

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 27 février 2023

AVIS

de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

relatif aux « modalités de surveillance et de lutte contre la brucellose des bouquetins dans les massifs du Bargy et des Aravis et aux modalités de surveillance des cheptels de ruminants estivant dans le massif des Aravis. »

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont publiés sur son site internet.

L'Anses a été saisie le 6 décembre 2022 par la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL), la Direction de l'eau et de la Biodiversité (DEB) et la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) pour la réalisation d'une expertise scientifique sur les modalités de surveillance et de lutte contre la brucellose dans les massifs du Bargy et des Aravis et aux modalités de surveillance des cheptels de ruminants estivant dans le massif des Aravis.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

La France est reconnue officiellement indemne de brucellose bovine depuis 2005, et de brucellose ovine et caprine depuis 2014 sur le territoire métropolitain, à l'exception du département des Pyrénées-Atlantiques (64) reconnu officiellement indemne en mars 2021.

En 2012, un foyer bovin de brucellose a été détecté en Haute-Savoie sur le massif du Bargy et a conduit à la découverte d'un réservoir de brucellose dans la population de bouquetins (*Capra ibex*) de ce massif. En 2021, un nouveau foyer bovin a été découvert lié à la persistance de la brucellose dans la faune sauvage du massif du Bargy.

Depuis 2012, sur le massif du Bargy, des campagnes de gestion par captures et euthanasies des bouquetins séropositifs, ainsi que des tirs, se sont succédé tous les ans. En 2013, des captures de bouquetins avec tests sérologiques ont également été conduites sur les massifs des Aravis et de Sous-Dîne, voisins du Bargy. L'ensemble de ces mesures de gestion est résumé dans le Tableau 1. Une surveillance des espèces sensibles chassables, i.e. le chamois (*Rupicapra rupicapra*) depuis 2012, le cerf élaphe (*Cervus elaphus*) et le chevreuil (*Capreolus capreolus*) entre 2012 et 2017, est également mise en place avec l'aide de la Fédération départementale des chasseurs de Haute-Savoie.

Ces mesures ont permis de faire fortement baisser la séroprévalence¹ de la brucellose dans la population de bouquetins dans le massif du Bargy.

La séroprévalence dans la population est estimée à partir de la séroprévalence apparente (c'est-à-dire mesurée dans l'échantillon d'animaux testés), en prenant en compte les différences d'échantillonnage au fil des années (Calenge *et al.* 2021). Cette estimation est facilitée par le fait que la combinaison de tests sérologiques utilisés (test rapide sur le terrain, systématiquement confirmé par des tests de « rose bengale », « fixation du complément » et ELISA indirecte) a une sensibilité et une spécificité fortes (95 % et 100 % respectivement, Anses 2015, Lambert *et al.* 2020).

La séroprévalence est à son tour un bon estimateur de la prévalence, c'est-à-dire de la proportion d'animaux infectés. En effet, la plupart des animaux infectés présentent des anticorps, excepté les jeunes animaux infectés avant l'âge de la puberté (mâles) ou l'âge de la première reproduction (femelles) ou de façon plus rare, les animaux infectés par voie congénitale (Plommet *et al.* 1973).

La séroprévalence, de 50 % chez les femelles et 35 % chez les mâles en zone cœur en 2013 (cf. Figure 4), s'est abaissée, en 2022², respectivement à 4,9 % [intervalle de crédibilité³ à 90 % : 2 % - 8,8 %] chez les femelles de la zone cœur, 2,3 % [0,8 % - 4,2 %] chez les mâles de la zone cœur, et à 6,3 % [1,7 % - 12,8 %] tous sexes confondus en zone périphérique (cf. 3.1.2.3.2).

Parallèlement aux mesures de gestion prises chez les bouquetins, la DGAL a mis en place, à partir de 2012, une surveillance renforcée de tous les cheptels de bovins, ovins ou caprins comprenant au moins un animal estivant dans une prairie ou un alpage compris dans « des zones fréquentées par une population de bouquetins reconnue infectée de brucellose (massif du Bargy) ». Suite à l'allègement des modalités de surveillance en 2014⁴, ces mesures ont consisté jusqu'en 2022, selon le texte de la saisine, en : « (i) des contrôles mensuels sur le lait pour les élevages bovins laitiers ; (ii) des dépistages annuels avant et après estive de 25 % des bovins allaitants de plus de 24 mois ; (iii) des dépistages annuels avant et après estive de 50 % des petits ruminants de plus de 6 mois. ». À cette surveillance ont été associées quelques mesures incitatives de biosécurité en alpage (retrait des pierres à lécher et des compléments alimentaires pour ne pas attirer les bouquetins, vigilance particulière dans les

¹ La séroprévalence est la proportion d'animaux présentant des anticorps contre la brucellose.

² Ces valeurs ont été obtenues après les campagnes de capture et de tirs réalisées en 2022.

³ Intervalle de crédibilité à 90% : intervalle qui englobe 90% des valeurs les plus probables pour le paramètre (ici la séroprévalence dans le massif du Bargy en fonction du sexe et des zones).

⁴ Préfecture de la Haute Savoie, arrêté n°2014185-0040 relatif à la surveillance à mener jusqu'en avril 2015 dans certains élevages de ruminants suite à la présence de brucellose dans la population de bouquetins du massif du Bargy (recueil des actes administratifs, n°35-juillet 2014)

zones de pâturage précoce au printemps, encouragement des pratiques de gardiennage ou de présence de chien de protection).

Tableau 1. Récapitulatif des modalités de gestions appliquées dans les populations de bouquetins des massifs du Bargy et des Aravis depuis 2012 (données Office français de la biodiversité, OFB) Parties grisées : absence de mesures de gestion

Année	Modalités de gestion	Nombre de bouquetins concernés dans le Bargy	Nombre de bouquetins concernés dans les Aravis
2012	Capture, marquage ⁵ , relâcher puis abattage si séropositif	- 24 (14 femelles, 10 mâles dont 2 captures sur signes cliniques) : 12 séropositifs abattus	
	Total tués	12	
2013*	Abattage sanitaire (signes cliniques observables à distance)	- 10 individus suspects ; 4 abattus	/
	Capture, marquage, relâcher puis abattage si séropositif	- 56 bouquetins (29 femelles, 27 mâles dont 3 captures sur signes cliniques) : 20 séropositifs abattus	- 60 (23 femelles, 37 mâles) : une femelle séropositive non abattue - 5 accidents de capture
	Recapture (animaux déjà marqués) puis abattage si séropositif	- 1 mâle - 6 accidents de capture**	
	Abattage d'animaux non marqués de 5 ans et plus	- 233 bouquetins (composition en sexe et âge non connue)	/
	Total tués	263	5
2014	Capture, marquage, relâcher puis abattage si séropositif	- 61 (32 femelles, 29 mâles) : 30 séropositifs abattus	- 1 mâle
	Recapture (animaux déjà marqués) puis abattage si séropositif	- 10 (2 femelles, 8 mâles) : 1 séropositif abattu - 4 accidents de capture	
	Abattage d'animaux non marqués de 5 ans et plus	- 18 (10 femelles, 8 mâles)	/
	Total tués	53	0
2015	Capture, euthanasie des séropositifs, marquage et relâcher des séronégatifs	- 103 bouquetins (58 femelles, 45 mâles) : 36 séropositifs euthanasiés	
	Recapture (animaux déjà marqués), euthanasie des séropositifs, relâcher des séronégatifs	- 22 bouquetins (2 femelles, 20 mâles) : 2 séropositifs euthanasiés - 10 accidents de capture	
	Abattage d'animaux non marqués	- 70 bouquetins	
	Total tués	118	
2016	Capture, euthanasie des séropositifs, marquage et relâcher des séronégatifs	- 20 bouquetins (8 femelles, 12 mâles) : 4 séropositifs euthanasiés	
	Recapture (animaux déjà marqués), euthanasie des séropositifs, relâcher des séronégatifs	- 15 bouquetins (8 femelles, 7 mâles) : 1 séropositif euthanasié - 1 accident de capture	
	Total tués	6	
2017	Capture, euthanasie des séropositifs, marquage et relâcher des séronégatifs	- 22 bouquetins (15 femelles, 7 mâles) : 6 séropositifs euthanasiés et 1 faux négatif	

⁵ Les animaux sont marqués avec un collier de marquage visuel et une boucle auriculaire. Parmi les individus marqués chaque année, entre 10 et 20 sont équipés en plus d'un collier GPS pour une durée d'un an.

Avis de l'Anses

Saisine n° « 2022-SA-0220 »

Saisines liées n°2021-SA-0228, 2021-SA-0200, 2021-AST-0203, 2018-SA-0017, 2016-SA-0229, 2014-SA-0218, 2013-SA-0129

Année	Modalités de gestion	Nombre de bouquetins concernés dans le Bargy	Nombre de bouquetins concernés dans les Aravis
	Recapture (animaux déjà marqués), euthanasie des séropositifs, relâcher des séronégatifs	- 5 bouquetins (2 femelles, 3 mâles)	
	Abattage d'animaux non marqués en zone cœur	- 5 bouquetins (3 femelles, 2 mâles) dont 1 séropositif	
	Total tués	11	
2018	Capture, euthanasie des séropositifs, marquage et relâcher des séronégatifs	- 34 bouquetins (17 femelles, 17 mâles) : 3 séropositifs euthanasiés et 3 faux négatifs	
	Recapture (animaux déjà marqués), euthanasie des séropositifs, relâcher des séronégatifs	- 14 bouquetins (5 femelles, 9 mâles) - 1 accident de capture - 2 faux négatifs abattus	
	Abattage d'animaux non marqués en zone cœur	- 5 femelles	
	Total tués	11	
2019	Capture, euthanasie des séropositifs, marquage et relâcher des séronégatifs	- 42 bouquetins (23 femelles, 19 mâles) : 3 séropositifs euthanasiés	
	Recapture (animaux déjà marqués), euthanasie des séropositifs, relâcher des séronégatifs	- 6 bouquetins (3 femelles, 3 mâles) : 1 faux négatif (2018) euthanasié - 4 accidents de capture	
	Abattage d'animaux non marqués en zone cœur	- 2 femelles dont 1 séropositive	
	Total tués	10	
2020	Capture, euthanasie des séropositifs, marquage et relâcher des séronégatifs	- 18 bouquetins (6 femelles, 12 mâles)	
	Recapture (animaux déjà marqués), euthanasie des séropositifs, relâcher des séronégatifs	- 3 mâles	
	Total tués	0	
2021	Capture, euthanasie des séropositifs, marquage et relâcher des séronégatifs	- 31 bouquetins (13 femelles, 18 mâles) : 3 positifs euthanasiés	
	Recapture (animaux déjà marqués), euthanasie des séropositifs, relâcher des séronégatifs	- 5 bouquetins (2 femelles, 3 mâles) - 1 accident de capture	
	Total tués	4	
2022	Capture, euthanasie des séropositifs, marquage et relâcher des séronégatifs	- 97 bouquetins (28 femelles et 69 mâles) dont 5 séropositifs	- 36 bouquetins (5 femelles et 31 mâles)
	Recapture (animaux déjà marqués), euthanasie des séropositifs, relâcher des séronégatifs	- 38 bouquetins (16 femelles et 22 mâles) dont 1 séropositif - 3 accidents de capture	- 2 femelles (capturées en 2013)
	Abattage d'animaux non marqués en zone cœur	- 61 bouquetins, 52 testés en sérologie *** dont 3 séropositifs, et 2 individus pour lesquels le statut sérologique est indéterminé	0
	Total tués	70	0

*Il convient d'ajouter 30 captures dans le massif de Sous-Dîne en 2013

**Un accident de capture correspond à la mort accidentelle d'un bouquetin pendant la capture (chute, anesthésie)

***Les neuf cabris abattus en 2022 n'ont pas été testés

Lors de la surveillance sérologique mensuelle, un foyer de brucellose bovine a été détecté en octobre 2021 dans un élevage bovin laitier. Les souches mises en évidence dans ce foyer ont été typées et sont positionnées dans un groupe génétique homogène comprenant des souches isolées sur le massif du Bargy depuis 2012 chez les bouquetins ainsi que dans le foyer bovin de 2012 (C. Ponsart, com. pers.). L'enquête épidémiologique a conclu que l'origine la plus probable du foyer était la contamination d'une génisse lors de son estive en 2020 dans un alpage de la zone cœur du massif du Bargy. Les modalités précises de sa contamination ne sont pas connues, le suivi GPS⁶ des bouquetins du Bargy n'ayant pas permis de mettre en évidence une fréquentation du pâturage de la génisse par les bouquetins pendant la période d'alpage (Anses 2021).

Suite à la détection de ce foyer, l'Anses a été saisie en novembre 2021 (Anses 2021) et décembre 2021 (Anses 2022) pour évaluer l'efficacité de différents scénarios de lutte contre la brucellose dans la population de bouquetins du massif du Bargy. Parmi les six scénarios proposés dans la saisine 2021-SA-0200, les experts ont conclu que les scénarios S3 (50 captures - 30 en zone cœur [ZC] et 20 en zone périphérique [ZP] - et 20 tirs de femelles non marquées de plus d'un an en ZC par an) et S4 (50 captures - 30 en ZC et 20 en ZP - et 50 tirs d'individus non marqués en ZC, sans distinction d'âge et de sexe, par an) appliqués pendant 10 ans aboutissaient aux prédictions les plus favorables en termes de probabilité d'extinction et de diminution de la séroprévalence en 2030. Les experts ont également rappelé l'importance d'une gestion adaptative, consistant à adapter les mesures de gestion à l'évolution de la situation sanitaire, ce qui impose une surveillance continue de la situation et de l'efficacité des mesures de lutte. À ce titre, le modèle utilisé en 2021 présentait certaines limites détaillées dans l'avis 2021-SA-0200 (Anses 2021) et ne permettait pas de tester la succession de différents scénarios au fil du temps (recherche d'optimisation des scénarios et gestion adaptative). Ce modèle n'ayant pas fait l'objet des évolutions recommandées (Anses 2021) il n'a pas pu être utilisé pour ajuster les recommandations de gestion aux résultats obtenus en 2022.

Après la publication de l'avis de l'Anses 2021, la préfecture de la Haute-Savoie a mis en place des mesures de gestion dans le massif du Bargy ayant pour objectif d'établir un « noyau sain » d'individus (scénario de type S5 de la saisine, Anses 2021). Dans ce cadre, 135 bouquetins ont été capturés et testés (avec euthanasie des animaux séropositifs) en avril, mai et octobre 2022, et 61 individus (52 adultes et neuf cabris) ont été abattus en octobre 2022 (cf. 3.1.2.1).

Par ailleurs, sur le massif des Aravis, une étagne (femelle bouquetin) a été trouvée morte le 18 juin 2022 dans une zone fréquentée lors de l'estive par de nombreux cheptels de Savoie et de Haute-Savoie, et s'est révélée infectée par *B. melitensis* (analyse bactériologique, cf. Annexe 4). Suite à cette découverte, la surveillance des troupeaux de ruminants domestiques a été renforcée pour « *l'ensemble des cheptels estivant dans un périmètre du massif des Aravis définis par les DDPP73 et 74 [(voir ANNEXE 3)] en concertation avec les professionnels, en fonction des pratiques d'estives de ce massif.* » Une campagne de captures avec tests sérologiques et marquage de bouquetins sur le massif des Aravis a été organisée

⁶ Le collier GPS (*Global Positioning System* - système de localisation par satellite) stocke les informations de localisation et envoie directement une partie par le réseau téléphonique, le reste étant récupéré avec le collier en fin de suivi. Chaque individu garde le collier environ un an, le collier étant ensuite récupéré, les données extraites et analysées, et le collier reposé sur un autre individu.

en automne 2022. Trente-huit animaux ont été capturés (ou recapturés), tous séronégatifs (cf. Tableau 1).

Suite aux mesures de gestion mises en place au cours de l'année 2022 et aux nouvelles données disponibles sur l'évolution de la brucellose dans les populations de bouquetins des massifs du Bargy et des Aravis, l'avis de l'Anses est sollicité en urgence pour répondre aux deux questions suivantes :

1. « Suite aux résultats des captures et des tirs conduits en 2022, définir les mesures de surveillance et de lutte à mettre en place dans la population de bouquetins du massif du Bargy »

2. « Suite à la découverte d'une étagne positive dans le massif des Aravis et aux résultats de la surveillance conduite sur la population de bouquetins dans ce massif cet automne :

- Déterminer la zone géographique d'estives du massif des Aravis qui doit conduire à la mise sous surveillance renforcée des cheptels de ruminants domestiques y ayant estivé. Il s'agira en particulier de spécifier si la zone définie à l'été 2022 doit être modifiée
- Déterminer les mesures de surveillance et lutte à mettre en place dans la population de bouquetins du massif des Aravis. »

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

L'expertise collective a été réalisée par le groupe d'expertise collective d'urgence (Gecu) « Bargy-Aravis ». Le Gecu s'est réuni les 12 décembre 2022, 12, 23 et 27 janvier, 15 et 21 février 2023 et a adopté ses conclusions en séance le 15 février 2023. Sur la base de ces discussions, un projet d'analyse et conclusions du Gecu a été rédigé par la coordination scientifique, qui a été relu et validé par le Gecu le 21 février 2023.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

Les éléments suivants ont été pris en compte pour la réalisation de cette expertise :

- le texte de la saisine (ANNEXE 2) ;
- les annexes de la saisine :
 - le bilan provisoire des actions de terrain menées en 2022 dans le cadre de la convention relative au suivi populationnel et épidémiologique des bouquetins dans le massif du Bargy et à la surveillance de la brucellose chez les espèces chassables du Bargy et des massifs adjacents (OFB et VetAgro Sup, rapport non publié) ;

- la carte de la zone des Aravis-Sud définie pour l'été 2022 dans laquelle les cheptels de retour d'estive devaient faire l'objet d'une mise sous surveillance renforcée (cf. ANNEXE 3) ;
- les avis Anses 2021-SA-0200, 2018-SA-0017 et 2016-SA-0229 relatifs aux mesures de gestion de la brucellose chez les bouquetins dans le massif du Bargy ;
- des données complémentaires au bilan provisoire transmis par les demandeurs, fournies par les agents de l'OFB en charge de la surveillance dans le massif du Bargy.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU GECU BARGY-ARAVIS

En préambule, les experts soulignent que dans le délai imparti très court, et en l'absence de modèle disponible actuellement (cf. contexte), les réponses apportées se fondent sur les données disponibles au moment de la rédaction de l'avis et les opinions des experts discutées en collectif. Par ailleurs, de nombreux éléments de contexte, notamment sur la transmission de la brucellose dans la population de bouquetins, ont été synthétisés dans l'avis Anses 2021. En conséquence, le présent avis ne reprendra que quelques points en lien avec les nouvelles données disponibles depuis le 30 novembre 2021, date de publication de l'avis de 2021.

3.1. Question 1 relative au massif du Bargy

3.1.1. Démographie et organisation socio-spatiale sur le massif du Bargy

3.1.1.1. Organisation socio-spatiale et modalités de transmission de la brucellose dans la population des bouquetins du Bargy

Des études et des travaux de modélisation sur plusieurs années ont été nécessaires pour comprendre l'organisation socio-spatiale et les modalités de transmission de la brucellose dans la population des bouquetins du Bargy. Il en ressort principalement que :

- cinq sous-unités⁷ de femelles utilisent cinq secteurs distincts : Grand Bargy, Petit Bargy, Jallouvre-Peyre, Charmieux-Buclon et Leschaux-Andey (cf. Figure 1). Compte tenu des différences de séroprévalence apparente en 2015, ces secteurs ont été regroupés en deux zones, une zone cœur (ZC) avec une séroprévalence élevée (Grand Bargy, Petit Bargy et Jallouvre-Peyre) et une zone périphérique (ZP) ayant une séroprévalence plus faible (Charmieux-Buclon et Leschaux-Andey) (Anses 2015, Marchand *et al.* 2017) ; ce contraste observé en 2015 s'est atténué depuis (voir plus bas) ;
- la zone cœur est (sur la base des données acquises jusqu'en 2018) celle dans laquelle se produit la majorité (environ 85 %) des infections. Elle est aussi à l'origine du plus grand nombre de nouveaux cas transmis vers les autres secteurs (Lambert *et al.* 2020). Cette situation demanderait toutefois à être réévaluée sur la base de la situation récente ;
- les femelles contribuent de façon majeure au maintien local de l'infection dans chaque sous-unité lors d'avortements ou de mises bas brucelliques (Lambert *et al.* 2020) ;

⁷ Les sous-unités sont les différents groupes de bouquetins identifiés sur le massif du Bargy, qui utilisent chacun un secteur géographique déterminé.

- les mâles contribueraient plutôt, par voie vénérienne, à l'expansion spatiale de l'infection lors de leurs déplacements entre sous-unités/secteurs (Marchand *et al.* 2017, Lambert *et al.* 2018) ;
- la transmission de la brucellose est un phénomène très hétérogène : environ 20 % des individus infectés sont à l'origine de toutes les nouvelles infections. De plus, 95 % des transmissions ont lieu à l'intérieur des secteurs géographiques, contre 5 % entre secteurs (Lambert *et al.* 2020).

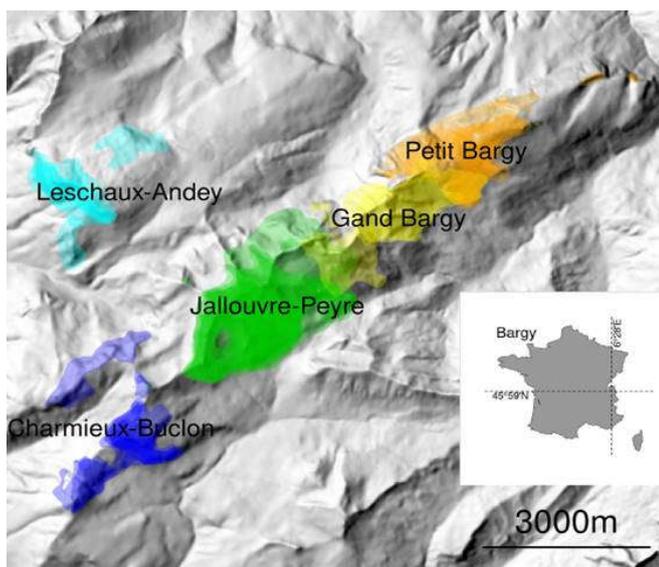


Figure 1. Carte des secteurs occupés par les bouquetins femelles dans le massif du Bargy (Marchand *et al.* 2017)

3.1.1.2. Suivi de l'effectif de la population des bouquetins du Bargy

Le suivi de l'effectif de la population de bouquetins est essentiel pour comprendre la dynamique de l'infection, pour estimer l'impact de la brucellose sur la population, et pour comprendre l'effet des mesures de gestion.

L'estimation des effectifs pour chaque sous-unité et secteur n'a jamais été possible. La méthode actuellement utilisée (recensements lors d'itinéraires pédestres fixes dans l'espace et répétés mensuellement de juin à septembre inclus, analysés selon l'approche *mixed logit-normal mark-resight model*, McClintock *et al.* 2009) pour estimer les effectifs sur l'ensemble du massif n'est en effet pas suffisamment précise pour obtenir des résultats par secteur avec une incertitude moyenne⁸ sur des échantillons aussi faibles. Les experts soulignent à ce titre que la taille d'une population d'ongulés, en particulier dans des habitats tels que les massifs montagneux, est difficile à estimer et sujette à de fortes incertitudes, car les probabilités de détection varient en fonction des années, des secteurs/habitats (accessibilité, comportement des bouquetins) et des conditions météorologiques. Toutefois, des travaux vont être mis en place par l'OFB en 2023 pour évaluer la faisabilité d'une méthode permettant de réaliser une estimation des effectifs à l'échelle des secteurs.

⁸ L'incertitude est estimée par les experts sur une échelle à trois niveaux : faible, moyenne et élevée.

La Figure 2 illustre l'évolution de la population de bouquetins depuis 2013. Les intervalles de confiance à 95 %⁹ fournis traduisent l'incertitude liée à la probabilité de détection des individus.

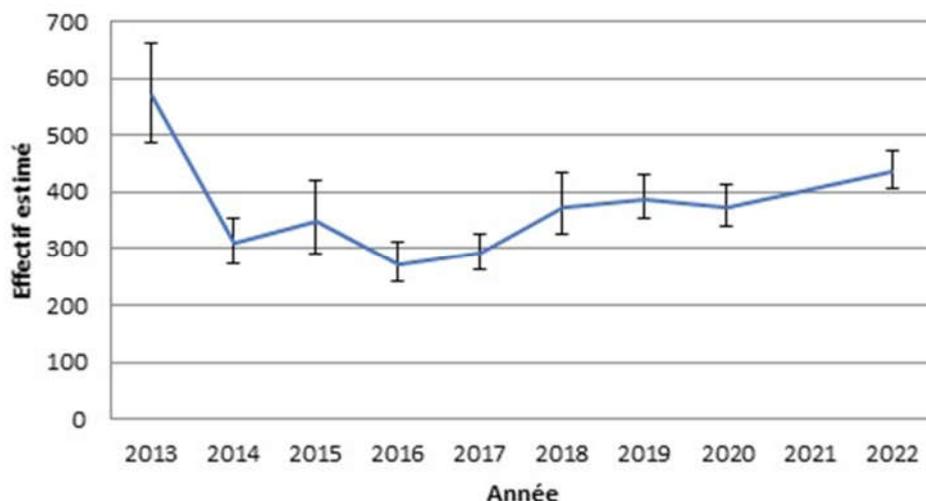


Figure 2. Evolution des estimations de l'effectif de la population totale de bouquetins dans le massif du Bargy (données OFB). L'estimation d'effectif de 2022 a été réalisée avant l'abattage des 52 adultes en octobre 2022. Les barres d'erreur indiquent la précision des estimations et doivent être prises en compte dans toute interprétation de ces résultats.

3.1.2. Situation sanitaire dans le Bargy

3.1.2.1. Mesures de gestion appliquées en 2022

L'arrêté préfectoral DDT-2022-0450 du 17 mars 2022¹⁰ requérait que tous les animaux non marqués sur le massif fassent l'objet soit d'une capture soit d'un abattage avant la fin de la saison 2022, dans la limite de 170 individus, afin qu'il n'y ait plus de bouquetin non marqué et dans l'objectif de constituer un noyau d'animaux marqués considéré sain (scénario 5 de la saisine de l'Anses 2021 ou scénario A de la saisine de l'Anses 2022). Un noyau sain est constitué des individus séronégatifs marqués à l'issue de captures, considérés de ce fait comme à faible risque d'être infectés par la brucellose. Les individus non marqués ont davantage de risque d'être infectés. Cet arrêté requérait également une recapture de 30 individus marqués pour vérifier leur statut sérologique.

Dans les faits,

- concernant les **captures** :
 - entre le 25 avril et le 3 juin 2022, 132 captures ont été réalisées (96 captures et 36 recaptures). Cinq des 96 individus capturés avaient un résultat positif au test

⁹ Intervalle de confiance à 95% : intervalle qui a 95 % de chance de contenir la vraie valeur du paramètre (ici l'effectif de bouquetins présents sur le massif du Bargy).

¹⁰ Préfecture de Haute Savoie, arrêté préfectoral N°DDT-2022-0450 du 17 mars 2022, autorisant sur l'ensemble du massif du Bargy la capture, l'euthanasie de bouquetins séropositifs en vue de la constitution d'un noyau sain et autorisant le prélèvement de bouquetins pour viser l'extinction de l'enzootie de brucellose au sein de la population de bouquetins ; autorisant des captures, avec euthanasie des éventuels séropositifs dans les massifs de Sous Dine et des Aravis ; dans l'intérêt de la santé publique, pour prévenir les dommages à l'élevage et aux filières agricoles de montagne pour la période 2022-2030 (recueil des actes administratifs n°74-2022-065 publié le 17 mars 2022).

rapide. Un des 36 individus recapturés présentait un résultat positif au test rapide (une femelle de la zone périphérique). Les six animaux présentant un résultat positif ont été euthanasiés et autopsiés (*Brucella melitensis* a été isolée chez cinq d'entre eux) et tous les résultats des tests rapides ont été confirmés par d'autres tests sérologiques (analyses sérologiques réalisées au Laboratoire d'Analyses Vétérinaires de Savoie - LDAV 73) ;

- en octobre 2022, trois individus de plus ont été capturés (une capture et deux recaptures) et testés dans le Bargy. Tous ces animaux étaient séronégatifs.
- les **tirs** organisés en octobre ont visé des animaux non marqués (jamais capturés) de la zone cœur : 61 animaux ont été tirés, 52 adultes et neuf cabris (jeunes bouquetins de l'année). Tous les individus adultes ont fait l'objet d'analyses sérologiques (LDAV 73), excepté pour deux adultes chez qui le prélèvement sanguin n'a pas été possible, mais pour lesquels les analyses bactériologiques sur organes se sont révélées négatives. Les cabris, ne produisant *a priori* pas d'anticorps à un niveau détectable avant la maturité sexuelle, n'ont pas été testés. Des résultats sérologiques positifs ont été trouvés chez trois adultes, dont deux présentaient des signes cliniques évocateurs de brucellose chronique (arthrite, orchite) et des résultats bactériologiques positifs.

L'ensemble de ces opérations et leurs résultats sont synthétisés dans la Figure 3.

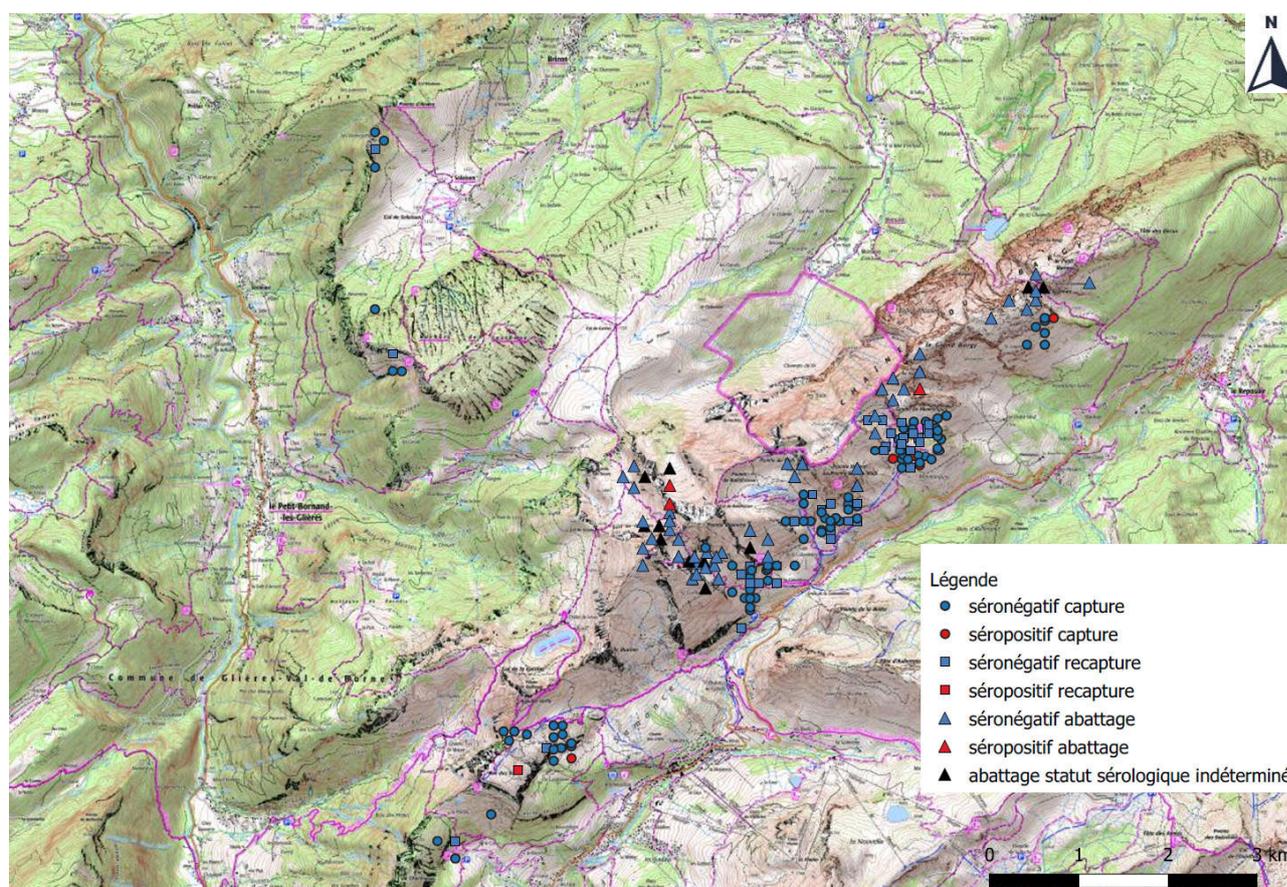


Figure 3. Bilan des opérations de gestion (captures et tirs) effectuées sur le massif du Bargy entre avril et octobre 2022 (données OFB).

Concernant les mesures appliquées en 2022, les experts du Gecu notent que ces mesures sont inédites par plusieurs aspects :

- le nombre de captures réalisées est très élevé et bien supérieur au nombre de captures réalisables estimé dans l'avis 2021-SA-0200 (Anses 2021). Ces résultats sont liés à la précocité du lancement de la période des captures (arrêté préfectoral obtenu tôt dans la saison), au très fort investissement humain pendant la période de capture (déploiement d'équipes supplémentaires, simultanément et tous les jours favorables) et à des conditions climatiques exceptionnelles (absence de pluie, neige ou brouillard permettant de très fréquentes sorties) ;
- pour la première fois, des recaptures ont été demandées dans un arrêté préfectoral, dans l'objectif de vérifier le statut sérologique des animaux marqués, considérés indemnes par le gestionnaire. La présence d'animaux marqués infectés est confirmée depuis la détection de la séropositivité d'un bouquetin recapturé en 2014, et les campagnes de recapture ont été utilisées pour calculer le taux d'incidence de la brucellose dans la population de bouquetins du massif du Bargy. Cependant, en raison de la diminution progressive de la prévalence dans la population de bouquetins, ce taux d'incidence devient difficile à estimer à l'aide des captures d'animaux marqués. La meilleure estimation est obtenue à partir des modèles qui utilisent la probabilité d'infection chez les non marqués pour estimer celle des marqués (Calenge *et al.* 2021) ;
- les mesures appliquées en 2022 (limite de 170 individus dans l'arrêté préfectoral) étaient fondées sur les estimations d'effectif de la population obtenues en 2020 (cf. 3.1.1.2). Les experts rappellent que les estimations de la taille de la population de bouquetins sont associées à une incertitude résultant de la variabilité de la probabilité de détection des individus. En outre, elles ne tiennent pas compte de l'effectif des jeunes de l'année. L'utilisation des estimations ponctuelles (en 2022 : 435 individus), sans prise en compte de l'intervalle de confiance comme illustré sur la Figure 2 (en 2022 : 406 à 471), ne reflète donc pas complètement la réalité du terrain ni la réalité du niveau de connaissance.
Pour cette raison, il n'est pas possible d'estimer précisément le nombre d'animaux non marqués restant sur le massif du Bargy suite aux opérations de captures et de tirs réalisées en 2022.

3.1.2.2. Impact des tirs sur les déplacements et la dispersion des animaux

Il existe peu de données bibliographiques relatives à l'impact d'un épisode de type abattage massif sur une espèce sauvage habituellement non chassée (Miguel *et al.* 2020), et en particulier chez les ongulés dont les bouquetins.

Lors de l'abattage massif de 2015, les données GPS ont montré que le dérangement a été de faible ampleur (des déplacements de quelques dizaines/centaines de mètres ont été enregistrés, sans que les bouquetins dérangés ne sortent pour autant de leur domaine vital), de très courte durée, les animaux retournant sur la zone où ils ont été dérangés au bout de quelques jours, sans modification visible de la structure spatiale de la population à court terme (Marchand *et al.* 2015).

Après les tirs d'octobre 2022, aucun impact n'a été repéré avec le suivi des déplacements des

dix individus équipés de GPS situés dans la zone de tir. Cependant, seule une partie de ces données GPS est disponible lors de la rédaction de cet avis, l'intégralité des données GPS seront recueillies lors de la dépose du collier au printemps 2023.

Les experts précisent qu'il est impossible de prédire les potentiels impacts à plus long terme (sur les déplacements des individus, l'évolution démographique ou la structure de la population, etc.) des tirs réalisés et des autres mesures de gestion, qu'elles soient d'ampleur (abattages massifs) ou non (euthanasie des séropositifs), en particulier lorsqu'un secteur est presque vidé de sa population ou qu'il ne reste que quelques individus isolés de leur groupe (tous les autres ayant été abattus).

Il est également impossible d'exclure que des mouvements à court terme aient eu lieu sans que les agents de l'OFB ne les repèrent (en particulier lors de tirs sur des groupes d'animaux non marqués et donc non équipés de colliers GPS).

En résumé, au moment de la rédaction de l'avis, les quelques données disponibles n'ont pas mis en évidence de dérangement important des animaux, ni de déplacement du Bargy vers les Aravis suite aux campagnes de tirs.

3.1.2.3. Evolution de la séroprévalence de la population en 2022 dans le Bargy

3.1.2.3.1. *Estimation de la séroprévalence*

Depuis 2013, les opérations de gestion visent principalement la capture des animaux non marqués sur le massif du Bargy, dans la mesure où ils présentent une probabilité plus élevée d'être trouvés séropositifs (à âge équivalent) que les animaux marqués, déjà capturés et marqués car séronégatifs (Lambert 2019, Calenge *et al.* 2021). En conséquence, la grande majorité des tests est réalisée sur les animaux non marqués de la population du massif du Bargy. Or depuis 2013, la proportion d'animaux marqués a progressivement augmenté dans le massif, pour atteindre, à la fin de l'été 2022, 58 % chez les femelles de la zone cœur [intervalle de crédibilité à 90 % : 54 % - 63 %], 78 % [75 % - 81 %] chez les mâles de la zone cœur et 38 % [31 % - 44 %] tous sexes confondus en zone périphérique (Calenge, C., com. pers.). La séroprévalence apparente dans la population, obtenue à partir d'individus non marqués, surestime donc la séroprévalence réelle de la population et doit ainsi être corrigée.

Un modèle a été développé, pour corriger ce biais et estimer cette séroprévalence corrigée (Calenge *et al.* 2021). Il utilise les données de terrain pour estimer la séroprévalence des animaux non marqués, et une modélisation de l'incidence pour calculer celle des individus marqués, puis combine ces résultats avec la proportion d'animaux marqués dans la population (dérivée à partir des observations visuelles) pour estimer la séroprévalence de la population dans son ensemble. En 2022, grâce aux nouvelles données disponibles, il a été possible de modéliser l'évolution de cette séroprévalence pour trois groupes d'individus : les femelles de la ZC, les mâles de la ZC et les individus (tous sexes confondus) de la ZP, sur la période 2013-2022.

Dans la suite de cet avis, le terme séroprévalence désigne la séroprévalence corrigée.

3.1.2.3.2. Evolution de la séroprévalence dans la population de bouquetins du massif du Bargy

La Figure 4 présente l'évolution de la séroprévalence estimée de 2013 à 2022 pour les femelles de la ZC, les mâles de la ZC et les bouquetins de la ZP, selon la méthode de Calenge *et al.* 2021, en prenant en compte captures et abattages de l'année 2022.

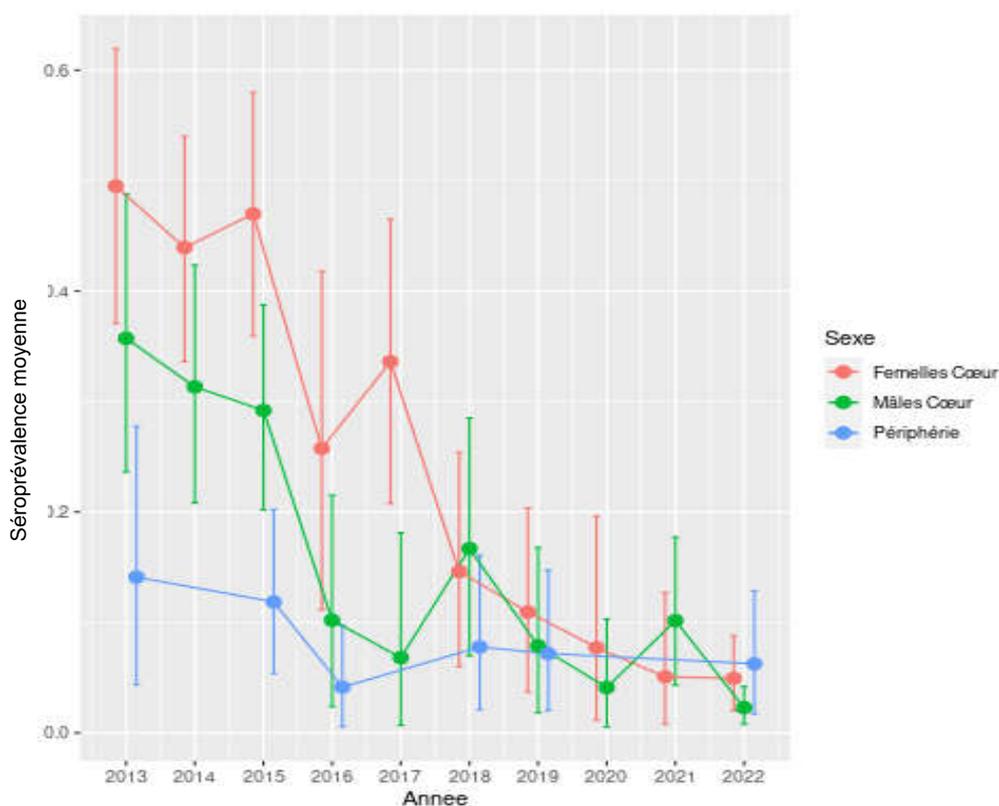


Figure 4. Séroprévalence estimée de la brucellose de 2013 à 2022 pour tous les bouquetins du massif du Bargy. Les courbes représentent les femelles de la ZC (rouge), les mâles de la ZC (vert) et les individus (tout sexe confondu) de la ZP.

En 2022,

- pour les femelles de la ZC, la valeur la plus probable est de 4,9 % avec un intervalle de crédibilité (IC) à 90 % (c'est à dire l'intervalle comprenant 90 % des valeurs les plus probables) allant de 2 % à 8,8 % ;
- pour les mâles de la ZC, cette valeur est de 2,3 % [IC 90 % : 0,8 % - 4,2 %], et
- pour les individus de la ZP, cette valeur est de 6,3 % [IC 90 % : 1,7 % - 12,8 %], la plus grande amplitude de l'IC autour de cette estimation étant reliée à la plus faible quantité de données disponibles en ZP au cours des dernières années.

Ces résultats conduisent à ne plus détecter de différence significative entre les ZC et ZP. Cette uniformisation fait probablement suite au fait que les efforts de gestion se sont concentrés sur les animaux non marqués et en particulier dans la ZC. Ces résultats suggèrent une efficacité des mesures de gestion mises en œuvre depuis 2012, notamment dans la ZC. La ZC et la ZP

restent toutefois identifiables sur le plan de la spatialisation des populations de bouquetins, mais plus sur le plan de la séroprévalence.

Cependant, cela n'exclut pas qu'il existe toujours une dynamique « zones sources et zones puits » entre la ZC et la ZP, notamment par la structuration socio-spatiale des femelles et les déplacements des mâles, qui persistent. L'analyse de la dynamique de transmission par la modélisation (Lambert *et al.* 2020) a en effet montré que certains secteurs, du fait de la prévalence et des contacts entre animaux, constituent des sources d'infection pour les autres secteurs, qui peuvent alors être considérés comme des puits. Sur la base des données collectées jusqu'en 2018, les secteurs de Jallouvre-Peyre et du Grand Bargy constituaient des sources, les autres secteurs étant des puits. Le maintien de cette dynamique épidémiologique au cours des dernières années demanderait à être vérifié. Cependant, la présence d'animaux séropositifs jeunes (trois ans pour le plus jeune en 2022) et de titres en fixation du complément élevés suggèrent que des infections se sont produites depuis 2019.

3.1.3. Réponse à la question 1 de la saisine : « définir les mesures de surveillance et de lutte à mettre en place dans la population de bouquetins du massif du Bargy »

3.1.3.1. Objectif des mesures de gestion des bouquetins sur le massif du Bargy en 2023

La séroprévalence dans la population de bouquetins du massif du Bargy est désormais très faible (cf. 3.1.2.3.2), sans différence significative entre ZC et ZP.

Compte tenu de ces résultats, les évolutions de la séroprévalence seront plus difficiles à mettre en évidence. En effet, plus la séroprévalence est faible, plus le nombre d'animaux à échantillonner pour capturer des individus infectés risque de dépasser les moyens disponibles et la faisabilité sur le terrain. Toutefois, la surveillance sur le long terme de la population de bouquetins reste indispensable pour permettre de détecter une éventuelle reprise de l'infection et de s'assurer que la séroprévalence reste à un seuil assez bas pour rendre plus probable une extinction naturelle de l'infection.

Au vu des dernières données de séroprévalence, le Gecu considère donc que **les mesures de gestion sur le massif du Bargy** doivent désormais permettre de :

1. suivre la **dynamique épidémiologique et populationnelle** de la population de bouquetins du massif en **ajustant les modalités de surveillance au faible niveau de séroprévalence actuel** de la population, dans le but de détecter le plus précocement possible une éventuelle reprise de l'infection et d'adapter les mesures de gestion futures (gestion adaptative) ;
2. **réduire le nombre d'individus atteints** dans la population afin de maximiser la probabilité d'**extinction naturelle** de l'infection (Anses 2019).

En outre, les experts du Gecu soulignent qu'un objectif de lutte qui viserait à éliminer tous les individus positifs par des mesures de gestion leur apparaît irréalisable. En effet, le très faible nombre d'individus séropositifs est réparti sur tout le massif du Bargy, chez les non marqués mais aussi dans une moindre mesure chez les marqués, la séroprévalence étant possiblement encore différente entre animaux marqués et non marqués (par exemple pour les femelles de la zone cœur, 2,2 % (intervalle de crédibilité 90 % [0 - 6,1 %] chez les marquées et 8,6 % [3,1 - 16 %] chez les non-marquées, Calenge, C., com. pers.). En conséquence, viser un tel

objectif impliquerait de chercher à capturer et à tester l'ensemble de la population. Ce type de mesures qui doit atteindre l'intégralité de la population de bouquetins du massif a été rejeté par les experts depuis de nombreuses années car estimé irréalisable, qu'il s'agisse d'abattages ou de captures (Anses 2015).

Par conséquent, les experts estiment que **les mesures de gestion à mettre en place en 2023** doivent avoir pour objectifs :

- **la surveillance** de la population de bouquetins sur le massif du Bargy **en testant un nombre d'individus suffisant** pour s'assurer de **détecter au moins un individu infecté** pour une séroprévalence donnée ; (cf. infra)
- **la lutte contre la brucellose en réduisant le nombre d'individus atteints** en ciblant les individus les plus susceptibles d'être infectés et de transmettre la brucellose afin de maximiser la probabilité **d'extinction naturelle de l'infection**.

3.1.3.2. Estimation du nombre de bouquetins à capturer en 2023

Dans un contexte épidémiologique favorable, une séroprévalence faible est difficile à estimer avec précision, et les comparaisons entre séroprévalences faibles sont peu puissantes. L'objectif d'obtenir une estimation précise de la séroprévalence ou de comparer des séroprévalences est donc difficilement atteignable, ou seulement avec de grands effectifs testés. Il faut donc changer d'approche pour la surveillance en abordant la question de l'effectif de l'échantillon à tester selon un autre principe. Une approche possible consiste à obtenir un effectif tel que, si dans l'échantillon aucun individu n'est infecté par la maladie, la séroprévalence maximale dans la population peut être déterminée (avec un risque d'erreur défini). C'est par exemple l'approche qui a été utilisée pour la surveillance du virus SARS-CoV-2 dans les élevages de visons (Anses 2020).

Il est ainsi possible de calculer la taille d'échantillon nécessaire pour détecter au moins un individu atteint, avec une probabilité élevée $1-\alpha$ (ou avec un risque de ne pas détecter, ou risque d'erreur, α) (Dohoo *et al.* 2003 p. 47 et suivantes). En supposant que le test a une sensibilité de 100 %, que l'échantillon est représentatif de la population, et que cette population est très grande ou infinie, la formule suivante est utilisée :

Équation 1

$$n = \frac{\ln(\alpha)}{\ln(1-p)}$$

avec n = taille d'échantillon requise, α = risque de ne pas détecter et p = séroprévalence attendue dans la population.

Ces effectifs peuvent être corrigés en considérant que la population est finie et de taille connue, en utilisant une formule corrigée :

Équation 2

$$n = \frac{1}{\alpha^{\frac{1}{D}} \left(N - \frac{D-1}{2} \right)}$$

avec n : taille d'échantillon requise, N : taille de la population, α : risque d'erreur, D : nombre d'atteints dans la population ($N \cdot p$).

Enfin, si on suppose une sensibilité du test de dépistage inférieure à 100%, la taille d'échantillon doit être un peu plus grande, puisque tous les individus atteints capturés peuvent ne pas être détectés. La taille d'échantillon devient :

Équation 3

$$n_{\text{corrigé}} = \frac{n}{\text{sensibilité du test}}$$

Ainsi, pour une population très grande ou infinie et une sensibilité de la démarche diagnostique de 95 % (Anses 2015), pour une séroprévalence de 10 %, 5 %, 3 % ou 1 %, les effectifs nécessaires pour détecter au moins un individu atteint, au risque d'erreur de 5 %, sont respectivement de 31, 62, 104 et 315 individus.

En considérant que la taille de population du Bargy est comprise entre 406 et 471 animaux (hors cabris) en 2022 et que la sensibilité de la démarche diagnostique est de 95 % (Anses 2015), pour une séroprévalence de 10 %, 5 %, 3 % ou 1 %, les effectifs nécessaires pour détecter au moins un individu atteint, au risque d'erreur de 5 %, sont respectivement de 29, 58, 92 et 223 (population de 406 individus) et de 30, 58, 94, 233 (population de 471 individus).

Avec le niveau de séroprévalence actuel (autour de 5 %), l'effectif à échantillonner serait donc de 58 animaux (estimation la plus conservatrice). Avec cette taille d'échantillon, il est possible de conclure que si tous les animaux de l'échantillon sont détectés non infectés, il y a 95 % de chances que la séroprévalence dans la population soit inférieure à 5 %. Les experts soulignent que les effectifs à échantillonner sont d'autant plus grands, et d'autant plus dépendants de l'effectif de la population que la séroprévalence est faible.

Au regard des faibles niveaux de séroprévalence estimés en 2022, la situation sur le massif du Bargy se prête à un changement de principe de surveillance.

Pour répondre à la question 1, le Gecu recommande donc, pour la saison 2023 et sur la base de ces calculs :

- **dans un objectif de surveillance, la capture d'un minimum de 58 individus non marqués adultes.** Ce nombre doit permettre d'avoir 95 % de chance de détecter au moins un individu séropositif si la séroprévalence est d'au moins 5 % sur le massif et que la population comprend entre 406 et 471 individus ;
- **si l'objectif** de 58 captures d'individus non marqués n'était **pas** atteint, d'effectuer des **tirs sur des individus non marqués qui ne peuvent pas être capturés** (groupes d'animaux qui pour des raisons d'accessibilité et de distance de fuite n'ont jamais pu être capturés) avec **test** systématique des animaux (tests sérologiques ou le cas échéant analyses bactériologiques) ;
- **de répartir ces opérations sur l'ensemble du massif du Bargy** plutôt que de les centrer sur la ZC, compte tenu de la répartition désormais géographiquement homogène de la séroprévalence sur le massif du Bargy.
- **dans un objectif de lutte**, que les individus capturés soient des **individus non marqués**, et prioritairement des **femelles**, qui, lorsqu'elles sont positives, sont très majoritairement responsables des nouveaux cas.

Par ailleurs, si des recaptures devaient avoir lieu (par exemple pour renouveler le marquage d'individus suivis depuis plusieurs années), ces recaptures devraient être réalisées en plus de l'objectif des 58 captures recommandé.

D'autre part, les experts rappellent que quelques années peuvent s'écouler sans détection d'individus séropositifs alors que la brucellose est toujours présente dans la population. En effet :

- l'absence de détection d'individus positifs sur une saison de capture ne signifie pas que l'infection a disparu de la population, d'autant plus lorsque le nombre de captures est faible. En effet, compte tenu du faible niveau de séroprévalence, le nombre de captures effectuées peut être inférieur au nombre nécessaire pour détecter au moins un individu séropositif au vu de la séroprévalence actuelle dans le massif :
 - soit parce que les conditions n'ont pas permis de capturer le nombre d'animaux prévu (conditions météo, présence des animaux, etc.), ce cas de figure s'étant produit en 2020 (18 captures et trois recaptures réalisées, tous séronégatifs) ;
 - soit parce que le nombre de captures prévu reste en deçà du nombre nécessaire pour détecter au moins un animal séropositif, la séroprévalence réelle étant en dessous du seuil estimé. On pourra alors simplement considérer que cette séroprévalence ne dépasse pas une certaine valeur qu'il est possible de calculer en fonction du nombre de tests négatifs et de l'effectif de population de l'année. Les experts soulignent que ce cas de figure pourrait arriver dès 2024, la séroprévalence étant arrivée à un niveau historiquement bas.
- les jeunes individus, bien que contaminés, pourraient mettre plusieurs années à séroconvertir (Plommet *et al.* 1973). Si l'infection se déroule de la même façon que chez les ruminants domestiques, ces jeunes bouquetins pourraient ne séroconvertir qu'à l'âge de la puberté pour les mâles (12 mois, Willisich *et al.* 2012) et lors de la première mise-bas pour les femelles (deux à quatre ans selon le niveau de densité-dépendance, Toïgo *et al.* 2002).

Compte tenu de ces éléments, le Gecu estime que **plusieurs années de surveillance** seront encore nécessaires sur le massif du Bargy, **sans toutefois pouvoir en préciser la durée ou les modalités**. La mise en œuvre d'une **gestion adaptative** doit se poursuivre, et devrait s'appuyer sur la mise à jour du modèle précédemment développé dans le partenariat Anses-Vetagro Sup-OFB afin de pouvoir ajuster chaque année les modalités de gestion aux résultats de l'année précédente (Anses 2017, Anses 2021, Lambert *et al.* 2020).

Pour pouvoir préciser les modalités de surveillance et leur durée, le Gecu recommande donc, comme dans l'avis Anses 2021, la mise à jour des travaux de modélisation déjà réalisés, qui permettrait l'utilisation d'un modèle chaque année, en y injectant les données de gestion de l'année précédente, pour prédire :

- l'évolution de la séroprévalence dans le massif du Bargy ;
- la dynamique des populations de bouquetins ;

- les mesures de gestion à mettre en place l'année suivante et le nombre de captures à effectuer chaque année pour détecter au moins un individu positif, ou pour estimer la prévalence, en fonction de la situation épidémiologique.

3.2. Question 2 relative au massif des Aravis

3.2.1. Données populationnelles disponibles sur le massif des Aravis

Sur le massif des Aravis, la zone où sont recherchés les bouquetins couvre 8 050 hectares (contre 6 300 ha sur le massif du Bargy), à une altitude moyenne de 1 800 m (635 à 2 752 m)¹¹.

Suite à la découverte du foyer de brucellose sur le massif du Bargy en 2012, une première exploration du massif des Aravis avait été réalisée par l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS, devenu OFB) en 2013¹². Après 2013, aucun suivi de population n'a été mis en place sur les Aravis, à l'exception de la recapture d'un mâle en 2014, du suivi des 28 animaux équipés de colliers VHF¹³ ou GPS lors des captures de 2013 et d'observations occasionnelles, les efforts se concentrant sur le massif du Bargy en raison de la forte prévalence de la brucellose qui y était observée (Anses 2013).

Par conséquent, le niveau de connaissances des populations de bouquetins sur le massif des Aravis est très inférieur à celui du massif du Bargy, où la population est suivie intensivement. En particulier, aucune estimation de l'effectif de la population de bouquetins sur le massif des Aravis n'est disponible, et le fonctionnement spatial de la population n'est pas non plus connu (sous-unités, secteurs).

Au moment de la rédaction du présent avis, les experts disposent des données suivantes :

- pour 2013, des lieux-dits où ont été capturés 60 individus, 23 femelles et 37 mâles. Des prélèvements sanguins ont été effectués et analysés en laboratoire en l'absence de test rapide disponible. Une étagne a été trouvée positive ;
- pour 2022, des coordonnées des lieux de capture des sept femelles et 31 mâles capturés ;
- les localisations des 266 individus équipés d'un collier GPS ou VHF sur le massif du Bargy depuis 2012, et les 28 individus équipés des mêmes dispositifs dans les Aravis en 2013 pour étudier les déplacements inter-massifs (cf. Figure 6) ;
- les localisations disponibles pour quatre individus (trois femelles et un mâle) équipés d'un collier GPS en septembre 2022 sur le massif des Aravis mais dont seule une partie des données est disponible pour le moment (une localisation sur six reçue par le réseau GSM¹⁴, pendant les quatre mois d'automne-hiver, le reste des données nécessitant la récupération du collier en fin de suivi) ;
- des données d'observations occasionnelles.

¹¹ FR8201701 – Les Aravis. Disponible sur <https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR8201701> (consulté le 10 janvier 2023)

¹² En 2013, des investigations ont également été conduites sur le massif de Sous-Dîne

¹³ Les colliers VHF (*Very High Frequencies*) - émettent des ondes radios qui sont captées par un récepteur et une antenne qui doivent être portés par un agent sur le terrain. Ils impliquent la présence des agents sur terrain pour repérer et pister les animaux.

¹⁴ *Global System for Mobile Communication*, réseau 2G de téléphonie mobile

Ces données sont rassemblées dans la Figure 5. Elles permettent de déterminer approximativement l'aire d'occupation spatiale des bouquetins du massif des Aravis, sous réserve que ces données parcellaires soient représentatives de l'ensemble de la population du massif.

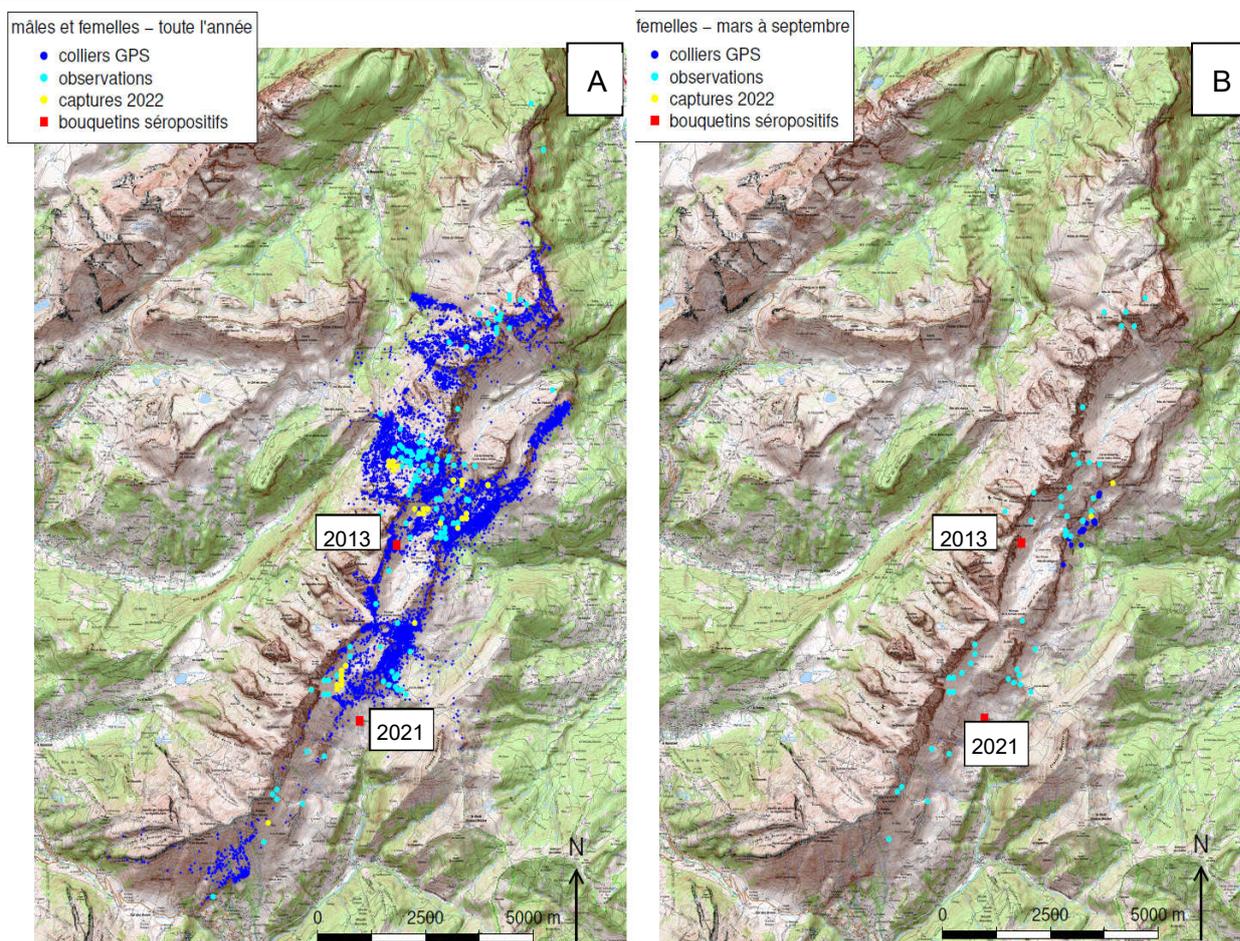


Figure 5. Synthèse des données de localisation de bouquetins disponibles dans les Aravis entre 2013 et 2022.
A. ensemble des données disponibles (tous sexes et tous mois confondus). B. données concernant uniquement les femelles entre les mois de mars et septembre

Les experts soulignent toutefois que :

- ces cartes représentent une vision de l'état actuel des connaissances de la population de bouquetins sur le massif mais elles **ne fournissent pas une vision exhaustive de l'aire de répartition des bouquetins du massif des Aravis**. En effet, certains secteurs ont été peu ou pas prospectés, ce qui ne permet pas de statuer sur la présence ou non de bouquetins ;
- ces données ne représentent pas la densité de la population ;
- les données GPS (en bleu foncé) représentent les déplacements de seulement 14 individus mais tout au long de la période de suivi GPS¹⁵, alors que les observations (en bleu clair) représentent chacune l'observation ponctuelle d'un groupe de bouquetins (un ou plusieurs individus) ;

¹⁵ 10 individus observés sur une année entre 2012 et 2022, quatre individus équipés en septembre 2022.

- peu de données sont disponibles sur les femelles, en particulier sur la période la plus à risque pour la brucellose, entre mars et septembre (voir carte B de la Figure 5). Les mâles fournissent des données sur l'amplitude de l'aire de répartition de la population, mais pas sur la structure de la population. Néanmoins, au vu de la répartition des quelques données disponibles sur des femelles, qui semblent se superposer aux données des mâles, les experts considèrent qu'elles occupent la même aire de répartition que les mâles.

Par conséquent, bien que les experts envisagent l'existence probable d'une structuration spatiale de la population similaire à celle observée sur le massif du Bargy (avec des sous-unités de femelles rattachées à un secteur géographique identifiable, et des mâles circulant entre ces secteurs), les quelques données disponibles ne permettent pas d'identifier une telle structuration.

De plus, l'enneigement plus important du massif des Aravis par rapport à celui du Bargy et sa configuration (chaîne plus longue et continue que le Bargy) pourraient, comme c'est le cas dans d'autres populations de bouquetins suivies dans les Alpes, entraîner un phénomène migratoire plus important que sur le Bargy, où les femelles occupant un secteur particulier réalisent très peu de déplacements inter-secteurs (Anses 2017, Chauveau 2021). Les experts estiment envisageable des regroupements saisonniers d'effectifs importants de la population du massif des Aravis sur les premières prairies déneigées, ou des mouvements plus importants des femelles sur le massif des Aravis par rapport à celles du Bargy, ce qui conduirait à des différences quant aux risques de transmission de la brucellose intra- et inter-espèces dans ce massif.

Ce manque de données sur l'effectif et l'organisation spatiale de la population de bouquetins a conduit les experts du Gecu à apporter une réponse à la question 2 avec un niveau d'incertitude élevé (cf. Tableau 2).

3.2.2. Déplacements des bouquetins entre le massif des Aravis et le massif du Bargy

En plus de l'organisation de la population de bouquetins du massif des Aravis, la connaissance des mouvements de bouquetins entre les massifs du Bargy, des Aravis et de Sous-Dîne est considérée cruciale afin de pouvoir surveiller le potentiel de diffusion de la brucellose vers les populations des Aravis et de Sous-Dîne. Les experts rappellent à ce titre que les bouquetins adultes, en particulier les femelles, utilisent généralement un domaine vital (individus résidents) ou plusieurs domaines vitaux saisonniers (individus migrants), qu'ils ne quittent qu'exceptionnellement au cours de leur vie, à l'exception des phases de dispersion juvénile (i.e. la séparation de la mère de son jeune, phase particulièrement méconnue chez cette espèce où la capture et le suivi des jeunes est très complexe) et de dispersion de reproduction (déplacements de mâles adultes, en période de rut).

Géographiquement, le massif de Sous-Dîne n'est pas relié au massif des Aravis ou au massif du Bargy par des corridors permettant le passage des bouquetins, ce qui est confirmé par l'absence d'échanges d'individus marqués dans ces deux massifs et l'absence de déplacements d'individus suivis par VHF ou GPS dans le Bargy ou les Aravis vers le massif de Sous-Dîne et inversement depuis 2013. Le massif du Bargy et le massif des Aravis sont en revanche reliés par un corridor naturel, le massif de l'Almet (cf. Figure 6).

Concernant les mouvements inter-massifs entre Aravis et Bargy :

- aucune occupation pérenne de l'Almet n'a été observée par l'OFB sur ce massif. La pression d'observation étant cependant très faible, l'occupation saisonnière de ce massif n'est pas exclue par les experts ;
- entre 2013 et 2022, 266 bouquetins du massif du Bargy (dont 149 femelles) ont été équipés de colliers VHF ou de colliers GPS. Depuis août 2013, des déplacements inter-massifs ont ainsi été mis en évidence pour huit mâles suivis par GPS ou VHF (cf. Figure 6) ainsi que pour un mâle observé visuellement, sans qu'un profil temporel commun ne soit mis en évidence. Certains individus migrent de façon saisonnière, d'autres dispersent pendant la période de rut, etc. Aucun mouvement inter-massifs n'a été observé chez des femelles.

La population des bouquetins du Bargy est donc une population peu migratrice (l'une des plus faiblement migratrices parmi les 15 populations de bouquetins suivies par GPS sur l'ensemble des Alpes, Chauveau 2021), environ 5 à 10 % des mâles se déplaçant vers le massif des Aravis, et l'utilisation des domaines vitaux des sous-unités de bouquetins restant pour l'heure stable dans le temps et dans l'espace (dans la mesure des connaissances disponibles).

La population de bouquetins des Aravis étant beaucoup moins suivie, les experts disposent de très peu d'animaux marqués ou suivis par GPS ou VHF pour identifier d'éventuels déplacements vers le massif du Bargy. Trois des 37 individus équipés en 2013 dans les Aravis ont été observés dans le Bargy. Ces données ne représentent pas un échantillon suffisant pour caractériser la fréquence et l'intensité des déplacements des bouquetins des Aravis vers le Bargy, qui restent donc pour l'instant mal connues.

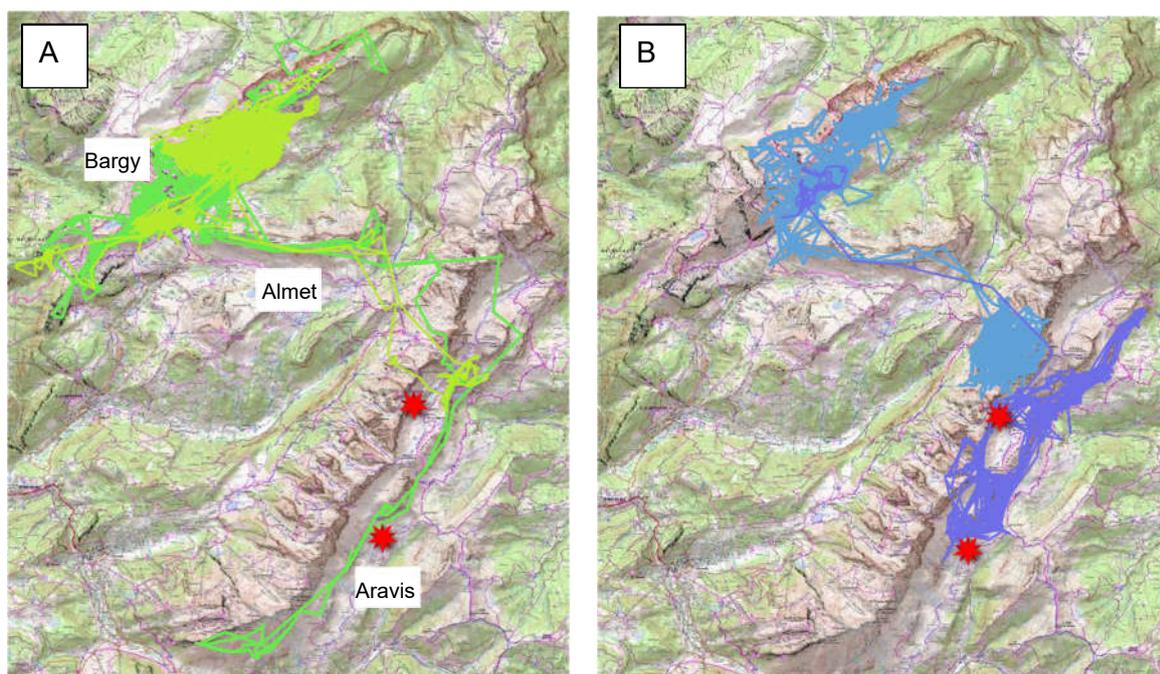


Figure 6. Trajets effectués par des bouquetins équipés de colliers GPS dans le massif du Bargy et effectuant des déplacements entre les massifs du Bargy et des Aravis. (données OFB)
A- séjours courts dans les Aravis (deux mâles), B - séjours prolongés dans les Aravis (deux autres mâles).

En résumé, les mouvements de bouquetins entre les massifs du Bargy et des Aravis n'ont été que rarement constatés, et n'ont concerné que des mâles. Les données disponibles sur les bouquetins du massif des Aravis sont trop limitées pour permettre de conclure sur l'intensité et les caractéristiques des mouvements inter-massifs.

3.2.3. Situation sanitaire dans les Aravis en 2022

Suite à la découverte d'une étang morte, positive à *Brucella melitensis*, le 18 juin 2022, un typage de la souche a été réalisé. Une campagne de captures et de dépistage de l'infection a également été organisée sur le massif des Aravis.

- Typage de la souche

Le séquençage de la souche de *Brucella* isolée sur cette étang réalisé le 17 juillet 2022 a permis de la positionner dans un cluster élargi comprenant les souches isolées dans le massif du Bargy depuis plusieurs années. Elle se trouve notamment proche de souches isolées en 2015 et 2016 dans le secteur de Jallouvre-Peyre. (cf. Annexe 4)

- Campagne de capture

Dans la partie du massif des Aravis située en Haute-Savoie, 35 bouquetins ont été capturés (cinq femelles et 30 mâles), et deux femelles, capturées en 2013, ont été recapturées entre le 26 septembre et le 3 octobre 2022. Parmi ces individus, plusieurs ont été capturés dans le même secteur que l'étang positive de 2013. Tous les individus capturés ou recapturés en 2022 étaient séronégatifs. Les résultats du test rapide ont été confirmés par les analyses du LDAV 73.

Dans la partie du massif des Aravis située en Savoie, suite à la publication de l'arrêté préfectoral¹⁶ d'octobre 2022 autorisant la capture des bouquetins, un seul individu a pu être capturé le 10 novembre, également séronégatif.

Ces 38 animaux séronégatifs permettent d'obtenir une estimation de séroprévalence allant de 0 à 9,25 % (intervalle de confiance exact à 95 % obtenu par la méthode de Clopper-Pearson, à l'aide de la fonction `binom.test` du logiciel R). Les experts du Gecu considèrent que, si la brucellose est présente dans la population de bouquetins du massif des Aravis, sa séroprévalence dans la population pourrait être inférieure à 10 %, en faisant l'hypothèse que les 38 individus sont représentatifs de la population, ce qui ne peut pas être confirmé avec les données disponibles. En effet, la structure de la population et la répartition géographique de l'infection n'étant pas connue dans le massif des Aravis, ces 38 individus pourraient tous provenir d'une zone peu ou pas infectée.

¹⁶ Préfecture de Savoie, arrêté préfectoral n°2022-1038 du 4 octobre 2022 portant autorisation de capture de bouquetins, avec euthanasie des éventuels séropositifs en Savoie dans le massif des Aravis. (Recueil des actes administratifs n°73-2022-309 publié le 5 octobre 2022)

3.2.4. Réponse à la première partie de la question 2 de la saisine : « déterminer la zone géographique d'estives du massif des Aravis qui doit conduire à la mise sous surveillance renforcée des cheptels de ruminants domestiques y ayant estivé. Il s'agira en particulier de spécifier si la zone définie à l'été 2022 doit être modifiée »

Le périmètre défini en 2022 (disponible en Annexe 4), qui conduit à une surveillance renforcée des troupeaux de ruminants domestiques estivant dans les Aravis, doit permettre de détecter une éventuelle contamination d'un animal pendant son estive.

Les connaissances limitées relatives d'une part à la taille et à la structure socio-spatiale de la population des bouquetins du massif des Aravis (cf. supra) et, d'autre part, à la situation sanitaire des bouquetins au regard de la brucellose, conduisent les experts à recommander de modifier le périmètre défini à l'été 2022 en l'étendant à l'ensemble du massif des Aravis et au corridor de l'Almet. Ce nouveau périmètre correspond en effet à l'aire de répartition potentielle des bouquetins sur le massif des Aravis, où le risque de contamination ne peut donc pas être considéré comme nul. De plus, même si l'utilisation des pâtures par les bouquetins est faible, qui plus est durant la période de présence des troupeaux (Hars *et al.* 2015), les experts soulignent que les localisations des pâtures utilisées par les troupeaux bovins des deux foyers de 2012 et 2021 étaient éloignées dans les deux cas de plusieurs centaines de mètres des zones de présence importante des bouquetins. De plus, dans le cas du foyer bovin de 2012, ces zones de présence hébergeaient des sous-unités de bouquetins présentant une faible séroprévalence. Ces éléments doivent donc inciter à surveiller les troupeaux le plus largement possible et ne pas limiter la surveillance uniquement aux zones d'observation des bouquetins.

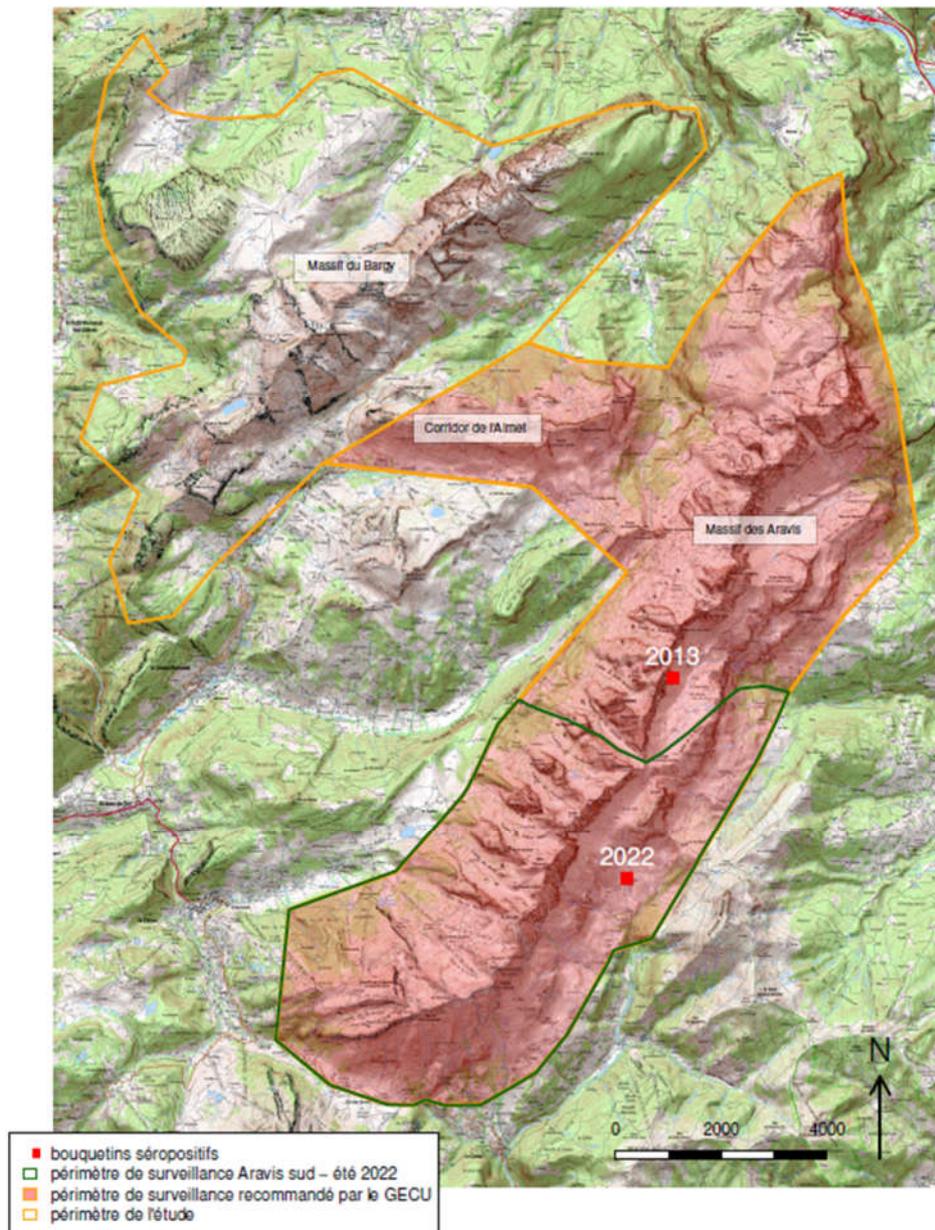


Figure 7. Périmètre de surveillance des élevages de ruminants domestiques recommandé par le Gecu

Le Gecu recommande donc d'élargir la zone géographique conduisant à la mise sous surveillance renforcée des cheptels de ruminants domestiques y ayant estivé à l'ensemble du massif des Aravis et au corridor de l'Almet, voie empruntée par les bouquetins effectuant des traversées entre le massif du Bargy et le massif des Aravis. Ce périmètre est illustré sur la Figure 7.

Néanmoins, si un tel périmètre ne pouvait pas être surveillé, les experts proposent une priorisation des zones à surveiller. Ils soulignent toutefois que cette priorisation est établie à partir des données de présence de bouquetins actuellement disponibles, qui sont fondées sur

un très faible nombre d'individus (cf. Figure 5 et 3.2.1) et donc incomplètes. Cette recommandation est ainsi associée à un niveau d'incertitude élevé compte tenu du caractère limité des informations disponibles.

Quelques points sont essentiels à l'élaboration de cette priorisation :

- le périmètre minimal doit couvrir l'ensemble des zones occupées par des troupeaux de bovins domestiques mais aussi de petits ruminants, en particulier les troupeaux laitiers, qui sont situés sur des zones d'occupation avérées de bouquetins pendant les périodes à risque, c'est-à-dire de mars à septembre. Les experts considèrent qu'au vu des données disponibles, il est possible d'assimiler la carte de répartition des étagnes à celle des mâles en termes d'aire de répartition de l'espèce (mais pas de structure de population). Le Gecu propose un périmètre fondé sur les observations de bouquetins, illustré sur la Figure 8, qui sera par la suite à superposer avec les données d'estive et de répartition des troupeaux pour déterminer les troupeaux à surveiller ;
- il n'est pas possible de déterminer des zones occupées par les bouquetins pendant les périodes à risque très élevé qui sont la période de mise bas et la période d'avortement :
 - en effet, les experts s'attendent à retrouver dans le massif des Aravis les mêmes schémas d'utilisation de l'espace en période de mise-bas que ceux observés sur le massif du Bargy, où les femelles de chaque sous-unité restent dans leur secteur pour mettre-bas, mais peuvent utiliser tous les endroits où la surface est suffisamment escarpée (supérieure à 45° de pente) pour mettre bas, sans regroupement particulier des sites de mise-bas (Grignolio *et al.* 2007 ; Marchand *et al.* 2021) ;
 - les avortements brucelliques ont lieu pendant le dernier tiers de gestation des bouquetins, correspondant à une période où les bouquetins se regroupent sur les premières prairies déneigées. Ces prairies peuvent correspondre à des zones d'estives, mais l'aire de répartition des bouquetins des Aravis n'est pas suffisamment connue pour qu'il soit possible d'identifier l'ensemble des zones d'avortement potentiel, en particulier au vu de l'absence de données sur la structure de population.

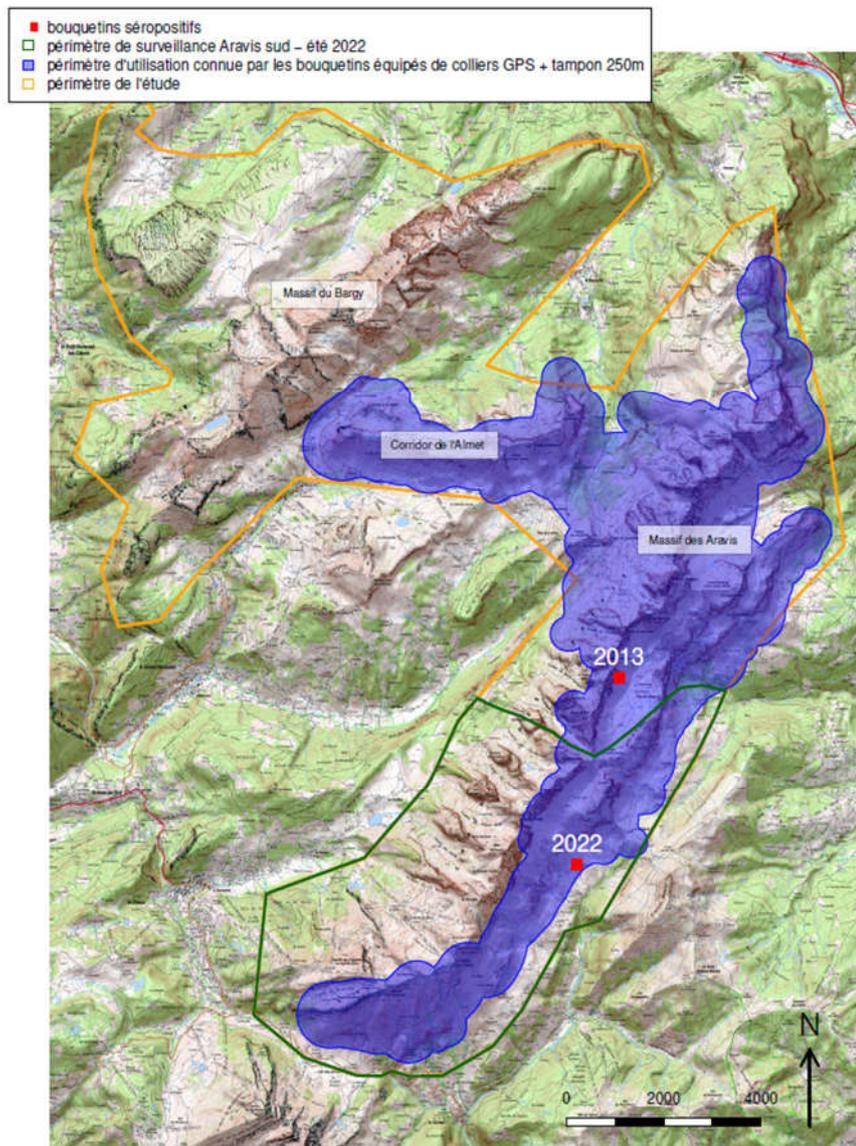


Figure 8. Périmètre de surveillance des ruminants domestiques issu de la priorisation proposée par le Gecu

Les zones de présence des bouquetins sont définies en prenant en compte 99 % des points de localisations GPS de chaque individu. Une fois ces zones agglomérées pour l'ensemble des individus suivis et avec prise en compte des observations occasionnelles, une zone tampon de 250 mètres est ajoutée à l'ensemble de l'aire de présence définie afin d'intégrer le plus d'observations occasionnelles possible.

3.2.5. Réponse à la deuxième partie de la question 2 de la saisine : « déterminer les mesures de surveillance et lutte à mettre en place dans la population de bouquetins du massif des Aravis. »

Suite à la découverte d'une étagne positive sur le massif des Aravis, les **mesures de surveillance chez les bouquetins recommandées par le Gecu** dans ce massif ont pour objectif :

- de **connaître la situation épidémiologique** dans la population des bouquetins du massif des Aravis ;

- **d'acquérir des données sur la structuration socio-spatiale** de la population de bouquetins sur le massif des Aravis.

La circulation de brucellose dans le massif des Aravis n'étant pas confirmée par les résultats des captures de 2022, **le Gecu estime qu'il n'est pas nécessaire de mettre en place des mesures de lutte en 2023**. En effet, l'expérience acquise dans le massif du Bargy a montré qu'il n'est pas possible d'interpréter correctement les résultats des tests sérologiques et l'impact des mesures de gestion sans connaître la structure de la population, comme l'illustrent les conclusions très différentes des avis avant et après la découverte des sous-unités dans le massif du Bargy en 2015 (Anses 2013 ; 2015). La localisation spatiale des éventuels séropositifs, leur appartenance à une sous-unité spatiale reliée à un secteur précis et les échanges entre ces sous-unités influencent directement la diffusion de l'infection dans la population, la localisation des mesures de gestion de type captures ou tirs, et le nombre de captures nécessaires pour surveiller la population.

La capture en 2022 de 38 individus tous séronégatifs permet d'estimer qu'en cas de présence de la brucellose sur le massif des Aravis, cette séroprévalence pourrait être inférieure à 10 %, en faisant l'hypothèse que les 38 individus soient représentatifs de la population, ce qui ne peut pas être confirmé avec les données disponibles¹⁷. En l'absence de données sur la structure de la population, il n'est donc **pas possible de se fier à ces résultats** pour définir des objectifs de capture.

Compte tenu de ce manque de données, les experts recommandent de suivre sur le massif des Aravis les **objectifs de captures définis sur le massif du Bargy** en visant un nombre d'individus suffisant pour permettre d'avoir 95 % de chances de mettre en évidence au moins un individu positif si la séroprévalence est de 5 % (seuil identifié dans le massif du Bargy) dans une population de taille non connue (cf.3.1.3.2).

Pour répondre au double objectif de connaissance de la situation épidémiologique et d'acquisition de données sur la structuration socio-spatiale, le Gecu recommande :

- de **capturer au moins 62 individus adultes non marqués**, prioritairement des **femelles** (cf. 3.1.3.2) qui vont aussi apporter plus d'informations que les mâles sur la structuration de la population ;
- qu'une partie de ces captures soit **centrée autour du secteur géographique où a été découverte l'étagne infectée en 2022**, et de **répartir le reste des captures sur l'intégralité du massif des Aravis**, afin de rechercher une éventuelle contamination du massif tout en obtenant des informations sur la structure de la population ;
- parmi les individus capturés, **d'équiper un maximum de femelles de colliers GPS** sur l'intégralité du massif, afin de repérer les éventuelles sous-unités.

Le Gecu précise toutefois que plusieurs années de captures seront nécessaires pour arriver à la même connaissance de la structure spatiale que dans le Bargy, où les 36 individus équipés les trois premières années avaient mis en évidence quatre des cinq sous-unités existantes.

¹⁷ La structure de la population et la répartition géographique de l'infection n'étant pas connues dans les Aravis, ces 38 individus peuvent provenir d'une zone peu ou pas infectée.

Contrairement au massif du Bargy, **le Gecu recommande de ne pas mettre en œuvre de tirs ciblés même si l'objectif de 62 captures n'est pas atteint**. En effet, l'objectif des tirs doit être de cibler les animaux qui ne peuvent pas être capturés (topographie difficile, distance de fuite élevée) et testés, dans une zone où la brucellose circule toujours activement, afin de diminuer la prévalence et limiter le nombre de nouveaux cas. L'analyse sérologique et bactériologique des individus abattus participe aussi à augmenter la taille de l'échantillon et à améliorer l'estimation de la séroprévalence, mais représente principalement un outil qualitatif visant à améliorer ponctuellement la connaissance d'une sous-unité. Dans le massif des Aravis, la circulation de la brucellose n'est pas encore mise en évidence et les zones où les individus sont éventuellement inaccessibles à la capture ne sont pas encore connues. Le Gecu considère donc que les informations supplémentaires apportées par les tirs ne sont pas encore nécessaires ou justifiées en 2023 et que les bénéfices sanitaires ne justifient pas la mise en place d'une telle mesure.

Si l'objectif de captures n'était pas atteint, il serait seulement possible d'estimer la séroprévalence sur la base des captures effectuées. Si tous les animaux capturés sont séronégatifs, il sera possible de déterminer un niveau de séroprévalence maximal dans la population, avec un niveau de confiance choisi.

Les effectifs de bouquetins dans le massif des Aravis ne sont pas connus. Pour obtenir ces données, une approche de type Capture-Marquage-Réobservation pourrait être mise en place, comme ce qui est fait dans le massif du Bargy. Cependant, le Gecu considère que l'estimation des effectifs de bouquetins n'est pas une priorité pour 2023 par rapport aux objectifs de surveillance dans le massif des Aravis car :

- la circulation de la brucellose dans la population de bouquetins du massif des Aravis n'est pas encore avérée (le lieu de contamination de l'étagne positive de 2022, Bargy ou Aravis, n'est pas connu) ;
- la mise en œuvre d'itinéraires pédestres sera plus difficile que dans le massif du Bargy, au vu de la taille et de la topographie du massif des Aravis. Par ailleurs, une meilleure connaissance de la population de bouquetins des Aravis et l'étude de méthodes alternatives pour les estimations d'effectif, prévues par l'OFB en 2023, pourront permettre de mettre en place par la suite les modalités de suivi qui semblent les plus adaptées ;
- il est possible d'estimer une séroprévalence en fonction du nombre de captures d'animaux et de leurs résultats aux tests sans utiliser de données sur l'effectif de la population (cf.3.1.3.2) ;
- les connaissances quant à la structure de la population (obtenues à partir de la pose de colliers GPS lors des captures et des observations visuelles d'animaux marqués) et les données sur la répartition de la séroprévalence (obtenues lors des tests sur les individus capturés) impactent beaucoup plus les recommandations de gestion que les données d'effectifs.

Le GECU recommande de **poursuivre la surveillance dans le massif des Aravis et d'adapter les modalités suivant les résultats obtenus en 2023 (gestion adaptative)**. Les résultats des captures de 2023 vont permettre d'appréhender la situation épidémiologique et de déterminer les mesures à mettre en place en 2024. Cependant, les experts considèrent

que la situation épidémiologique dans le massif des Aravis, quelle qu'elle soit (présence ou non de la brucellose chez d'autres bouquetins des Aravis) ne pourra pas être considérée maîtrisée tant qu'un foyer de brucellose existera dans la population de bouquetins du Bargy, en raison de l'existence d'individus se déplaçant entre les deux massifs.

Le Gecu recommande donc de ne pas arrêter la surveillance du massif des Aravis tant qu'il reste des individus positifs dans le massif du Bargy.

3.3. Incertitudes

Le Gecu rappelle que les travaux d'expertise se sont déroulés dans un délai très restreint, ce qui a fortement impacté la disponibilité des données utilisées au cours de l'expertise pour répondre aux questions posées.

Les principales incertitudes identifiées tout au long de l'expertise sont décrites dans le Tableau 2 ainsi que leur impact sur les réponses aux questions de la saisine.

Tableau 2. Principales incertitudes identifiées lors des travaux et leurs impacts sur l'expertise

Questions	Description des incertitudes	Impact sur la réponse*
Question 1 : mesures de lutte et de surveillance dans le Bargy	• Résultats sérologiques en partie non disponibles en début d'expertise	faible
	• Estimations corrigées de séroprévalence non disponibles en début d'expertise	faible
	• Dans un objectif de lutte, difficultés d'estimation fine des effectifs (sectorisés, marqués/ non marqués, etc.)	élevé
Question 2.1 : définition d'un périmètre de surveillance dans les Aravis	• Absence de données populationnelles solides : aire de répartition, structuration de la population et effectifs	élevé
	• Pas d'historique de suivi sanitaire dans les Aravis depuis 2013	élevé
	• Sex-ratio de l'échantillon étudié : les données concernent très majoritairement les mâles, alors que les femelles sont à l'origine de la plupart des infections et permettent de connaître la structure de la population (compréhension de la situation épidémiologique du massif)	élevé
Question 2.2 : mesures de lutte et de surveillance dans les Aravis	• Données GPS obtenues sur peu d'individus	élevé
	• Toutes les incertitudes de la question 2.1	élevé
	• Extrapolation des mesures de surveillance ayant fonctionné dans le Bargy aux Aravis alors que les situations épidémiologiques et populationnelles ne sont pas forcément comparables	élevé

* l'impact des incertitudes identifiées au cours de l'expertise sur les réponses aux questions de la saisine est estimé par les experts sur une échelle à trois niveau : faible, moyen et élevé.

3.4. Autres recommandations du Gecu

Les recommandations du Gecu en réponse aux questions posées dans la saisine sont insérées dans les parties de l'avis correspondantes, les experts tiennent toutefois à ajouter des recommandations plus générales.

Le Gecu recommande de ne pas déconnecter la surveillance des cheptels domestiques de celle des bouquetins, et de maintenir la surveillance renforcée des cheptels domestiques tant que le foyer chez les bouquetins n'est pas considéré comme étant maîtrisé car les données de la surveillance de la brucellose dans la faune sauvage et dans les cheptels domestiques sont complémentaires.

Le corridor de l'Almet fait la transition entre le massif du Bargy et le massif des Aravis. Le Gecu recommande d'y mettre en place des **suivis pour connaître les transferts d'individus entre les deux massifs** (par exemple à l'aide de pièges photographiques).

Le Gecu rappelle également, comme dans l'Avis de l'Anses 2021-SA-0200 (Anses 2021), que la surveillance de la faune sauvage sensible, l'acquisition de données sur les **hôtes de liaison potentiels** et l'étude des mécanismes infectieux ayant abouti à la contamination des deux élevages bovins sont recommandées par les experts du Gecu. Plus de détails sur les données actuellement disponibles ainsi que les recommandations sont fournis dans l'avis Anses 2021-SA-0200.

Le Gecu rappelle une nouvelle fois l'importance **d'actualiser et de reprendre le modèle précédemment développé à la situation épidémiologique du massif du Bargy**. Si les données obtenues dans les Aravis en 2023 sont de nature à préconiser des travaux de modélisation, **le Gecu recommande d'étudier la possibilité d'une adaptation du modèle au massif des Aravis**. Le caractère prédictif d'une modélisation fournirait de nouvelles informations qui ne sont pas à la portée d'un Gecu se réunissant sur une très courte période. Ces informations temporelles sont pourtant d'une aide précieuse aux gestionnaires.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions et recommandations du Gecu Bargy-Aravis relatives aux modalités de surveillance et de lutte contre la brucellose des bouquetins dans les massifs du Bargy et des Aravis et aux modalités de surveillance des cheptels de ruminants estivant dans le massif des Aravis.

La cause de la contamination d'une étagne dans les Aravis n'est pas connue. En effet, l'étagne peut s'être contaminée dans le Bargy et déplacée dans les Aravis, contaminée dans les Aravis par des individus infectés présents dans la population des Aravis, ou avoir été contaminée par un mâle infecté venant du Bargy. L'Agence recommande donc de ne pas déconnecter la surveillance des massifs du Bargy et des Aravis.

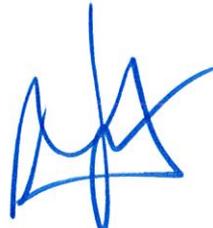
Avis de l'Anses

Saisine n° « 2022-SA-0220 »

Saisines liées n°2021-SA-0228, 2021-SA-0200, 2021-AST-0203, 2018-SA-0017, 2016-SA-0229, 2014-SA-0218, 2013-SA-0129

L'Agence recommande également de maintenir la surveillance dans le Bargy en adaptant la méthodologie à la situation actuelle de faible séroprévalence selon les recommandations du Gecu.

Enfin, l'Agence recommande d'étendre la surveillance des cheptels de ruminants domestiques à l'ensemble des cheptels inclus dans le périmètre recommandé tant que le foyer de brucellose dans les populations de bouquetins du Bargy n'est pas maîtrisé et que la situation épidémiologique dans les Aravis n'est pas mieux connue.



Pr Benoît Vallet

MOTS-CLÉS

Bouquetin des Alpes, brucellose, *Brucella melitensis*, *Capra ibex*, cheptel bovin, massif du Bargy, massif des Aravis, mesures de lutte, abattages, option de gestion

Alpine ibex, *brucellosis*, *Brucella melitensis*, *Capra ibex*, *bovine livestock*, *Bargy massif*, *Aravis massif*, *control measures*, *culling*, *management option*

BIBLIOGRAPHIE

Anses. 2013. Brucellose dans le massif du Bargy, Haute Savoie (2013-SA-0082). Maisons-Alfort: Anses, 46p.

Anses. 2015. Mesures de maîtrise de la brucellose chez les bouquetins du Bargy (Saisine 2014-S1-0218). Maisons-Alfort: Anses, 194p.

Anses. 2017. Evaluation approfondie et réactualisée de mesures de maîtrise du foyer de brucellose chez les bouquetins du Bargy (Saisine 2016-S1-0229). Maisons-Alfort: Anses, 69p.

Anses. 2019. Pertinence de la vaccination des bouquetins du Bargy contre la brucellose. Maisons-Alfort: Anses, 114p.

Anses. 2020. Surveillance sanitaire à mettre en oeuvre pour le SARS-CoV-2 dans les élevages de visons (2020-SA-0080). Maisons-Alfort: Anses, 24p.

Anses. 2021. Evaluation de l'efficacité de différents scénarios de lutte contre la brucellose dans les populations des bouquetins dans le massif du Bargy (Saisine 2021-SA-0200). Maisons-Alfort: Anses, 39p.

Anses. 2022. Demande d'Appui Scientifique et Technique en réponse à une saisine complémentaire relative à l'évaluation de l'efficacité de scénarios complémentaires de lutte contre la brucellose dans les populations des bouquetins dans le massif du Bargy (2021-SA-0228). Maisons-Alfort: Anses, 8p.

Calenge, Clément, Sébastien Lambert, Elodie Petit, Anne Thébault, Emmanuelle Gilot-Fromont, Carole Toïgo, et Sophie Rossi. 2021. Estimating Disease Prevalence and Temporal Dynamics Using Biased Capture Serological Data in a Wildlife Reservoir: The Example of Brucellosis in Alpine Ibex (*Capra ibex*). *Preventive Veterinary Medicine* 187: 105239. .

Chauveau, Victor. 2021. Migration partielle chez le Bouquetin des Alpes (*Capra ibex*): phénologie et modélisation de la connectivité. Rapport de Master 2 Biodiversité, Écologie, Évolution ; Sciences Sorbonne Université, Muséum National d'Histoire Naturelle, Université Paris-Saclay, 60p.

Dohoo, I, W Martin, et H Stryhn. 2003. *Veterinary epidemiologic research*. Atlantic Veterinary College. Charlottetown, Canada.

Grignolio, Stefano, Iva Rossi, Elisa Bertolotto, Bruno Bassano, et Marco Apollonio. 2007. Influence of the Kid on Space Use and Habitat Selection of Female Alpine Ibex. *The Journal of Wildlife Management* 71 (3): 713-19.

Hars, Jean, Amélie Vaniscotte, Yvette Game, Carole Toïgo, Aline Depecker, et Bruno Garin-Bastuji. 2015. Surveillance et gestion d'un foyer de brucellose chez le bouquetin dans le massif du bargy (Haute-Savoie). *Faune sauvage*, 2015, sect. 306.

Lambert, Sébastien. 2019. Transmission and Management of Brucellosis in a Heterogeneous Wild Population of Alpine Ibex (*Capra ibex*). *Populations and Evolution [q-bio.PE]*. Université de Lyon, 446p.

Lambert, Sébastien, Emmanuelle Gilot-Fromont, Pauline Freycon, Anne Thébault, Yvette Game, Carole Toïgo, Elodie Petit, *et al.* 2018. Significant Individual Heterogeneity in Naturally-Infected Alpine ibex (*Capra ibex*) With *Brucella melitensis*. *Frontiers in Microbiology*, 2018, sect. 9.

Lambert, Sébastien, Emmanuelle Gilot-Fromont, Carole Toïgo, Pascal Marchand, Elodie Petit, Bruno Garin-Bastuji, Dominique Gauthier, Jean-Michel Gaillard, Sophie Rossi, et Anne Thébault. 2020. An Individual-Based Model to Assess the Spatial and Individual Heterogeneity of *Brucella Melitensis* Transmission in Alpine Ibex. *Ecological Modelling* 425: 109009. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109009>.

Marchand, Pascal, Pauline Freycon, Jean-Philippe Herbaut, Yvette Game, Carole Toïgo, Emmanuelle Gilot-Fromont, Sophie Rossi, et Jean Hars. 2017. Sociospatial Structure Explains Marked Variation in Brucellosis Seroprevalence in an Alpine Ibex Population. *Scientific Reports* 7 (1): 15592. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15803-w>.

Marchand, Pascal, Mathieu Gareil, Nicolas Morellet, Laura Benoit, Yannick Chaval, Christian Itty, Elodie Petit, Bruno Cargnelutti, Aidan J. M. Hewison, et Anne Loison. 2021. A Standardised Biologging Approach to Infer Parturition: An Application in Large Herbivores across the Hider-Follower Continuum. *Methods in Ecology and Evolution* 12 (6): 1017-30. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13584>.

Marchand, Pascal, Jean Hars, Jean-Philippe Herbaut, et Yvette Game. 2015. Plan d'actions contre la brucellose dans le massif du Bargy (Haute-Savoie). Suivis sanitaires et populationnels des bouquetins du massif du Bargy et des massifs adjacents - Bilan des opérations réalisées en 2015. Rapport interne, non publié. Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage.

McClintock, Brett, Gary White, Kenneth Burnham, et Moira Pryde. 2009. A generalized mixed effects model of abundance for mark-resight data when sampling. In *Modelling demographic processes in marked populations*, 271-89. Springer.

Miguel, Eve, Vladimir Grosbois, Alexandre Caron, Diane Pople, Benjamin Roche, et Christl A. Donnelly. 2020. A Systemic Approach to Assess the Potential and Risks of Wildlife Culling for Infectious Disease Control. *Communications Biology* 3 (1): 353. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-1032-z>.

Plommet, M, R Fensterbank, G Renoux, J Gestin, A Philippon, R Borde, J Marly, *et al.* 1973. Brucellose bovine expérimentale. XIII. - Persistance à l'âge adulte de l'infection congénitale de la génisse. *Annales de recherches vétérinaires* 4(3): 419-35.

Toïgo, Carole, Jean-Michel Gaillard, Dominique Gauthier, Irène Girard, Jean-Pierre Martinot, et Jacques Michallet. 2002. Female Reproductive Success and Costs in an Alpine Capital Breeder under Contrasting Environments. *Écoscience* 9 (4): 427-33. <https://doi.org/10.1080/11956860.2002.11682730>.

Willisch, Christian S., Iris Biebach, Ursina Koller, Thomas Bucher, Nelson Marreros, Marie-Pierre Ryser-Degiorgis, Lukas F. Keller, et Peter Neuhaus. 2012. Male Reproductive Pattern in a Polygynous Ungulate with a Slow Life-History: The Role of Age, Social Status and Alternative Mating Tactics. *Evolutionary Ecology* 26 (1): 187-206. <https://doi.org/10.1007/s10682-011-9486-6>.

CITATION SUGGÉRÉE

Anses. 2023. Avis relatif aux modalités de surveillance et de lutte contre la brucellose des bouquetins dans le massif du Bargy et des Aravis et aux modalités de surveillance des cheptels de ruminants estivants dans le massif des Aravis (saisine 2022-SA-0220). Maisons-Alfort : Anses, 39p.

ANNEXE 1.

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GECU BARGY-ARAVIS

Présidente

Mme Séverine BOULLIER – Professeur, École Nationale Vétérinaire de Toulouse – Immunologie, vaccinologie.

Membres

Mme Aurélie COURCOUL – Directrice de la Recherche et des Etudes Doctorales, Oniris - École nationale vétérinaire, agro-alimentaire et de l'alimentation de Nantes - Épidémiologie, appréciation des risques (modélisation), réglementation

M. Benoît DURAND – Chef d'Unité Epidémiologie, Anses Laboratoire de Santé animale de Maisons-Alfort – Epidémiologie, santé animale

Mme Emmanuelle GILOT-FROMONT – Professeur, VetAgro Sup – Épidémiologie quantitative, évaluation de risque, interface faune sauvage-animaux domestiques, maladies réglementées.

M. Pascal MARCHAND – Chargé d'étude et recherche « comportement et analyses spatiales », Service Anthropisation et Fonctionnement des Ecosystèmes Terrestres, Direction de la Recherche et de l'Appui Scientifique, Office Français de la Biodiversité (OFB) – Ongulés sauvages, bouquetins, dynamique de populations, comportement

Mme Carole PEROZ – Maître de conférences, VetAgro Sup – Infectiologie, immunologie, maladies réglementées, approche intégrée de la santé animale.

Mme Elodie PETIT – Biologiste des populations chargée du suivi de la population de bouquetins du Bargy, VetAgroSup OFB – ongulés sauvages, bouquetin, suivi de populations

Mme Claire PONSART – Chef de l'unité des zoonoses bactériennes, Laboratoire de Santé Animale, Anses Maisons-Alfort - Bactériologie, zoonoses, diagnostic de laboratoire.

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

Mme Emeline BARRÈS – Coordinatrice scientifique – Unité Évaluation des risques liés au Bien-être, à la Santé et à l'Alimentation des Animaux et aux Vecteurs (UBSA2V) – Direction de l'évaluation des risques (DER), Anses

Avis de l'Anses

Saisine n° « 2022-SA-0220 »

Saisines liées n°2021-SA-0228, 2021-SA-0200, 2021-AST-0203, 2018-SA-0017, 2016-SA-0229, 2014-SA-0218, 2013-SA-0129

Mme Catherine COLLIGNON – Coordinatrice scientifique – Unité Évaluation des risques liés au Bien-être, à la Santé et à l'Alimentation des Animaux et aux Vecteurs (UBSA2V) – Direction de l'évaluation des risques (DER), Anses

Mme Florence ÉTORÉ – Cheffe de l'unité Évaluation des risques liés au Bien-être, à la Santé et à l'Alimentation des Animaux et aux Vecteurs (UBSA2V) – Direction de l'évaluation des risques (DER), Anses

Secrétariat administratif

Régis MOLINET- Direction de l'évaluation des risques

ANNEXE 2.

SAISINE N° « 2022-SA-0220 »



GOVERNEMENT

Liberté
Égalité
Fraternité

Paris, le

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE
DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ALIMENTATION

La Directrice générale de l'alimentation

Le directeur de l'eau et de la biodiversité

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA
COHESION DES TERRITOIRES
DIRECTION DE L'EAU ET DE LA BIODIVERSITÉ
DIRECTION GÉNÉRALE DE LA PRÉVENTION DES
RISQUES

Le directeur général de la prévention des
risques

A

Monsieur le Directeur général de l'ANSES

Objet : Saisine de l'Anses relative aux modalités de surveillance et de lutte contre la brucellose des bouquetins dans les massifs du Bargy et des Aravis et aux modalités de surveillances des cheptels de ruminants estivants dans le massif des Aravis

Conformément aux articles L. 1313-1 et 1313-3 du Code de la santé publique, nous avons l'honneur de solliciter l'avis de l'Anses en urgence, dans le cadre d'une co-saisine du Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire (MASA) et du Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires (MTECT), sur le sujet en objet.

Contexte :

La France est officiellement indemne de brucellose bovine depuis 2005. Depuis l'acquisition du statut indemne, seuls deux foyers de brucellose bovine ont été identifiés en France, en 2012 et en 2021, tous deux en Haute-Savoie. Pour ces deux foyers en élevage, la bactérie isolée est issue du même cluster que celle circulant dans la population des bouquetins du massif du Bargy.

Pour les ruminants domestiques (bovins, ovins et caprins) estivants dans des zones fréquentées par une population de bouquetins reconnue infectée de brucellose (massif du Bargy), le Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire a mis en place, depuis 2013, une surveillance renforcée des cheptels. En 2022, ces mesures consistent en : (i) des contrôles mensuels sur le lait pour les élevages bovins laitiers, (ii) des dépistages annuels avant et après estives de 50 % des bovins allaitants de plus de 24 mois ; (iii) des dépistages annuels avant et après estives de 50 % des petits ruminants de plus de 6 mois.

Des mesures de surveillance et de lutte contre la brucellose ont également été mises en œuvre dans la population de bouquetins du massif du Bargy. Les résultats de la lutte obtenus à partir des données collectées par l'OFB montrent que la séroprévalence estimée de la brucellose a baissé : elle est de moins de 15 % dans l'ensemble du massif en 2022, loin de celle de 2013, avec 50 % de prévalence chez les femelles et 35 % chez les mâles de la zone cœur, et 15 % de prévalence en zone périphérique (<https://professionnels.ofb.fr/fr/article/point-foyer-brucellose-dans-massif-bargy>).

Suite aux recommandations des avis de l'Anses n° 2021-SA-200¹ et n° 2021-SA-0228², les mesures de surveillance et de lutte dans la population de bouquetins du massif du Bargy ont été renforcées au printemps et à l'automne 2022. Le rapport préliminaire des données

¹Avis de l'Anses relatif à « l'évaluation de l'efficacité de différents scénarios de lutte contre la brucellose dans les populations des bouquetins dans le massif du Bargy », publié le 30 novembre 2021.

² NOTE d'appui scientifique et technique de l'Anses en réponse à « une saisine complémentaire relative à l'évaluation de l'efficacité de scénarios complémentaires de lutte contre la brucellose dans les populations des bouquetins dans le massif du Bargy », publiée le 6 février 2022

Avis de l'Anses

Saisine n° « 2022-SA-0220 »

Saisines liées n°2021-SA-0228, 2021-SA-0200, 2021-AST-0203, 2018-SA-0017, 2016-SA-0229, 2014-SA-0218, 2013-SA-0129

relatives aux bilans de captures/recaptures et des tirs (résultats des dépistage, âge et sexe des animaux, etc.) est transmis avec cette saisine.

Par ailleurs, en juillet 2021, une étagne positive à la brucellose a été découverte dans le massif des Aravis, situé à proximité du massif du Bargy, dans une zone d'estive de nombreux cheptels de Savoie et de Haute-Savoie.

Sur le volet élevage, la surveillance des ruminants domestiques a été renforcée pour l'ensemble des cheptels estivant dans un périmètre du massif des Aravis définis par les DDPP73 et 74 en concertation avec les professionnels, en fonction des pratiques d'estive dans ce massif. Le périmètre de surveillance est en Annexe de la saisine.

Sur le volet faune sauvage, dès cet été, des campagnes d'observations ont été conduites par l'OFB pour estimer la population de bouquetins des Aravis et rechercher des signes cliniques de brucellose. Ces observations ont été complétées par des captures et marquages de bouquetins dans le massif des Aravis. Le rapport préliminaire des données relatives aux bilans de captures/recaptures et des tirs (résultats des dépistage, âge et sexe des animaux, etc.) est transmis avec cette saisine.

Objet de la saisine :

Dans ce contexte, nous sollicitons en urgence l'avis de l'Anses pour :

1. Suite aux résultats des captures et des tirs conduits en 2022, définir les mesures de surveillance et de lutte à mettre en place dans la population de bouquetins du massif du Bargy ;
2. Suite à la découverte d'une étagne positive dans le massif des Aravis et aux résultats de la surveillance conduite sur la population de bouquetins dans ce massif cet automne :
 - Déterminer la zone géographique d'estives du massif des Aravis qui doit conduire à la mise sous surveillance renforcée des cheptels de ruminants domestiques y ayant estivé. Il s'agira en particulier de spécifier si la zone définie à l'été 2022 doit être modifiée ;
 - Déterminer les mesures de surveillance et lutte à mettre en place dans la population de bouquetins du massif des Aravis.

Les rapports définitifs avec l'analyse des résultats obtenus aux tests rapides et aux tests en laboratoire (sérologique et bactériologique) vous seront transmis pour le début du mois de décembre.

Nous souhaitons pouvoir disposer des résultats de votre expertise pour le 31 janvier 2023. Nos services se tiennent à votre disposition pour apporter toute information complémentaire.

Olivier THIBAUT
Le Directeur de l'eau et de la biodiversité
Olivier THIBAUT

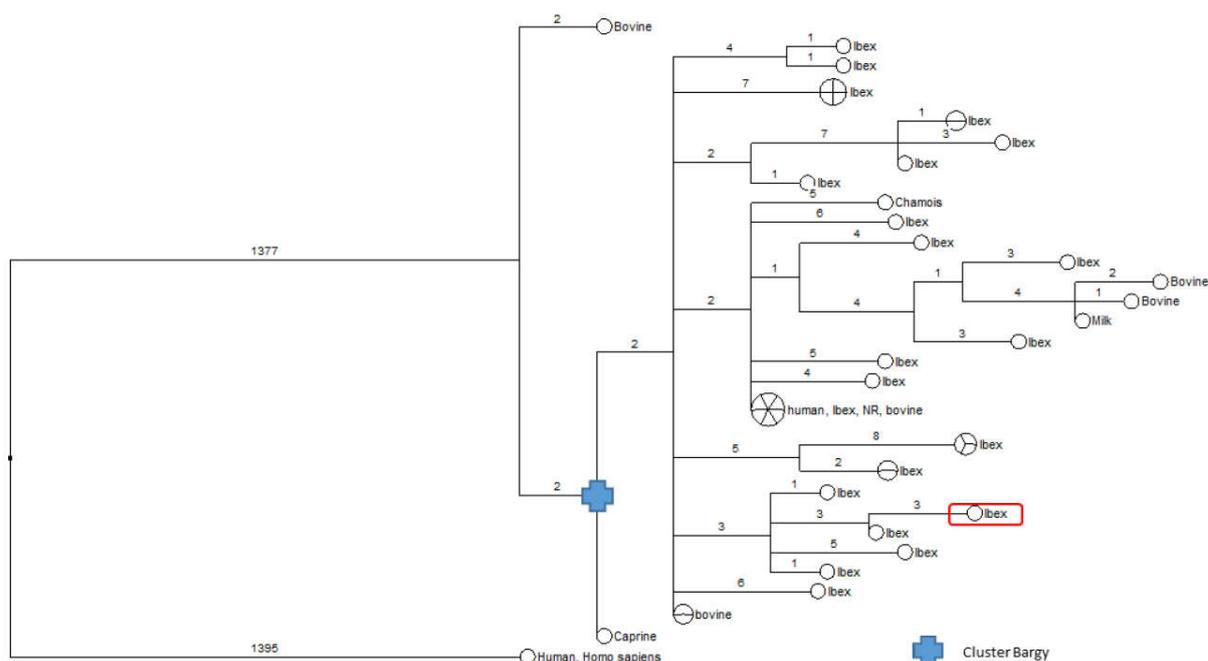
Cédric BOURILLET
Cédric
BOURILLET
cedric.bourillet
et
Signature
numérique de
Cédric BOURILLET
cedric.bourillet
Date : 2022.11.30
13:21:09 +01'00'

Emmanuelle SOUBEYRAN
EMMANUELLE
E
SOUBEYRAN
ID
Signature
numérique de
EMMANUELLE
SOUBEYRAN ID
Date : 2022.12.06
20:02:52 +01'00'

ANNEXE 4.

Arbre phylogénétique de souches de *Brucella melitensis* (source : LNR Brucellose, Anses)

Légende : les espèces hôtes à partir desquelles ont été isolées les souches sont indiquées, ainsi que le nombre de SNPs de différence entre les séquences (nombre sur chaque branche). La souche isolée sur l'étagne dans les Aravis en 2022 est encadrée en rouge.



Suite au positionnement de la souche de l'étagne dans le cluster du Bargy, un arbre ne contenant que les génomes du Bargy (ainsi que la souche de référence 16M et une souche proche du cluster) a été généré (2887 SNPs identifiés). Il a été généré dans BioNumerics 7.6.3 par Maximum de Parcimonie. Une échelle logarithmique a été sélectionnée afin de mieux visualiser les différences entre les séquences. Aucune homoplasie n'a été identifiée dans l'arbre, assurant une bonne fiabilité de l'analyse.

Pour rappel, le génome de *Brucella* a une taille approximative de 3,3 Megabase.