiés, quatre étaient positifs à la présence d'un anti-parasitaire topique : trois au diazinon et un à la perméthrine. En parallèle, ils se sont intéressés à la présence de résidus dans des pieds de porcs et d'agneaux : si les pieds de porcs ne présentaient pas de résidus détectables, 71 % des pieds d'agneaux présentaient des résidus d'antiparasitaires à des niveaux assez faibles dont le diazinon (64,3 %), le pirimiphos-méthyl (25,4 %), le chlorpyrifos (7,1 %), le fenthion (1,6 %), la perméthrine (0,8 %) et la cyperméthrine (27,8 %). L'évaluation des risques met en évidence que les faibles niveaux de diazinon observés pourraient affecter les cholinestérases et la thermorégulation lors d'une exposition chronique, le risque est cependant plus faible concernant les pyréthrinoïdes (perméthrine et cyperméthrine) (Mateo *et al.*, 2015).

3.4.3. Des risques liés à d'autres anti-parasitaires en France et en Espagne

Dans le Sud-Est de la France, les cadavres d'animaux domestiques constituent la principale ressource alimentaire des populations de Vautours percnoptères. Les percnoptères ont un régime alimentaire très varié aussi bien nécrophage, que coprophage ou prédateur, par conséquent plusieurs voies d'exposition aux anti-parasitaires sont possibles :

- consommation d'animaux ayant été récemment traités : elle représente la principale source d'exposition étant donnée la part importante de consommation de carcasses dans l'alimentation de ces vautours ;

- contamination par le biais des fèces ;

- intoxication indirecte par consommation d'insectes eux-mêmes empoisonnés par les produits (Gades, 2005).

On constate une forte présence de résidus écotoxiques avec les endectocides appartenant à la famille des avermectines, toxiques pour les insectes coprophages. A l'inverse, les endectocides de la famille des milbémécines (moxidectine) ne semblent pas présenter de danger. Les traitements API classiquement utilisés dans cette région (benzimidazoles, probenzimidazoles, salicylanilides et lévamisole) ne sont pas une source importante de résidus écotoxiques non plus (Gades, 2005).

Après administration, les avermectines se retrouvent dans tout l'organisme, autant au niveau du tube digestif que du sang ou des tissus musculaires. Même si une grande partie est évacuée via les fèces, une autre reste stockée dans le foie et le tissu adipeux. Les vautours peuvent donc ingérer cette molécule au cours de la curée (Gades, 2005).

Dans les Pyrénées françaises, 170 oiseaux retrouvés morts sur sept ans ont été soumis à des autopsies, des radiographies, des examens parasitologiques ainsi que des dépistages

toxicologiques. Les empoisonnements représentaient 22 à 37 % des causes de décès chez les espèces de l'étude. L'empoisonnement par des produits organophosphorés et des carbamates représentait la cause principale de mortalité et a été détecté chez deux Gypaètes barbus, trois Vautours percnoptères, treize Vautours fauves et cinq Milans royaux suite à un usage illégal de ces produits. Parmi les produits impliqués, le carbofurane était le plus fréquemment détecté, suivi de l'aldicarbe (Berny *et al.*, 2015).

Une enquête a été menée afin d'étudier les événements d'empoisonnement par des traitements anti-parasitaires chez le Vautour moine en Espagne entre 1990 et 2006. Un total de 241 incidents ont été analysés pour déterminer la cause de l'empoisonnement : utilisation autorisée (empoisonnement involontaire), empoisonnement volontaire ou usage illégal. L'empoisonnement involontaire ne représentait qu'une petite part des incidents rapportés (1,3 %) : seuls deux cas étaient liés à l'utilisation d'un médicament vétérinaire organochloré topique, le lindane, interdit en France depuis 1998. L'usage illégal de certains pesticides pour lutter contre les prédateurs peut également impacter les charognards, notamment les carbamates et les organophosphorés. En effet, onze de ces composés ont été impliqués dans des cas de mortalité, parmi lesquels trois étaient majoritaires (88 % des cas) : le carbofurane, l'aldicarbe et la strychnine (Hernández et Margalida, 2008). Un autre cas d'empoisonnement secondaire par consommation de carcasses contaminées par du lindane a également été rapporté en Espagne chez des Vautours percnoptères (Hernández et Margalida, 2009).

Finalement, la présence de résidus d'anti-parasitaires dans l'environnement des vautours présente un risque direct pour leur survie. Même si les organophosphorés et les carbamates ne sont quasiment plus utilisés en France aujourd'hui, les autres traitements disponibles peuvent constituer une menace même si elle semble assez peu importante par comparaison avec les organophosphorés et carbamates.

Bilan :

- Les charognards sont très sensibles aux effets toxiques des organophosphorés et des carbamates. Plusieurs cas d'intoxication aux APE sont rapportés depuis les années 1980, les anti-parasitaires les plus souvent impliqués étant le carbofurane, le fenthion, le famphur, le fonofos et le diazinon.

L'exposition se fait par la persistance de produit non absorbé sur les poils du bétail qui sont ensuite consommés sur les carcasses.

Une exposition à une dose létale de ces anti-parasitaires externes peut entraîner de la mortalité associée à des signes nerveux et digestifs aigus.

Lors d'une exposition à une dose sublétale, on observe des modifications du comportement, des capacités de thermorégulation et de la reproduction.

- Les API présentent également un risque, notamment les endectocides de la famille des avermectines qui restent stockés dans le foie et le tissu adipeux même après la mort et les résidus peuvent alors être ingérés par les vautours.

Les endectocides de la famille des milbémycines présentent quant à eux peu de résidus écotoxiques, le risque de contamination des vautours est donc moindre.

Deuxième partie : Enquête auprès des vétérinaires ruraux des zones de reproduction du Vautour moine concernant les traitements utilisés

1. Introduction et objectifs de l'enquête

La première partie de cette étude nous a permis de faire un point sur la biologie des vautours et leur mode d'alimentation, justifiant leur risque d'exposition à des résidus médicamenteux. Comme nous l'avons vu, de nombreux historiques d'empoisonnements par des résidus variés sont rapportés dans la littérature et les conséquences pour les populations de vautours peuvent être dramatiques.

En France, la situation du Vautour moine, bien qu'en lente croissance, reste précaire et sa survie est impactée par diverses causes de mortalité d'origine anthropique.

Fort de ce constat, le Ministère de la Transition écologique a mis en place à partir de 2021 un troisième Plan National d'Actions (PNA) en faveur du Vautour Moine (les deux premiers ayant eu lieu entre 2004 - 2008 et 2011 – 2016) afin notamment d'assurer un suivi des populations françaises, d'évaluer leur viabilité et de prévenir les risques et réduire les facteurs de mortalité (Ministère de la transition écologique, 2020). Plusieurs actions sont définies dans ce PNA dont une visant à contrôler la qualité de la ressource alimentaire de cette espèce pour connaître les sources de contamination possibles et leurs impacts sur la santé des vautours moines (action 4.1 présentée en annexe 2) (Ministère de la transition écologique, 2020). Les sources de contamination possible incluent, comme nous l'avons vu précédemment, les traitements vétérinaires utilisés chez les animaux de production dont les carcasses contenant possiblement des résidus peuvent être mises à disposition des vautours sur les placettes et les charniers.

Bien que les protocoles de traitement soient globalement les mêmes entre chaque vétérinaire, aucune étude ne recense à ce jour précisément les traitements utilisés par les vétérinaires et leur proportion dans les régions de reproduction des vautours. Ce constat a motivé la réalisation, en partenariat avec la LPO des Grands Causses, d'une enquête auprès des vétérinaires ruraux exerçant dans les zones de reproduction du Vautour moine afin d'établir un état des lieux des traitements vétérinaires utilisés dans ces régions. Cette enquête recense exclusivement des pratiques d'usage des médicaments et ne soulève pas les éventuelles conséquences décrites dans la partie 3 suite à l'exposition des vautours aux résidus de ces traitements.

2. Matériels et méthodes

2.1. Élaboration du questionnaire

L'enquête a été conçue sous la forme d'un questionnaire en ligne réalisé *via* le logiciel Google Forms. Il n'était possible d'y répondre qu'en possédant le lien redirigeant vers la page de l'enquête. Le questionnaire est disponible en annexe 3.

Le questionnaire a été élaboré sous la supervision du directeur de cette thèse et relu par M^{me} Léa Giraud de la LPO des Grands Causses. Avant d'être diffusé, il a été testé par un vétérinaire volontaire de la région des Grands Causses.

Pour chaque région étudiée, le questionnaire comprend un total de 25 questions de type questions à choix multiples (QCM) et questions à réponses ouvertes courtes (QROC). Il se divise en deux grandes parties : la première permettant le choix de la région d'exercice et la seconde portant sur la présentation de l'activité et les traitements utilisés. Pour les trois régions étudiées, les questions de la seconde partie sont strictement identiques. Cette dernière est subdivisée en six sous-parties : généralités sur l'activité (part de rurale, nombre d'élevages suivis, nombre de ruminants suivis), antibiotiques, anti-inflammatoires, anti-parasitaires, anesthésiques et sédatifs, et enfin euthanasiants. Pour chaque classe de médicaments, la première question avait pour objectif de faire ressortir les traitements utilisés en pratique et la seconde question de citer celui considéré comme étant le plus souvent utilisé. Ainsi, un même traitement pouvait être fréquemment cité comme employé par les vétérinaires mais ne pas ressortir comme étant le plus souvent utilisé.

Une partie commentaire libre a également été ajoutée à la fin du questionnaire pour permettre aux vétérinaires de compléter leur réponse s'ils le souhaitent.

Afin d'inclure également dans l'étude les vétérinaires exerçant dans des régions limitrophes ou ayant dans leur clientèle des éleveurs localisés dans les régions de l'étude, la sélection de l'item « Autre » dans la première partie renvoie vers une question permettant de préciser la proximité avec une région et d'être renvoyé vers la partie du questionnaire correspondant. Si les vétérinaires indiquent qu'ils « n'exercent pas à proximité de ces régions », ils sont renvoyés vers une page de fin et ne peuvent pas compléter le questionnaire.

Les réponses au questionnaire étaient anonymisées et elles ne pouvaient pas être modifiées une fois envoyées. Le temps nécessaire pour y répondre entièrement était inférieur à quinze minutes.

2.1.1. Choix des régions d'étude

La première étape préalable à la construction du questionnaire a été de choisir les régions dans lesquelles diffuser le questionnaire. Comme nous l'avons vu dans la partie 1.2.2.3, depuis les années 1990 les vautours moines ont progressivement été réintroduits sur trois sites français où ils sont désormais établis et s'y reproduisent. Le choix des zones d'étude s'est donc logiquement porté sur ces trois régions afin d'avoir une idée plus précise des traitements utilisés à proximité des zones de reproduction.

2.1.1.1 Les Grands Causses

Le Parc Naturel Régional (PNR) des Grands Causses est localisé au Sud du Massif Central, il s'étend sur plus de 90 communes du Nord-Est de l'Occitanie, au Nord-Est et au Sud de l'Aveyron (figure 20) (Parc naturel régional des Grands Causses, 2014).

Figure 20 : Carte du Parc Naturel Régional des Grands Causses (Parc naturel régional des Grands Causses, 2014)



Comme nous l'avons vu, les Grands Causses ont abrité la dernière population nicheuse française au 19^e siècle et ils constituent le premier site de réintroduction du Vautour moine en France dès 1992. En 2022, la colonie de vautours moines dans les Causses compte 29 couples (Giraud *et al.*, 2022).

2.1.1.2 Les Baronnie Provençales

Le massif des Baronnie Provençales constitue l'un des deux sites de reproduction du Vautour moine des Pré-Alpes Provençales, il est situé dans le Sud du département de la Drôme. Le PNR des Baronnie Provençales s'étend sur près d'une centaine de communes entre la Drôme et les Hautes-Alpes (figure 21) (Parc naturel régional des Baronnie Provençales, 2015). Les vautours moines sont également observés à proximité du PNR, en Isère.

Figure 21 : Carte du Parc Naturel Régional des Baronnies Provençales (Parc naturel régional des Baronnies Provençales, 2015)

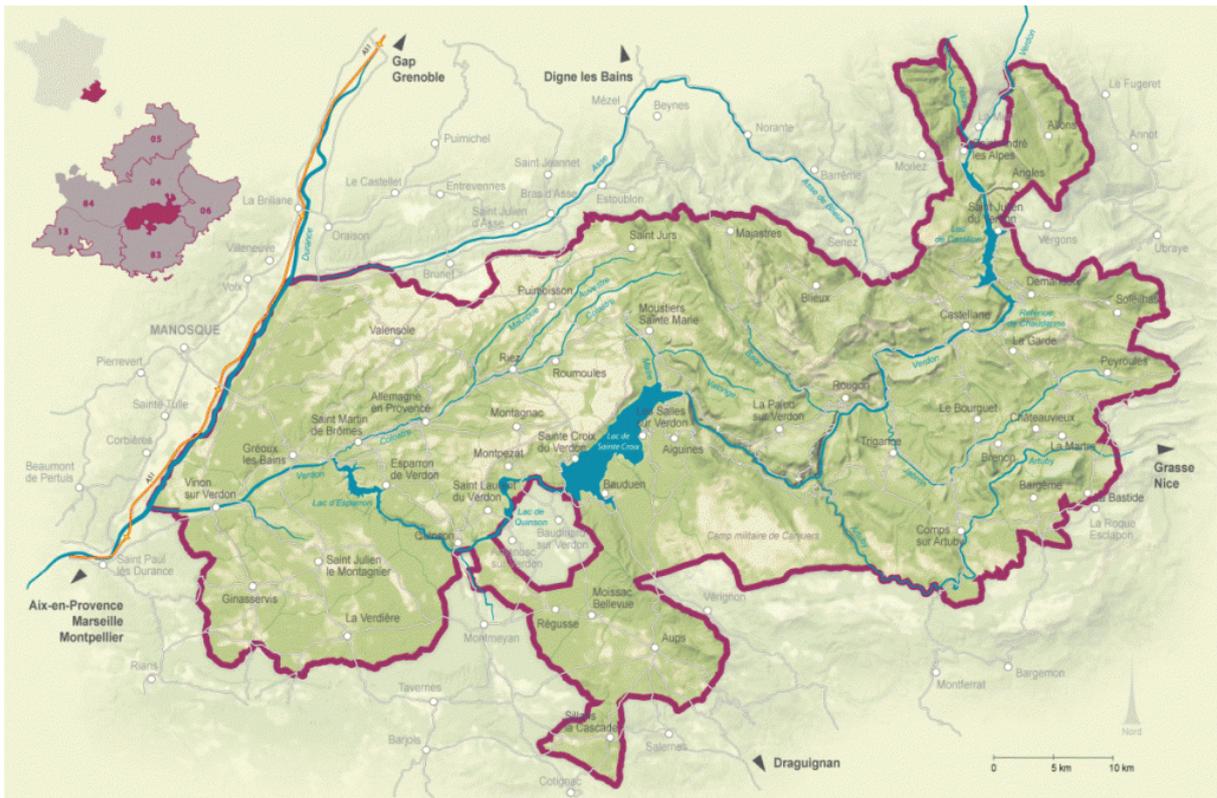


La réintroduction du Vautour moine dans le massif des Baronnies débute en 2004, en faisant le deuxième site de réintroduction et les premières reproductions de cette espèce y sont observées en 2010. En 2022, la colonie de vautours moines dans les Baronnies compte quatorze couples (Giraud *et al.*, 2022).

2.1.1.3 Les Gorges du Verdon

Les Gorges du Verdon constituent le second site de reproduction du Vautour moine dans les Pré-Alpes Provençales. Elles appartiennent au PNR du Verdon situé en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Plus petit que les deux précédents, il s'étend sur 46 communes des Alpes-de-Haute-Provence et du Var (figure 22) (Parc naturel régional du Verdon, 2014).

Figure 22 : Carte du Parc Naturel Régional du Verdon (Parc naturel régional du Verdon, 2014)



Les Gorges du Verdon sont le dernier site français dans lequel les vautours moines ont été réintroduits à partir de 2005 et ils s’y reproduisent depuis 2013. En 2022, la colonie de vautours moines dans les Gorges du Verdon compte huit couples (Giraud *et al.*, 2022).

2.1.2. Choix des molécules à étudier

Afin de choisir les molécules à inclure dans le questionnaire, nous nous sommes basés tout d’abord sur les molécules citées dans les historiques d’empoisonnement mais aussi sur les suivis de vente et les index des médicaments vétérinaires autorisés en animaux de production en France. Pour chacune des catégories, il était possible de sélectionner l’option « Autre » et d’indiquer une molécule qui ne figurait pas dans le questionnaire.

Chaque sous-partie est composée de plusieurs questions : la première est une QCM qui permet de sélectionner les trois molécules les plus utilisées parmi une liste, la seconde vise à déterminer laquelle des trois est la plus souvent utilisée et enfin la dernière question est une QROC à réponse facultative permettant d’estimer la fréquence d’utilisation de la molécule sélectionnée à la seconde question.

2.1.2.1 Antibiotiques

La partie 3.1 nous a permis d’identifier des risques liés à l’exposition des vautours aux résidus des familles d’antibiotiques autorisés suivantes : tétracyclines (oxytétracycline, tétracycline), aminosides (streptomycine), quinolones et fluoroquinolones (acide nalidixique, marbofloxacin, enrofloxacin), macrolides (érythromycine), bêta-lactamines (pénicilline G, amoxicilline, ampicilline, pipéracilline) et sulfamides (sulfaguandine, sulfadiméthoxine, sulfadiazine).

Le suivi des ventes de médicaments vétérinaires est basé sur les déclarations des titulaires d'AMM et des laboratoires pharmaceutiques qui les commercialisent et qui fournissent une estimation du nombre d'unités vendues pour chaque présentation de médicament et une estimation de la part des ventes pour chaque espèce animale de destination. Pour l'année 2020, le suivi des ventes révèle que les familles les plus utilisées chez les ruminants sont les tétracyclines, les pénicillines et les aminosides suivis des macrolides et des sulfamides. Les quinolones et les céphalosporines de dernières générations sont quant à elles moins utilisées, ce qui semble logique étant donné qu'il s'agit d'antibiotiques vétérinaires d'importance critique (ANSES, 2021).

Finalement, sur la base de ces constatations, ont été inclus dans le questionnaire les antibiotiques suivants :

- Amoxicilline
- Ampicilline
- Benzylpénicilline
- Céfalexine
- Dihydrostreptomycine
- Enrofloxacin
- Érythromycine
- Marbofloxacin
- Oxytétracycline
- Tétracycline
- Triméthoprim-Sulfamide
- Tylosine.

2.1.2.2 Anti-inflammatoires

La partie 3.2 nous a permis d'identifier des antécédents d'exposition des vachères aux résidus d'anti-inflammatoires suivants : diclofénac, flunixin, ibuprofène, kétoprofène, méloxicam, carprofène, dexaméthasone et phénylbutazone.

Bien que le diclofénac soit l'anti-inflammatoire présentant le plus de risque pour les vachères, celui-ci n'est pas autorisé pour un usage vétérinaire en France, par conséquent il n'a pas été inclus dans l'étude. De même l'ibuprofène et la phénylbutazone ne disposent pas d'une AMM ruminants et n'ont donc pas été inclus dans le questionnaire (ANSES, 2022).

Nous avons également fait le choix d'ajouter d'autres AINS et corticoïdes autorisés et utilisés en pratique chez les ruminants.

Finalement, les anti-inflammatoires suivants ont été inclus dans le questionnaire :

- Acide tolfénamique
- Carprofène
- Dexaméthasone

- Flunixinine méglumine
- Kétoprofène
- Méloxicam
- Méthylprednisolone
- Prednisolone.

2.1.2.3 Euthanasiants

En France seuls deux produits euthanasiants sont actuellement autorisés :

- l'association embutramide, mébézonium et tétracaïne : le T61® dispose d'une AMM pour les bovins, caprins et ovins. Ce produit est injectable par voie IV, intrapulmonaire ou intracardiaque.

- le pentobarbital sodique : le Dolethal® ne dispose pas d'une AMM pour les ruminants, mais il est parfois utilisé en pratique pour euthanasier les jeunes (veaux, agneaux et chevreaux), il est administré par voie IV ou intracardiaque ; l'Euthasol® dispose d'une AMM bovins, ovins et caprins et est essentiellement administré par voie IV, voire par voie intracardiaque ; enfin l'Exagon® et l'Euthoxin® disposent d'une AMM pour les bovins et sont essentiellement utilisés par voie IV dans cette espèce (ANSES, 2022).

- dans certains cas, une association de ces deux produits peut être utilisée pour l'euthanasie.

Bien que les cas d'empoisonnements rapportés suite à une exposition à des euthanasiants soient essentiellement liés au pentobarbital sodique, nous avons inclus les deux produits dans le questionnaire. Pour cette partie, il s'agissait donc d'une Question à Choix Unique (QCU) afin de choisir l'euthasiant le plus utilisé entre le pentobarbital sodique et l'association embutramide, mébézonium et tétracaïne.

2.1.2.4 Anti-parasitaires

La partie 3.4 nous a permis d'identifier des antécédents d'exposition des vautours aux résidus d'anti-parasitaires appartenant aux familles suivantes : organophosphorés (famphur, fenthion et diazinon), carbamates (fonofos, carbofurane et aldicarbe), avermectines et milbémycines, dérivés du noyau benzimidazole (triclabendazole, albendazole probenzimidazoles), dérivés de la salicylanilide (oxyclozanide et closantel), dérivés du noyau imidazothiazole (lévamisole).

Les carbamates ne sont plus utilisés aujourd'hui, ils n'ont donc pas été inclus au questionnaire. Concernant les organophosphorés, seul le phoxime possède une AMM pour les ruminants et a donc été inclus dans l'étude (ANSES, 2022).

Bien qu'aucun cas d'exposition aux autres familles d'APE ne soit mentionné dans la bibliographie, nous avons ajouté au questionnaire les principales familles utilisées en pratique.

Concernant les API, nous avons inclus dans le questionnaire les molécules disposant d'une AMM ruminant et appartenant aux familles pour lesquelles une exposition était rapportée, même si les risques suite à celle-ci sont minimes.

Parmi les milbémécines, seule la moxidectine possède une AMM ruminant et a été incluse. Parmi les avermectines, seule la sélamectine ne dispose pas d'une AMM ruminant, elle n'a donc pas été incluse au questionnaire (ANSES, 2022).

Finalement, le questionnaire contient les anti-parasitaires suivants :

- APE :

- Cyperméthrine
- Deltaméthrine
- Dicyclanil
- Enilconazole
- Fluméthrine
- Phoxime

- API :

- Albendazole
- Closantel
- Fenbendazole
- Lévamisole
- Monépantel
- Nétobimine
- Oxfendazole
- Oxyclosanide
- Triclabendazole

- Les endectocides ont été séparés des autres anti-parasitaires car ils exercent à la fois un rôle d'APE et d'API :

- Avermectines : Doramectine, Eprinomectine, Ivermectine
- Milbémécine : Moxidectine.

2.1.2.5 Anesthésiques

Bien qu'aucun cas d'intoxication de vautours ne soit rapporté dans la bibliographie suite à une exposition à des résidus de sédatifs ou d'anesthésiques, nous avons fait le choix de les inclure dans le questionnaire. En effet, le risque d'une exposition à une carcasse d'un animal ayant subi au préalable une anesthésie ou une sédation ne peut être exclu, de même qu'une possibilité d'intoxication par des résidus persistants.

Les traitements à inclure ont été choisis uniquement sur la base de l'index des médicaments vétérinaires autorisés en France (ANSES, 2022).

Cette partie contient donc deux catégories de questions :

- une concernant les sédatifs dans laquelle ont été inclus :

- Brotizolam
- Détomidine
- Xylazine

- une concernant les anesthésiques dans laquelle ont été inclus :

- Kétamine
- Lidocaïne
- Procaïne

La lidocaïne ne dispose pas d'AMM pour les ruminants (ANSES, 2022), cependant elle est utilisée en pratique dans le cadre de la cascade. C'est pourquoi elle a été incluse dans le questionnaire.

Comme pour les euthanasiants il s'agissait ici de deux QCU afin de ne choisir qu'un seul sédatif et qu'un seul anesthésique.

2.2. Modalités de diffusion de l'enquête

Le questionnaire a été activé en janvier 2023 et l'URL du lien a tout d'abord été diffusé auprès des vétérinaires par mail et dans la rubrique « Annonces » du site Vetofocus.

Face au nombre limité de réponses obtenues, en juin 2023 l'URL a été transmis aux Groupements Techniques Vétérinaires (GTV) des régions concernées afin de permettre une diffusion par le biais de leur mailing liste directement. Une diffusion a également été faite sur deux groupes vétérinaires d'un réseau social (au total 19500 membres au moment de la diffusion).

Le questionnaire a été désactivé en septembre 2023, il est donc resté en ligne 9 mois.

2.3. Recueil et traitement des données

Après désactivation du questionnaire, les résultats de l'enquête ont été informatisés et exportés vers le logiciel Excel. Les QCM ont été analysées et représentées graphiquement et les QROC ont été triées et analysées une par une, ce qui a permis notamment l'établissement du nombre de traitements par an et par animal.

3. Résultats

Cette partie vise à décrire les résultats de l'enquête. Pour chaque partie, la question faisant référence aux résultats présentés est précisée en début de paragraphe.

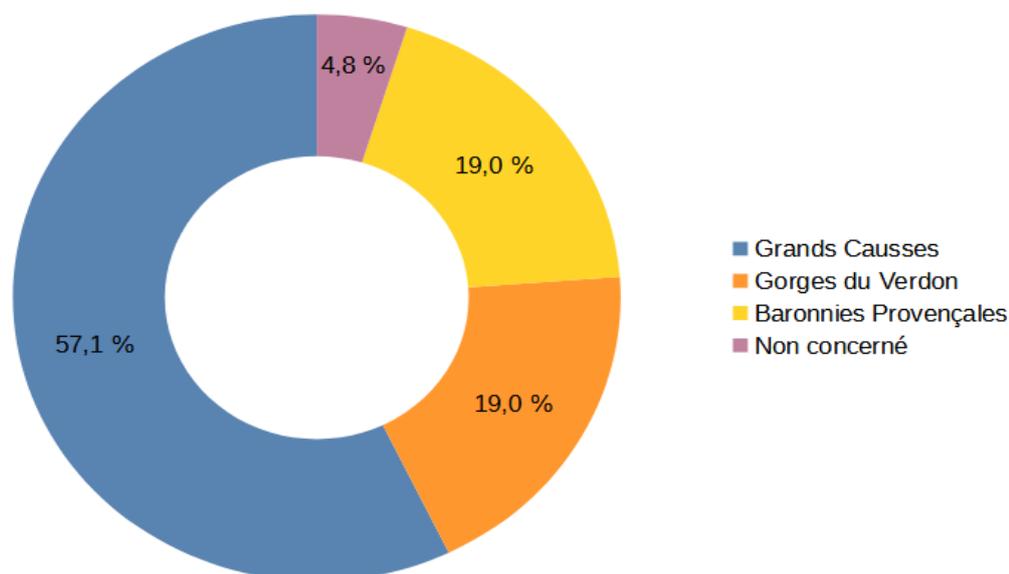
3.1. Taux de participation et répartition géographique

Questions 1 et 74

La figure 23 ci-dessous présente la proportion de vétérinaires ayant répondu au questionnaire pour chaque zone d'étude. Les vétérinaires exerçant dans une zone limitrophe des régions d'étude ou ayant des élevages dans leur clientèle localisés dans une des zones, ont directement été inclus

dans la zone d'étude correspondante. Ainsi, trois réponses ont été incluses dans la région des Grands Causses, pour des vétérinaires exerçant dans le Cantal et en Auvergne. La mention « Non concerné » fait référence aux vétérinaires ayant répondu qu'ils « n'exercent pas à proximité de ces régions ».

Figure 23 : Proportion de vétérinaires répondant à l'enquête en fonction de la zone d'étude (n = 21)



La population source de l'enquête est définie comme tous les vétérinaires exerçant une activité en animaux de rente dans les départements suivants : Lozère, Aveyron, Gard et Hérault pour les Grands Causses, Var et Alpes-de-Haute-Provence pour les gorges du Verdon et Drôme, Hautes-Alpes et Isère pour les Baronnies Provençales. Celle-ci a été estimée à partir de l'Atlas démographique de la profession vétérinaire (Ordre National des Vétérinaires, 2022). Le taux de participation à cette enquête était donc d'environ 5,25 % (21/400). Du fait de l'anonymat du questionnaire, il n'est pas possible de garantir que deux vétérinaires d'une même clientèle n'ont pas répondu à l'enquête ; en revanche un même vétérinaire ne pouvait répondre qu'une unique fois.

La majorité des vétérinaires répondant au questionnaire (12/21 soit 57,1 %) exercent dans ou à proximité de la région des Grands Causses. La participation est moindre pour les régions des Gorges du Verdon (4/21 soit 19 %) et des Baronnies Provençales (4/21 soit 19 %). Une seule réponse (4,8 %) n'a pas abouti car le vétérinaire n'exerçait pas dans la bonne région.

3.2. Les Grands Causses

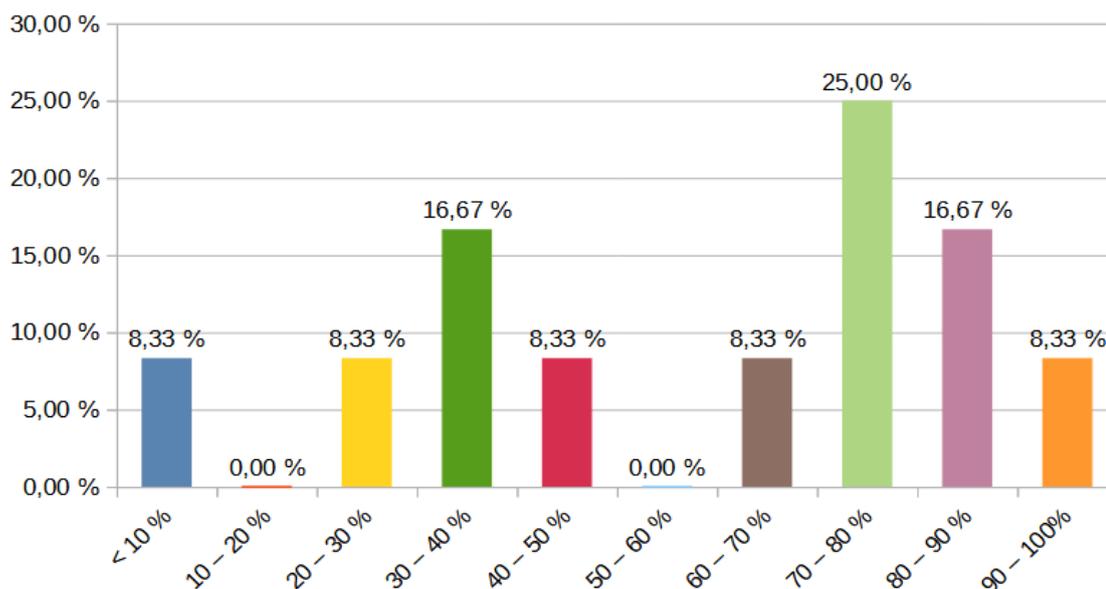
3.2.1. Caractéristiques de l'activité

3.2.1.1 Proportion de rurale

Question 2

La figure 24 ci-dessous présente la proportion d'activité rurale exercée par les vétérinaires répondant pour la région des Grands Causses.

Figure 24 : Proportion d'activité rurale chez les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



La majorité des vétérinaires ayant répondu font plus de 50 % de rurale dans leur activité quotidienne (7/12 soit 58,3 %). En effet, un quart des vétérinaires répondant (3/12 soit 25 %) exercent à 70-80 % en rurale, 16,67 % (2/12) exercent à 80 – 90 % en rurale, un exerce à 60 – 70 % (1/12) et un vétérinaire (1/12 soit 8,33 %) exerce à 90 – 100 % soit la quasi totalité de son activité.

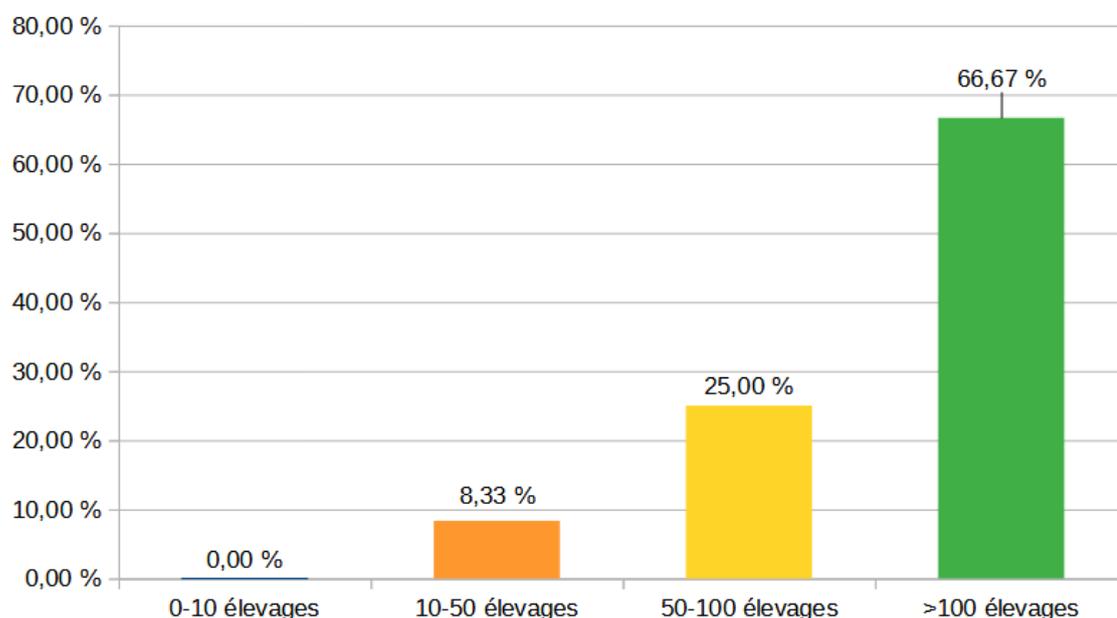
Une plus faible proportion de vétérinaires exercent à moins de 50 % en rurale, avec notamment 8,33 % (1/12) exerçant à moins de 10 %.

3.2.1.2 Nombre d'élevages et de ruminants suivis

Questions 3 et 4

La figure 25 présente une estimation du nombre d'élevages suivis par les vétérinaires ayant répondu pour les Grands Causses.

Figure 25 : Nombre d'élevages suivis par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



La majorité des vétérinaires (8/12 soit 66,67 %) suit plus de 100 élevages de ruminants. Un quart (3/12 soit 25 %) suivent entre 50 et 100 élevages, et un vétérinaire (8,33 %) suit entre 10 et 50 élevages.

La question 3 ne permettait pas d'avoir une estimation précise du nombre d'élevages dans la clientèle des vétérinaires mais la question 4 permet d'avoir une approximation du nombre de ruminants (bovins et petits ruminants) suivis. Le tableau 7 ci-dessous présente le nombre moyen d'animaux de rente suivis par les vétérinaires des Grands Causses. Il présente également le plus petit et le plus grand nombre d'animaux suivis.

Tableau 7 : Nombre d'animaux de rente minimum, maximum suivis par les vétérinaires, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 12)

	Moyenne du nombre d'animaux	Médiane du nombre d'animaux	Plus petit nombre d'animaux	Plus grand nombre d'animaux
Bovins	12 500	10 000	0	30 000
Ovins et caprins	17 250	20 000	2000	27 000
Espèces non détaillées	26 875	19 500	10 000	60 000
Total toutes espèces confondues	20 875	19 000	2000	60 000

3.2.2. Antibiotiques

Questions 5, 6 et 7

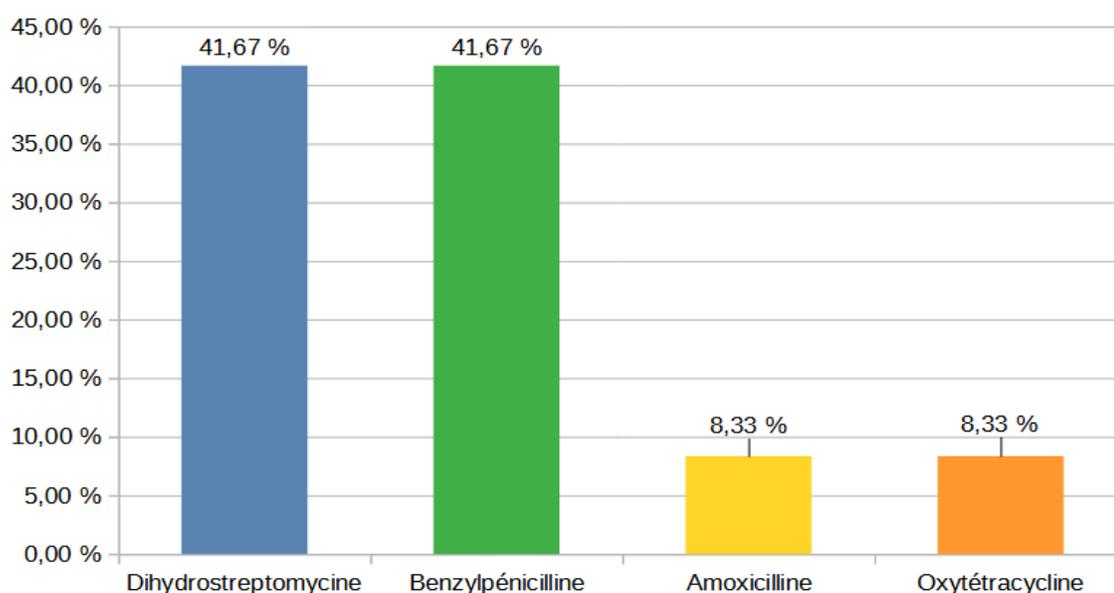
La figure 26 présente les antibiotiques que les vétérinaires des Grands Causses indiquent utiliser dans leur pratique. L'occurrence de chaque antibiotique est donnée par la taille de la police : plus un antibiotique a été cité comme étant parmi les trois plus utilisés par les vétérinaires, plus la taille de la police est importante.

Figure 26 : Présentation des antibiotiques couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



Parmi ces antibiotiques, les deux cités comme étant utilisés le plus souvent par les vétérinaires des Grands Causses sont la dihydrostreptomycine, citée dans 41,67 % (5/12) des cas, ainsi que la benzylpénicilline, également citée dans 41,67 % (5/12) des cas. Cette même proportion peut s'expliquer par le fait qu'elles sont couramment associées dans les traitements. On retrouve ensuite l'amoxicilline (1/12 soit 8,33 %) et l'oxytétracycline (1/12 soit 8,33 %) (figure 27).

Figure 27 : Antibiotiques les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



Le tableau 8 présente le nombre moyen de traitements réalisés chaque année avec ces antibiotiques par les vétérinaires des Grands Causses ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 8 : Nombre de traitements antibiotiques minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 8)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Dihydrostreptomycine (n = 3)	1033,33	1000	100	2000
Benzylpénicilline (n = 3)	3433,33	200	100	10 000
Amoxicilline (n = 1)	500	500	500	500
Oxytétracycline (n = 1)	300	300	300	3100
Tous traitements confondus (n = 8)	1775	400	100	10 000

Parmi les douze vétérinaires répondants pour les Grands Causses, huit ont fourni une estimation du nombre de traitements qu'ils réalisent chaque année avec l'antibiotique qu'ils utilisent le plus. En moyenne, les vétérinaires réalisent 1775 traitements antibiotiques par an. La benzylpénicilline est utilisée 3433 fois par an en moyenne, la dihydrostreptomycine est quant à elle un peu moins utilisée avec une moyenne de 1033,33 traitements par an. Ces deux molécules sont souvent associées dans les traitements, la différence dans le nombre de traitements réalisés chaque année pourrait être expliquée par le fait que la benzylpénicilline serait également utilisée seule assez fréquemment.

3.2.3. Anti-inflammatoires

Question 8, 9 et 10

La figure 28 présente les anti-inflammatoires que les vétérinaires des Grands Causses indiquent utiliser dans leur pratique.

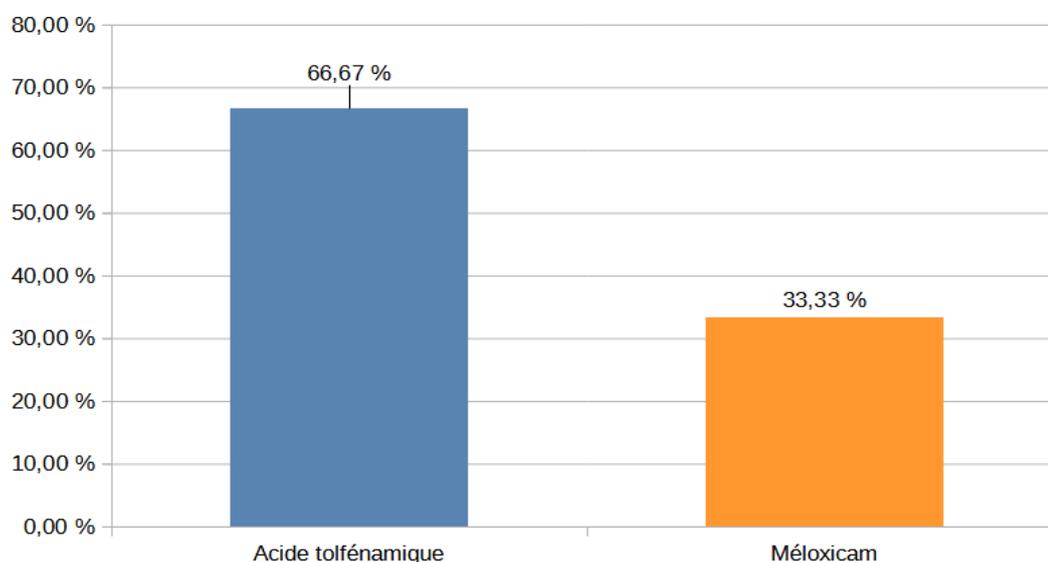
Figure 28 : Présentation des anti-inflammatoires couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



Parmi tous ces anti-inflammatoires, il apparaît que l'acide tolfénamique est le plus cité comme étant utilisé le plus souvent par les vétérinaires des Grands Causses (8/12 soit 66,67 %).

Le méloxicam est également proportionnellement plus cité que les autres (4/12 soit 33,33 %) (figure 29).

Figure 29 : Anti-inflammatoires les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



Le tableau 9 présente le nombre moyen de traitements réalisés chaque année avec ces deux anti-inflammatoires par les vétérinaires des Grands Causses ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 9 : Nombre de traitements anti-inflammatoires minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 9)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Acide tolfénamique (n = 6)	1438,33	750	30	5000
Méloxicam (n = 3)	116,7	116,7	100	150
Tous traitements confondus (n = 9)	997,78	150	30	5000

Neuf vétérinaires ont précisé le nombre de traitements anti-inflammatoires qu'ils réalisent chaque année. En moyenne, 997,78 traitements sont réalisés par an. L'acide tolfénamique est utilisé 1438,33 fois chaque année contre 116,7 fois pour le méloxicam.

3.2.4. Anti-parasitaires

3.2.4.1 Anti-parasitaires externes

Questions 11, 12 et 13

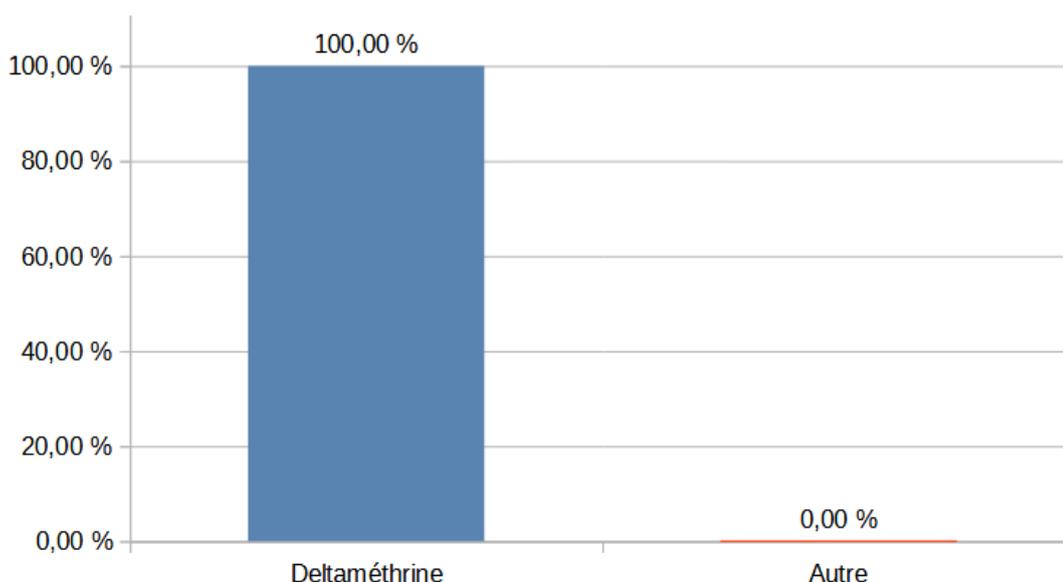
La figure 30 présente les anti-parasitaires externes que les vétérinaires des Grands Causses indiquent utiliser dans leur pratique.

Figure 30 : Présentation des anti-parasitaires externes couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



Parmi ces APE, la totalité des vétérinaires (12/12 soit 100 %) ayant répondu au questionnaire pour les Grands Causses indique que la deltaméthrine est celui qu'ils utilisent le plus souvent dans leur pratique. Les autres APE mentionnés sont probablement également utilisés mais dans une moindre mesure d'où le fait qu'ils ne sont pas sélectionnés comme principal traitement (figure 31).

Figure 31 : Anti-parasitaires externes les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



Le nombre moyen de traitements réalisés chaque année avec la deltaméthrine par les vétérinaires des Grands Causses ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an sont présentés dans le tableau 10 ci-dessous.

Tableau 10 : Nombre de traitements à base de deltaméthrine minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 8)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Deltaméthrine (n = 8)	8067,50	4500	10	40 000

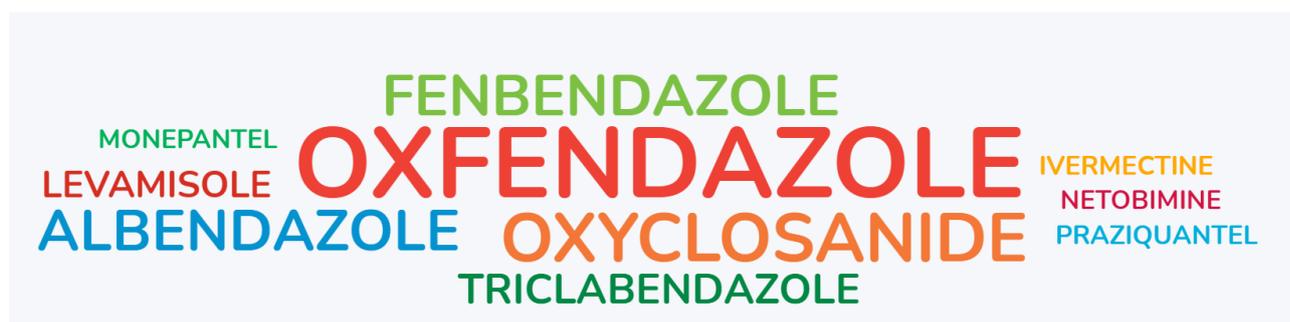
Sur les douze répondants, huit vétérinaires fournissent une estimation du nombre de traitements à la deltaméthrine. En moyenne, 8067,5 traitements à base de deltaméthrine sont réalisés chaque année.

3.2.4.2 Anti-parasitaires internes

Questions 14, 15 et 16

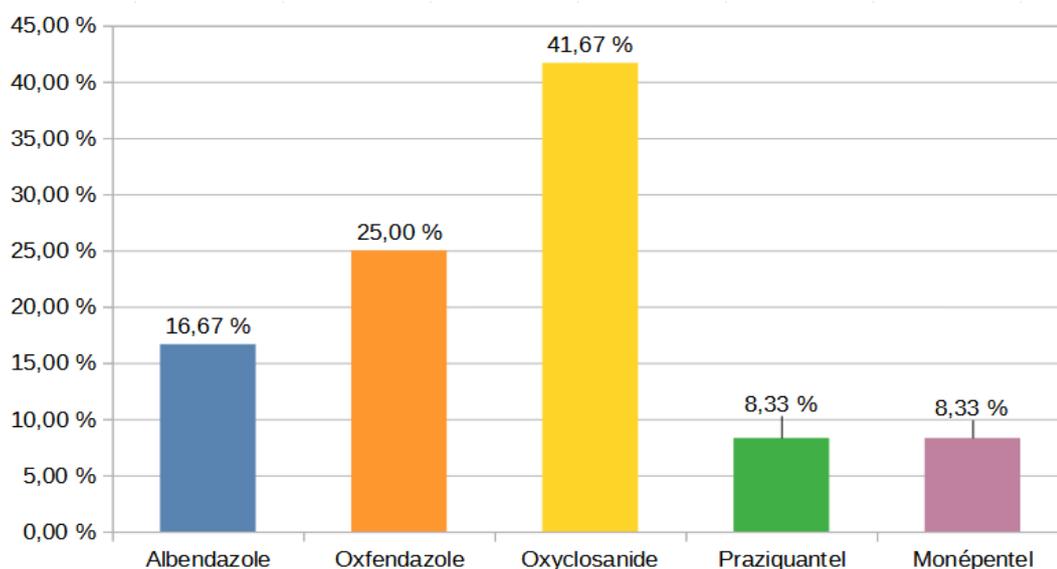
La figure 32 présente les anti-parasitaires internes que les vétérinaires des Grands Causses indiquent utiliser dans leur pratique.

Figure 32 : Présentation des anti-parasitaires internes couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



Bien que l'oxfendazole soit souvent mentionné parmi les traitements API couramment mis en œuvre par les vétérinaires, il n'est ensuite pas majoritairement sélectionné comme étant le plus utilisé. Ainsi, il apparaît que l'oxyclosanide est cité comme étant le plus utilisé (5/12 soit 41,67 %) dans les Grands Causses. Il est suivi par l'oxfendazole (3/12 soit 25 %) et l'albendazole (2/12 soit 16,67 %). Dans une moindre mesure, le praziquantel (1/12 soit 8,33 %) et le monépanTEL (1/12 soit 8,33 %) sont également cités comme étant utilisés fréquemment (figure 33).

Figure 33 : Anti-parasitaires internes les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



Le tableau 11 présente le nombre moyen de traitements réalisés chaque année avec ces API ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an dans les Grands Causses.

Tableau 11 : Nombre de traitements anti-parasitaires internes minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 8)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Oxyclosanide (n = 4)	7750	7500	1000	15 000
Oxfendazole (n = 2)	2525	2525	50	5000
Albendazole (n = 1)	3000	3000	3000	3000
Monépanтел (n = 1)	1	1	1	1
Tous traitements confondus (n = 8)	4881,37	4000	10	15 000

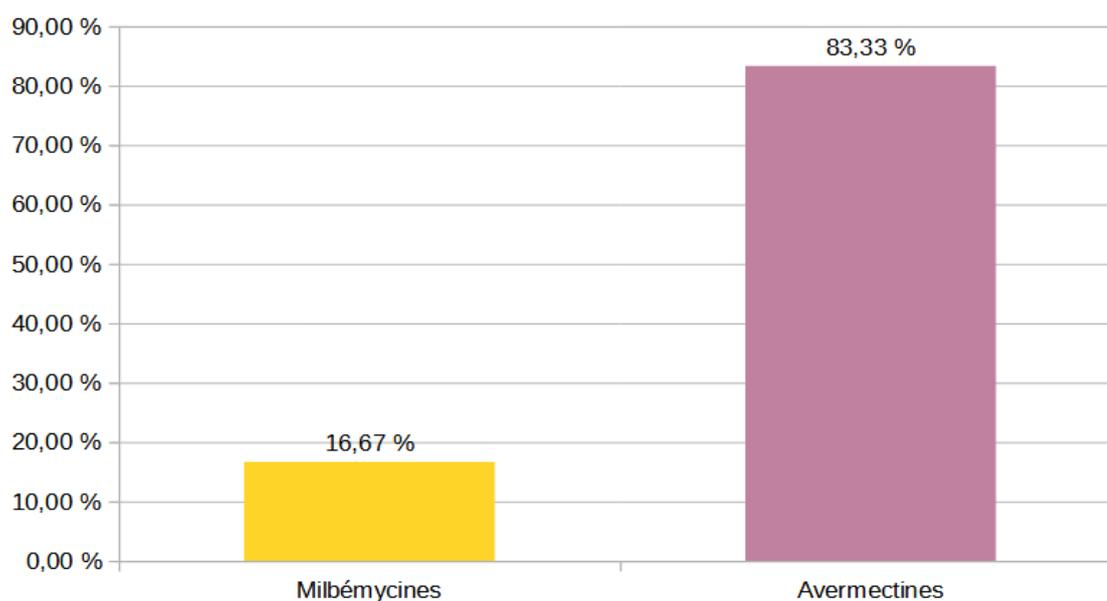
Huit vétérinaires ont fourni une estimation du nombre de traitements anti-parasitaires qu'ils réalisent. En moyenne, les API sont utilisés 4881,37 fois dans l'année. L'oxyclosanide qui est le plus utilisé est employé 7750 fois par an.

3.2.4.3 Endectocides

Questions 17, 18 et 19

Les familles d'endectocides les plus utilisées dans les Grands Causses sont présentées dans la figure 34 ci-dessous.

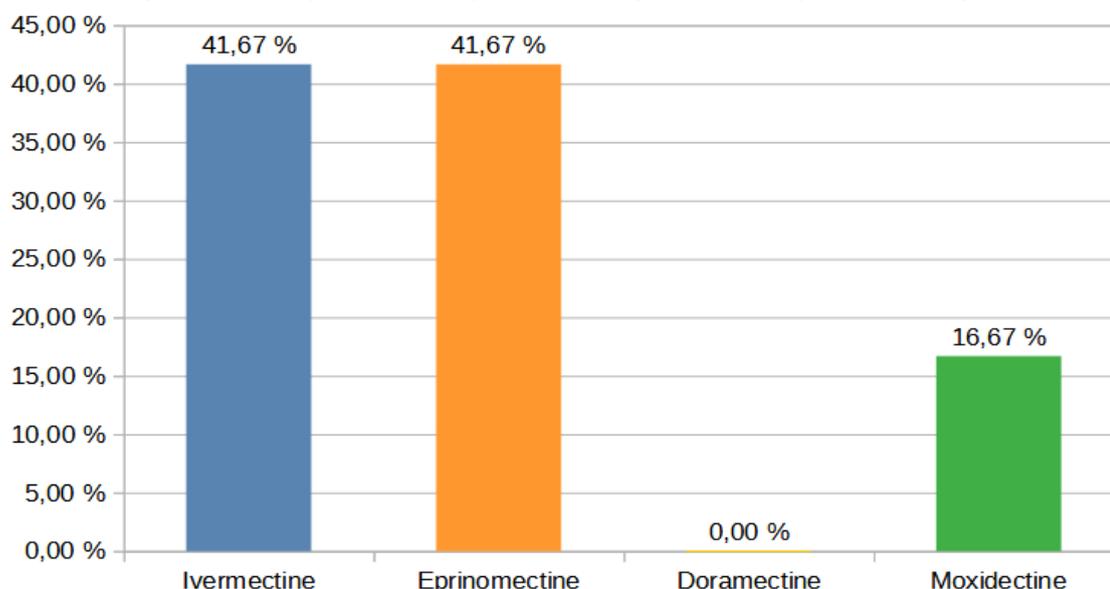
Figure 34 : Familles d'endectocides les plus utilisées par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



La famille d'endectocides citée comme étant la plus utilisée dans les Grands Causses est la famille des avermectines (10/12 soit 83,33 %). La famille des milbémécines est moins représentée (2/12 soit 16,67 %).

La figure 35 présente les endectocides les plus utilisés au sein de ses familles.

Figure 35 : Endectocides les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



Au sein des avermectines, l'ivermectine et l'éprinomectine sont les deux endectocides cités comme étant les plus souvent utilisés dans les Grands Causses (5/12 soit 41,67 % pour les deux) ; la doramectine n'est quant à elle pas utilisée. Pour les milbémécines, la moxidectine est citée comme la plus souvent utilisée dans 16,67 % des cas (2/12).

Le tableau 12 présente le nombre moyen de traitements réalisés chaque année avec ces endectocides par les vétérinaires des Grands Causses ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 12 : Nombre de traitements endectocides minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 8)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Ivermectine (n = 4)	7750	4000	3000	20 000
Éprinomectine (n = 3)	1696,67	50	40	5000
Moxidectine (n = 1)	2000	2000	2000	2000
Tous traitements confondus (n = 8)	4761,25	3000	40	20 000

Sur les douze vétérinaires ayant répondu au questionnaire, huit ont fourni une estimation du nombre d'endectocides qu'ils utilisent. En moyenne, les endectocides sont utilisés 4761,25 fois dans l'année. L'ivermectine est employée 7750 fois et l'éprinomectine 1696,67 fois par an.

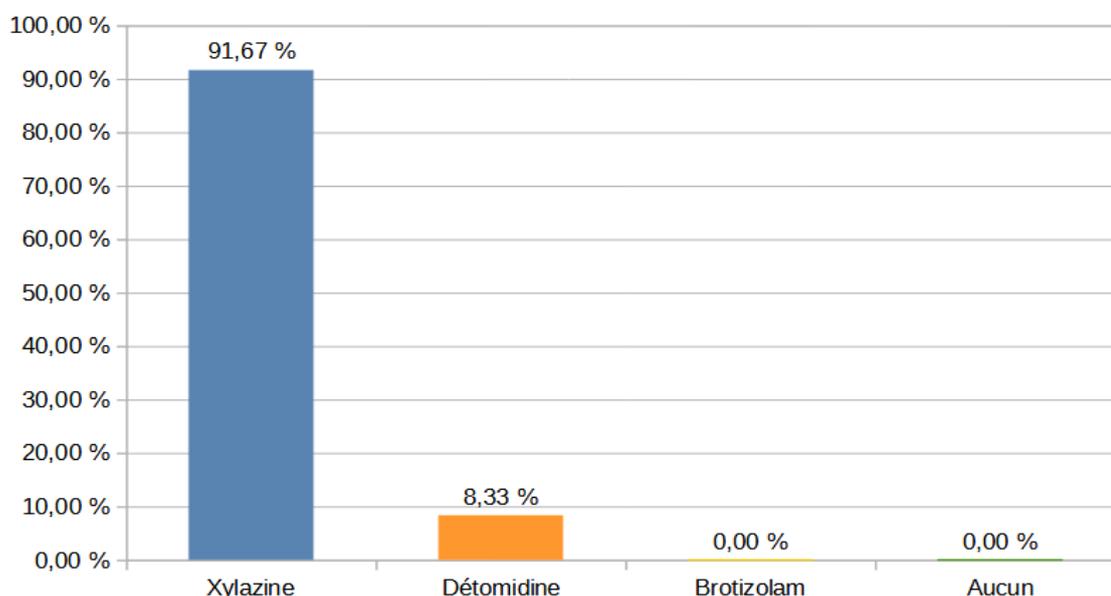
3.2.5. Anesthésiques et sédatifs

3.2.5.1 Sédatifs

Questions 20 et 21

La figure 36 ci-dessous présente les sédatifs les plus utilisés par les vétérinaires de la région des Grands Causses.

Figure 36 : Sédatifs les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



La grande majorité des vétérinaires répondant (11/12 soit 91,67 %) utilisent le plus souvent la xylazine comme sédatif. Un seul vétérinaire (8,33 %) utilise la détomidine.

Le tableau 13 présente le nombre moyen de sédations réalisées chaque année avec ces produits ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 13 : Nombre de traitements sédatifs minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 10)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Xylazine (n = 9)	202,67	65	1	500
Détomidine (n = 1)	10	10	10	10
Tous traitements confondus (n = 10)	183,4	57,5	1	500

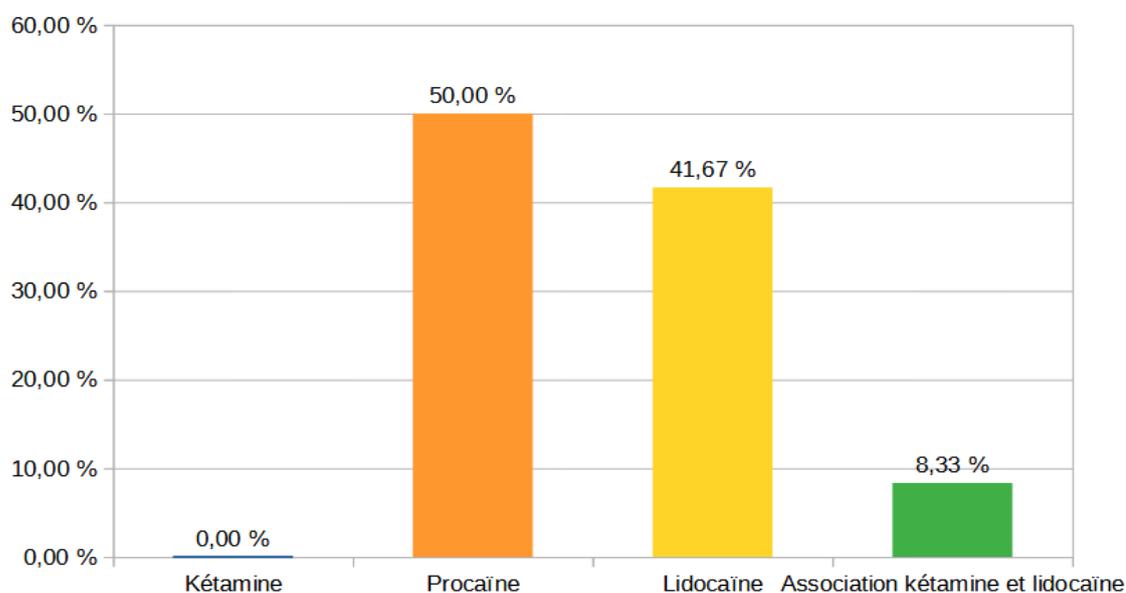
Parmi les répondants, dix vétérinaires ont estimé le nombre de sédations qu'ils réalisent. En moyenne 183,4 sédations sont réalisées chaque année. La xylazine qui est le sédatif le plus utilisé dans la région est employée 202,67 fois par an.

3.2.5.2 Anesthésiques

Questions 22 et 23

La figure 37 ci-dessous présente les anesthésiques les plus utilisés par les vétérinaires de la région des Grands Causses.

Figure 37 : Anesthésiques les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



La moitié des vétérinaires (6/12 soit 50 %) utilisent le plus souvent la procaïne comme anesthésique ; 41,67 % (5/12) utilisent la lidocaïne. Un vétérinaire (8,33 %) indique effectuer systématiquement une association entre kétamine et lidocaïne pour ses anesthésies.

Le tableau 14 présente le nombre moyen d'anesthésies réalisées chaque année avec ces produits par les vétérinaires des Grands Causses ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 14 : Nombre de traitements anesthésiques minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 10)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Procaïne (n = 4)	135	137,5	15	250
Lidocaïne (n = 5)	249	300	25	500
Association kétamine - lidocaïne (n = 1)	5	5	5	5
Tous traitements confondus (n = 10)	179	160	5	500

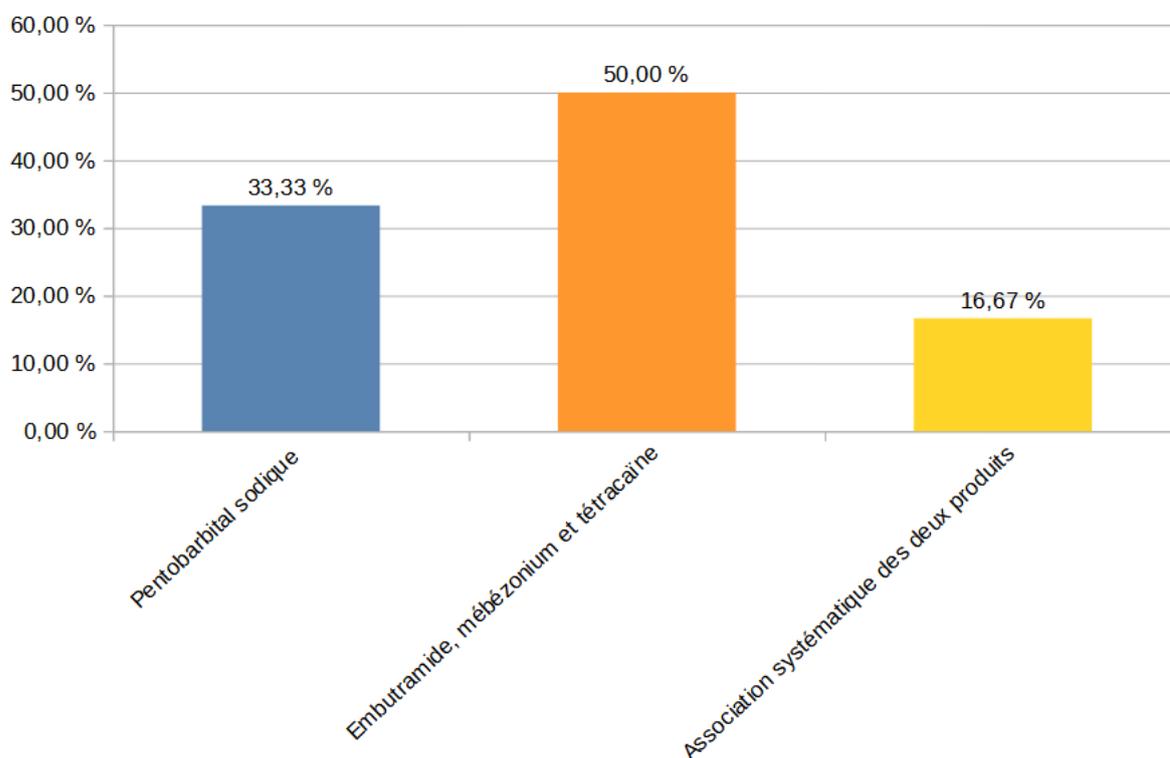
Sur les douze vétérinaires répondants, dix estiment réaliser en moyenne 179 anesthésies. La procaïne est utilisée 135 fois par an et la lidocaïne 249 fois par an dans les Grands Causses.

3.2.6. Euthanasiants

Questions 24 et 25

La figure 38 ci-dessous présente les euthanasiants les plus utilisés par les vétérinaires de la région des Grands Causses.

Figure 38 : Euthanasiants les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Grands Causses (n = 12)



La moitié des vétérinaires des Grands Causses (6/12 soit 50 %) utilisent fréquemment l'association embutramide, mébézonium et tétracaïne (T61®) pour réaliser leurs euthanasies. Un tiers (3/12 soit 33,33 %) utilisent plus souvent le pentobarbital sodique. Enfin, une petite proportion (2/12 soit 16,67 %) réalisent systématiquement une association de ces deux produits pour leurs euthanasies.

Le tableau 15 présente le nombre moyen d'euthanasies réalisées chaque année avec ces produits par les vétérinaires des Grands Causses ainsi que le plus petit et le plus grand nombre d'euthanasies effectuées par an.

Tableau 15 : Nombre d'euthanasies minimum, maximum réalisées par an, moyenne et médiane dans les Grands Causses (n = 10)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Embutramide, mébézonium et tétracaïne (n = 5)	60,8	20	1	250
Pentobarbital sodique (n = 4)	202,5	200	10	400
Association des deux (n = 1)	200	200	200	200
Tous traitements confondus (n = 10)	131,4	65	1	400

En moyenne, les vétérinaires effectuent 131,4 euthanasies par an. Le pentobarbital sodique est utilisé en moyenne 202,5 par an pour réaliser les euthanasies contre 60,8 fois pour l'association embutramide, mébézonium et tétracaïne. Une association des deux produits est effectuée pour 200 euthanasies en moyenne.

3.3. Les Gorges du Verdon

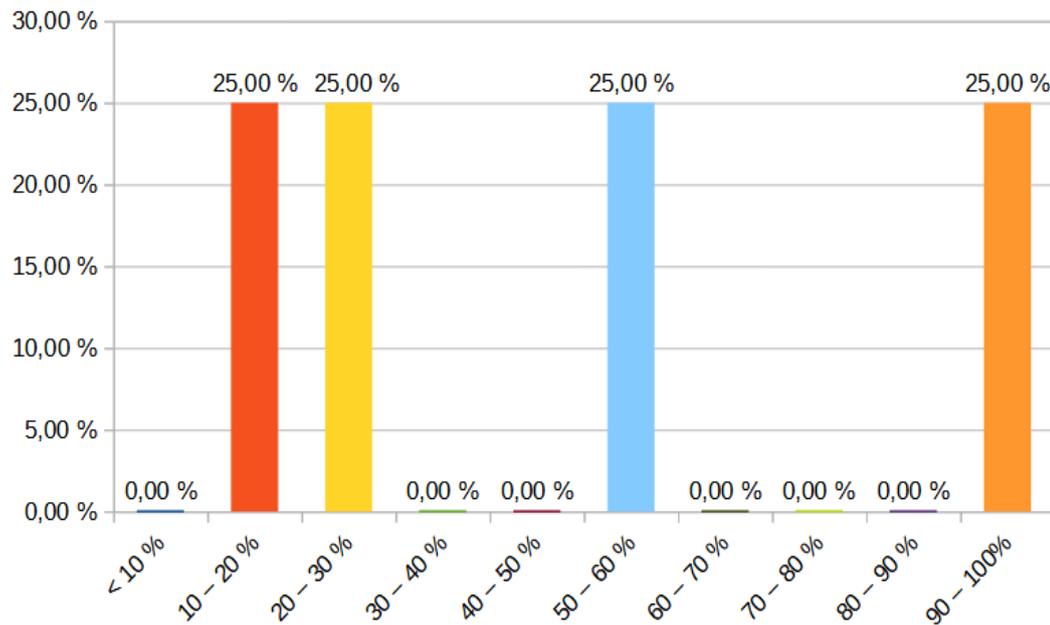
3.3.1. Caractéristiques de l'activité

3.3.1.1 Proportion de rurale

Question 26

La figure 39 ci-dessous présente la proportion d'activité rurale exercée par les vétérinaires répondant pour la région des Gorges du Verdon.

Figure 39 : Proportion d'activité rurale chez les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



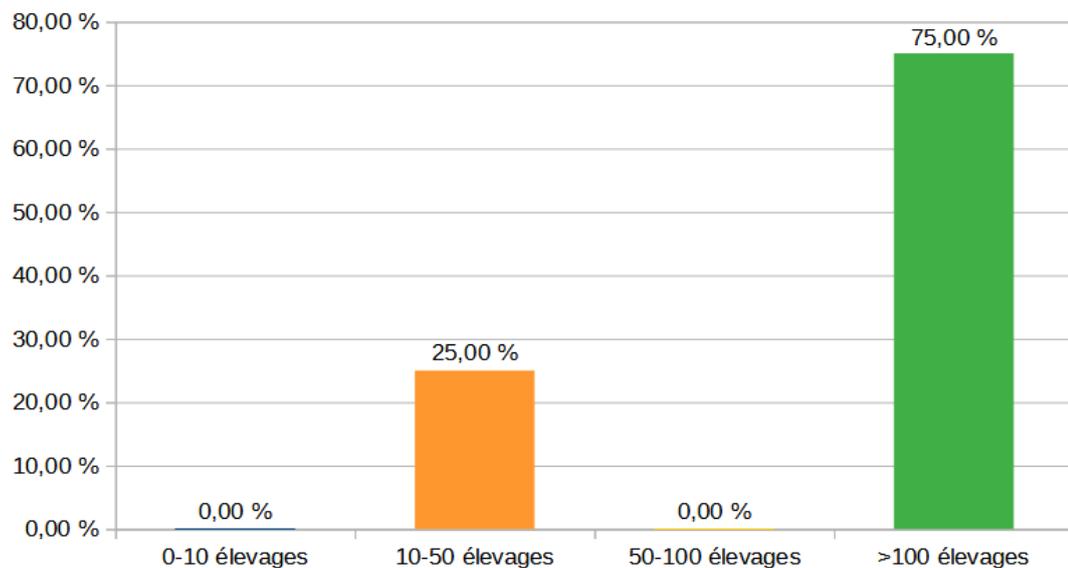
La moitié des vétérinaires exerce à plus de 50 % en rurale, dont un (1/4 soit 25 %) entre 90 et 100 %. L'autre moitié exerce minoritairement en rurale avec un vétérinaire à 10 – 20 % et l'autre à 20 – 30 %.

3.3.1.2 Nombre d'élevages et de ruminants suivis

Questions 27 et 28

La figure 40 ci-dessous présente une estimation du nombre d'élevages suivis par les vétérinaires ayant répondu pour les Gorges du Verdon.

Figure 40 : Nombre d'élevages suivis par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



La majorité des vétérinaires répondant (3/4 soit 75 %) suit plus de 100 élevages dans leur clientèle. Un vétérinaire (1/4 soit 25 %) suit entre 10 et 50 élevages.

Le tableau 16 ci-dessous présente le nombre moyen d'animaux de rente suivis par les vétérinaires des Gorges du Verdon. Il présente également, le plus petit et le plus grand nombre d'animaux suivis.

Tableau 16 : Nombre d'animaux de rente minimum, maximum suivis par les vétérinaires, moyenne et médiane dans les Gorges du Verdon (n = 3)

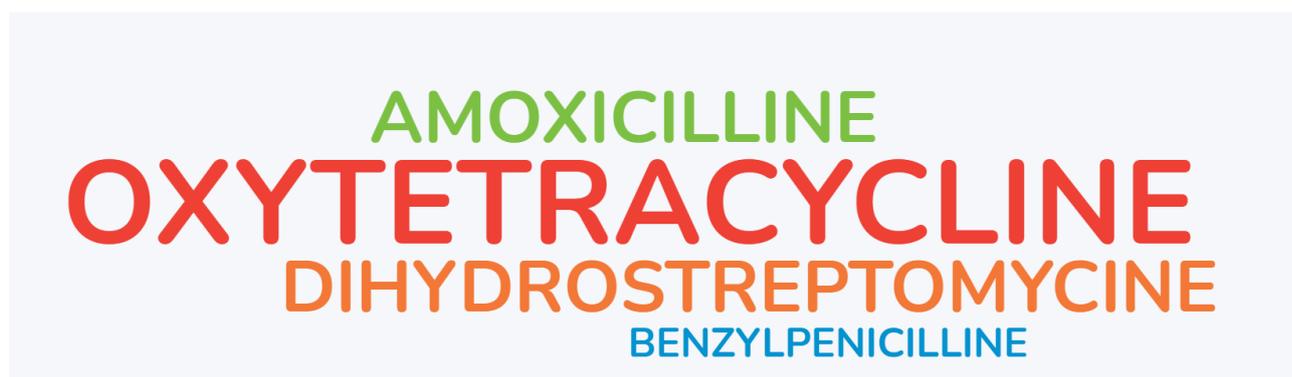
	Moyenne du nombre d'animaux	Médiane du nombre d'animaux	Plus petit nombre d'animaux	Plus grand nombre d'animaux
Bovins	2000	2000	2000	2000
Ovins et caprins	10 000	10 000	10 000	10 000
Espèces non détaillées	38 500	38 500	10 000	67 000
Total toutes espèces confondues	22 250	10 000	2000	67 000

3.3.2. Antibiotiques

Questions 29, 30 et 31

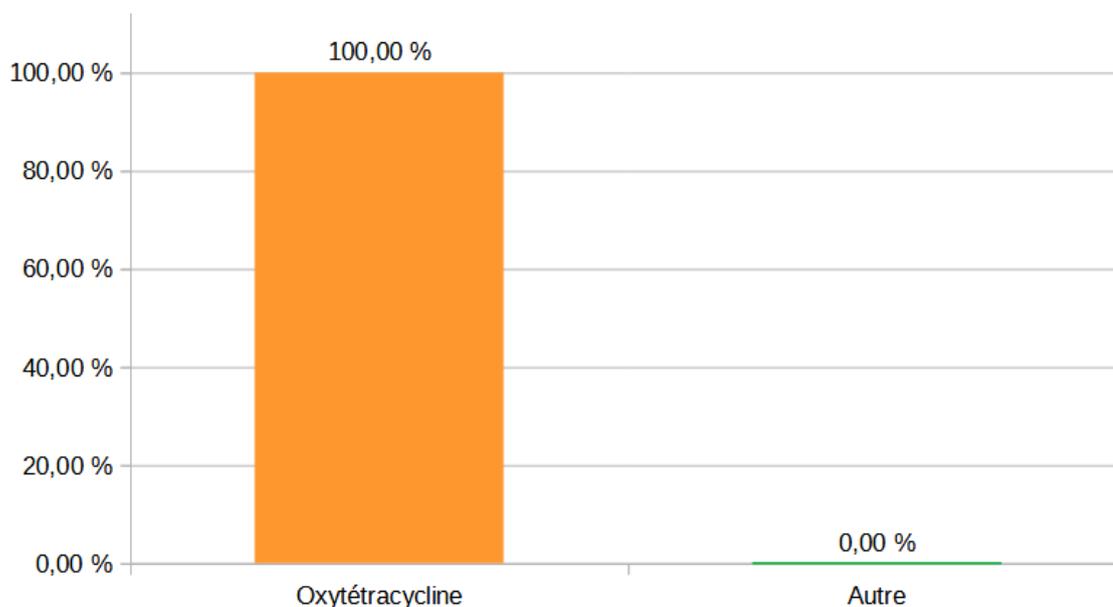
La figure 41 ci-dessous présente les antibiotiques que les vétérinaires de la région des Gorges du Verdon indiquent utiliser dans leur pratique. À nouveau, l'occurrence de chaque traitement est donnée par la taille de la police : plus un antibiotique a été cité comme étant parmi les trois plus utilisés par les vétérinaires, plus la taille de la police est importante.

Figure 41 : Présentation des antibiotiques couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



Parmi ces antibiotiques cités, l'oxytétracycline est mentionnée comme étant celui le plus souvent utilisé par la totalité des vétérinaires (4/4 soit 100 %) ayant répondu au questionnaire pour les Gorges du Verdon (figure 42).

Figure 42 : Antibiotiques les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



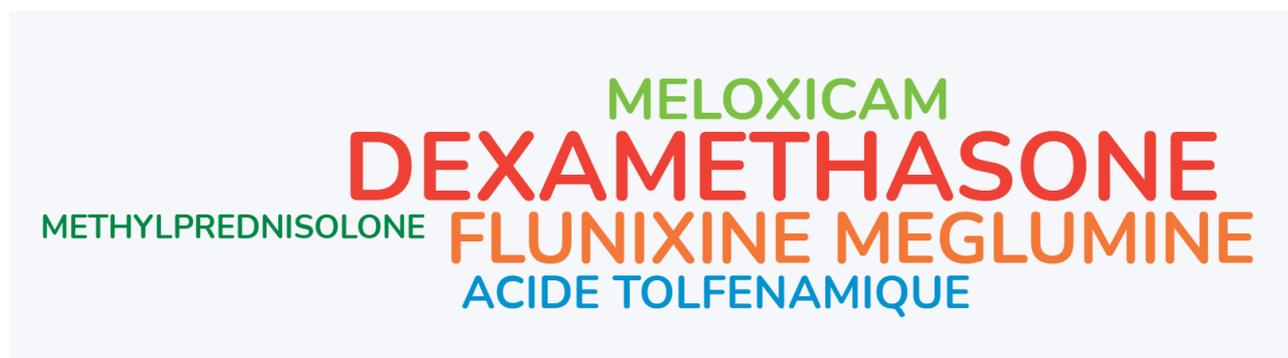
Parmi les quatre vétérinaires ayant répondu pour les Gorges du Verdon, aucun n'a fourni d'estimation du nombre de traitements antibiotiques réalisés chaque année. Nous ne pouvons donc pas réaliser d'estimation de la moyenne et du nombre maximum et minimum de traitements effectués.

3.3.3. Anti-inflammatoires

Questions 32, 33 et 34

La figure 43 ci-dessous présente les anti-inflammatoires que les vétérinaires des Gorges du Verdon indiquent utiliser dans leur pratique.

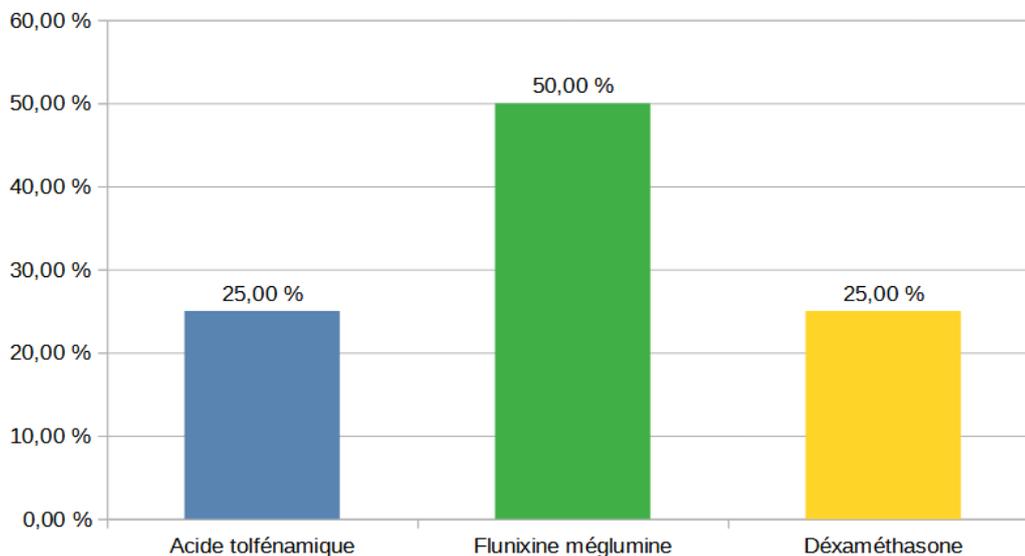
Figure 43 : Présentation des anti-inflammatoires couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



Bien que la dexaméthasone soit souvent mentionnée par les vétérinaires parmi les traitements anti-inflammatoires fréquemment mis en œuvre, elle n'est ensuite sélectionnée comme étant la plus utilisée que par un seul vétérinaire (1/4 soit 25 %). En effet, il s'avère que pour la

moitié des vétérinaires répondants (2/4 soit 50 %) la flunixinine méglumine est l'anti-inflammatoire cité comme étant le plus souvent utilisé. L'acide tolfénamique est également mentionné comme le plus utilisé par un seul vétérinaire (1/4 soit 25 %) (figure 44).

Figure 44 : Anti-inflammatoires les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



Aucun vétérinaire répondant n'a fourni d'estimation du nombre de traitements anti-inflammatoires réalisés chaque année. Nous ne pouvons donc pas réaliser d'estimation de la moyenne et du nombre maximum et minimum de traitements effectués.

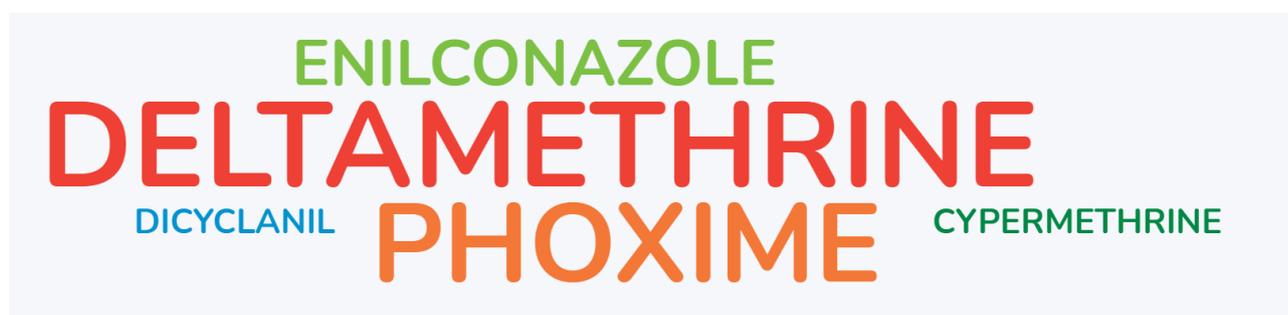
3.3.4. Anti-parasitaires

3.3.4.1 Anti-parasitaires externes

Questions 35, 36 et 37

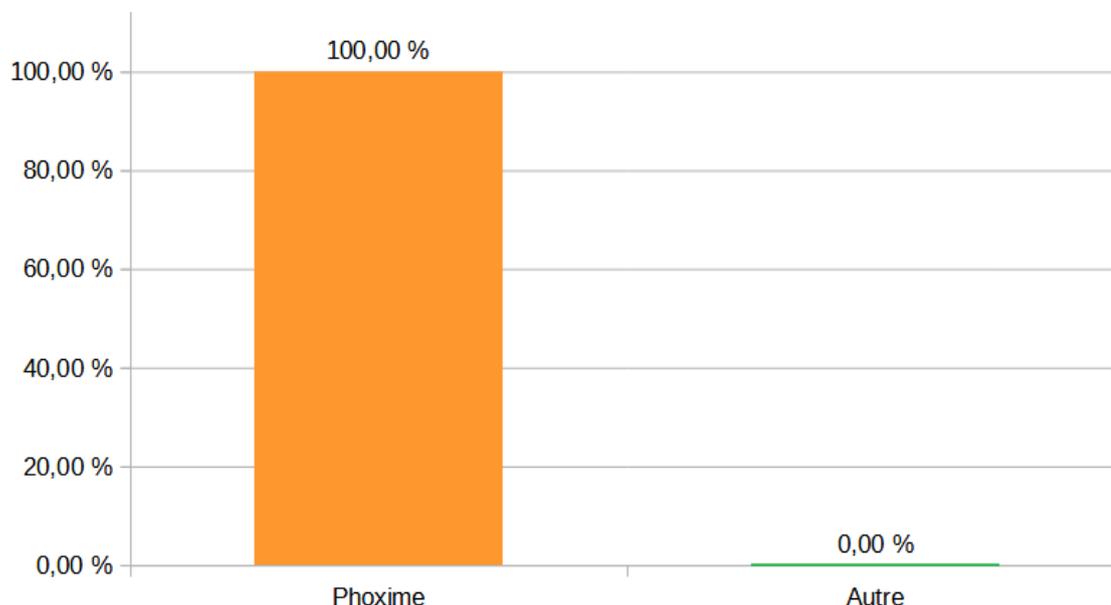
La figure 45 présente les anti-parasitaires externes que les vétérinaires des Gorges du Verdon indiquent utiliser dans leur pratique.

Figure 45 : Présentation des anti-parasitaires externes couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



Parmi ces APE, le phoxime est mentionné comme étant celui le plus souvent utilisé par la totalité des vétérinaires (4/4 soit 100 %) ayant répondu au questionnaire pour les Gorges du Verdon (figure 46).

Figure 46 : Anti-parasitaires externes les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



Aucun vétérinaire répondant n'a fourni d'estimation du nombre de traitements APE réalisés chaque année. Nous ne pouvons donc pas réaliser d'estimation de la moyenne et du nombre maximum et minimum de traitements effectués.

3.3.4.2 Anti-parasitaires internes

Questions 38, 39 et 40

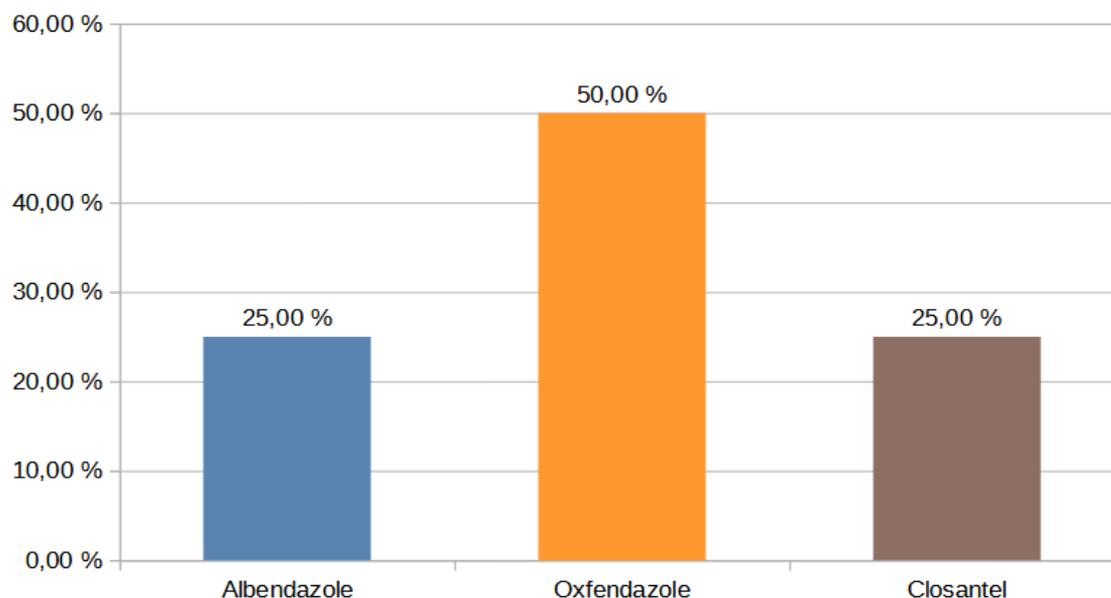
La figure 47 présente les anti-parasitaires internes que les vétérinaires des Gorges du Verdon indiquent utiliser dans leur pratique.

Figure 47 : Présentation des anti-parasitaires internes couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



Même si l'albendazole apparaît comme étant l'API le plus souvent mentionné parmi les traitements mis en œuvre, il n'est pas le plus sélectionné comme étant le plus utilisé (1/4 soit 25 %). En effet, parmi tous ces API, l'oxfendazole semble être le plus souvent utilisé dans la moitié des cas (2/4 soit 50 %). Un autre API est également principalement utilisé en plus des deux précédents : le closantel (1/4 soit 25 %) (figure 48).

Figure 48 : Anti-parasitaires internes les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



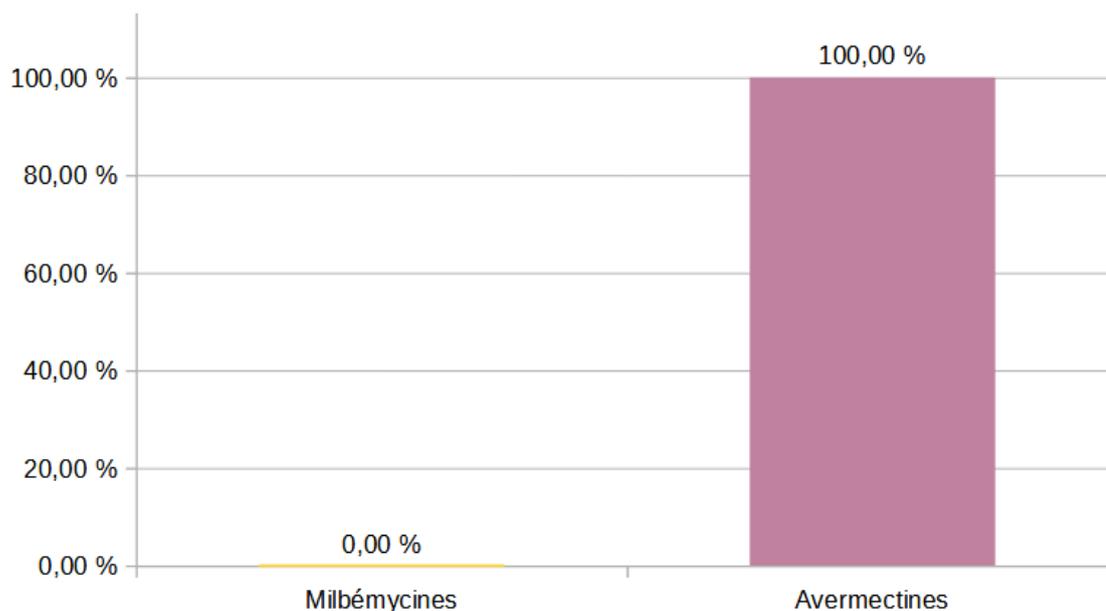
À nouveau, aucune estimation n'a été fournie par les vétérinaires ayant répondu. Nous ne pouvons donc pas réaliser d'estimation de la moyenne et du nombre maximum et minimum de traitements effectués.

3.3.4.3 Endectocides

Questions 41, 42 et 43

Les familles d'endectocides les plus utilisées dans les Gorges du Verdon sont présentées dans la figure 49 ci-dessous.

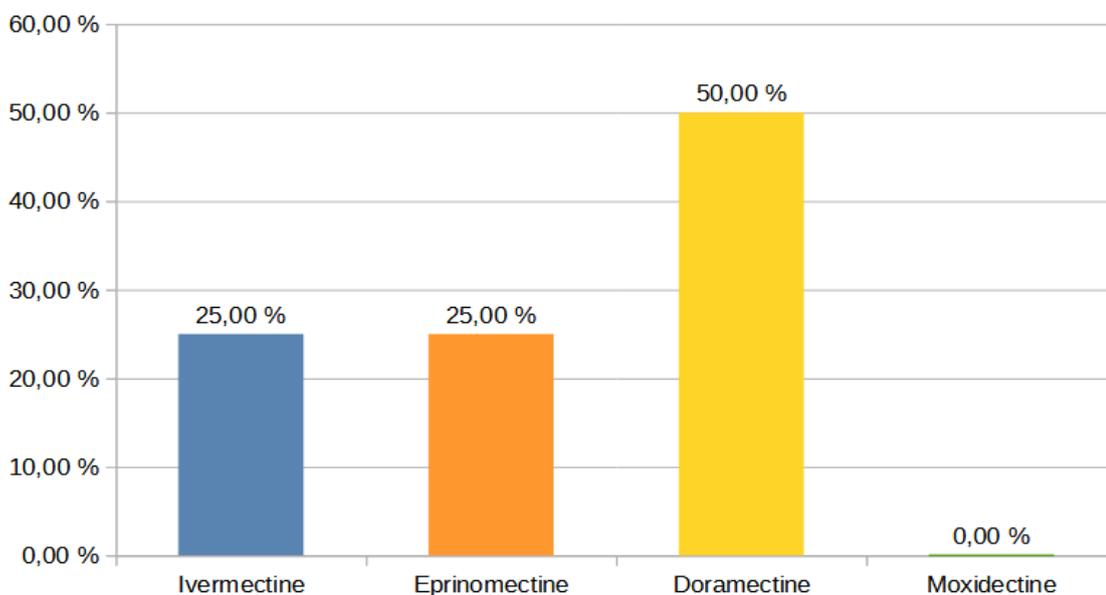
Figure 49 : Familles d'endectocides les plus utilisées par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



Dans les Gorges du Verdon, seule la famille des avermectines est utilisée (4/4 soit 100 %), les milbémycines ne sont pas employées.

La figure 50 présente les endectocides les plus utilisés au sein de cette famille.

Figure 50 : Endectocides les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



Au sein des avermectines, la doramectine est l'endectocide le plus souvent utilisé (2/4 soit 50 %) dans les Gorges du Verdon ; l'ivermectine (1/4 soit 25 %) et l'éprinomectine (1/4 soit 25 %) sont également assez souvent utilisées.

Aucun vétérinaire répondant n'a fourni d'estimation de la fréquence d'utilisation de ces endectocides. Nous ne pouvons donc pas réaliser d'estimation de la moyenne et du nombre maximum et minimum de traitements effectués.

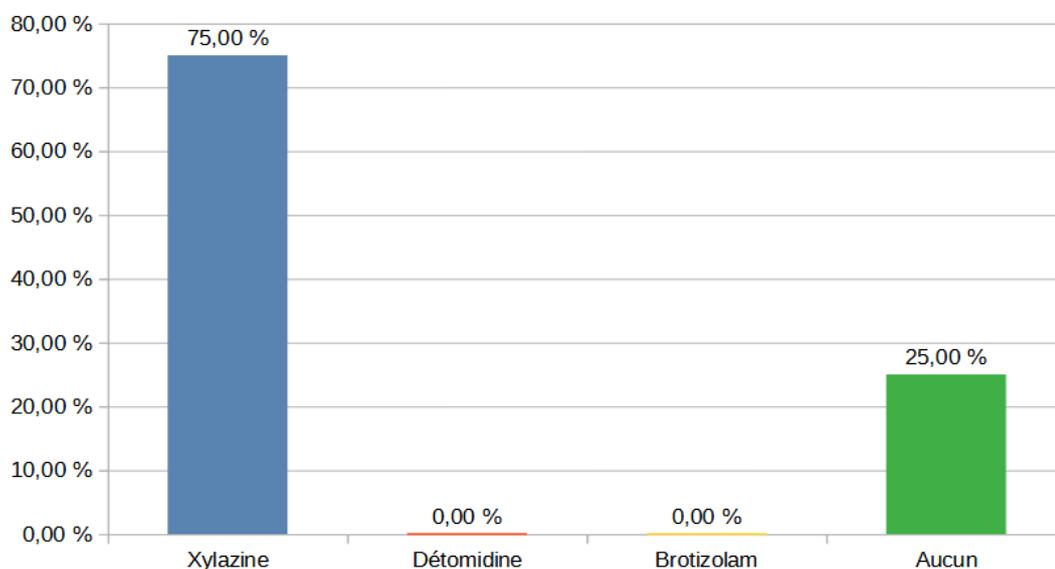
3.3.5. Anesthésiques et sédatifs

3.3.5.1 Sédatifs

Questions 44 et 45

La figure 51 ci-dessous présente les sédatifs les plus utilisés par les vétérinaires de la région des Gorges du Verdon.

Figure 51 : Sédatifs les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



La grande majorité des vétérinaires ayant répondu (3/4 soit 75 %) utilisent le plus souvent la xylazine comme sédatif. Un vétérinaire (1/4 soit 25 %) ne réalise aucune sédation.

Le tableau 17 présente le nombre moyen de sédations réalisées chaque année avec ces produits par les vétérinaires des Gorges du Verdon ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 17 : Nombre de traitements sédatifs minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Gorges du Verdon (n = 2)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Xylazine (n = 1)	10	10	10	10
Aucun traitement (n = 1)	0	0	0	0
Tous traitements confondus (n = 2)	5	5	0	10

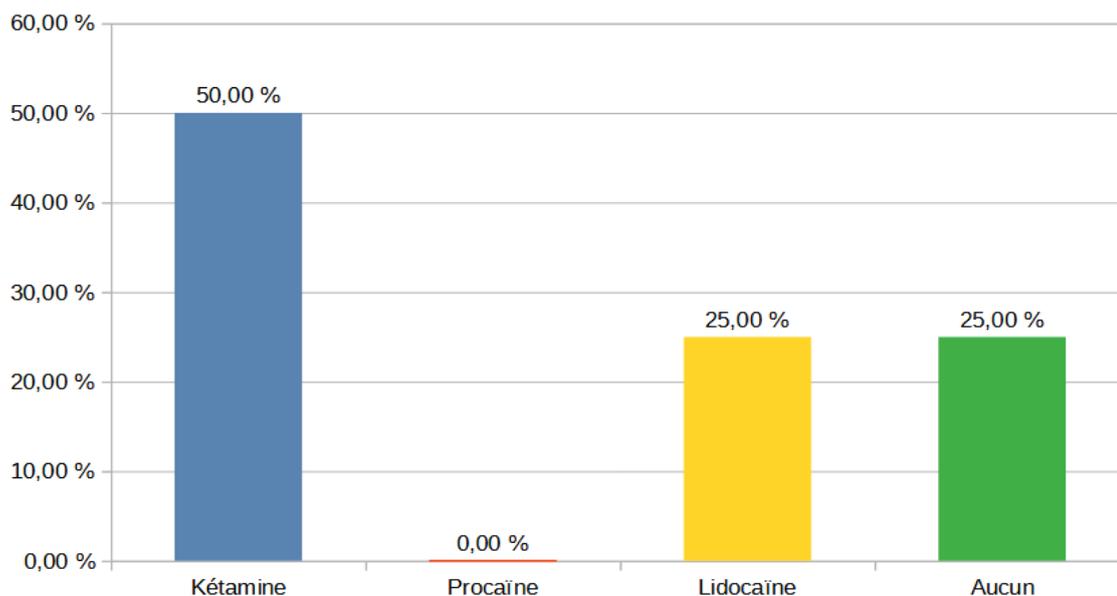
Un seul vétérinaire a fourni une estimation du nombre de sédations à la xylazine qu'il réalise, ainsi la xylazine est utilisée dix fois par an.

3.3.5.2 Anesthésiques

Questions 46 et 47

La figure 52 ci-dessous présente les anesthésiques les plus utilisés par les vétérinaires de la région des Gorges du Verdon.

Figure 52 : Anesthésiques les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



La moitié des vétérinaires (2/4 soit 50 %) utilise le plus souvent la kétamine pour la réalisation des anesthésies. Un quart (1/4 soit 25 %) utilise plus souvent la lidocaïne et un vétérinaire (1/4 soit 25 %) ne réalise aucune anesthésie.

Le tableau 18 présente le nombre moyen d'anesthésies réalisées chaque année avec ces produits par les vétérinaires des Gorges du Verdon ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 18 : Nombre de traitements anesthésiques minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Gorges du Verdon (n = 2)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Kétamine (n = 1)	10	10	10	10
Aucun traitement (n = 1)	0	0	0	0
Tous traitements confondus (n = 2)	5	5	0	10

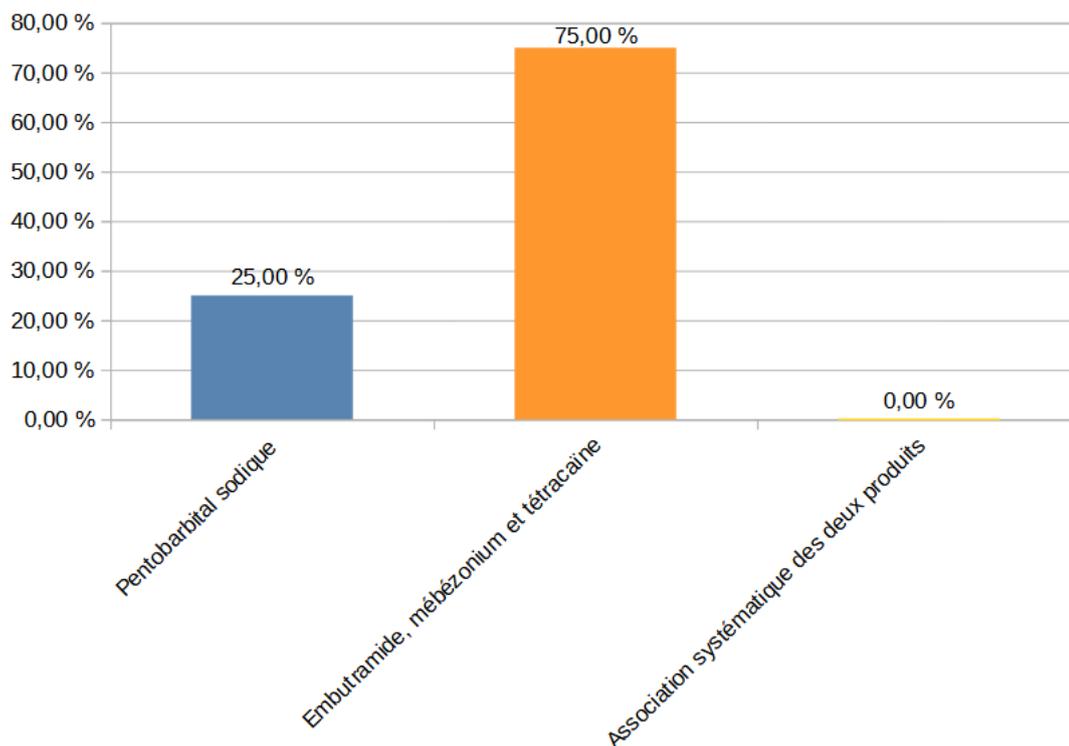
Un seul vétérinaire a fourni une estimation du nombre d'anesthésie qu'il réalise, ainsi la kétamine est utilisée dix fois par an.

3.3.6. Euthanasiants

Questions 48 et 49

La figure 53 ci-dessous présente les euthanasiants les plus utilisés par les vétérinaires des Gorges du Verdon.

Figure 53 : Euthanasiants les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Gorges du Verdon (n = 4)



La majorité des vétérinaires des Gorges du Verdon (3/4 soit 75 %) utilise le plus souvent l'association embutramide, mébézonium et tétracaïne (T61®) pour les euthanasies. Un vétérinaire (1/4 soit 25 %) utilise le pentobarbital sodique. Aucune association des deux produits n'est réalisée.

Le tableau 19 présente le nombre moyen d'euthanasies réalisées chaque année avec l'association embutramide, mébézonium et tétracaïne par les vétérinaires des Gorges du Verdon ainsi que le plus petit et le plus grand nombre d'euthanasies effectuées par an.

Tableau 19 : Nombre d'euthanasies minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Gorges du Verdon (n = 1)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Embutramide, mébézonium et tétracaïne (n = 1)	10	10	10	10

Un seul vétérinaire a fourni une estimation du nombre d'euthanasies qu'il réalise, ainsi l'association embutramide, mébézonium et tétracaïne (T61®) est utilisée dix fois par an.

3.4. Les Baronnies Provençales

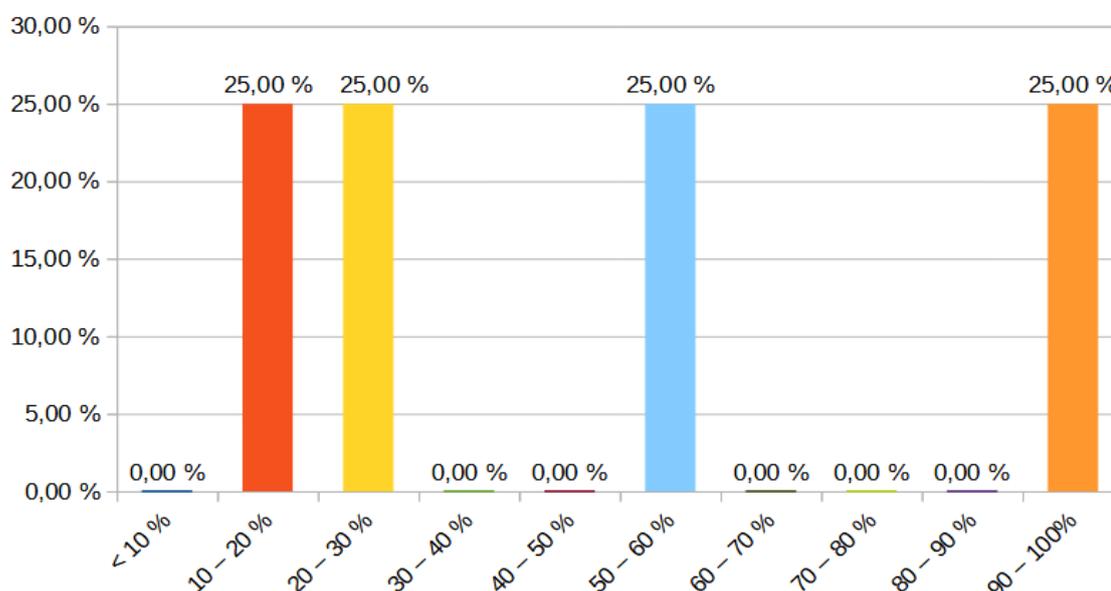
3.4.1. Caractéristiques de l'activité

3.4.1.1 Proportion de rurale

Question 50

La figure 54 ci-dessous présente la proportion d'activité rurale exercée par les vétérinaires répondant pour la région des Baronnies Provençales.

Figure 54 : Proportion d'activité rurale chez les vétérinaires exerçant dans les Baronnies Provençales (n = 4)



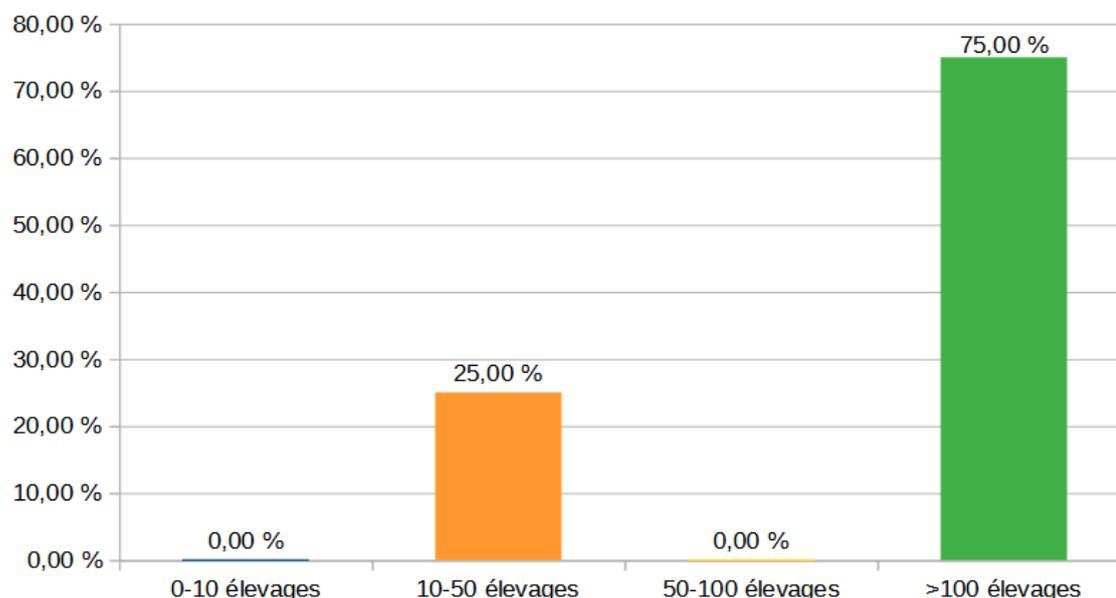
La répartition est la même que celle observée dans les Gorges du Verdon. Une moitié des vétérinaires répondant exerce majoritairement en rurale et l'autre moitié pratique moins de 50 % de rurale dans son activité quotidienne.

3.4.1.2 Nombre d'élevages et de ruminants suivis

Questions 51 et 52

La figure 55 présente une estimation du nombre d'élevages suivis par les vétérinaires ayant répondu pour les Baronniees.

Figure 55 : Nombre d'élevages suivis par les vétérinaires exerçant dans les Baronniees Provençales (n = 4)



Trois quart des vétérinaires ayant répondu (3/4 soit 75 %) ont plus de 100 élevages de ruminants dans leur clientèle. Un vétérinaire (1/4 soit 25 %) suit entre 10 et 50 élevages.

Le tableau 20 ci-dessous présente le nombre moyen d'animaux de rente suivis par les vétérinaires des Baronniees Provençales. Il présente également, le plus petit et le plus grand nombre d'animaux suivis. Aucun détail n'a été donné concernant les espèces suivies.

Tableau 20 : Nombre d'animaux de rente minimum, maximum suivis par les vétérinaires, moyenne et médiane dans les Baronniees Provençales (n = 4)

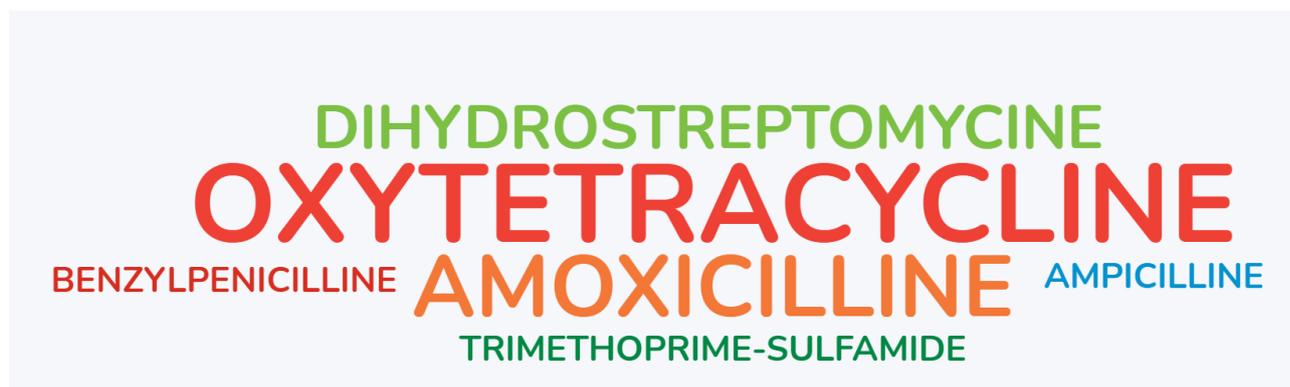
	Moyenne du nombre d'animaux	Médiane du nombre d'animaux	Plus petit nombre d'animaux	Plus grand nombre d'animaux
Total toutes espèces confondues	21 625	7500	4500	67 000

3.4.2. Antibiotiques

Questions 53, 54 et 55

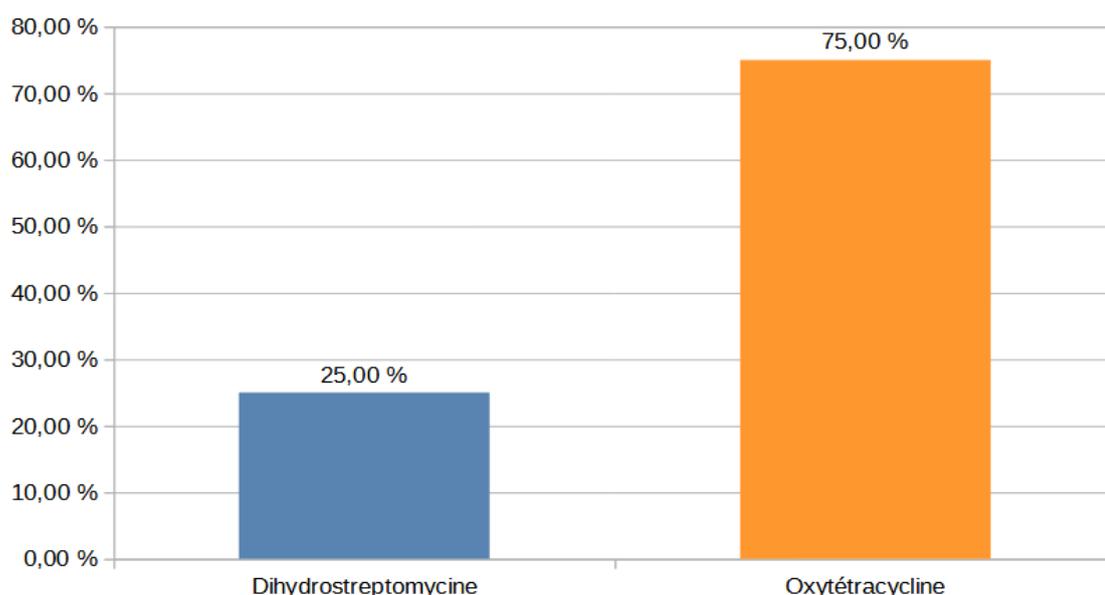
La figure 56 présente les antibiotiques que les vétérinaires des Baronnies indiquent utiliser dans leur pratique. L'occurrence de chaque antibiotique est donnée par la taille de la police : plus un antibiotique a été cité comme étant parmi les trois plus utilisés par les vétérinaires, plus la taille de la police est importante.

Figure 56 : Présentation des antibiotiques couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Baronnies Provençales (n = 4)



Dans cette région, parmi ces antibiotiques sélectionnés, l'oxytétracycline est citée comme étant l'antibiotique le plus souvent utilisé par la majorité des vétérinaires répondant (3/4 soit 75 %). La dihydrostreptomycine (1/4 soit 25 %) est également citée (figure 57).

Figure 57 : Antibiotiques les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnies Provençales (n = 4)



Le tableau 21 présente le nombre moyen de traitements réalisés chaque année avec ces antibiotiques par les vétérinaires des Baronnies ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 21 : Nombre de traitements antibiotiques minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnies Provençales (n = 2)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Oxytétracycline (n = 1)	25	25	25	25
Dihydrostreptomycine (n = 1)	9000	9000	9000	9000
Tous traitements confondus (n = 2)	4512,5	4512,5	25	9000

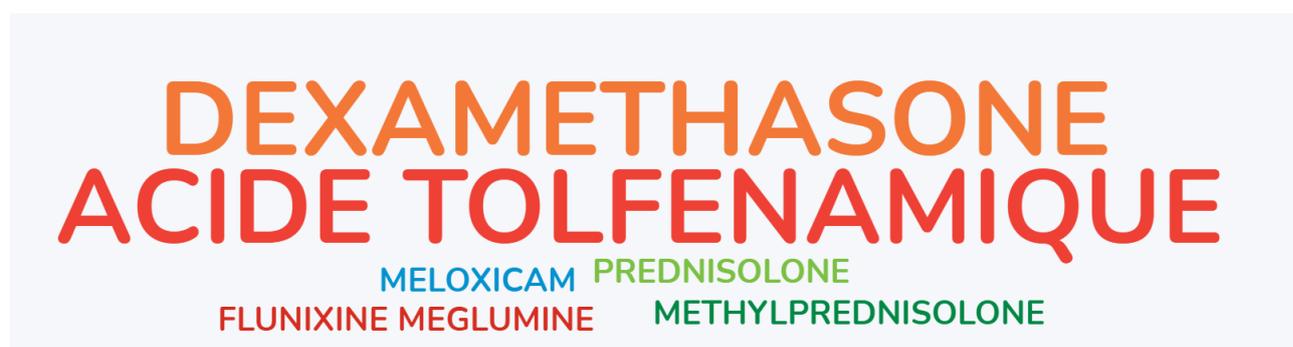
Parmi les quatre vétérinaires répondants, deux ont fourni une estimation du nombre de traitements antibiotiques réalisés. En moyenne, 4512,5 traitements antibiotiques sont réalisés chaque année dans les Baronnies par ces vétérinaires. L'oxytétracycline est utilisée 25 fois par an, et la dihydrostreptomycine 9000 fois par an.

3.4.3. Anti-inflammatoires

Questions 56, 57 et 58

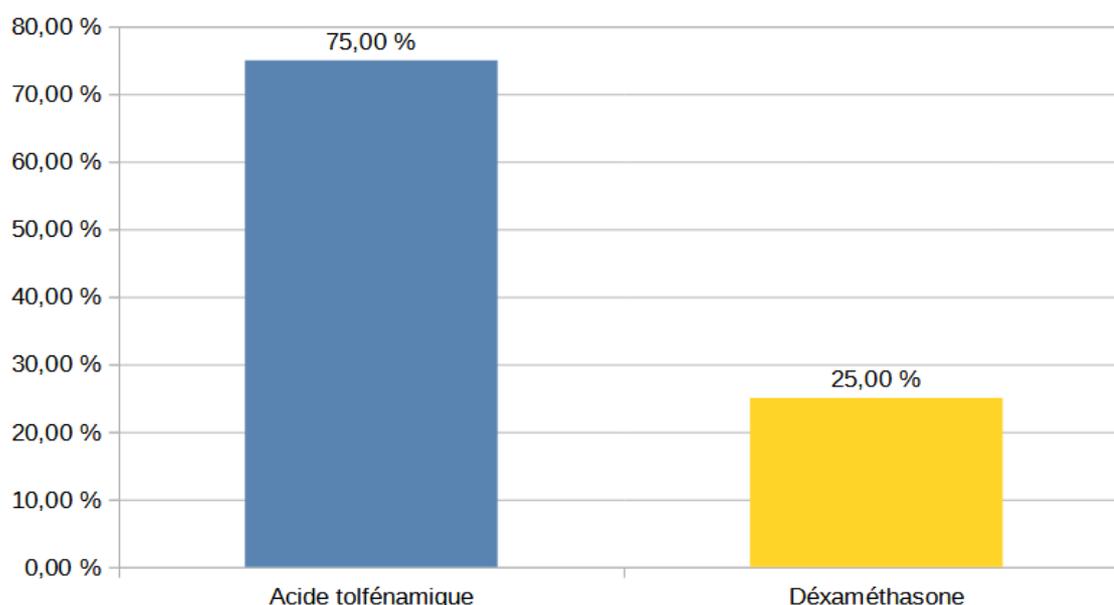
La figure 58 présente les anti-inflammatoires que les vétérinaires des Baronnies indiquent utiliser dans leur pratique.

Figure 58 : Présentation des anti-inflammatoires couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Baronnies Provençales (n = 4)



Parmi ceux-ci, l'anti-inflammatoire mentionné comme étant le plus souvent utilisé est l'acide tolfénamique (3/4 soit 75 %). Un vétérinaire utilise également le plus fréquemment la dexaméthasone (1/4 soit 25 %) (figure 59).

Figure 59 : Anti-inflammatoires les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4)



Le tableau 22 présente le nombre moyen de traitements réalisés chaque année avec l'acide tolfénamique par les vétérinaires des Baronnie ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 22 : Nombre de traitements à base d'acide tolfénamique minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 2)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Acide tolfénamique (n = 2)	2262,50	2262,50	25	4500

Seuls deux vétérinaires sur les quatre ayant répondu au questionnaire ont fourni une approximation du nombre de traitements anti-inflammatoires qu'ils réalisent chaque année. En moyenne, l'acide tolfénamique est utilisé 2262,5 fois par an.

3.4.4. Anti-parasitaires

3.4.4.1 Anti-parasitaires externes

Questions 59, 60 et 61

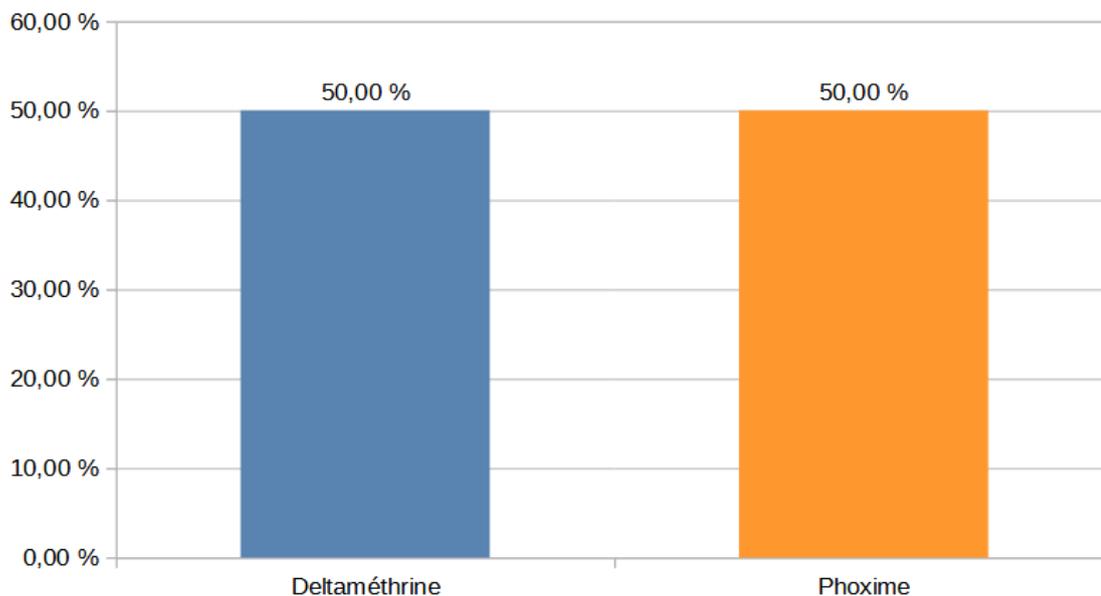
La figure 60 présente les anti-parasitaires externes que les vétérinaires des Baronnie indiquent utiliser dans leur pratique.

Figure 60 : Présentation des anti-parasitaires externes couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Baronnies Provençales (n = 4)



La deltaméthrine (2/4 soit 50 %) et le phoxime (2/4 soit 50 %) sont les deux APE mentionnés comme étant les plus souvent utilisés dans cette région (figure 61).

Figure 61 : Anti-parasitaires externes les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnies Provençales (n = 4)



Le tableau 23 présente le nombre moyen de traitements réalisés chaque année avec la deltaméthrine par les vétérinaires des Baronnies ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 23 : Nombre de traitements à base de deltaméthrine minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnies Provençales (n = 1)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Deltaméthrine (n = 1)	5	5	5	5

Le vétérinaire ayant fourni une estimation du nombre de traitements APE qu'il effectue, réalise cinq traitements à base de deltaméthrine par an.

3.4.4.2 Anti-parasitaires internes

Questions 62, 63, 64

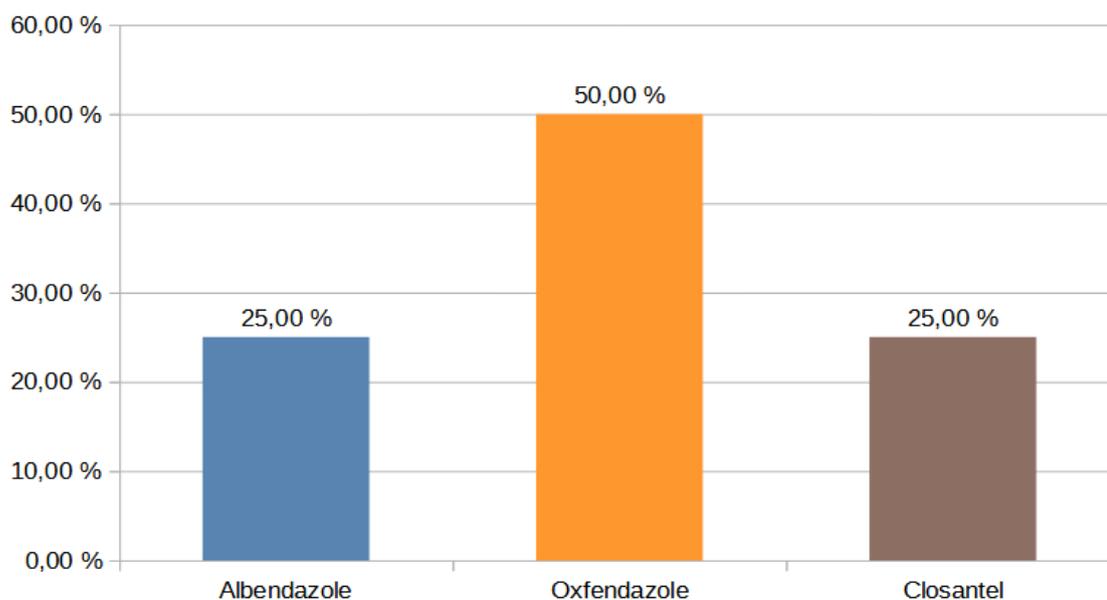
La figure 62 présente les anti-parasitaires internes que les vétérinaires des Baronnies indiquent utiliser dans leur pratique.

Figure 62 : Présentation des anti-parasitaires internes couramment mis en œuvre par les vétérinaires exerçant dans les Baronnies Provençales (n = 4)



Bien que l'albendazole apparaisse comme étant l'API le plus souvent mentionné parmi les traitements mis en œuvre, il n'est pas le plus sélectionné comme étant le plus souvent utilisé (1/4 soit 25 %). En effet, parmi tous ces API, l'oxfendazole semble être le plus souvent utilisé dans la moitié des cas (2/4 soit 50 %). Un API est également principalement utilisé en plus des deux précédents : le closantel (1/4 soit 25 %) (figure 63).

Figure 63 : Anti-parasitaires internes les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnies Provençales (n = 4)



Le tableau 24 présente le nombre moyen de traitements réalisés chaque année avec ces API par les vétérinaires ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 24 : Nombre de traitements anti-parasitaires internes minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnies Provençales (n = 2)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Oxfendazole (n = 1)	1,5	1,5	1,5	1,5
Albendazole (n = 1)	2	2	2	2
Tous traitements confondus (n = 2)	1,75	1,75	1,5	2

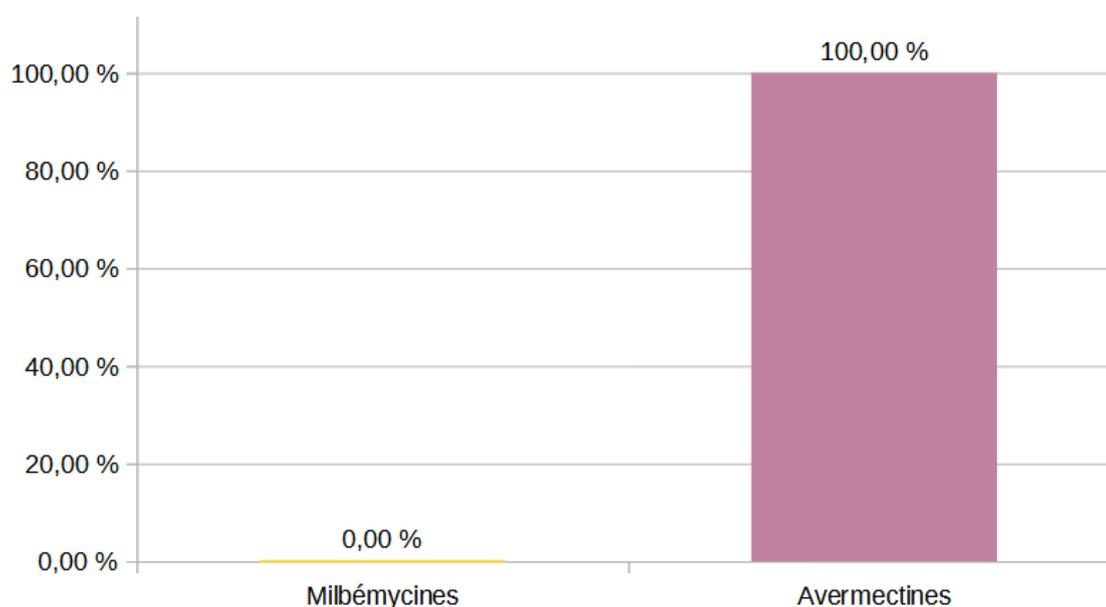
Parmi les quatre vétérinaires répondants pour les Baronnies, deux ont fourni une estimation du nombre de traitements API qu'ils réalisent. Ainsi, en moyenne 1,75 traitements sont réalisés chaque année.

3.4.4.3 Endectocides

Questions 65, 66 et 67

Les familles d'endectocides les plus utilisées dans les Baronnies Provençales sont présentées dans la figure 64 ci-dessous.

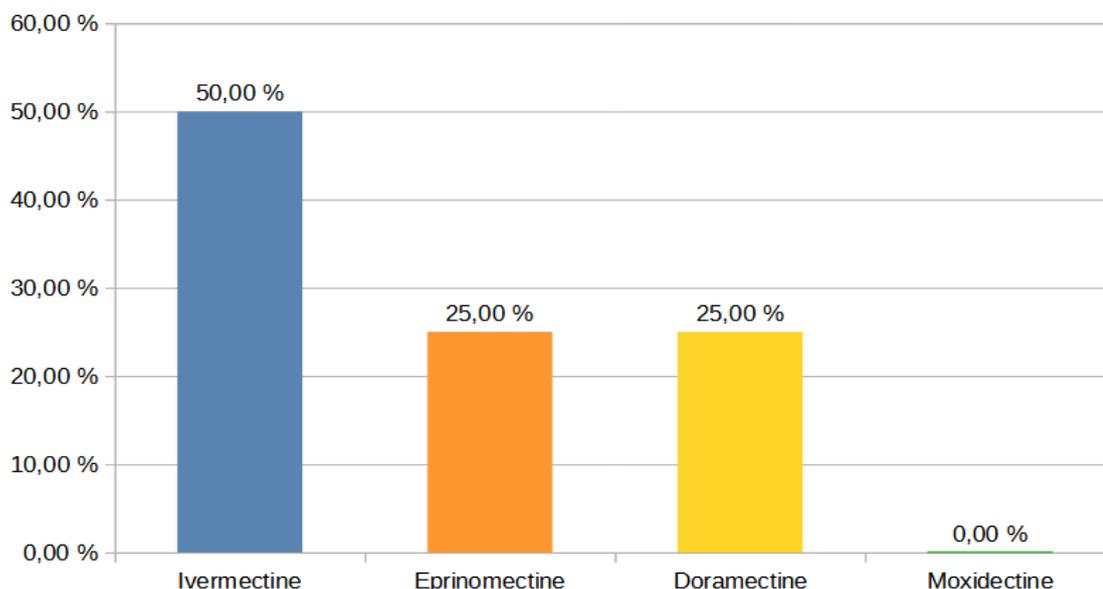
Figure 64 : Familles d'endectocides les plus utilisées par les vétérinaires exerçant dans les Baronnies Provençales (n = 4)



Dans cette région, seule la famille des avermectines est utilisée (4/4 soit 100 %), les milbémécines ne sont pas employées par les vétérinaires répondant.

La figure 65 ci-dessous présente les endectocides les plus utilisés au sein de cette famille.

Figure 65 : Endectocides les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4)



Au sein des avermectines, l'ivermectine est l'endectocide cité comme étant le plus souvent utilisé (2/4 soit 50 %) dans les Baronnie Provençales ; la doramectine (1/4 soit 25 %) et l'éprinomectine (1/4 soit 25 %) sont également citées comme étant utilisées fréquemment.

Le tableau 25 présente le nombre moyen de traitements réalisés chaque année avec l'ivermectine par les vétérinaires des Baronnie ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 25 : Nombre de traitements à base d'ivermectine minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 1)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Ivermectine (n = 1)	0,5	0,5	0,5	0,5

Un seul vétérinaire a fourni une estimation du nombre de traitements endectocides qu'il utilise chaque année. Ainsi l'ivermectine est utilisée 0,5 fois par an par ce vétérinaire.

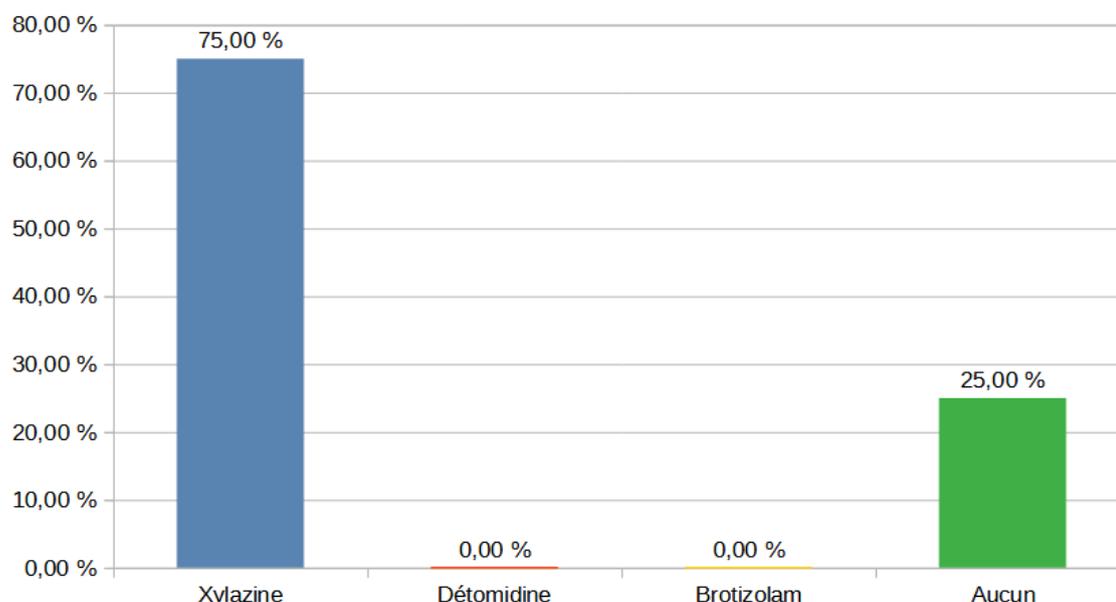
3.4.5. Anesthésiques et sédatifs

3.4.5.1 Sédatifs

Questions 68 et 69

La figure 66 ci-dessous présente les sédatifs les plus utilisés par les vétérinaires de la région des Baronnie Provençales.

Figure 66 : Sédatifs les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4)



La grande majorité des vétérinaires ayant répondu (3/4 soit 75 %) utilise le plus souvent la xylazine comme sédatif. Un vétérinaire (1/4 soit 25 %) ne réalise aucune sédation.

Le tableau 26 présente le nombre moyen de sédations réalisées chaque année avec ces produits par les vétérinaires des Baronnie ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 26 : Nombre de traitements sédatifs minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 3)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Xylazine (n = 2)	7,5	7,5	5	10
Aucun traitement (n = 1)	0	0	0	0
Tous traitements confondus (n = 2)	5	5	0	10

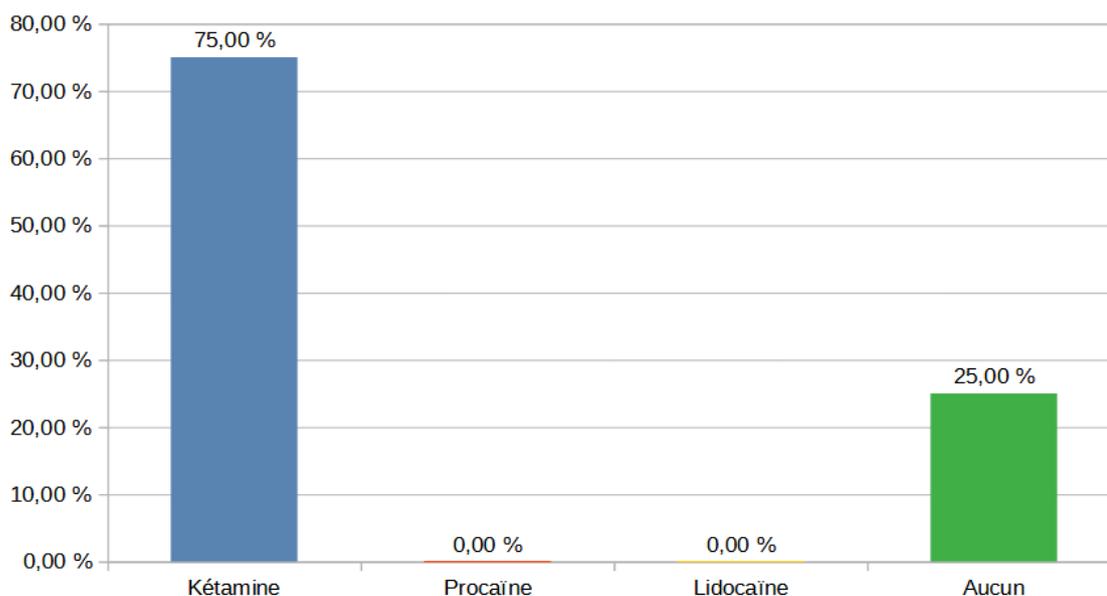
La xylazine est utilisée en moyenne 7,5 fois par an pour les sédations par les deux vétérinaires des Baronnie ayant fourni une estimation.

3.4.5.2 Anesthésiques

Questions 70 et 71

La figure 67 ci-dessous présente les anesthésiques les plus utilisés par les vétérinaires de la région des Baronnie Provençales.

Figure 67 : Anesthésiques les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4)



Trois quart des répondants (3/4 soit 75 %) réalisent le plus souvent leurs anesthésies avec de la kétamine. Un vétérinaire (25 %) ne réalise aucune anesthésie.

Le tableau 27 présente le nombre moyen d'anesthésies réalisées chaque année avec ces produits par les vétérinaires des Baronnie ainsi que le plus petit et le plus grand nombre de traitements effectués par an.

Tableau 27 : Nombre de traitements anesthésiques minimum, maximum réalisés par an, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 3)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Kétamine (n = 2)	7,5	7,5	5	10
Aucun traitement (n = 1)	0	0	0	0
Tous traitements confondus (n = 2)	5	5	0	10

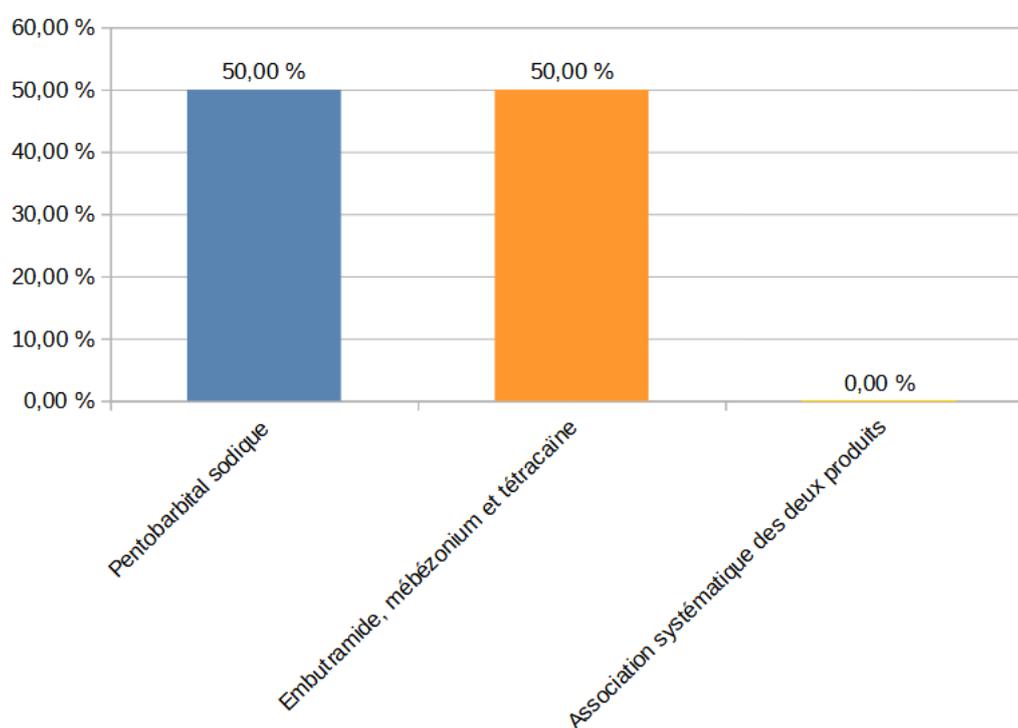
La kétamine est utilisée en moyenne 7,5 fois par an pour les anesthésies par les deux vétérinaires répondants ayant fourni une estimation.

3.4.6. Euthanasiants

Questions 72 et 73

La figure 68 ci-dessous présente les euthanasiants les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans la région des Baronnie Provençales.

Figure 68 : Euthanasiants les plus utilisés par les vétérinaires exerçant dans les Baronnie Provençales (n = 4)



La moitié des vétérinaires répondant utilise le plus souvent le pentobarbital sodique pour les euthanasies, l'autre moitié utilise essentiellement l'association embutramide, mébézonium et tétracaïne (T61®). Aucune association de ces deux produits n'est réalisée par les vétérinaires répondant pour les euthanasies dans cette région.

Le tableau 28 présente le nombre moyen d'euthanasies réalisées chaque année avec ces produits par les vétérinaires des Baronnie ainsi que le plus petit et le plus grand nombre d'euthanasies effectuées par an.

Tableau 28 : Nombre d'euthanasies minimum, maximum réalisées par an, moyenne et médiane dans les Baronnie Provençales (n = 3)

	Moyenne du nombre de traitements/an	Médiane du nombre de traitements/an	Plus petit nombre de traitements/an	Plus grand nombre de traitements/an
Embutramide, mébézonium et tétracaïne (n = 2)	12,5	12,5	10	15
Pentobarbital sodique (n = 1)	5	5	5	5
Tous traitements confondus (n = 3)	10	10	5	15

Parmi les quatre vétérinaires ayant répondu au questionnaire pour les Baronnie, trois ont fourni une estimation du nombre d'euthanasies qu'ils réalisent. Ainsi, en moyenne, dix euthanasies

sont réalisées chaque année dans cette région. L'association embutramide, mébézonium et tétracaïne (T61®) est utilisée pour 12,5 euthanasies ; le pentobarbital sodique quant à lui est utilisé pour 5 euthanasies par an.

4. Discussion

4.1. Méthode

En limitant la possibilité de répondre uniquement aux vétérinaires exerçant dans ou à proximité des régions étudiées et en supposant que les vétérinaires exerçant dans d'autres domaines (canine, équine par exemple) ne seraient pas tentés de répondre à une enquête portant sur les traitements utilisés en rurale, nous pouvons définir la population source de l'enquête comme les vétérinaires exerçant une activité en animaux de rente dans les Grands Causses, les Gorges du Verdon et les Baronnies Provençales. En 2022, environ 400 vétérinaires exerçaient en animaux de production sur ces zones (Ordre National des Vétérinaires, 2022), le taux de participation au questionnaire est donc d'environ 5,25 % (21/400).

Le nombre de réponses obtenues n'est pas satisfaisant malgré les nombreux moyens de diffusion mis en œuvre (mails, réseaux sociaux, GTV, Vétofocus). Un nombre de réponses plus important aurait permis d'obtenir des résultats plus précis et d'avoir une vision plus globale des pratiques des vétérinaires, notamment pour les régions des Gorges du Verdon et des Baronnies Provençales pour lesquelles le taux de participation est trop faible pour généraliser aux usages de médicaments faits par les vétérinaires de ces régions. Ce faible taux de réponses ne permet pas de réaliser des analyses statistiques solides et entraîne un manque de puissance statistique.

Le choix du format du questionnaire en ligne a été fait pour un gain de temps en termes de diffusion (questionnaires papiers ou appels de chaque vétérinaire trop chronophages) mais aussi pour faciliter la collecte des données obtenues. Cependant, ce type d'enquête génère un biais de sélection des vétérinaires de l'enquête puisque ceux qui ne portent pas d'intérêt à ce format ou n'ont pas le temps nécessaire pour répondre en ligne ne pouvaient pas y répondre.

Par ailleurs, certaines réponses n'ont pas pu être exploitées complètement. En effet, il était demandé aux vétérinaires de fournir une estimation du nombre de traitements réalisés pour chaque catégorie, or cette donnée, bien que trouvable, s'est révélée en réalité très chronophage à obtenir. Peu de répondants ont donc pris le temps d'y répondre ou les résultats donnés sont des déclarations approximatives et ne représentent pas les chiffres réels d'utilisation. Ainsi, les résultats présentés sont probablement sous-estimés. Une enquête auprès des centrales vétérinaires aurait peut-être pu permettre d'obtenir des résultats plus précis pour chaque traitement grâce aux volumes réels vendus.

L'utilisation d'une majorité de questions fermées a néanmoins permis de simplifier l'analyse des résultats en limitant les réponses incomplètes et en obtenant des réponses aisément quantifiables. Cependant, ce type de questions laisse moins de liberté de réponse et peut entraîner une perte d'informations. C'est pourquoi les questions portant sur les traitements utilisés comprenaient une possibilité de réponse ouverte avec la mention « Autre, précisez » qui permettait aux vétérinaires d'inclure au questionnaire des traitements non proposés et donc d'apporter plus de précision sur leurs pratiques.

Concernant le choix des zones à étudier il était intéressant de se concentrer sur les zones où le Vautour moine se reproduit car c'est là que l'on retrouve le plus grand nombre d'individus et que le risque de contamination est le plus important. Cependant, cette espèce est également observée dans les Pyrénées et un projet de fixation de l'espèce dans l'Aude est également prévu (Giraud, 2022) il aurait donc pu être intéressant d'étendre le questionnaire aux Pyrénées audoises si le temps l'avait permis. De même, comme nous l'avons vu, des échanges se font entre les populations de vautours françaises et espagnoles (cf. partie 1.2.2.3 de la bibliographie) et des contaminations par d'autres traitements non inclus dans l'enquête mais autorisés en Espagne (diclofénac notamment) peuvent également avoir lieu, avec des conséquences sur les populations françaises.

Enfin, notre étude s'est concentrée uniquement sur le Vautour moine puisque menée dans le cadre du PNA en faveur de cette espèce. Cependant l'ensemble des résultats obtenus peut être étendu aux autres populations de vautours se reproduisant en France à savoir le Vautour fauve, le Vautour percnoptère et le Gypaète barbu dont les régimes alimentaires sont proches de celui du Vautour moine.

4.2. Retour sur les résultats de l'enquête

4.2.1. Profil des répondants

Plus de la moitié des vétérinaires ayant répondu à notre enquête exercent dans ou à proximité de la région des Grands Causses (57,1 %). Le taux de participation est beaucoup plus faible pour les Baronnies (19 %) et le Verdon (19 %). Cette différence pourrait être en partie expliquée par l'aide apportée par le Dr Decante ayant permis une diffusion du questionnaire auprès d'un cercle élargi de vétérinaires de cette région. Les diffusions par mails, sur Vétofocus, sur les réseaux sociaux et via les GTV ont quant à elles permis d'obtenir un petit nombre de réponses supplémentaires.

Parmi les vétérinaires répondants, 14 % exercent à moins de 20 % en rurale dans leur activité quotidienne. La majorité des répondants ont quant à eux une activité dominante en rurale (plus de 50 % de l'activité quotidienne) voire quasi exclusive pour certains (90 % ou plus de l'activité quotidienne).

Les vétérinaires interrogés suivent un grand nombre d'animaux. En effet, pour la majorité, ils comptent plus de cent élevages de ruminants dans leur clientèle. Cependant, les seuils proposés à cette question ont possiblement été sous-estimés et il aurait été intéressant de voir combien d'élevages étaient suivis au-delà du seuil de cent élevages. La QROC sur le nombre de ruminants suivis apporte un peu plus de précision. Elle nous permet de constater qu'en moyenne sur les trois régions les vétérinaires suivent 21 583 ruminants toutes espèces confondues (minimum 2000 ruminants et maximum 67 000 ruminants). Lorsque les espèces ont été détaillées, on constate que le nombre de petits ruminants (ovins et caprins) est plus élevé que le nombre de bovins. Les chiffres du GDS France montrent que sur le territoire français l'inverse est observé : le nombre de bovins (18,5 millions) est largement supérieur au nombre d'ovins (7,2 millions) et de caprins (865 000) (GDS France, 2022). Il semble donc que pour les vétérinaires ayant répondu à notre enquête l'activité exercée est plus axée sur les petits ruminants que sur les bovins.

4.2.2. Antibiotiques

Les résultats concernant les antibiotiques sont différents en fonction des régions. **Ainsi, dans les Gorges du Verdon et les Baronnies Provençales, l'antibiotique le plus utilisé semble être l'oxytétracycline.** Du fait du manque de réponses concernant le nombre de traitements réalisés nous ne pouvons pas estimer dans quelle mesure cet antibiotique est utilisé et à quelle fréquence. Néanmoins, ces résultats sont cohérents avec les chiffres du suivi des ventes de médicaments vétérinaires puisque l'oxytétracycline appartient à la famille des tétracyclines, une des trois familles d'antibiotiques les plus utilisées chez les ruminants en France (ANSES, 2021).

Dans les Grands Causses, les réponses sont plus variables. Les deux antibiotiques les plus utilisés par les vétérinaires sont la benzylpénicilline et la dihydrostreptomycine qui appartiennent respectivement à la famille des pénicillines et à la famille des aminosides qui font également partie des trois familles d'antibiotiques les plus utilisées chez les ruminants en France (ANSES, 2021). En comparant par rapport au nombre de traitements réalisés, on constate que **la benzylpénicilline est l'antibiotique le plus utilisé dans les Grands Causses**, avec en moyenne 0,06 traitement par an et par animal, contre 0,03 traitement par an et par animal pour la dihydrostreptomycine. Cependant, ces deux molécules sont fréquemment associées dans les traitements disponibles pour les animaux de rente, la différence concernant le nombre de traitements réalisés pourrait donc reposer sur le fait que dans un cas sur deux la benzylpénicilline est utilisée seule et dans un cas sur deux associée à la dihydrostreptomycine. Enfin, dans une moindre mesure, l'amoxicilline et l'oxytétracycline sont aussi fréquemment utilisées dans les Grands Causses.

Comme nous l'avons vu précédemment, des résidus d'oxytétracycline sont fréquemment retrouvés dans les populations de vautours à travers le monde. Ainsi, un usage majoritaire de l'oxytétracycline dans les zones de reproduction françaises pourrait représenter un risque d'accumulation de résidus chez les vautours moines exposés, avec comme conséquences le développement d'antibiorésistances et de mycoses opportunistes. Concernant la benzylpénicilline et la dihydrostreptomycine, si elles ne sont pas retrouvées accumulées dans les populations de vautours, elles sont cependant impliquées dans le développement d'antibiorésistances chez les vautours. Il existe donc un risque non négligeable associé à l'exposition aux antibiotiques dans les zones de reproduction du Vautour moine en France.

4.2.3. Anti-inflammatoires

Dans les trois régions étudiées, quatre anti-inflammatoires semblent majoritairement utilisés ; il s'agit de l'acide tolfénamique, de la dexaméthasone, du méloxicam et dans une moindre mesure de la flunixin méglumine (majoritairement utilisée dans les Gorges du Verdon).

Si l'on s'intéresse au nombre de traitements réalisés, il apparaît que l'anti-inflammatoire le plus utilisé par les vétérinaires interrogés est l'acide tolfénamique. En moyenne dans les trois régions, les vétérinaires réalisent 0,15 traitements par an et par animal avec cet AINS.

Dans les Gorges du Verdon, l'usage majoritaire de la flunixin méglumine pourrait poser problème puisqu'il a récemment été mis en évidence qu'elle présentait une toxicité aiguë pouvant être associée à de la mortalité chez les vautours. Cependant, aucun chiffre n'a été fourni par les vétérinaires ce qui ne nous permet pas d'évaluer le risque réel qu'elle représente.

La dexaméthasone est majoritairement utilisée par quelques vétérinaires des Baronnies et du Verdon. Ce corticoïde ne semble pas associé à un risque de toxicité et ne représente donc pas une menace importante pour les colonies de vautours installées sur ces territoires.

Enfin, comme nous l'avions vu, le méloxicam est à ce jour considéré comme le seul AINS présentant une innocuité pour les vautours. Il reste cependant assez peu utilisé dans les zones de reproduction et n'est pas mentionné comme étant le plus utilisé par les vétérinaires du Verdon et des Baronnies. Son usage pourrait être plus généralisé, mais son coût important est sûrement un frein à son utilisation dans les élevages notamment de petits ruminants.

4.2.4. Anti-parasitaires

Si l'on s'intéresse aux trois régions sans distinction, il apparaît que la deltaméthrine est l'anti-parasitaire externe le plus largement utilisé par les vétérinaires. Dans les Grands Causses, l'ensemble des vétérinaires la mentionne comme étant la plus utilisée en pratique et dans les Baronnies Provençales elle est autant utilisée que le phoxime. Les résultats sont cependant différents dans le Verdon où le phoxime est l'APE le plus utilisé par tous les vétérinaires. Finalement, on peut en conclure que **la deltaméthrine est l'APE le plus utilisé dans les zones de reproduction du Vautour moine, mais que le phoxime prédomine dans les Gorges du Verdon**. Le faible nombre de vétérinaires ayant fourni une estimation du nombre de traitements réalisés dans les Baronnies Provençales et les Gorges du Verdon ne nous permet pas d'établir le nombre de traitements moyen par animal. Cependant, pour les Grands Causses, nous pouvons estimer que les vétérinaires réalisent en moyenne 0,4 traitement à la deltaméthrine par an et par animal (8067,50/20 875).

Bien qu'il ne soit pas rapporté dans la bibliographie d'intoxication de charognards par le phoxime, cette molécule appartient à la famille des organophosphorés pour laquelle de nombreux cas d'intoxication et de la mortalité sont rapportés. Il ne peut donc être exclu que le phoxime, bien que peu employé, présente un risque pour les populations de vautours dans les régions où il est utilisé s'il venait à persister sur les poils d'un animal décédé. La deltaméthrine quant à elle ne semble pas présenter de risque direct pour les vautours et devrait être préférée au phoxime.

Pour les anti-parasitaires internes les résultats apparaissent plus variables. Dans les Baronnies Provençales et les Gorges du Verdon, trois API sont souvent utilisés : l'oxfendazole, l'albendazole et le closantel. Le manque de réponses concernant le nombre de traitements réalisés ne nous permet pas d'avoir une idée plus précise sur la molécule majoritairement utilisée et à quelle fréquence elle est employée.

Dans les Grands Causses, le traitement API le plus utilisé est l'oxyclosanide. Les vétérinaires qui l'utilisent réalisent environ 0,2 traitement par an et par animal. Dans cette région, l'oxfendazole et l'albendazole sont également deux API fréquemment utilisés.

Aucun danger direct lié à une exposition à ces API ne semble rapporté dans la bibliographie. Par conséquent, nous pouvons supposer que le risque associé à une exposition à des API dans les zones de reproduction du Vautour moine est faible voire nul.

Enfin, concernant les endectocides, **la famille des avermectines est celle qui est la plus utilisée par les vétérinaires, les milbémycines ne sont pas ou peu utilisées.** Au sein des avermectines, toutes régions confondues, **l'ivermectine est l'endectocide le plus utilisé** suivi par l'éprinomectine. La doramectine est quant à elle plus utilisée dans les Gorges du Verdon que dans les autres régions. Les vétérinaires des trois régions réalisent moins de 0,5 traitement endectocides par an et par animal quelle que soit la molécule utilisée.

Comme nous l'avons vu précédemment, la famille des avermectines présente une forte toxicité pour les organismes coprophages et des résidus s'accumulent dans le foie et le tissu adipeux même après la mort de l'animal, avec un risque d'exposition non négligeable pour les charognards. L'utilisation majoritaire des avermectines dans les zones de reproduction du Vautour moine en France peut donc présenter un risque si elles sont administrées peu de temps avant la mort d'un individu laissé à disposition des vautours.

4.2.5. Anesthésiques et sédatifs

Le sédatif le plus utilisé dans les zones de reproduction du Vautour moine est la xylazine. Globalement les vétérinaires réalisent assez peu de sédations, certains n'en réalisent même aucune tout au long de l'année. Ainsi, pour les trois régions étudiées, la xylazine est utilisée moins de 0,01 fois par an et par animal.

Dans les Baronnie Provençales et les Gorges du Verdon, l'anesthésique le plus utilisé par les vétérinaires est la kétamine. Certains vétérinaires ne réalisent aucune anesthésie. Le manque de réponses concernant le nombre de traitements réalisés dans ces régions ne nous permet pas d'avoir une idée assez précise de la fréquence à laquelle elle est employée.

Dans les Grands Causses, deux anesthésiques sont principalement utilisés : il s'agit de la procaïne et de la lidocaïne. Dans cette région, ces deux molécules sont utilisées moins de 0,01 fois par an et par animal.

Le faible nombre d'anesthésies et de sédations réalisées chaque année, associé à l'absence d'historique d'empoisonnement concernant ces molécules, nous amène à supposer que le risque associé à une exposition des vautours moines à des anesthésiques et à des sédatifs est très faible.

4.2.6. Euthanasiants

Dans les trois régions étudiées, les euthanasies semblent majoritairement réalisées avec l'association embutramide, mébézonium et tétracaïne (T61®), suivie du pentobarbital sodique. Assez peu de vétérinaires réalisent une association de ces deux produits dans leur pratique.

Néanmoins, les vétérinaires qui utilisent le pentobarbital sodique ou une association des deux produits indiquent réaliser plus d'euthanasies par comparaison avec ceux utilisant le T61® : en moyenne toutes régions confondues 170 euthanasies par an au pentobarbital sodique contre 60 au T61®. **Proportionnellement, le pentobarbital sodique apparaît donc comme l'euthanasiant le plus utilisé dans les zones de reproduction du Vautour moine en France**

par les vétérinaires ayant répondu. Or comme nous l'avons vu, le pentobarbital sodique est principalement impliqué dans les cas de mortalité rapportés suite à une exposition à des carcasses d'animaux euthanasiés. Il pourrait donc exister un risque plus important d'intoxication des colonies de vautours en raison de l'usage de cet euthanasiant.

Cependant, tous traitements confondus, la proportion d'euthanasies chimiques dans ces régions reste assez faible, en effet dans les Grands Causses par exemple les vétérinaires réalisent chaque année en moyenne 0,63 % (131,4/20 875) d'euthanasies avec les produits cités. Cela laisse à supposer que d'autres moyens d'euthanasie (matador, saignée) sont probablement utilisés. Le risque réel lié aux résidus d'euthanasiants pour les vautours moines en France semble donc assez faible, d'autant plus que comme nous l'avons vu, la réglementation interdit de laisser à disposition des charognards des cadavres d'animaux euthanasiés.

4.2.7. Bilan des traitements réalisés par les vétérinaires

Le tableau 29 ci-dessous présente un résumé des traitements les plus utilisés par les vétérinaires et détaillés précédemment. Pour chaque classe de médicament, les traitements sont classés par ordre décroissant d'utilisation.

Tableau 29 : Bilan : Principaux traitements mis en œuvre par les vétérinaires pour chaque classe de médicament, en fonction de la région d'exercice

Région	Grands Causses	Gorges du Verdon	Baronnies Provençales
Traitements			
Antibiotiques	Benzylpénicilline Dihydrostreptomycine	Oxytétracycline	Oxytétracycline Dihydrostreptomycine
Anti-inflammatoires	Acide tolfénamique Méloxicam	Flunixinine méglumine Acide tolfénamique Dexaméthasone	Acide tolfénamique Dexaméthasone
Anti-parasitaires externes	Deltaméthrine	Phoxime	Deltaméthrine Phoxime
Anti-parasitaires internes	Oxyclosanide Oxfendazole Albendazole	Oxfendazole Albendazole Closantel	Oxfendazole Albendazole Closantel
Endectocides	Ivermectine Éprinomectine	Doramectine Ivermectine Éprinomectine	Ivermectine Éprinomectine Doramectine
Sédatifs	Xylazine	Xylazine	Xylazine
Anesthésiques	Procaïne Lidocaïne	Kétamine Lidocaïne	Kétamine
Euthanasiants	Pentobarbital sodique Association des deux produits	Embutramide, mébézonium, tétracaïne Pentobarbital sodique	Pentobarbital sodique Embutramide, mébézonium, tétracaïne

4.2.8. Pratiques réelles des vétérinaires sur le terrain

La partie commentaires libres en fin de questionnaire nous permet d'apporter une nuance aux résultats obtenus en ce qui concerne les pratiques réelles des vétérinaires sur le terrain. En effet, notre questionnaire fait ressortir les médicaments les plus utilisés mais ne tient pas compte de la façon dont ils sont prescrits et utilisés par les vétérinaires dans ces régions. Plusieurs vétérinaires ont laissé des commentaires concernant leur usage de ces molécules écotoxiques et la façon dont ils tentent avec les éleveurs de limiter les contaminations de la faune sauvage.

Nos trois régions étudiées sont des zones d'agriculture extensive où l'alpage est très pratiqué et l'on y trouve assez peu d'élevages intensifs. Au printemps les animaux y transhumant et restent en estive durant l'été où ils seront peu traités. Les éleveurs qui pratiquent l'alpage sont souvent soucieux de la qualité de leurs produits et conscients des problèmes environnementaux associés aux molécules écotoxiques et traitent assez peu leurs animaux. Finalement, les traitements systématiques sont donc assez rares.

Ainsi, certains vétérinaires mentionnent que des méthodes complémentaires à l'allopathie comme la phytothérapie sont parfois utilisées pour limiter le recours trop fréquent aux antibiotiques dans ces élevages et ceux-ci sont alors utilisés lorsqu'aucune solution alternative ne peut être proposée ou lorsqu'il y a nécessité absolue.

Concernant les traitements anti-parasitaires, leur usage est raisonné en fonction de coproscopies réalisées le plus régulièrement possibles par les vétérinaires mais aussi des résultats d'autopsies et de saisies d'abattoirs. Cela permet de réaliser des traitements ciblés sélectifs et contrôlés et les animaux sont finalement assez peu traités. Par ailleurs, l'usage des avermectines, très toxiques pour la faune sauvage nécrophage et coprophage et les organismes aquatiques, est désormais restreint en alpage (Belleau, 2023).

Enfin, pour les euthanasies, plusieurs vétérinaires indiquent que si l'animal ne peut être transporté vers l'équarrissage ils réalisent une euthanasie mécanique (par saignée ou au matador) plutôt qu'une euthanasie chimique afin d'éviter un accès au cadavre pour la faune sauvage nécrophage. Lorsqu'une euthanasie chimique est réalisée, des préconisations sont faites aux éleveurs pour le transport vers l'équarrissage de l'animal euthanasié afin de limiter la mise à disposition du cadavre pour les charognards.

Finalement, on constate donc que les vétérinaires exerçant dans les régions étudiées ont conscience des risques liés aux molécules écotoxiques pour la faune sauvage et notamment les vautours. La plupart des vétérinaires essaient d'adapter leur pratique quotidienne et de raisonner les traitements vétérinaires afin de limiter au maximum leur impact sur des populations déjà menacées. Un travail de prévention et de communication est fait auprès des éleveurs pour permettre une prise de conscience des risques et éviter les contaminations. Celui-ci doit être poursuivi pour continuer à protéger les colonies de vautours moines françaises de l'exposition aux résidus écotoxiques. Les modifications des RCP effectuées afin de prendre en compte ces risques concourent également à cet effort.

4.3. Perspectives

Cette étude avait pour objectif d'obtenir un premier panorama des traitements utilisés sur le terrain par les vétérinaires exerçant dans les régions de reproduction du Vautour moine. Elle nous a également permis d'avoir une idée du nombre de traitements réalisés chaque année sur les

animaux de production dans ces zones. Toutefois, ces chiffres sont assez peu précis de par la difficulté à les obtenir. Maintenant qu'un premier inventaire des traitements a été réalisé, une nouvelle enquête pourrait être menée afin de compléter celle-ci en augmentant l'échantillonnage. Il pourrait par exemple être envisagé de réaliser une enquête auprès des centrales de vente des médicaments vétérinaires pour avoir une idée des volumes vendus dans les zones de reproduction.

Les résultats obtenus dans notre enquête comparés à la bibliographie permettent d'établir s'il existe un risque d'intoxication des populations de vautours moines en France par certains traitements. Cependant, notre enquête ne permet pas d'établir le risque d'exposition réel des vautours à ces traitements (précautions mises en place pour ne pas laisser à disposition des animaux traités, raisonnement des pratiques de traitements pour éviter les intoxications) et si des cas de mortalités y sont associés.

En complément de cette enquête, il sera donc également intéressant d'étudier l'impact potentiel des différents traitements vétérinaires recensés sur les individus des colonies françaises. Cette étude pourrait être menée dans le cadre du PNA 2021 – 2030 en faveur du Vautour moine par des prélèvements réalisés directement au sein des populations de vautours (plumes de mues, fientes, prélèvements buccaux et cloacaux, autopsies d'individus morts ou encore prises de sang). Les analyses à réaliser sur ces échantillons seraient alors guidées par les résultats obtenus au cours de notre enquête, afin de vérifier si des résidus des traitements les plus utilisés sont effectivement retrouvés dans les populations ou non. De même, les autopsies et analyses qui s'en suivraient permettraient d'établir la cause de la mort des animaux retrouvés et de déterminer s'il existe un lien avec une exposition aux résidus des traitements de notre étude.

Conclusion

Le Vautour moine, *Aegypius monachus*, est un rapace nécrophage réintroduit en France depuis la fin du 20^e siècle. Il se reproduit actuellement sur trois sites que sont les Grands Causses, les Baronnies Provençales et les Gorges du Verdon. Son régime alimentaire, dépendant en partie des carcasses d'animaux domestiques, le rend susceptible d'ingérer des résidus médicamenteux vétérinaires qui peuvent être à l'origine de mortalités non négligeables pour cette espèce.

Aujourd'hui une grande variété de traitements existe pour les animaux de production. Ils se différencient tant par leur forme galénique que par leur mode d'administration ou encore par leur devenir dans l'organisme. Leur point commun est que la plupart d'entre eux conduisent à la formation de résidus médicamenteux, dont certains peuvent persister dans l'organisme même après la mort de l'animal. Ces résidus sont pris en compte pour la santé des consommateurs par la définition de limites maximales de résidus et de temps d'attente. La mise à disposition pour les charognards de cadavres récemment traités sans prise en compte de ces temps d'attente peut donc conduire à une exposition à des résidus écotoxiques.

Un exemple majeur du risque associé à l'exposition à ces résidus est le déclin catastrophique dans les années 1990 des trois espèces de vautours du sous-continent indien causé par l'exposition à des résidus d'un AINS massivement utilisé, le diclofénac, à l'origine de lésions rénales mortelles. Des études récentes révèlent que d'autres anti-inflammatoires comme la flunixin méglumine, le carprofène ou le kétoprofène ont une toxicité similaire à celle du diclofénac sur les rapaces. Seul le méloxicam semble sécuritaire pour ces espèces. Par ailleurs, des résidus d'antibiotiques tels que les tétracyclines, les quinolones circulent dans les populations de vautours et sont à l'origine du développement de mycoses opportunistes et d'antibiorésistances non sans conséquence sur la santé des vautours.

Les données de terrain révèlent également d'autres dangers pour les vautours : les produits euthanasiant (le pentobarbital sodique notamment), les anti-parasitaires externes de la famille des carbamates et des organophosphorés ainsi que les endectocides de la famille des avermectines peuvent être à l'origine d'intoxications et de mortalités de vautours. Il apparaît donc important, dans le cadre des plans d'actions menés afin de préserver le Vautour moine en France, de connaître les traitements les plus utilisés par les vétérinaires et leurs conséquences sur les colonies.

Dans le but de recueillir les pratiques de traitements des vétérinaires ruraux exerçant dans les zones de reproduction du Vautour moine, un questionnaire en ligne leur a été adressé (21 réponses). Cette enquête diffusée par mails, par les réseaux des GTV régionaux, par le site Vétofocus ainsi que sur les réseaux sociaux a permis de réaliser un premier inventaire des traitements les plus fréquemment utilisés par ces vétérinaires et d'en relever certaines conclusions en les comparant aux données de la littérature. Les vétérinaires ayant répondu exercent majoritairement dans la région des Grands Causses (57,1 %) et tous exercent un minimum de rurale (seuls 14 % exercent moins de 20 % en rurale dans leur pratique quotidienne). Plus de 20 000 animaux sont suivis en moyenne par l'ensemble des répondants avec une proportion de petits ruminants (ovins et caprins) supérieure aux bovins.

Concernant les antibiotiques, dans les Grands Causses la benzylpénicilline est l'antibiotique le plus fréquemment utilisé (0,06 traitement par an et par animal ; 41,67 % des vétérinaires) suivie par la dihydrostreptomycine (0,03 traitement par an et par animal ; 41,67 % des

vétérinaires). Dans les Baronnies Provençales et les Gorges du Verdon, l'antibiotique le plus employé est l'oxytétracycline (employée majoritairement par 87,5 % des vétérinaires de ces deux régions). Des résidus de ces antibiotiques peuvent s'accumuler dans les populations de vautours françaises et présenter un risque de développement de résistances et de mycoses.

L'ensemble des vétérinaires répondants utilise l'acide tolfénamique (0,15 traitement par an et par animal ; 60 % des vétérinaires) comme principal anti-inflammatoire, aucun cas d'intoxication de vautours n'est rapporté avec celui-ci. L'usage du méloxicam (33 % des vétérinaires des Grands Causses), pourtant plus sécuritaire reste anecdotique notamment dans les Baronnies et le Verdon. On note également que dans les Gorges du Verdon, la flunixin méglumine, pour laquelle une toxicité aiguë a récemment été démontrée, continue d'être utilisée.

Dans les Grands Causses et les Baronnies Provençales, les vétérinaires ont indiqué utiliser la deltaméthrine comme principal anti-parasitaire externe (0,4 traitements par an et par animal dans les Grands Causses ; 100 % des vétérinaires), celle-ci ne semble pas présenter de risque pour les charognards. Dans les Gorges du Verdon, un organophosphoré, le phoxime, est couramment utilisé et il pourrait entraîner des cas d'intoxication. Concernant les anti-parasitaires internes, dans les Grands Causses l'oxyclosanide est le plus utilisé (0,2 traitement par an et par animal ; 41,67 % des vétérinaires), alors que dans les Baronnies Provençales et les Gorges du Verdon l'oxfendazole, l'albendazole et le closantel sont surtout utilisés. Bien que ces anti-parasitaires internes ne semblent pas présenter de risque, le danger pourrait provenir des endectocides puisque la famille des avermectines, pourtant très toxique pour la faune sauvage, est la plus utilisée dans les trois régions (90 % des vétérinaires). Au sein de cette famille, l'ivermectine et l'éprinomectine sont les plus utilisées, suivies par la doramectine.

Les sédations sont réalisées avec de la xylazine (moins de 0,01 traitement par an et par animal, 80 % des vétérinaires) et les anesthésies essentiellement avec de la kétamine dans les Baronnies et le Verdon (75 % des vétérinaires) et de la lidocaïne et de la procaïne dans les Causses (moins de 0,01 traitement par an et par animal). Aucun cas d'intoxication par des sédatifs ou des anesthésiques n'est à ce jour rapporté dans la littérature.

Enfin, concernant les euthanasiants, le pentobarbital sodique est proportionnellement plus utilisé que l'association embutramide, mébézomium et tétracaïne (170 euthanasies par an contre 60). L'usage majoritaire de cet euthanasiant peut causer problème si les carcasses sont laissées aux vautours car il est souvent rapporté comme la cause de mortalité suite à une exposition à des euthanasiants.

Les vétérinaires ont également abordé la manière dont ils prescrivent les traitements dans ces zones où l'élevage extensif est la norme. Ces informations nous permettent de prendre du recul sur les résultats obtenus et d'observer une prise de conscience des vétérinaires concernant les risques encourus par la faune sauvage nécrophage avec un raisonnement de leurs pratiques au quotidien pour protéger les vautours.

Les résultats de ce travail pourront être complétés avec une enquête auprès des centrales pour obtenir des chiffres plus précis sur les quantités de traitements utilisés. Il sera également important d'aller sur le terrain réaliser des prélèvements afin de constater si les résidus des molécules mis en avant dans cet inventaire sont retrouvés dans les populations de vautours françaises et si des conséquences néfastes en résultent. Par ailleurs, les résultats de cette enquête peuvent être étendus aux trois autres espèces de vautours présentes en France dont le régime alimentaire est proche voire identique à celui du Vautour moine.

Liste des références bibliographiques

ALVINERIE, M., TOUTAIN, P.-L., SUTRA, J.-F., *et al.* (2021) Ecotoxicité des antiparasitaires : optimisation de l'usage des formes pharmaceutiques de l'ivermectine et de ses analogues. Rapport de recherche. INRAE n° ASI0001393, p. 1-20. [<https://www6.inrae.fr/asirpa/content/download/5089/50365/version/1/file/1393-Asirpa-Ivermectine-usages-20p-FR-2021.pdf>] (consulté le 25/02/2022).

ANDERSON, M.D., PIPER, S.E., SWAN, G.E. (2005) Non-steroidal anti-inflammatory drug use in South Africa and possible effects on vultures. *South African Journal of Science* vol. 101, n° 3, p. 112-114.

ANDEVSKI, J., TAVARES, J., WILLIAMS, N.P., *et al.* (2017) Flyway action plan for the conservation of the Cinereous vulture : *Aegypius monachus*. CMS Raptors MOU Technical Publication n° 6. Coordinating Unit of the CMS Raptors MOU, Abu Dhabi, United Arab Emirates. [https://www.cms.int/raptors/sites/default/files/publication/cvfap_e.pdf] (consulté le 22/02/2023).

ANSES (2022) Index des médicaments vétérinaires autorisés en France. *In Index des RCP*. [<http://www.ircp.anmv.anses.fr/>] (consulté le 23/05/2022).

ANSES (2021) Suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France en 2020. Rapport annuel. Anses-ANMV. [<https://www.anses.fr/fr/system/files/ANMV-Ra-Antibiotiques2020.pdf>] (consulté le 30/06/2022).

ANSM (2013) Caractérisation des antibiotiques considérés comme « critiques ». Rapport d'expertise. Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé. [<https://documents.resip.fr/003992.pdf>] (consulté le 25/11/2022).

BELLEAU, E. (2023) Discussion sur les pratiques des éleveurs et des vétérinaires. Communication par mail.

BERNY, P., VILAGINES, L., CUGNASSE, J.-M., *et al.* (2015) Vigilance poison : Illegal poisoning and lead intoxication are the main factors affecting avian scavenger survival in the Pyrenees (France). *Ecotoxicology and Environmental Safety* vol. 118, p. 71-82. [<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.04.003>]

BIRDLIFE INTERNATIONAL (2021) IUCN Red List of Threatened Species : *Aegypius monachus*. *In IUCN Red List*. [<https://www.iucnredlist.org/species/22695231/154915043#population>] (consulté le 27/02/2023).

BLANCO, G. (2015) Multiresistant Salmonella Serovar Typhimurium Monophasic in Wintering Red Kites (*Milvus milvus*) in Segovia, Central Spain. *Journal of Raptor Research* vol. 49, n° 3, p. 337-341. [<https://doi.org/10.3356/JRR-14-56.1>]

BLANCO, G., BAUTISTA, L.M. (2020) Avian Scavengers as Bioindicators of Antibiotic Resistance Due to Livestock Farming Intensification. *International Journal of Environmental Research and Public Health* vol. 17, n° 10, p. 1-13. [<https://doi.org/10.3390/ijerph17103620>]

- BLANCO, G., CORTÉS-AVIZANDA, A., FRÍAS, Ó., *et al.* (2019) Livestock farming practices modulate vulture diet-disease interactions. *Global Ecology and Conservation* vol. 17, p. e00518. [<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00518>]
- BLANCO, G., JUNZA, A., BARRÓN, D. (2017a) Food safety in scavenger conservation : Diet-associated exposure to livestock pharmaceuticals and opportunist mycoses in threatened Cinereous and Egyptian vultures. *Ecotoxicology and Environmental Safety* vol. 135, p. 292-301. [<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.10.009>]
- BLANCO, G., JUNZA, A., BARRÓN, D. (2017b) Occurrence of veterinary pharmaceuticals in golden eagle nestlings : Unnoticed scavenging on livestock carcasses and other potential exposure routes. *Science of the Total Environment* vol. 586, p. 355-361. [<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.023>]
- BLANCO, G., JUNZA, A., SEGARRA, D., *et al.* (2016) Wildlife contamination with fluoroquinolones from livestock: Widespread occurrence of enrofloxacin and marbofloxacin in vultures. *Chemosphere* vol. 144, p. 1536-1543. [<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.10.045>]
- BODOT, C., GIRAUD, L. (2021) Vautours et équarrissage. *Vautours info Hors série* p. 1-8.
- BÖHMER, C., PREVOTEAU, J., DURIEZ, O., *et al.* (2020) Gulper, ripper and scrapper : Anatomy of the neck in three species of vultures. *Journal of Anatomy* vol. 236, n° 4, p. 701-723. [<https://doi.org/10.1111/joa.13129>]
- BORREL, C., NADAL, R., STRAUGHAN, R., *et al.* (2022) Les vautours : du mythe à la réalité. Dépliant. Rochefort, LPO France.
- BOURIETTE, E., BRAUN, M., DARRIEUMERLOU, J., *et al.* (2020) Étude préalable à la mise en place de placettes d'équarrissage en zone pastorale Ariégeoise. Rapport. Ana-Conservatoire d'espaces naturels Ariège. [https://ariegenature.fr/wp-content/uploads/2021/10/Placettes-equarrissage-en-Ariege_LP-GAEMP2020_def.pdf] (consulté le 16/11/2022).
- BURONFOSSE, T. (2006) Point argumenté sur les autres contaminants (ANS, antibiotique). *In Séminaire sur les risques d'intoxication des rapaces Actes 3. Vers-Pont-du-Gard, 22-23 juin*. Paris, LPO Mission Rapaces, p. 42-43.
- CALIENDO, V., BULL, A. (2011) Ventricular candidiasis in stone curlews (*Burhinus oedicnemus*). *Avian Diseases* vol. 55, n° 3, p. 509-512. [<https://doi.org/10.1637/9678-020311-Case.1>]
- CASAS-DÍAZ, E., CRISTÒFOL, C., CUENCA, R., *et al.* (2016) Determination of fluoroquinolone antibiotic residues in the plasma of Eurasian griffon vultures (*Gyps fulvus*) in Spain. *The Science of the Total Environment* vol. 557-558, p. 620-626. [<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.083>]
- CHASSAGNE, M. (1998) Les vautours, équarrisseurs naturels des Grands Causses. Thèse de médecine vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Lyon.
- CHOISY, J.-P. (2011) Les vautours à la croisée des politiques de biodiversité, du tourisme, de l'environnement et de l'agriculture. *Courrier de l'environnement de l'INRA* n° 61, p. 69-83.
- CHOISY, J.-P. (2004a) Les quatre vautours d'Europe : Présentation comparée. Rapport interne. Parc Naturel Régional du Vercors, Lans en Vercors.

CHOISY, J.-P. (2004b) Vautours et élevage extensif. Rapport interne. Parc Naturel Régional du Vercors, Lans en Vercors.

CIAMILLO, S., PECK, G., WILLIAMS, M., *et al.* (2014) Impact of Composting on Drug Residues in Large Animal Mortality. Virginia Cooperative Extension, publication APSC-59P. [https://www.researchgate.net/publication/267636207_Impact_of_Composting_on_Drug_Residues_in_Large_Animal_Mortality] (consulté le 06/09/2022).

COMMISSION EUROPÉENNE (2011) Règlement (UE) n°142/2011 de la commission du 25 février 2011 portant application du règlement (CE) n°1069/2009 du Parlement européen et du Conseil établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et portant application de la directive 97/78/CE du Conseil en ce qui concerne certains échantillons et articles exemptés des contrôles vétérinaires effectués aux frontières en vertu de cette directive. *In EUR-lex.* [<http://data.europa.eu/eli/reg/2011/142/oj>] (consulté le 29/05/2023).

COMMISSION EUROPÉENNE (2009) Règlement (UE) n°37/2010 de la commission du 22 décembre 2009 relatif aux substances pharmacologiquement actives et à leur classification en ce qui concerne les limites maximales de résidus dans les aliments d'origine animale. *In EUR-lex.* [[http://data.europa.eu/eli/reg/2010/37\(1\)/oj](http://data.europa.eu/eli/reg/2010/37(1)/oj)] (consulté le 29/06/2022).

COMMISSION EUROPÉENNE (2005) Décision n°2005/830/CE de la commission du 25 novembre 2005 modifiant la décision 2003/322/CE en ce qui concerne l'utilisation de matières de catégorie 1 pour l'alimentation de certains oiseaux nécrophages. *In EUR-lex.* [<http://data.europa.eu/eli/dec/2005/830/oj>] (consulté le 31/05/2023).

COMMISSION EUROPÉENNE (2003) Décision n°2003/322/CE de la commission du 12 mai 2003 portant application du règlement (CE) n°1774/2002 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne l'utilisation de matières de catégorie 1 pour l'alimentation de certains oiseaux nécrophages. *In EUR-lex.* [<http://data.europa.eu/eli/dec/2003/322/oj>] (consulté le 31/05/2023).

CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE (1993) Règlement (CEE) n°2309/93 du Conseil, du 22 juillet 1993, établissant des procédures communautaires pour l'autorisation et la surveillance des médicaments à usage humain et à usage vétérinaire et instituant une agence européenne pour l'évaluation des médicaments. *In EUR-lex.* [<http://data.europa.eu/eli/reg/1993/2309/oj>] (consulté le 03/07/2022).

CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE (1990) Règlement (CEE) n° 2377/90 du Conseil, du 26 juin 1990, établissant une procédure communautaire pour la fixation des limites maximales de résidus de médicaments vétérinaires dans les aliments d'origine animale. *In EUR-lex.* [<http://data.europa.eu/eli/reg/1990/2377/oj>] (consulté le 03/07/2022).

CORTÉS-AVIZANDA, A., BLANCO, G., DEVAULT, T.L., *et al.* (2016) Supplementary feeding and endangered avian scavengers: benefits, caveats, and controversies. *Frontiers in Ecology and the Environment* vol. 14, n° 4, p. 191-199. [<https://doi.org/10.1002/fee.1257>]

CUTHBERT, R., PAIN, D., GREEN, R., *et al.* (2007a) Comparative toxicity studies of NSAIDs in birds : A criticism of Reddy *et al.* *Environmental Toxicology and Pharmacology* vol. 23, p. 254-255. [<https://doi.org/10.1016/j.etap.2006.10.001>]

- CUTHBERT, R., PARRY-JONES, J., GREEN, R.E., *et al.* (2007b) NSAIDs and scavenging birds: potential impacts beyond Asia's critically endangered vultures. *Biology Letters* vol. 3, p. 91-94. [<https://doi.org/10.1098/rsbl.2006.0554>]
- CUTHBERT, R.J., TAGGART, M.A., PRAKASH, V., *et al.* (2014) Avian scavengers and the threat from veterinary pharmaceuticals. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences* vol. 369, n° 1656. [<https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0574>]
- D'ALTEROCHE, F. (2003) Définition et devenir du médicament dans l'organisme. *Réussir Lait Élevage* n° 165, Dossier spécial médicament vétérinaire, p. 9-10.
- DIRECTION DÉPARTEMENTALE DES TERRITOIRES DE LA LOZÈRE (2018) Equarrissage naturel : rappel sur le dispositif et suivi des dépôts sur placettes et charniers. *Lettre d'information sur les vautours et l'élevage* n° 5, p. 6-7.
- DONÁZAR, J., NAVESO, M., TELLA, J., *et al.* (1996) Extensive grazing and raptors in Spain. In Pain D., Pienkowski M., *Farming and Birds in Europe*. London, Academic Press Ltd, p. 117-149.
- ELENI, C., NERI, B., GIANNETTI, L., *et al.* (2019) Death of captive-bred vultures caused by flunixin poisoning in Italy. *Environmental Toxicology and Pharmacology* vol. 68, p. 91-93. [<https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.03.011>]
- ENRIQUEZ, B.J., BOULOUIS, H.-J. (1990) Pharmacocinétique des anti-infectieux. *Recueil de Médecine Vétérinaire* vol. 166, n° 3, p. 205-223.
- FOURIE, T., DUNCAN, N., CROMARTY, D., *et al.* (2015) The Safety and Pharmacokinetics of Carprofen, Flunixin and Phenylbutazone in the Cape Vulture (*Gyps coprotheres*) following Oral Exposure. *PLoS One* vol. 10, n° 10, p. e0141419. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141419>]
- GADES, A. (2005) Des parasites, des coprophages, des nécrophages et des Vautours percnoptères. *Percnoptère info* n° 5 et 6, p. 8-10.
- GARCÍA-FERNÁNDEZ, A.J., MÓJICA, P.M., GRAU, L.V., *et al.* (2013) Residuos de antibióticos de uso veterinarios en plasma sanguíneo de una población de buitre leonado (*Gyps fulvus*). In *Revista de toxicología - XX Congreso Español de toxicología y IV Iberoamericano*. Salamanca, 26-28 juin. Madrid, Asociación Española de Toxicología, p. 57-58.
- GDS FRANCE (2022) Bovins : La filière en chiffre. In *GDS France*. [<https://www.gdsfrance.org/bovins/>] (consulté le 12/10/2023).
- GEDOUX, F. (2010) La problématique des résidus médicamenteux dans l'alimentation des vautours : Cas particulier des anti-inflammatoires, antibiotiques et euthanasiants utilisés en élevage ruminant. Thèse de médecine vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Lyon.
- GILBERT, M., VIRANI, M.Z., WATSON, R.T., *et al.* (2002) Breeding and mortality of Oriental White-backed Vulture *Gyps bengalensis* in Punjab Province, Pakistan. *Bird Conservation International* vol. 12, n° 4, p. 311-326. [<https://doi.org/10.1017/S0959270902002198>]
- GIRAUD, L. (2022) Discussion sur les zones de diffusion du questionnaire. Communication par mail.

- GIRAUD, L., ROBERT, C., BORREL, C. (2022) Vautour moine. In *LPO*. [<https://www.lpo.fr/decouvrir-la-nature/fiches-especes/fiches-especes/oiseaux/rapaces/vautour-moine>] (consulté le 26/02/2023).
- GLASER, L.C. (1999) Organophosphorus and Carbamate Pesticides. In Friend M., Franson J.C., *Field Manual of Wildlife Diseases: General Field Procedures and Diseases of Birds*. Washington, D.C., U.S. Department of the Interior, p. 287-293.
- GREEN, R.E., NEWTON, I., SHULTZ, S., *et al.* (2004) Diclofenac poisoning as a cause of vulture population declines across the Indian subcontinent. *Journal of Applied Ecology* vol. 41, n° 5, p. 793-800. [<https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00954.x>]
- HENNY, C.J., KOLBE, E.J., HILL, E.F., *et al.* (1987) Case histories of bald eagles and other raptors killed by organophosphorus insecticides topically applied to livestock. *Journal of Wildlife Diseases* vol. 23, n° 2, p. 292-295. [<https://doi.org/10.7589/0090-3558-23.2.292>]
- HEREDIA, B. (1996) Action plan for the Cinereous Vulture (*Aegypius monachus*) in Europe. Plan d'action. BirdLife International, Royaume-Uni.
- HERMANS, C. (2017) Bénéfices, risques et indications des anti-inflammatoires COX-2 sélectifs revisités : focus sur le Célécoxib. *Louvain médical* vol. 136, n° 5, p. 302-309.
- HERNÁNDEZ, M., MARGALIDA, A. (2009) Poison-related mortality effects in the endangered Egyptian vulture (*Neophron percnopterus*) population in Spain. *European Journal of Wildlife Research* vol. 55, p. 415-423. [<https://doi.org/10.1007/s10344-009-0255-6>]
- HERNÁNDEZ, M., MARGALIDA, A. (2008) Pesticide abuse in Europe: effects on the Cinereous vulture (*Aegypius monachus*) population in Spain. *Ecotoxicology* vol. 17, n° 4, p. 264-272. [<https://doi.org/10.1007/s10646-008-0193-1>]
- HERRERO-VILLAR, M., DELEPOULLE, É., SUÁREZ-REGALADO, L., *et al.* (2021) First diclofenac intoxication in a wild avian scavenger in Europe. *Science of The Total Environment* vol. 782, p. 146890. [<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146890>]
- HERRERO-VILLAR, M., VELARDE, R., CAMARERO, P.R., *et al.* (2020) NSAIDs detected in Iberian avian scavengers and carrion after diclofenac registration for veterinary use in Spain. *Environmental Pollution* vol. 266. [<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115157>]
- HOUSTON, D.C., COOPER, J.E. (1975) The digestive tract of the whiteback griffon vulture and its role in disease transmission among wild ungulates. *Journal of Wildlife Diseases* vol. 11, n° 3, p. 306-313. [<https://doi.org/10.7589/0090-3558-11.3.306>]
- IUCN (2022) The IUCN Red List of Threatened Species. In *IUCN Red List of Threatened Species*. [<https://www.iucnredlist.org/en>] (consulté le 14/11/2022).
- JIMÉNEZ GARCIA-HERRERA, J. (1990) Estudio de las poblaciones de buitres negro (*Aegypius monachus*) y águila imperial (*Aquila adalberti*) en la provincia de Ciudad Real: descripción y problemática. *Toledo : Servicio de Publicaciones, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha*.
- JOHNSON, J.A., LERNER, H.R., RASMUSSEN, P.C., *et al.* (2006) Systematics within Gyps vultures: a clade at risk. *BMC Evolutionary Biology* vol. 6, p. 65. [<https://doi.org/10.1186/1471-2148-6-65>]

- JONCOUR, G. (1999) Les vautours équarisseurs en France. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* vol. 152, n° 2, p. 143-151. [<https://doi.org/10.4267/2042/62814>]
- KEENEY, K.M., YURIST-DOUTSCH, S., ARRIETA, M.-C., *et al.* (2014) Effects of antibiotics on human microbiota and subsequent disease. *Annual Review of Microbiology* vol. 68, p. 217-235. [<https://doi.org/10.1146/annurev-micro-091313-103456>]
- KOHLHAUER, M. (2020) Pharmacologie des médicaments antibiotiques en médecine vétérinaire. Infectiologie clinique 2. Polycopié. Maisons-Alfort, École Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité de Pharmacie Toxicologie.
- KOHLHAUER, M. (2019) Pharmacocinétique. Pharmacie, Pharmacologie et Toxicologie du médicament vétérinaire. Polycopié. Maisons-Alfort, École Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité de Pharmacie Toxicologie.
- KUBLER, A. (2005) Particularités du médicament vétérinaire. Sciences pharmaceutiques, Faculté de pharmacie de Nancy 1.
- LAMAGERE, M. (2011) Atlas radiographique du Vautour fauve (*Gyps fulvus*). Thèse de médecine vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Toulouse.
- LECUYER, P., ORABI, P. (2013) Équarrissage naturel. *Cahier technique de la Mission Rapaces*, p. 41.
- LÉGIFRANCE (1902) Loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé publique. Publiée au JORF du 19 février 1902. In *Légifrance*. [<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000692884>] (consulté le 31/05/2023).
- LEVY, J. (2000) The effects of antibiotic use on gastrointestinal function. *The American Journal of Gastroenterology* vol. 95, n° 1 Suppl, p. S8-10. [[https://doi.org/10.1016/s0002-9270\(99\)00808-4](https://doi.org/10.1016/s0002-9270(99)00808-4)]
- LIN, M.Y., CARMELI, Y., ZUMSTEG, J., *et al.* (2005) Prior Antimicrobial Therapy and Risk for Hospital-Acquired *Candida glabrata* and *Candida krusei* Fungemia: a Case-Case-Control Study. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* vol. 49, n° 11, p. 4555-4560. [<https://doi.org/10.1128/AAC.49.11.4555-4560.2005>]
- LÓPEZ-RULL, I., HORNERO-MÉNDEZ, D., FRÍAS, Ó., *et al.* (2015) Age-Related Relationships between Innate Immunity and Plasma Carotenoids in an Obligate Avian Scavenger. *PLoS One* vol. 10, n° 11. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141759>]
- LPO GRANDS CAUSSES (2022) Les quatre vautours. In *Mission Rapaces - LPO*. [<https://www.lpo.fr/la-lpo-en-actions/conservation-d-especes-menacees/especes-prioritaires/missions-rapaces/vautours/grands-causses/les-quatre-vautours>] (consulté le 27/04/2023).
- LPO GRANDS CAUSSES (2019) Vautours et mortalités dans les élevages des Grands Causses. Dépliant.
- LPO GRANDS CAUSSES, PARC NATUREL RÉGIONAL DES GRANDS CAUSSES (2013) Placettes infos n° 1.

- MACCALLUM, D. (2010) Candida Infections and Modelling Disease. In Ashbee, R., Bignell, E. (Éd.), *Pathogenic Yeasts, The Yeast Handbook*. Berlin, Springer, p. 41-67. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-03150-2_3]
- MALLEM, Y., LAVAL, A., JEAN-CLAUDE, D., *et al.* (2013) Avancées majeures dans le domaine du médicament vétérinaire au cours des 40 dernières années. *Le Point Vétérinaire* n° 340, p. 24-29.
- MATEO, R., SÁNCHEZ-BARBUDO, I.S., CAMARERO, P.R., *et al.* (2015) Risk assessment of bearded vulture (*Gypaetus barbatus*) exposure to topical antiparasitics used in livestock within an ecotoxicovigilance framework. *The Science of the Total Environment* vol. 536, p. 704-712. [<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.109>]
- MAUREL, S. (2002) État des relations entre le Vautour fauve (*Gyps fulvus*) et le pastoralisme dans le parc national des Pyrénées. Thèse de médecine vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Toulouse.
- METEYER, C.U., RIDEOUT, B.A., GILBERT, M., *et al.* (2005) Pathology and proposed pathophysiology of diclofenac poisoning in free-living and experimentally exposed oriental white-backed vultures (*Gyps bengalensis*). *Journal of Wildlife Diseases* vol. 41, n° 4, p. 707-716. [<https://doi.org/10.7589/0090-3558-41.4.707>]
- MINEAU, P., FLETCHER, M.R., GLASER, L.C., *et al.* (1999) Poisoning of raptors with organophosphorus and carbamate pesticides with emphasis on Canada, U.S. and U.K. *Journal of Raptor Research* vol. 33, n° 1, p. 1-37.
- MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE (2020) Plan national d'actions 2021 - 2030 en faveur du Vautour moine. [https://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/pna_moine_2021_2030.pdf] (consulté le 30/05/2022).
- MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE, MINISTRE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT (1999) Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département. In *Légifrance*. [<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000396986>] (consulté le 27/04/2023).
- MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE, MINISTRE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT (1998) Arrêté du 7 août 1998 relatif à l'élimination des cadavres d'animaux et au nourrissage des rapaces nécrophages. In *Légifrance*. [<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000572740>] (consulté le 21/02/2023).
- MINISTRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER, EN CHARGE DES TECHNOLOGIES VERTES ET DES NÉGOCIATIONS SUR LE CLIMAT, MINISTRE DE L'ALIMENTATION, DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE (2009) Arrêté du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. In *Légifrance*. [<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000021384277>] (consulté le 27/04/2023).
- MORENO-OPO, R., CARAPETO, R., CASIMIRO, R., *et al.* (2021) The veterinary use of diclofenac and vulture conservation in Spain: Updated evidence and socio-ecological implications. *Science of the Total Environment* vol. 796, p. 148851. [<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148851>]

- MORENO-OPO, R., TRUJILLANO, A., MARGALIDA, A. (2020) Larger size and older age confer competitive advantage : dominance hierarchy within European vulture guild. *Scientific Reports* vol. 10, n° 1, p. 2430. [<https://doi.org/10.1038/s41598-020-59387-4>]
- MUNDY, P., BUTCHART, D., LEDGER, J., *et al.* (1992) *The Vultures of Africa*. London, Academic Press.
- MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE (2003) Le Vautour moine : *Aegypius monachus* (Linné, 1766). In *Évolution holocène de la faune de Vertébrés de France : invasions et extinctions*. Rapport INRA/CNRS/MNHN, p. 200-201. https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/2869.
- NADAL, R., RIOLS, C. (2018) Suivi du régime alimentaire des Vautours moines dans les Grands Causses. *Vautours info* n° 35, p. 6.
- NAIDOO, V., WOLTER, K., CROMARTY, A.D., *et al.* (2008) The pharmacokinetics of meloxicam in vultures. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* vol. 31, n° 2, p. 128-134. [<https://doi.org/10.1111/j.1365-2885.2007.00923.x>]
- NAIDOO, V., WOLTER, K., CROMARTY, D., *et al.* (2010) Toxicity of non-steroidal anti-inflammatory drugs to Gyps vultures: a new threat from ketoprofen. *Biology Letters* vol. 6, n° 3, p. 339-341. [<https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0818>]
- NETHATHE, B., CHIPANGURA, J., HASSAN, I.Z., *et al.* (2021) Diclofenac toxicity in susceptible bird species results from a combination of reduced glomerular filtration and plasma flow with subsequent renal tubular necrosis. *PeerJ* vol. 9. [<https://doi.org/10.7717/peerj.12002>]
- NG, L.E., HALLIWELL, B., WONG, K.P. (2008) Nephrotoxic cell death by diclofenac and meloxicam. *Biochemical and Biophysical Research Communications* vol. 369, n° 3, p. 873-877. [<https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2008.02.116>]
- OAKS, J.L., GILBERT, M., VIRANI, M.Z., *et al.* (2004) Diclofenac residues as the cause of vulture population decline in Pakistan. *Nature* vol. 427, n° 6975, p. 630-633. [<https://doi.org/10.1038/nature02317>]
- OGADA, D.L., KEESING, F., VIRANI, M.Z. (2012) Dropping dead: causes and consequences of vulture population declines worldwide. *Annals of the New York Academy of Sciences* vol. 1249, p. 57-71. [<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06293.x>]
- ORDRE NATIONAL DES VÉTÉRINAIRES (2022) Atlas démographique de la profession vétérinaire 2022. 7ème édition. Paris, Conseil National de l'Ordre des Vétérinaires.
- O'ROURKE, K. (2002) Euthanatized animals can poison wildlife: Veterinarians receive fines. In *American Veterinary Medical Association*. [<https://www.avma.org/javma-news/2002-01-15/euthanatized-animals-can-poison-wildlife-veterinarians-receive-fines>] (consulté le 04/09/2022).
- PAIN, D.J., BOWDEN, C.G.R., CUNNINGHAM, A.A., *et al.* (2008) The race to prevent the extinction of South Asian vultures. *Bird Conservation International* vol. 18, n° S1, p. S30-S48. [<https://doi.org/10.1017/S0959270908000324>]
- PAPICH, M.G., RIVIERE, J.E. (2018) *Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 10ème éd. Ames, Wiley-Blackwell.

PARC NATUREL RÉGIONAL DES BARONNIES PROVENÇALES (2015) Carte PNR des Baronnie Provençales. *In Parc Naturel Régional des Baronnie Provençales*. [<https://www.baronnies-provencales.fr/le-parc/le-parc-naturel-regional/>] (consulté le 16/01/2022).

PARC NATUREL RÉGIONAL DES GRANDS CAUSSES (2014) Carte PNR des Grands Causses. *In Parc Naturel Régional des Grands Causses*. [<https://www.parc-grands-causses.fr/documents-telecharger/carte-pnrgc>] (consulté le 16/01/2022).

PARC NATUREL RÉGIONAL DU VERDON (2014) Carte PNR du Verdon. *In Parc Naturel Régional du Verdon*. [<https://www.parcduverdon.fr/fr/page/carte-des-communes>] (consulté le 16/01/2022).

PARLEMENT EUROPÉEN (2009) Règlement (CE) n°470/2009 du Parlement européen et du Conseil du 6 mai 2009 établissant des procédures communautaires pour la fixation des limites de résidus des substances pharmacologiquement actives dans les aliments d'origine animale, abrogeant le règlement (CEE) n°2377/90 du Conseil et modifiant la directive 2001/82/CE du Parlement européen et du Conseil et le règlement (CE) n°726/2004 du Parlement européen et du Conseil. *In EUR-lex*. [<http://data.europa.eu/eli/reg/2009/470/oj>] (consulté le 03/07/2022).

PARLEMENT EUROPÉEN, CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE (2001) Directive 2001/82/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 novembre 2001 instituant un code communautaire relatif aux médicaments vétérinaires. *In EUR-lex*. [<http://data.europa.eu/eli/dir/2001/82/oj>] (consulté le 03/07/2022).

PAYNE, J., BONHOTAL, J., SCHWARZ, M., *et al.* (2012) Quantification of Sodium Pentobarbital Residues from Equine Mortality Compost Piles. *In 4th International Symposium: Managing Animal Mortalities, Products, By-Products and Associated Health Risk Connecting Research, Regulations and Response*. Dearborn, Michigan, 21-24 Mai. p. 8.

PENNYCUICK, C.J. (1972) Soaring behaviour and performance of some East African birds, observed from a motor-glider. *Ibis* vol. 114, p. 178-218. [<https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1972.tb02603.x>]

PERROT, S. (2019a) Pharmacie galénique. Pharmacie, Pharmacologie et Toxicologie du médicament vétérinaire. Polycopié. Maisons-Alfort, École Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité de Pharmacie Toxicologie.

PERROT, S. (2019b) Médicaments vétérinaires et sécurité alimentaire. Pharmacie, Pharmacologie et Toxicologie du médicament vétérinaire. Polycopié. Maisons-Alfort, École Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité de Pharmacie Toxicologie.

PIQUEMAL, C., BEGON, E., DEMAY, F., *et al.* (2022) Mortalité d'oiseaux charognards : après le diclofénac, la flunixin méglumine mise en cause. *In La Dépêche Vétérinaire*. [https://www.depecheveterinaire.com/mortalite-d-oiseaux-charognards-apres-le-diclofenac-la-flunixin-meglumine-mise-en-cause_679B4F853768A566.html] (consulté le 20/07/2022).

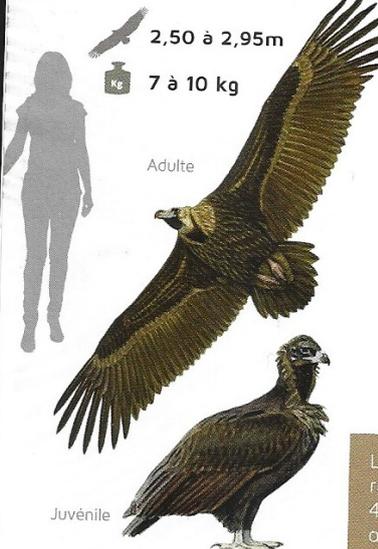
PITARCH, A., GIL, C., BLANCO, G. (2017) Oral mycoses in avian scavengers exposed to antibiotics from livestock farming. *Science of The Total Environment* vol. 605-606, p. 139-146. [<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.144>]

PLUMB, D.C. (2008) Plumb's Veterinary Drug Handbook, 6ème éd. Ames, Blackwell Publishing.

- PRAKASH, V., GALLIGAN, T.H., CHAKRABORTY, S.S., *et al.* (2017) Recent changes in populations of Critically Endangered Gyps vultures in India. *Bird Conservation International* vol. 29, n° 1, p. 55-70. [<https://doi.org/10.1017/S0959270917000545>]
- PRAKASH, V., PAIN, D., CUNNINGHAM, A., *et al.* (2003) Catastrophic collapse of Indian White-backed Gyps bengalensis and Long-billed Gyps indicus Vulture populations. *Biological Conservation* vol. 109, p. 381-390. [[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00164-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00164-7)]
- PUYT, J.-D. (2009) Intérêt et limites de la voie intrapéritonéale chez les ruminants. *Bulletin des GTV* n° 51, p. 45-48.
- PUYT, J.-D., GOGNY, M., JOSEPH-ENRIQUEZ, B. (1992) Les anti-inflammatoires en médecine vétérinaire - Présentation générale et pharmacocinétique. *Recueil de Médecine Vétérinaire* vol. 168, n° 8/9, p. 577-590.
- REDDY, P.N.C., ANJANEYULU, Y., SIVASANKARI, B., *et al.* (2006) Comparative toxicity studies in birds using nimesulide and diclofenac sodium. *Environmental Toxicology and Pharmacology* vol. 22, n° 2, p. 142-147. [<https://doi.org/10.1016/j.etap.2006.02.004>]
- ROCK, A.H. (2007) General pharmacology. In *Veterinary pharmacology: a practical guide for the veterinary nurse*, Oxford, Butterworth-Heinemann. p. 35-46.
- ROQUE, F., BLONDEAU, J., ORABI, P., *et al.* (2020) Les causes de mortalité du Gypaète barbu et des autres vautours en France. *Ornithos* vol. 27, n° 1, p. 17-32.
- ROUSTEAU, T. (2020) Dynamique, régulation et viabilité des populations restaurées : le cas du Vautour moine (*Aegypius monachus*) en France. Thèse de doctorat en Biologie de la conservation. Paris, Sorbonne université.
- SCHWARZ, M., BONHOTAL, J., BISCHOFF, K., *et al.* (2013) Fate of Barbiturates and Non-steroidal Anti-inflammatory Drugs During Carcass Composting. *Trends in Animal & Veterinary Sciences Journal* vol. 4, n° 1, p. 1-12.
- SHULTZ, S., BARAL, H.S., CHARMAN, S., *et al.* (2004) Diclofenac poisoning is widespread in declining vulture populations across the Indian subcontinent. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* vol. 271, Suppl 6, p. S458-S460.
- STOLTZ, R. (2008) Les résidus d'antibiotiques dans les denrées d'origine animale : évaluation et maîtrise de ce danger. Thèse de médecine vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Lyon.
- SWAN, G.E., CUTHBERT, R., QUEVEDO, M., *et al.* (2006a) Toxicity of diclofenac to Gyps vultures. *Biology Letters* vol. 2, n° 2, p. 279-282. [<https://doi.org/10.1098/rsbl.2005.0425>]
- SWAN, G.E., NAIDOO, V., CUTHBERT, R., *et al.* (2006b) Removing the Threat of Diclofenac to Critically Endangered Asian Vultures. *PLoS Biology* vol. 4, n° 3, p. e66. [<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040066>]
- SWARUP, D., PATRA, R.C., PRAKASH, V., *et al.* (2007) Safety of meloxicam to critically endangered Gyps vultures and other scavenging birds in India. *Animal Conservation* vol. 10, n° 2, p. 192-198. [<https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2006.00086.x>]

- TAGGART, M.A., CUTHBERT, R., DAS, D., *et al.* (2007) Diclofenac disposition in Indian cow and goat with reference to Gyps vulture population declines. *Environmental Pollution* vol. 147, n° 1, p. 60-65. [<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.08.017>]
- TAGGART, M.A., SENACHA, K.R., GREEN, R.E., *et al.* (2009) Analysis of Nine NSAIDs in Ungulate Tissues Available to Critically Endangered Vultures in India. *Environmental Science & Technology* vol. 43, n° 12, p. 4561-4566. [<https://doi.org/10.1021/es9002026>]
- THOMAS, N.J. (1999) Barbiturates. In Friend M., Franson J.C., *Field Manual of Wildlife Diseases : General Field Procedures and Diseases of Birds*. Washington, D.C., U.S. Department of the Interior, p. 349-350.
- TORCHE, S., BEROUAL, K. (2020) Les antiparasitaires (Principales molécules à usage vétérinaire). Pharmacologie spéciale. Polycopié. Constantine, Institut des Sciences Vétérinaires, Unité Productions animales.
- VEZON, T. (2013) Cévennes : le retour réussi des vautours. *Terre Sauvage* n° 294, p. 90-98.
- WELLS, K., BUTTERWORTH, A., RICHARDS, N. (2020) A review of secondary pentobarbital poisoning in scavenging wildlife, companion animals and captive carnivores. *Journal of Veterinary Forensic Sciences* vol. 1, n° 1, p. 1-15. [<https://doi.org/10.32473/jvfs.v1i1.128307>]
- ZORRILLA, I., MARTINEZ, R., TAGGART, M.A., *et al.* (2015) Suspected flunixin poisoning of a wild Eurasian Griffon Vulture from Spain: Flunixin and Gyps Vultures. *Conservation Biology* vol. 29, n° 2, p. 587-592. [<https://doi.org/10.1111/cobi.12417>]
- ZORRILLA, I., RICHARDS, N., BENÍTEZ, J., *et al.* (2018) Case study : Detection of two non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) in the eggs of captive-reared bearded vultures at a breeding center in southern Spain. *Journal of Wildlife Rehabilitation* vol. 38, n° 1, p. 14-27.

Annexe 1 : Présentation comparée des quatre vautours français (Borrel *et al.*, 2022)



2,50 à 2,95m
7 à 10 kg

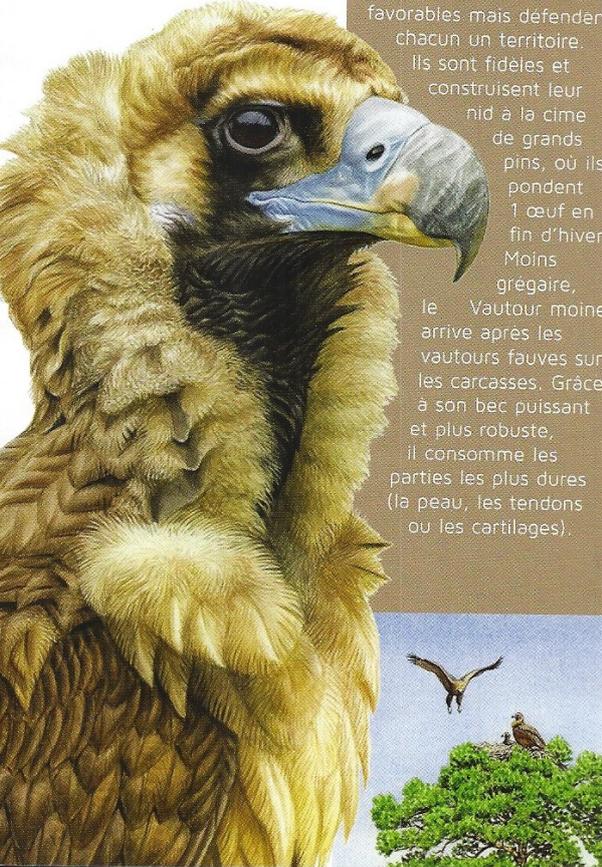
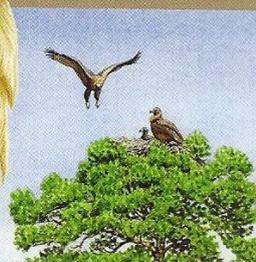
Adulte

Juvénile

VAUTOUR MOINE

Le géant des arbres

Le Vautour moine se reproduit vers l'âge de 4-5 ans. Les couples occupent par petits groupes des zones favorables mais défendent chacun un territoire. Ils sont fidèles et construisent leur nid à la cime de grands pins, où ils pondent 1 œuf en fin d'hiver. Moins grégaire, le Vautour moine arrive après les vautours fauves sur les carcasses. Grâce à son bec puissant et plus robuste, il consomme les parties les plus dures (la peau, les tendons ou les cartilages).



2,40 à 2,70m
7 à 11 kg

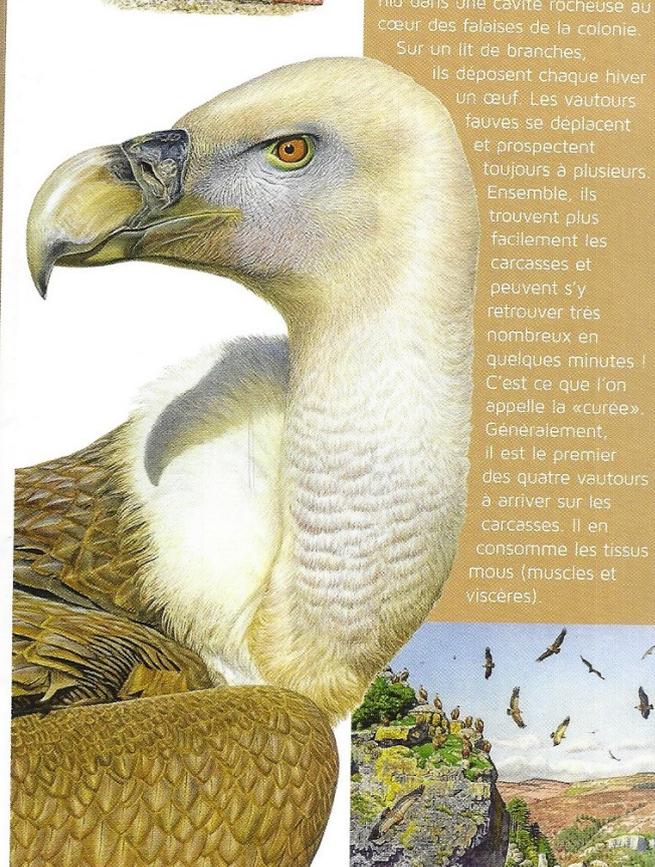
Adulte

Juvénile

VAUTOUR FAUVE

Il vit en colonie

Le Vautour fauve est adulte à l'âge de 4 ans et les couples sont fidèles. Ils vivent en groupes et chaque couple construit son nid dans une cavité rocheuse au cœur des falaises de la colonie. Sur un lit de branches, ils déposent chaque hiver un œuf. Les vautours fauves se déplacent et prospectent toujours à plusieurs. Ensemble, ils trouvent plus facilement les carcasses et peuvent s'y retrouver très nombreux en quelques minutes ! C'est ce que l'on appelle la «curée». Généralement, il est le premier des quatre vautours à arriver sur les carcasses. Il en consomme les tissus mous (muscles et viscères).






1,60m

2 à 2,5 kg

Adulte



Juvénile

VAUTOUR PERCNOPTÈRE

Le petit migrateur

Il est le plus petit vautour européen et le seul migrateur. Adulte vers 4 ans, il passe l'hiver et sa jeunesse en Afrique subsaharienne et rejoint le sud de l'Europe pour se reproduire au printemps. Il aménage un nid en falaise, à l'aide de branches, où il dépose 1 à 2 œufs par an.

Les couples choisissent des sites souvent isolés. Grâce à son bec long, fin et recourbé, il cure les os et «picore» les restes laissés par les autres vautours. Son alimentation est plus diversifiée : insectes, excréments, reptiles ou cadavres de petits mammifères.



2,60 à 2,90m

5 à 7 kg

Adulte



Juvénile

GYPAÈTE BARBU

Le mangeur d'os

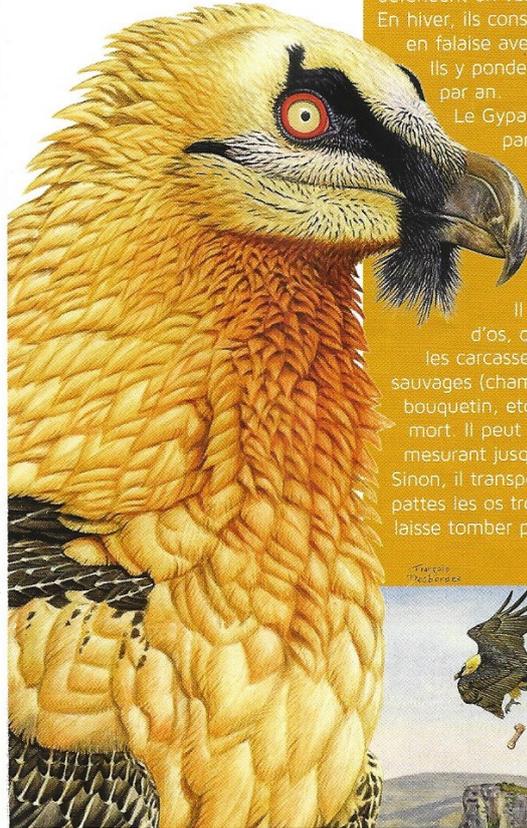
Il atteint l'âge de se reproduire vers 8 ans.

Les couples occupent et défendent un vaste territoire. En hiver, ils construisent un nid en falaise avec de la laine. Ils y pondent 1 à 2 œufs par an.

Le Gypaète arrive parfois plusieurs jours après les autres vautours et achève le travail d'équarisseur.

Il se nourrit d'os, qu'il prélève sur les carcasses d'ongules sauvages (chamois, mouflon, bouquetin, etc.) ou de bétail mort. Il peut avaler des os mesurant jusqu'à 30 cm ! Sinon, il transporte dans ses pattes les os trop longs et les laisse tomber pour les briser.

© Françoise Thébaud



Annexe 2 : Action 4.1 du PNA 2021 – 2030 en faveur du Vautour moine (Nadal *et al.*, 2020)

Action 4.1	Rendre accessible et diversifier la ressource alimentaire sur les sites de reproduction et les corridors de dispersion	Priorité		
		1	2	3

Domaine	Protection									
Calendrier	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Objectif	Assurer la mise à disposition de ressources alimentaires diverses.									
Contexte	L'élevage ovin est dominant dans les régions occupées par le Vautour moine. Les carcasses doivent être mises à disposition des vautours. Le Vautour moine présente une niche écologique différente et plus large que celle du Vautour fauve et ses spécificités alimentaires méritent d'être mieux comprises. D'autres ressources alimentaires peuvent et doivent être rendues disponibles.									
Description de l'action	<p>1. <u>Mieux connaître la ressource alimentaire exploitée par l'espèce</u></p> <p>Pour connaître le régime alimentaire, il convient de collecter à l'automne les restes alimentaires dans ou sous les aires de Vautour moine. Ces divers restes (poils, os, plumes, etc.) sont ensuite identifiés par des spécialistes capables de déterminer l'espèce consommée à partir des restes (C.Riols et D.Beautheac).</p> <p>L'analyse génétique de ces restes pourra également être expérimentée, malgré la pollution et détérioration génétique engendrée par l'ingestion, la régurgitation et l'exposition aux UV de ces restes alimentaires.</p>									
	<p>2. <u>Rendre accessible et de diversifier la ressource alimentaire pour les vautours moines</u></p> <p>Divers systèmes existent d'ores et déjà :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Collecte d'équarrissage : 									

Dans les trois sites actuels où l'espèce a été réintroduite, une collecte d'équarrissage est assurée par les associations. Au-delà de la ressource alimentaire ainsi mise à disposition, cette collecte permet d'assurer le suivi scientifique de la population.

- Placettes d'équarrissage d'éleveurs :

Les placettes éleveurs sont développées depuis 2001. Les APN doivent accompagner les éleveurs dans la constitution du dossier technique et administratif pour obtenir l'aval des services vétérinaires et obtenir un arrêté préfectoral de création de placette individuelle ou collective dans le cas de regroupement d'élevages de petite taille. Actuellement ces différentes installations reçoivent essentiellement des mortalités issues de l'élevage ovin et de façon minoritaire d'élevages bovins, caprins, porcins et équins. La possibilité de permettre une plus grande diversification des natures de dépôts sur les placettes éleveurs doit donc être privilégiée (découpe issues de porcs en élevages extensifs en plein air intégral, lapins, etc.).

- Placette de recyclage et site de nourrissage spécifique :

Ce type d'installations est mise en œuvre pour le soutien alimentaire soit des Gypaètes barbus à l'aide d'os uniquement, ou des Vautours percnoptères et des Milans royaux à l'aide de déchets de boucheries. Dans les deux cas, ces installations s'avèrent aussi attractives pour les Vautours moines qui trouvent sur ces installations des matières carnées correspondant à leur régime alimentaire (tendon, peau, couenne de porc ...).

Dans l'objectif d'un développement de la ressource alimentaire pour l'espèce, il s'avère opportun de s'appuyer sur le constat de la fréquentation des installations citées ci-dessus. Pour cela, il convient de prévoir le développement de placette adaptée au Vautour moine à l'aide de déchets de boucherie, et cela uniquement à partir d'animaux issus d'élevages locaux non industriels dont l'alimentation est en lien avec le territoire concerné. Afin d'optimiser au mieux ce type de dépôt au bénéfice des Vautours moines, les installations existantes ou à créer à cet effet devront être aménagées afin de réduire à minima la pression exercée par les Vautours fauves et les dépôts devront être dispersés. Pour cela les enclos des installations concernées devront inclure des bordures d'espaces boisées claires, moins favorables aux Vautours fauves, sous lesquelles seront dispersés les déchets ainsi que dans la mesure du possible des petits cadavres issus eux aussi d'élevages locaux non industriels. Dans le même objectif, il convient aussi de permettre l'expérimentation éventuelle de nouveaux types d'aménagements.

Le développement des différents types d'équarrissage naturel concerne l'ensemble de la zone d'étude. Cependant la priorité sera portée, en fonction des modes d'équarrissage, aux types de zones suivantes :

- placette éleveur ; zones fréquentées par l'espèce ou les réseaux d'installations sont peu développés au regard de la fréquentation des vautours.

- site de nourrissage spécifique et placette éleveur aménagée à l'attention du Vautour moine ; zones où la concurrence alimentaire avec les Vautours fauves est

	<p>prégnante, zones en voie de colonisation et zones de transit entre les différents massifs.</p> <p>Dans tous les cas, il conviendra de veiller à bien dimensionner le développement de ces différentes installations au regard de leurs pertinences.</p> <p>3. <u>Etudier la fréquentation des placettes de recyclage</u></p> <p>L'observation, directe ou à l'aide de suivi automatisé et des suivis télémétriques, du comportement des vautours moines lors des curées doit permettre de mettre en évidence les préférences alimentaires de l'espèce : il faudra comparer le nombre de vautours moines présents, le temps passé à consommer la nourriture, etc. en fonction de la ressource alimentaire mise à disposition. Des études en Espagne ont montré que les Vautours moines préféreraient les restes dispersés et de taille moyenne plutôt que les cadavres entiers d'ovins.</p> <p>4. <u>Etudes et actions de sensibilisation transverses</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler la qualité de la ressource alimentaire (faune sauvage et domestique) : <p>Les vautours moines consomment une grande diversité d'animaux domestiques et sauvages morts. Les causes de mortalité de ces animaux ou leur état sanitaire ne sont généralement pas connus et des impacts sur la santé des Vautours moines sont possibles. Afin de mieux connaître les sources de contamination possibles et leurs impacts sur la santé de l'espèce, les actions suivantes seront engagées :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Récolte à l'automne des plumes de mues pour analyse de taux de plomb ; ○ Etude isotopique du plomb sur les plumes de mues de vautours moines ; ○ Inventaire des traitements vétérinaires appliqués aux élevages sur les sites de reproduction de l'espèce (antifongiques, anti-inflammatoires, antibiotiques, antiparasitaires....); ○ Analyse de la présence de certaines molécules inventoriées après prélèvement sanguin sur des vautours (lors de rebagage, de capture pour pose de GPS et éventuellement des poussins au nid lors des bagages). Ces analyses pourront être menées en début de PNA puis à son terme afin d'identifier une éventuelle évolution. ○ Des campagnes d'informations auprès des praticiens vétérinaires et des éleveurs seront menées <ul style="list-style-type: none"> - Initier une étude comparative de la fréquentation des sites « officiels » (placettes) et des sites non connus (dépôts officieux, mortalité sauvage...) via l'utilisation du bio-logging pour quantifier la ressource alimentaire : <p>Cette technique repose sur les capteurs d'accélérométrie intégrés aux balises GPS, qui permettent de distinguer les comportements des vautours (vols, repos, alimentation) et ainsi identifier les sites d'alimentation hors placettes d'équarrissage.</p>
Régions concernées	Occitanie, AURA, PACA

Annexe 3 : Questionnaire de l'enquête diffusé aux vétérinaires (exemple pour la région des Grands Causses)

Etablissement d'un inventaire des traitements vétérinaires utilisés dans les zones de reproduction du Vautour moine en France

Bonjour,
Actuellement en 6ème année à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, je réalise ma thèse sur les "Traitements vétérinaires utilisés dans les zones de reproduction du Vautour moine en France".

La présence de résidus médicamenteux dans les carcasses d'animaux de production laissées à disposition des vautours peut avoir un effet négatif sur la santé de ces charognards. L'objectif de l'étude est donc d'obtenir un inventaire des traitements que vous utilisez dans votre pratique courante et de les comparer aux traitements connus pour avoir eu un effet sur les populations de vautours à travers le monde.

Ce questionnaire s'adresse donc aux vétérinaires ayant des bovins et des petits ruminants dans leur clientèle et exerçant dans ou à proximité des régions des Grands Causses, des Baronnies et du Verdon.

Il est anonyme et vous prendra environ une dizaine de minutes à compléter.

Merci d'avance pour votre participation et le temps consacré,

STRALEN Fanny
Etudiante en 6ème année à l'ENVA

** Indique une question obligatoire*

Préliminaires : région d'exercice

1. Dans laquelle de ces régions exercez-vous ? *

Une seule réponse possible.

- Grands Causses (Lozère, Aveyron, Nord du Gard, Nord de l'Hérault)
Passer à la question 2
- Verdon (Var et Alpes-de-Haute-Provence) *Passer à la question 26*
- Baronnies (Drôme, Isère) *Passer à la question 50*
- Autre : _____

Les Grands causses

Préliminaires : présentation de votre activité

2. Quelle est la part de rurale dans votre pratique quotidienne ? *

Une seule réponse possible.

- Moins de 10 %
- 10 - 20 %
- 20 - 30 %
- 30 - 40 %
- 40 - 50 %
- 50 - 60 %
- 60 - 70 %
- 70 - 80 %
- 80 - 90 %
- 90 - 100 %

3. Combien d'élevages (bovins et petits ruminants) suivez-vous ? *

Une seule réponse possible.

- 0-10
- 10-50
- 50-100
- > 100

4. Pourriez-vous fournir une approximation du nombre total de ruminants (bovins et petits ruminants) que vous suivez ? *

(Réponse attendue sous la forme : nombre)

Antibiotiques

Dans cette partie nous nous intéressons aux antibiotiques que vous utilisez en pratique rurale.

5. Sélectionnez les 3 antibiotiques que vous utilisez le plus dans votre pratique rurale. *

Plusieurs réponses possibles.

- Oxytétracycline (ex : Longicine® ; Oxytétracycline® 10 % ; Tenaline®)
- Tétracycline (ex : Mastijet® ; Panafuge® ; Tétracycline 50®)
- Triméthoprime-Sulfamide (ex : Borgal® ; Amphoprim® ; Septotryl®)
- Enrofloxacin (ex : Baytril® ; Interflox-100®)
- Dihydrostreptomycine (ex : Histabiosone® ; Histacline® ; Intramicine® ; Shotapen®)
- Amoxicilline (ex : Clamoxyl® ; Duphamox® ; Synulox®)
- Ampicilline (ex : Ampiclox® ; Colampi® ; Sodibio®)
- Benzylpénicilline (ex : Ubrostar® ; Depocilline® ; G. Promycine® ; Histabiosone®)
- Céfalexine (ex : Ubrolexin® ; Rilexine®)
- Erythromycine (ex : Erythrocin®)
- Marbofloxacin (ex : Forcyle® ; Marbocyl®)
- Tylosine (ex : Tylan® ; Axentil® ; Pharmasin®)
- Autre : _____

6. Parmi les 3 antibiotiques que vous avez sélectionné, lequel utilisez-vous le plus souvent ? *

Une seule réponse possible.

- Oxytétracycline
- Tétracycline
- Triméthoprime-Sulfamide
- Enrofloxacin
- Dihydrostreptomycine
- Amoxicilline
- Ampicilline
- Benzylpénicilline
- Céfalexine
- Erythromycine
- Marbofloxacin
- Tylosine
- Autre

7. Pouvez-vous fournir une estimation de la fréquence (nombre de traitements/an) d'utilisation de cet antibiotique ?

(Réponse attendue sous la forme : nombre)

Anti-inflammatoires

Nous nous intéressons ici aux anti-inflammatoires que vous utilisez en pratique rurale.

8. Sélectionnez les 3 anti-inflammatoires que vous utilisez le plus dans votre pratique rurale. *

Plusieurs réponses possibles.

- Méloxicam (ex : Métacam®)
- Kétoprofène (ex : Kelaprofen® ; Ketofen®)
- Carprofène (ex : Rimadyl® ; Carprodolor®)
- Flunixin de méglumine (ex : Finadyne® ; Méganyl®)
- Prednisolone (ex : Corticoveyxin® ; Histacline®)
- Dexaméthasone (ex : Dexadreson® ; Biomethasone® ; Dexazone® ; Dexalone®)
- Méthylprednisolone (ex : Cortexiline®)
- Acide tolfénamique (ex : Tolfine® ; Tolfedol®)
- Autre : _____

9. Parmi les 3 anti-inflammatoires que vous avez sélectionné, lequel utilisez-vous le plus souvent ? *

Une seule réponse possible.

- Méloxicam
- Kétoprofène
- Carprofène
- Flunixin de méglumine
- Prednisolone
- Dexaméthasone
- Méthylprednisolone
- Acide tolfénamique
- Autre

10. Pouvez-vous fournir une estimation de la fréquence (nombre de traitements/an) d'utilisation de cet anti-inflammatoire ?

(Réponse attendue sous la forme : nombre)

Anti-parasitaires

Dans cette partie, nous nous intéressons aux anti-parasitaires externes et internes utilisés en pratique rurale.

11. Sélectionnez les 3 anti-parasitaires externes que vous utilisez le plus dans votre pratique rurale. *

Plusieurs réponses possibles.

- Phoxime (ex : Sebacil®)
 Cyperméthrine (ex : Ectofly® ; Electron®)
 Deltaméthrine (ex : Butox® ; Deltanil® ; Versatrine ®)
 Fluméthrine (ex : Bayticol®)
 Dicyclanil (ex : Clik® ; Clikzin®)
 Enilconazole (ex : Imaveral®)
 Autre : _____

12. Parmi les 3 anti-parasitaires externes que vous avez sélectionné, lequel utilisez-vous le plus souvent ? *

Une seule réponse possible.

- Phoxime
 Cyperméthrine
 Deltaméthrine
 Fluméthrine
 Dicyclanil
 Enilconazole
 Autre

13. Pouvez-vous fournir une estimation de la fréquence (nombre de traitements/an) d'utilisation de cet anti-parasitaire externe ?
(Réponse attendue sous la forme : nombre)

14. Sélectionnez les 3 anti-parasitaires internes que vous utilisez le plus dans votre pratique rurale. *

Plusieurs réponses possibles.

- Triclabendazole (ex : Cydectine Triclamox® ; Tribex® ; Fascinex®)
 Fenbendazole (ex : Panacur®)
 Oxfendazole (ex : Repidose® ; Synanthic® ; Oxfenil®)
 Nétobimine (ex : Hapadex®)
 Lévamisole (ex : Biaminthic® ; Capizol® ; Levasole®)
 Oxyclosanide (ex : Douvistome® ; Distocur®)
 Closantel (ex : Closamectin® ; Flukiver® ; Vermax®)
 Monépantel (ex : Zolvix®)
 Albendazole (ex : Valbazen® ; Albex®)
 Autre : _____

15. Parmi les 3 anti-parasitaires internes que vous avez sélectionné, lequel utilisez-vous le plus souvent ? *

Une seule réponse possible.

- Triclabendazole
 Fenbendazole
 Oxfendazole
 Nétobimine
 Lévamisole
 Oxyclosanide
 Closantel
 Monépantel
 Albendazole
 Autre

16. Pouvez-vous fournir une estimation de la fréquence (nombre de traitements/an) d'utilisation de cet anti-parasitaire interne ?
(Réponse attendue sous la forme : nombre)

17. Laquelle de ces deux familles d'endectocides (lactones macrocycliques) utilisez-vous le plus dans votre pratique rurale ? *

Une seule réponse possible.

- Avermectines : Ivermectine (ex : Baymec® ; Bimectin® ; Cevamec®), Eprinomectine (ex : Eprinex® ; Eprecis®), Doramectine (Dectomax®)
 Milbemyicine : Moxidectine (ex : Cydectine® ; Moxodex® ; Ridamec®)

18. Parmi les molécules endectocides suivantes, laquelle utilisez-vous le plus souvent ? *

Une seule réponse possible.

- Ivermectine
 Eprinomectine
 Doramectine
 Moxidectine

19. Pouvez-vous fournir une estimation de la fréquence (nombre de traitements/an) d'utilisation de cet endectocide ?

(Réponse attendue sous la forme : nombre)

Anesthésiques et sédatifs

Ici, nous nous intéressons aux anesthésiques et sédatifs que vous utilisez en pratique rurale.

20. Sélectionnez le sédatif que vous utilisez le plus dans votre pratique rurale. *

Une seule réponse possible.

- Xylazine (ex : Rompun 2%® ; Sedaxylan® ; Xylasol®)
 Détomidine (ex: Detosedan® ; Medesedan® ; Sedomidine®)
 Brotizolam (ex : Médérantil®)
 Autre : _____

21. Pouvez-vous fournir une estimation de la fréquence (nombre de traitements/an) d'utilisation de ce sédatif ?

(Réponse attendue sous la forme : nombre)

22. Sélectionnez l'anesthésique que vous utilisez le plus dans votre pratique rurale. *

Une seule réponse possible.

- Kétamine (ex : Ketamidor® ; Imalgene® ; Ketabel®)
- Procaïne (ex : Procamidor® ; Panadia® ; Pronestestic®)
- Lidocaïne (ex : Lurocaïne® ; Laocaïne®)
- Autre : _____

23. Pouvez-vous fournir une estimation de la fréquence (nombre de traitements/an) d'utilisation de cet anesthésique ?

(Réponse attendue sous la forme : nombre)

Euthanasiants

Pour finir, nous nous intéressons aux euthanasiants que vous utilisez en pratique rurale.

24. Lequel de ces deux euthanasiants utilisez-vous le plus dans votre pratique rurale ? *

Une seule réponse possible.

- Embutramide, mébézonium et tétracaïne (ex : T61®)
- Pentobarbital sodique (ex : Dolethal® , Euthasol®)

25. Pouvez-vous fournir une estimation de la fréquence (nombre de traitements/an) d'utilisation de cet euthanasiant ?

(Réponse attendue sous la forme : nombre)

Autre région d'exercice

74. Exercez-vous dans une zone limitrophe de l'une de ces régions, ou avez-vous * dans votre clientèle des éleveurs localisés dans l'une de ces zones ?

Une seule réponse possible.

- Grands Causses (Lozère, Aveyron, Nord du Gard, Nord de l'Hérault)
Passer à la question 2
- Verdon (Var et Alpes-de-Haute-Provence) *Passer à la question 26*
- Baronnies (Drôme, Isère) *Passer à la question 50*
- Non je n'exerce pas à proximité de ces régions
Passer à la section 7 (Autre région d'exercice).

Passer à la question 75

Autre région d'exercice

Merci d'avoir pris le temps de répondre à cette enquête. Malheureusement votre région d'exercice ne correspond pas aux zones ciblées par cette étude.

Fin de l'étude

Merci pour votre réponse! En cas d'éventuelles questions ou remarques, écrivez ci-dessous ou envoyez un mail à fanny.stralen@vet-alfort.fr

75. **Commentaire libre/remarque**
-

TRAITEMENTS UTILISÉS DANS LES ZONES DE REPRODUCTION DU VAUTOUR MOINE : ÉTABLISSEMENT D'UN INVENTAIRE GRÂCE À UNE ENQUÊTE À DESTINATION DES VÉTÉRINAIRES RURAUX

AUTEUR : Fanny STRALEN

RÉSUMÉ :

Depuis les années 1990, les populations de vautours ont connu un fort déclin à travers le monde. Les enquêtes menées ont mis en évidence l'implication des médicaments vétérinaires dans ce déclin avec une exposition des populations à des résidus écotoxiques. Bien que quatre espèces de vautours se reproduisent en France depuis la fin du 20^e siècle, leur situation et notamment celle du Vautour moine reste très précaire. Il apparaît donc indispensable de maîtriser les causes pouvant entraîner une diminution des populations et notamment de leur assurer des ressources alimentaires sûres.

Ce manuscrit s'articule en deux parties. Premièrement, une partie bibliographique, qui fait tout d'abord le point sur les connaissances concernant la biologie du Vautour moine, puis décrit les phénomènes amenant à la formation de résidus écotoxiques et revient finalement sur les historiques d'empoisonnements de charognards par des résidus de médicaments vétérinaires. Deuxièmement, une partie expérimentale, basée sur une enquête à destination des vétérinaires exerçant dans les zones de reproduction du Vautour moine.

L'objectif de ce travail était de connaître les habitudes des vétérinaires français exerçant dans les zones de reproduction du Vautour moine en termes de traitements réalisés chez les ruminants. Ainsi, le questionnaire diffusé en ligne abordait d'abord la présentation de l'activité des vétérinaires (part de rurale, nombre d'élevages et d'animaux suivis) puis pour chaque catégorie de médicaments il permettait de faire ressortir les molécules les plus utilisées et leur fréquence d'utilisation. La partie commentaire libre en fin de questionnaire a permis de mieux comprendre l'usage des traitements fait par les vétérinaires en pratique sur le terrain.

Le taux de réponse était de 5,25 % avec une majorité de réponses pour la région des Grands Causses. L'oxytétracycline est l'antibiotique le plus utilisé dans les Baronnies Provençales et les Gorges du Verdon, alors que dans les Grands Causses la benzylpénicilline et la dihydrostreptomycine sont plus utilisées. Concernant les anti-inflammatoires, l'acide tolfénamique est majoritairement utilisé, l'usage du méloxicam reste assez faible et le diclofénac, très toxique, n'est pas autorisé. Dans les Grands Causses et les Baronnies Provençales, l'anti-parasitaire externe le plus fréquemment utilisé est la deltaméthrine, dans le Verdon le phoxime est préféré. L'oxyclosanide est l'anti-parasitaire interne le plus employé dans les Grands Causses. Concernant les endectocides, la famille des avermectines est la plus utilisée et au sein de cet famille l'ivermectine est l'endectocide le plus utilisé par les vétérinaires des trois régions. Enfin, l'euthanasiant le plus utilisé dans les régions étudiées est le pentobarbital sodique.

L'étude a ainsi permis de dresser un premier inventaire des traitements les plus utilisés par les vétérinaires ruraux français dans les zones de reproduction du Vautour moine et de le comparer aux historiques d'empoisonnements par des résidus écotoxiques. Elle pourra servir de base pour d'autres projets de recherche afin de vérifier si les traitements identifiés circulent dans les populations de vautours françaises et s'ils peuvent être associés à des cas d'intoxication de la faune sauvage.

MOTS CLÉS :

TRAITEMENT / VAUTOUR / ÉCOTOXICITÉ / INVENTAIRE / ENQUÊTE / VÉTÉRINAIRE / CAUSSES / VERDON / BARONNIES

JURY :

Président : Pr Matthias KOHLHAUER

Directeur de thèse : Pr Yves MILLEMANN

Examineur : Dr Pascal ARNÉ

TREATMENTS USED IN BLACK VULTURE BREEDING AREAS: DRAWING UP AN INVENTORY THROUGH A SURVEY OF RURAL VETERINARIANS

AUTHOR: Fanny Stralen

SUMMARY:

Since the 1990s, vulture populations around the world have been in steep decline. Investigations have revealed the involvement of veterinary medicines in this decline, with populations being exposed to ecotoxic residues. Although four species of vulture have been breeding in France since the end of the 20th century, their situation, particularly that of the Black Vulture, remains very precarious. It is therefore essential to control the causes of population decline and, in particular, to provide them with safe food resources.

This manuscript is divided into two parts. First, a bibliographic section, which firstly reviews what is known about the biology of the Black Vulture, then describes the phenomena leading to the formation of ecotoxic residues and finally reviews the history of poisoning of scavengers by veterinary drug residues. Secondly, an experimental part, based on a survey aimed at the veterinarians practising in Black Vulture breeding areas.

The aim of this study was to find out the habits of French vets practising in Black Vulture breeding areas in terms of ruminant treatments. The questionnaire, which was distributed online, began with a presentation of the work carried out by the vets (rural share, number of farms and animals monitored) and then, for each category of medicine, highlighted the most commonly used molecules and their frequency of use. The comment section at the end of the questionnaire provided a better understanding of the use of treatments by vets in practice in the field.

The response rate was 5.25%, with a majority of responses from the Grands Causses region. Oxytetracycline is the antibiotic most commonly used in the Baronnies Provençales and the Gorges du Verdon, while benzylpenicillin and dihydrostreptomycin are more widely used in the Grands Causses. As far as anti-inflammatories are concerned, tolfenamic acid is used in the majority of cases, meloxicam is used to a relatively limited extent and diclofenac, which is highly toxic, is not authorised. In the Grands Causses and Baronnies Provençales, the most frequently used external anti-parasite is deltamethrin, while in the Verdon, phoxime is preferred. Oxyclosanide is the most commonly used internal anti-parasite in the Grands Causses. As far as endectocides are concerned, the avermectin family is the most widely used, and within this family ivermectin is the endectocide most widely used by vets in all three regions. Finally, the euthanasia agent most commonly used in the regions studied is sodium pentobarbital.

The study has thus made it possible to draw up an initial inventory of the treatments most commonly used by French rural veterinary surgeons in Black Vulture breeding areas, and to compare it with historical records of poisoning by ecotoxic residues. It could serve as a basis for other research projects to check whether the treatments identified are circulating in French vulture populations and whether they may be associated with cases of poisoning in wildlife.

KEYWORDS:

TREATMENT / VULTURE / ECOTOXICITY / INVENTORY / SURVEY / VETERINARY / CAUSSES /
VERDON / BARONNIES

JURY:

Chairperson: Pr Matthias KOHLHAUER

Thesis Director: Pr Yves MILLEMANN

Reviewer: Dr Pascal ARNÉ