

Surveillance et gestion d'un foyer de brucellose chez le bouquetin dans le massif du Bargy (Haute-Savoie)

Alors que la France était indemne de brucellose chez les ruminants domestiques depuis 2003, après plusieurs décennies de lutte organisée et réglementée, un foyer actif de cette zoonose a été mis en évidence en 2012 dans la population de bouquetins du massif du Bargy en Haute-Savoie. L'ONCFS est en charge des études sanitaires et populationnelles destinées à fournir les éléments éco-épidémiologiques pour la gestion inédite et très complexe de ce dossier.

JEAN HARS¹, AMÉLIE VANISCOTTE¹,
YVETTE GAME², CAROLE TOÏGO³,
ALINE DEPECKER⁴, BRUNO GARIN-BASTUJ⁵

¹ ONCFS, Unité sanitaire de la faune – Gières.

² Laboratoire départemental d'analyses vétérinaires de Savoie – Chambéry.

³ ONCFS, CNERA Faune de montagne – Gières.

⁴ Direction départementale de la protection des populations de Haute-Savoie – Seynod.

⁵ Université Paris-Est, Anses, Laboratoire de santé animale, Unité Zoonoses bactériennes, LNR brucelloses/CNR des Brucella – Maisons-Alfort.
(Adresse actuelle : Université Paris-Est, Anses, Direction des affaires européennes et internationales – Maisons-Alfort).

© C. Saint-Andrieux



Le récent foyer de brucellose en Haute-Savoie

La particularité de ce foyer tient au fait que la « pelote épidémiologique » a été déroulée à l'envers : l'homme a fait office de sentinelle d'une infection en élevage bovin, lui-même contaminé à partir d'un réservoir sauvage identifié en dernier lieu (**encadré**). En effet, deux cas humains de brucellose détectés en 2012 dans la commune du Grand Bornand (sud du massif du Bargy) ont été reliés à la

consommation de fromage frais provenant d'un élevage bovin infecté (Mailles *et al.*, 2012). En Haute-Savoie, le dernier foyer observé chez des ruminants domestiques datait de 1999 sur la commune du Reposoir (nord du Bargy) : il était dû à *Brucella melitensis* bv.3, souche identique à celle isolée en 2012. Tous les élevages de la région ayant été contrôlés indemnes, la question suivante s'est alors imposée : *la faune sauvage a-t-elle pu assurer pendant plus de dix ans un relais « silencieux » entre les foyers de 1999 et de 2012 ?*

Un programme très complet...

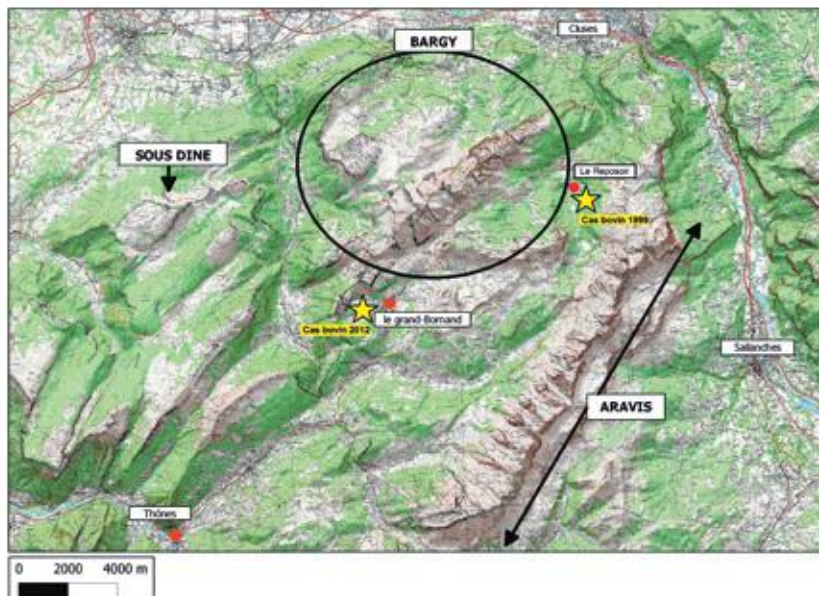
L'étude, déployée en septembre 2012 chez les ongulés sauvages du Bargy (sous-massifs d'Andey et Almet inclus) puis des massifs voisins des Aravis et de Sous-Dine (**figure 1**), a été adaptée en 2013 (Hars *et al.*, 2013) et 2014 à la situation épidémiologique. Elle comprenait un volet sanitaire et un volet populationnel.

Le volet sanitaire

Il était basé sur :

- le contrôle des chamois, cerfs et chevreuils tués à la chasse (50 à 60 individus par espèce pour chaque saison de chasse), principalement dans le Bargy, avec prélèvement systématique par les chasseurs de sang et divers organes ; dès la saison 2013-2014, l'enquête a été étendue aux chamois des Aravis ;
- le renforcement du réseau SAGIR pour la collecte et l'analyse de cadavres d'ongulés ;
- la surveillance clinique des hardes de bouquetins, espèce protégée, observables lors de tournées organisées par l'ONCFS en collaboration avec la Fédération départementale des chasseurs de Haute-Savoie (FDC 74). Les animaux suspectés d'arthrites, voire d'orchites, ont été abattus sous couvert de l'AM du 5 juin 2009 et transmis pour autopsie au Laboratoire d'analyses vétérinaires de la Savoie (LDAV 73) ;
- la capture par télé-anesthésie, des examens et des prélèvements sur un échantillon, en 2012-2013, d'au moins 60 bouquetins dans le Bargy, 60 dans les Aravis et 30 dans Sous-Dine, équilibré en sexe et classes d'âge (≤ 5 ans ; > 5 ans). En 2014, on prévoyait la capture de 70 bouquetins (35 « jeunes » et 35 « vieux »). Dans les trois massifs, tous les animaux ont été équipés de boucles auriculaires colorées et, pour plusieurs dizaines, de colliers émetteurs VHF ou GPS, afin de

Figure 1 Localisation des différents massifs concernés par l'étude.



pouvoir retrouver les animaux séropositifs pour les abattre¹ et étudier l'occupation spatiale de la population ;

- en 2014, la validation d'un test de dépistage sérologique rapide utilisable au chevet de l'animal endormi, et des prélèvements sur les animaux capturés et abattus en vue d'études génétiques projetées en 2015-2016.

Les sérums sanguins ont été traités au Laboratoire d'analyses vétérinaires de Haute-Savoie (LIDAL) en EAT² et FC³, complétés au

LNR par un test ELISA indirect (iELISA) et un test ELISA de compétition (cELISA). Les analyses bactériologiques ont été réalisées au LDAV 73 sur les rates et organes génitaux ou lésions des animaux séropositifs.

¹ Préalablement à chaque campagne de captures, une demande de dérogation d'abattage des animaux séropositifs auprès du MEDDE, portée par l'ONCFS, a fait l'objet d'un accord administratif.

² Épreuve à l'antigène tamponné ou test Rose Bengale.

³ Épreuve de fixation du complément.

► Encadré • Que sait-on sur la brucellose ?

Chez les ruminants domestiques

La brucellose est une zoonose due aux bactéries du genre *Brucella* provoquant, chez l'animal, un avortement chez la femelle et une orchite (inflammation des testicules) chez le mâle ; des arthrites sont plus rarement observées. Les ruminants sont infectés principalement par deux espèces de *Brucella* : *B. abortus*, plutôt adaptée aux bovins, et *B. melitensis*, plutôt adaptée aux ovins et caprins, et qui est la plus pathogène, y compris pour l'homme. Pour certaines *Brucella*, on distingue plusieurs sous-types appelés biovars (bv). Il a fallu trente années de lutte pour obtenir l'éradication de cette maladie réglementée (danger sanitaire de première catégorie) chez les ruminants domestiques en 2003 (Dufour *et al.*, 2013).

Chez l'homme

Lorsqu'elle touche l'être humain, la brucellose, encore appelée fièvre de Malte, est une maladie très sérieuse causant une fièvre ondulante sudoro-algique et pouvant être à l'origine de complications, principalement ostéo-articulaires, cardiaques et neurologiques. La contamination se fait, soit par contact avec des animaux infectés (en général dans un cadre professionnel), soit par consommation de produits à base de lait cru.

Chez les ongulés de montagne

Chez le chamois (*Rupicapra rupicapra*), plusieurs cas ou foyers de brucellose ont été observés dans les Hautes-Alpes et en Savoie dans les années 1980-2000 (Gauthier *et al.*, 1998 ; Hars &



© D. Gauthier

▲ Orchite caséo-calcaire avec foyers de nécrose et de ramollissement chez un chamois infecté par *B. melitensis*.

Garin-Bastuji, 2013). Dans chaque foyer, un ou plusieurs chamois ont été retrouvés atteints d'une brucellose clinique au stade final, avec des orchites systématiques chez les mâles, des polyarthrites, voire des atteintes généralisées. Dans tous les cas, les chamois se sont contaminés en alpage à partir de troupeaux ovins-caprins ou bovins infectés, mais une fois la source de contamination domestique supprimée, la maladie semble s'être éteinte naturellement.

Chez le bouquetin, la brucellose n'avait jamais été décrite en France jusqu'en 2012 en Haute-Savoie, alors que plusieurs centaines d'animaux ont été testées lors des programmes de suivi et translocations réalisés dans le Parc national de la Vanoise ($n = 645$) et les réserves de l'ONCFS ($n = 725$) – (P. Gibert & D. Gauthier, com. pers.). Quelques bouquetins brucelliques ont été observés dans les années 1990 et 2000 en Italie, dans le Parc national du Grand Paradis, mais sans création d'un réservoir de la maladie (Ferroglia *et al.*, 1998).

Le volet populationnel

Il avait pour but de déterminer les paramètres démographiques, les déplacements et l'occupation spatiale des populations de bouquetins. Il comprenait :

- une estimation des effectifs par des survols en hélicoptère des trois massifs en avril 2013 ;
- le parcours de sept itinéraires pédestres (IP) répétés en été tous les quinze jours sur le Bargy, afin de localiser, dénombrer et identifier (sexe, classe d'âge, marques) les bouquetins ;
- l'observation d'un échantillon de pâtures (n = 9) de mi-juin à mi-août selon le protocole pâture-centré de Richomme *et al.* (2006) – « scans » visuels à intervalles réguliers durant trois jours consécutifs – afin d'estimer les taux de contacts directs (présence simultanée et rapprochée) et indirects (succession sur le même site) entre les animaux domestiques et les bouquetins ;
- le suivi télémétrique de 24 bouquetins équipés de colliers GPS et de 69 autres équipés de colliers VHF (**tableau 1**). Le suivi VHF (et GPS) a permis d'identifier d'éventuels déplacements entre massifs. Des relevés mensuels ont été réalisés à partir de points accessibles en voiture ou à pied et complétés par des survols en avion. Les colliers GPS ont été paramétrés pour collecter une position/heure.



© J. Hars/ONCFS

▲ Bouquetin télé-anesthésié dans le massif du Bargy, équipé d'un collier émetteur GPS et de boucles auriculaires.

Tableau 1 Effectif total des individus marqués et équipés.

	Captures	Morts séro+	Morts accidents	Total équipés séro-négatifs	VHF	GPS	Boucles seules
Bargy 2013	77	29	5	43	13	19	11
Bargy 2014	61	30	1	30	19	4	7
Bargy	138	59	6	73	32	23	18
Aravis	60		5	55	27	1	27
Sous-Digne	30		2	28	10		18
Total	228	59	13	156	69	24	63



▲ Une logistique importante a été déployée pour estimer les effectifs de bouquetins présents sur les trois massifs et suivre leurs déplacements.

Résultats

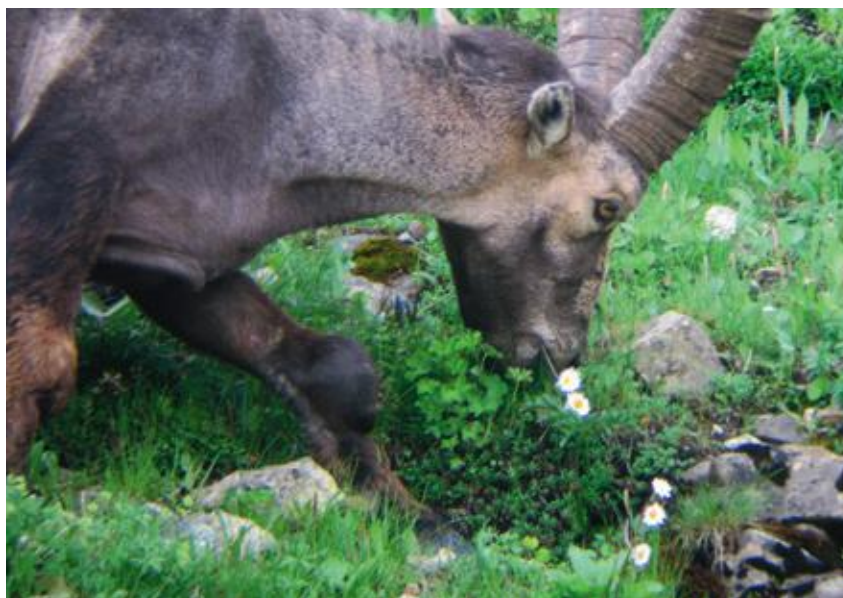
Un réservoir sauvage rapidement identifié

Dès le 16 septembre 2012, une femelle de chamois tuée sur la commune du Reposoir et porteuse d'arthrites s'est avérée brucellique. Mais au bilan de la saison de chasse 2012-2013, ce fut le seul chamois infecté sur 55 testés, tandis que les 30 cerfs et les 44 chevreuils testés étaient négatifs.

Le 9 octobre 2012, deux bouquetins mâles, qui avaient été repérés quelques jours auparavant – car porteurs d'arthrites – par des agents de l'ONCFS, ont été capturés puis abattus car ils étaient séropositifs. Les analyses ont permis d'isoler *Brucella melitensis* bv.3 à partir de nombreux organes, attestant d'une brucellose très étendue et très évoluée avec excrétion de *Brucella*. Ce sont ces découvertes qui ont déclenché une campagne de captures de bouquetins de grande ampleur dès l'automne 2012, avec poursuite au printemps 2013.

Ainsi, 77 bouquetins ont été capturés de manière aléatoire dans le Bargy et la séroprévalence apparente s'est avérée être de 38 %. En revanche, la séroprévalence apparente était nulle dans les massifs adjacents, ceci permettant de les considérer comme « présumés » indemnes (**tableau 2**).

On constate que toutes les classes d'âge étaient touchées hormis les 3-4 ans (**figure 2A**). Une très nette césure de séroprévalence est observée, statistiquement significative, entre les animaux > 5 ans (56 % ; la séroprévalence atteignant 72 % chez les femelles) et les animaux ≤ 5 ans (15 %) – (**figure 3A**). Parallèlement aux captures, 10 bouquetins cliniquement suspects (porteurs d'arthrites) ont été repérés en 2013 dans le massif du Bargy dont 8 ont été abattus.



© S. Anselme-Martin/ONCFS

▲ Bouquetin porteur d'une arthrite brucellique dans le massif du Bargy en 2012.

Figure 2 Proportion de bouquetins détectés séropositifs par classe d'âge suite aux captures dans le massif du Bargy en 2012-2013 (A) et 2014 (B).



Tableau 2 Bilan des captures et des opérations de surveillance clinique renforcée réalisées sur les bouquetins en 2012 et 2013 en Haute-Savoie.

Massif	Année	Abattages suspects cliniques	Captures aléatoires				
			Séropositifs				Nombre d'animaux morts accidentellement avant abattage
			Réalisé	Nombre	Taux de séropositifs % [IC 95 %]	Nombre d'animaux abattus	
Bargy	Fin 2012	2	22	10	45 %	9	1
Bargy-Andey (Almet)	2013	6	55	19	35 %	17	2
Total Bargy	2012-2013	8	77	29	38 % [28,2-47,8]	26	3
Aravis		0	60	0	0 % [0-5]	0	0
Sous-Dine		0	30	0	0 % [0-8]	0	0

Sur 37 bouquetins autopsiés au LDAH 73, *B. melitensis* bv.3 a été isolée sur 16 animaux à partir de treize sites ganglionnaires ou organiques dont plusieurs indicateurs d'une excrétion potentielle (urine, prépuce, testicule, vagin...).

Toutes les souches de *B. melitensis* bv.3 isolées depuis 1999 dans le massif du Bargy chez les animaux domestiques, chez l'homme et dans la faune sauvage appartiennent au même clone génotypique ; ce qui permet d'affirmer l'existence d'un lien épidémiologique très étroit entre les différents cas.

Une population vieillissante....

Les survols par hélicoptère ont permis d'observer au printemps 2013 un nombre maximal de 417 individus sur l'ensemble des trois massifs dont 252 sur le Bargy.

Lors du parcours des IP, 273 animaux ont été observés en moyenne [194-349]. Ces effectifs ont été corrigés en prenant en compte la proportion d'animaux marqués (moyenne : 50 % ; écart-type : 14 %). La méthode dite *Mark-resight* implémentée dans le programme MARK (McClintock *et al.*, 2009) a permis d'estimer l'effectif à 567 individus (IC 95 % : [487-660]).

La structure en âge de la population a été établie à partir des effectifs de mâles observés lors des IP, dont on peut estimer l'âge grâce aux cornes. En 2013, on a observé une pyramide des âges caractéristique d'une population vieillissante : les individus ≥ 5 ans représentaient 68 % [63-72] de l'échantillon observé en moyenne sur les 8 relevés (figure 4A).

Enfin, un maximum de 23 % de femelles suitées a été observé (figure 5), suggérant un fort déficit en recrutement.

Pas de déplacements entre les massifs

De mai à octobre 2013, aucun des 69 individus équipés de VHF sur le Bargy, les Aravis et Sous-Dine (tableau 1) n'a effectué de déplacement entre massifs. Il en est de même sur toute la période de suivi pour les 24 bouquetins équipés de GPS (figure 6). Mais des trajectoires ont été enregistrées sur l'Almet, massif se situant entre le Bargy central et les Aravis, considéré comme un corridor potentiel entre ces deux massifs (figure 6).

Figure 3 Répartition de la séroprévalence en fonction du sexe et de l'âge des bouquetins du Bargy (et intervalle de confiance à 95 %) en 2012-2013 (A) et 2014 (B).

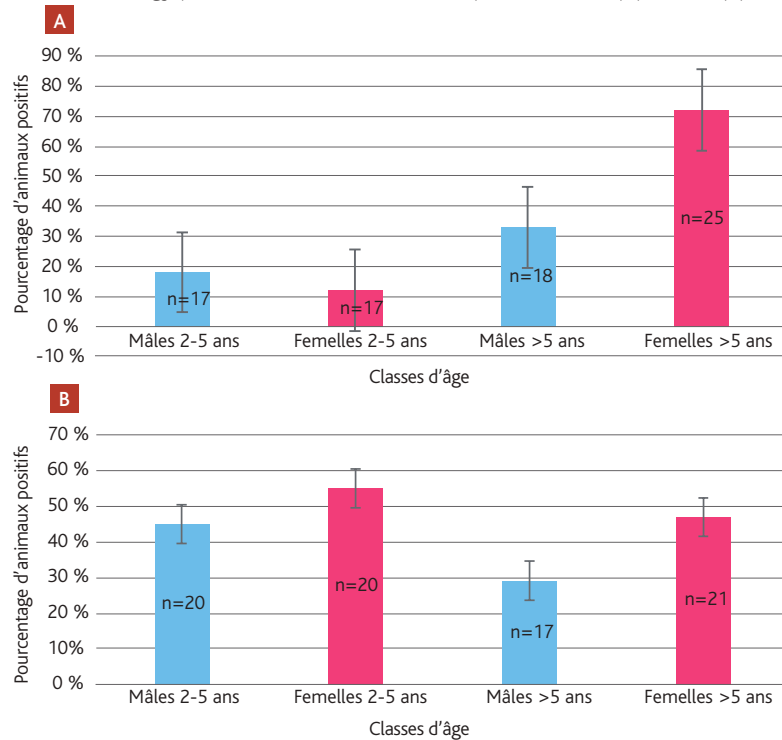


Figure 4 Effectifs par classe d'âge pour l'échantillon de mâles observés lors des IP de 2013 (A) et 2014 (B).

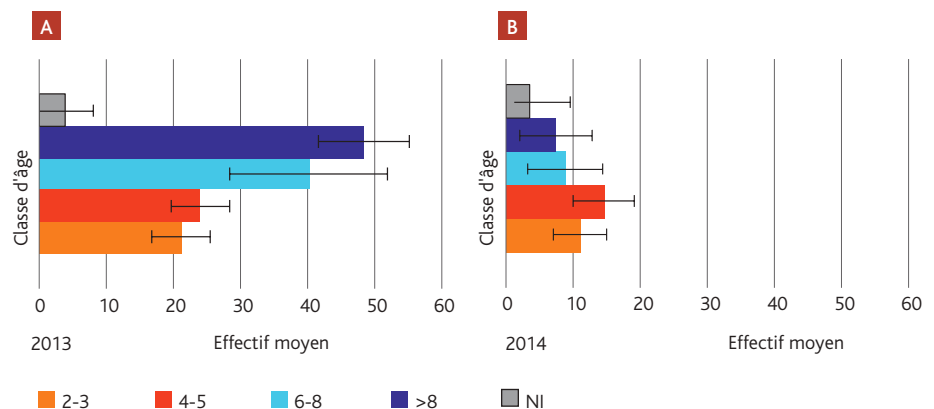
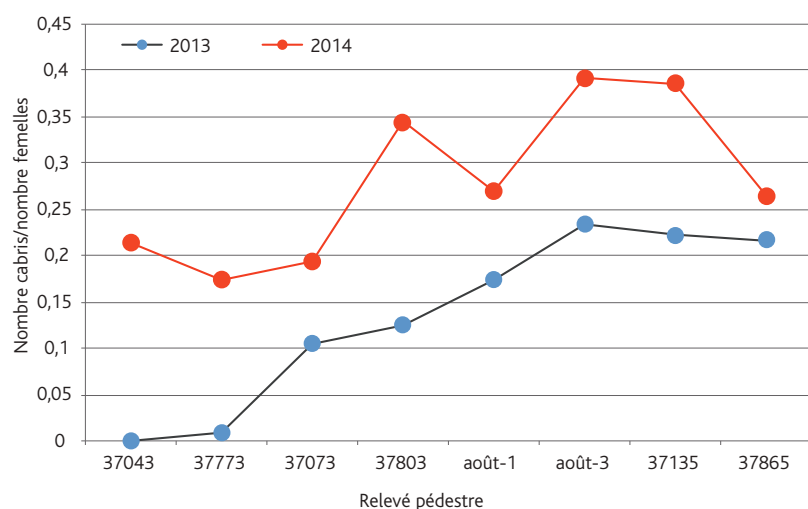


Figure 5 Indice de reproduction estimé pour chaque relevé pédestre en 2013 et 2014.



Les bouquetins fréquentent davantage les pâtures jusqu'à mi-juin...

La fréquentation des pâtures a été décrite par l'analyse des localisations des colliers GPS et par le nombre d'individus observés lors des IP. Les tendances temporelles des fréquences d'utilisation ont été modélisées à l'aide de modèles additifs généralisés (GAM), avec le temps et le sexe comme variables explicatives et l'individu comme variable aléatoire. L'ensemble des animaux a fréquenté préférentiellement les pâtures (au maximum 33 % de leur temps) jusqu'à la mi-juin, période supposée des avortements (fin avril à mi-juin – *figure 7*). À partir de mi-juin, la fréquentation des pâtures chute pour devenir quasi nulle ($< 0,1$) à la mi-juillet. Les tendances diffèrent entre mâles et femelles, mais surtout entre individus (*figure 7*). À l'échelle de la population, le nombre d'individus fréquentant les pâtures varie en fonction du temps comme les tendances individuelles de fréquentation (données GPS). En outre, les femelles ont été davantage observées dans les pâtures que les mâles début juin (*figure 8A*).

... Mais la fréquentation des pâtures et les contacts domestiques/sauvages sont très variables au sein du massif

Sur les 32 pâtures d'estive du massif, 17 ont été fréquentées par les bouquetins plus ou moins intensément et particulièrement La Colombière (*figure 9*). Parmi les 9 pâtures observées précisément au cours de l'été, 2 ont été le lieu de contacts directs entre bouquetins et cheptels domestiques (Col des Annes et Chalet Neuf) et des contacts indirects ont été observés sur La Colombière et Samance/Buclon. Les taux de contact, même pour les plus élevés (3,8 % en direct et 18,6 % en indirect), restent comparables à ceux observés dans d'autres massifs (Richomme *et al.*, 2006). On note qu'aucun contact n'a été observé sur l'alpage de La Culaz correspondant à l'exploitation du foyer bovin de 2012. Aussi, alors qu'aucun contact n'a été observé dans la zone de La Cha, le nombre important de localisations GPS et d'individus y ayant été observés suggère des contacts au moins indirects dans cette zone. Cela souligne l'importance, pour l'estimation du risque de transmission, de prendre en compte la variabilité spatiale et temporelle de l'exposition que nous apporte le suivi des populations sur l'ensemble de la période à risque.

Figure 6 Aire de distribution et localisations (1 localisation/heure) pour les animaux équipés de colliers GPS sur le massif du Bargy avant ($n = 19$ individus) et après ($n = 19$ individus) les abattages d'octobre 2013.

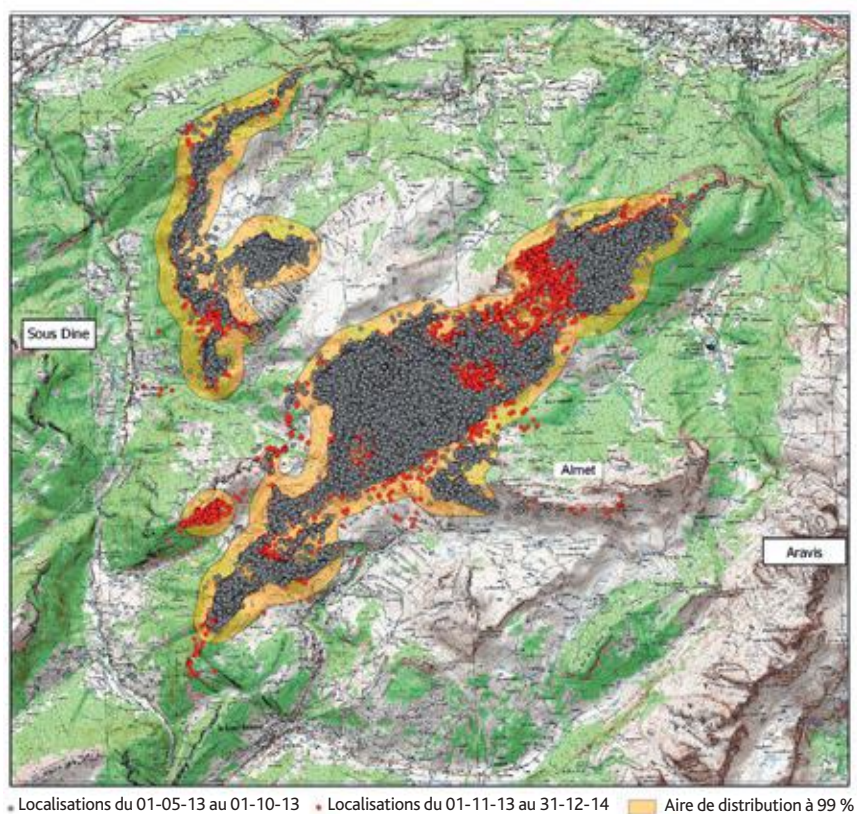
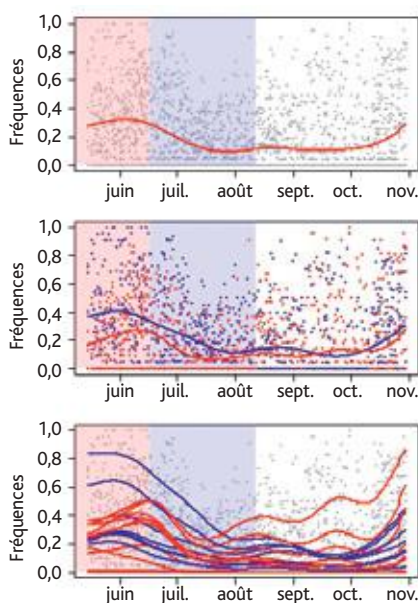


Figure 7 Tendances temporelles des fréquences d'utilisation pour les individus équipés du 15-05-13 au 01-11-13.

Les prédictions obtenues par le « meilleur » modèle (Modèle 5, cf. tableau) sont représentées : 1) en moyenne pour tous les individus ; 2) en moyenne pour les mâles ($n = 9$; bleu) et les femelles ($n = 10$; rouge) ; c) pour chaque individu de 2013. Les zones colorées correspondent aux périodes estimées des avortements (rouge) et des naissances (bleu). Les points représentent les observations.



	Modèle	AIC	Exp.Dev.	ΔAIC	wi
5	sex + f(date, by=sex) + E(Ind)	15707	0,47	0	1,00
3	f(date) + E(Ind)	15840	0,47	133	0,00
4	sex + f(date, by=sex)	23008	0,14	7301	0,00
2	f(date)	23608	0,11	7901	0,00
1	Null	25951	0,00	10244	0,00

Figure 8 Effectifs observés dans l'ensemble des pâtures pour chaque relevé pédestre, de juin à septembre 2013 (A) et 2014 (B) : nombre total d'individus observés (noir), nombre de mâles (bleu) et de femelles (rouge).

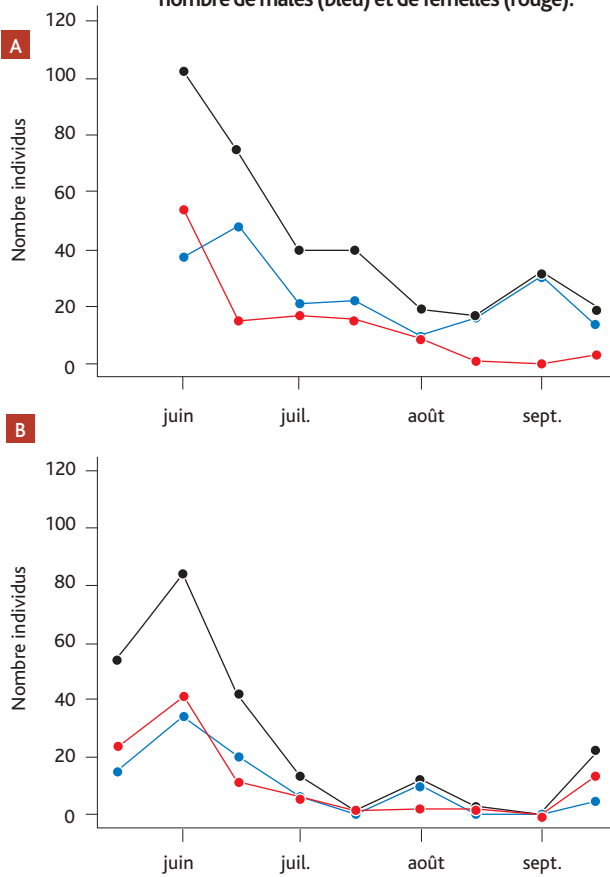
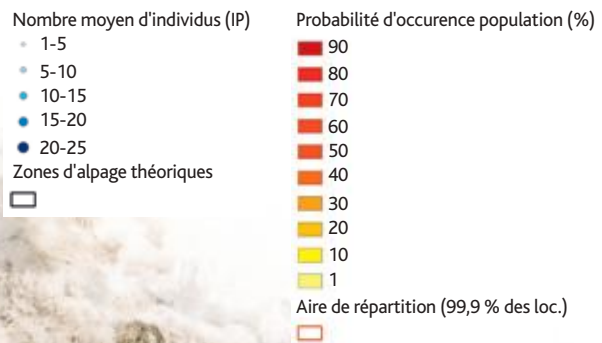
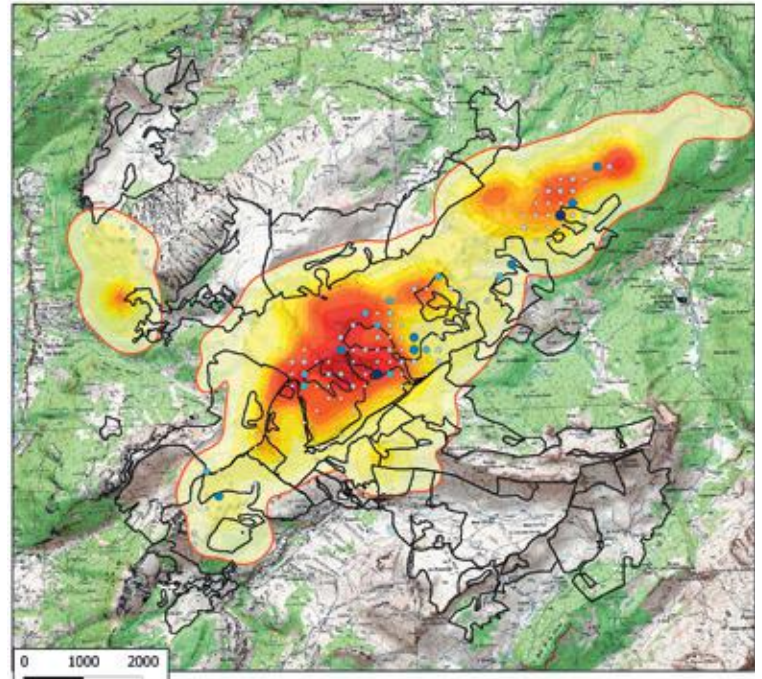


Figure 9 Fréquentation des pâtures et zones de contacts entre cheptels domestiques et bouquetins.

Fréquences d'occupations estimées à partir de l'ensemble des données GPS (fonction de lissage bivariable kernel, $h = 250$, R statistical software : plus la zone est foncée, plus elle est fréquentée par des bouquetins porteurs de colliers GPS) et du nombre moyen d'individus observés dans les pâtures au sein d'une grille de 100×100 pixels (résolution = 200 m).



▲ Scène de contact entre chèvres domestiques, chamois et bouquetins dans le massif du Bargy.

Quel était le bilan à l'automne 2013 ?

Les données sanitaires ont mis en évidence une circulation active et une présence sans doute ancienne (forte séroprévalence observée) de l'infection brucellique dans la population de bouquetins du Bargy. La réponse à la question posée a donc été donnée : un réservoir sauvage de brucellose, constitué principalement de bouquetins et limité au massif du Bargy, a sans doute assuré le relais entre les foyers domestiques de 1999 et de 2012.

La contamination chez le bouquetin se ferait très majoritairement par voie vénérienne, car les proportions d'animaux séropositifs correspondent aux animaux de plus de 5 ans participant effectivement à la reproduction. Ceci expliquerait la rareté des transmissions interspécifiques par contacts ou ingestion d'aliments souillés par des produits d'avortements de femelles bouquetins, nécessitant par ailleurs un concours de circonstances rare sur le terrain.

La population était manifestement vieillissante. Ce fonctionnement démographique n'étant pas anormal pour des populations en forte densité-dépendance, il n'est pas possible à ce jour de connaître les parts respectives que jouent dans ce phénomène les facteurs de régulation liés à la densité et la présence d'une maladie abortive telle que la brucellose. Il est par ailleurs difficile d'attribuer totalement le faible indice de reproduction à la brucellose, car en 2013 l'ensemble des populations de bouquetins suivies dans les Alpes a montré un très faible indice de reproduction (exemple : 0,32 dans Belledonne contre > 0,70 habituellement, 0,36 en Vanoise contre > 0,45 habituellement) suite à un hiver extrêmement long et enneigé.

Enfin, bien que la fréquentation des pâtures par les bouquetins soit très hétérogène, la contamination du milieu par les rejets placentaires est possible dans certaines zones, à condition que les avortements se déroulent au sein des pâtures et non pas dans les zones rocheuses de mises-bas. Une hypothèse alternative à étayer serait le transport de matières infectieuses à partir de ces zones par un relais animal tel qu'un carnivore.

Que faire ?

En été 2013, un défi a alors été lancé : *Comment gérer un foyer de brucellose, maladie réglementée et zoonose majeure, avec un réservoir sauvage identifié chez une espèce protégée, au cœur d'un bassin de production de fromage fermier au lait cru ?* On peut difficilement imaginer pire scénario.

Après une proposition d'abattage de tous les bouquetins du Bargy, il a été finalement décidé par arbitrage interministériel, en



▲ En 2013, la brucellose touchait surtout les individus de cinq ans et plus participant à la reproduction, ce qui suggère une transmission essentiellement vénérienne.

septembre 2013, un abattage partiel de la population visant à éliminer tous les bouquetins âgés de plus de cinq ans, correspondant aux classes d'âges les plus infectées. Au mois d'octobre 2013, 233 bouquetins ont été abattus en trois journées d'opérations.

Qu'est-il advenu après les abattages ?

Sur le plan sanitaire

En avril-juin 2014, sur 78 bouquetins (40 « jeunes » et 38 « vieux ») non testés en 2012-2013, 35 étaient séropositifs, soit une prévalence apparente de 44,9 % (**tableau 3**).

La quasi-totalité des classes d'âge étaient infectées, en particulier les jeunes (**figure 2B**). Vingt animaux jeunes (9 mâles et 11 femelles) sur 40 testés étaient séropositifs [prévalence apparente = 50 % - **figure 3B**]. Dans la plupart des cas, les réactions sérologiques étaient très fortes.

Par ailleurs, parmi les 10 animaux porteurs de colliers et donc séronégatifs en 2013 (8 > 5 ans et 2 < 5 ans) capturés pour changer les batteries de colliers GPS, un seul animal, un mâle âgé de cinq ans, était séropositif et présentait une double arthrite des carpes

et une orchite développées récemment, sans doute après la période de rut de décembre 2013. Ce cas montre que la maladie a évolué chez cet animal en quelques mois, avec l'apparition rapide de graves signes cliniques.

Sur 27 animaux abattus car séropositifs, des analyses bactériologiques effectuées systématiquement ont conduit à l'isolement de *Brucella* chez une vingtaine (11 femelles et 9 mâles) et, sur 8 d'entre eux, à partir de trois sites ganglionnaires ou organiques, ou plus.

La stratégie de lutte mise en œuvre en 2013 a-t-elle été efficace ?

On constate que la situation sanitaire ne s'est globalement pas améliorée et qu'elle s'est très significativement aggravée chez les jeunes (**tableau 3**). Cette aggravation pourrait être liée à une entrée en reproduction beaucoup plus précoce des jeunes, suite à la disparition d'une grande partie des classes d'âge dominantes après les abattages. On remarquera l'ampleur du phénomène après une seule saison de rut, touchant aussi bien les femelles que les mâles, ce qui renforce l'hypothèse de transmission vénérienne dans

Des déplacements toujours très limités, mais....

Sur l'ensemble des données GPS récoltées après l'abattage d'octobre 2013, aucune localisation des 23 animaux équipés au total dans le Bargy n'a été enregistrée hors du massif. En revanche, entre l'hiver 2013 et 2014, 2 des 93 animaux équipés de colliers sur les trois massifs ont effectué des déplacements entre les massifs des Aravis et du Bargy. Un mâle (neuf ans) équipé en 2013 d'un VHF dans les Aravis s'est déplacé dans le Bargy. Il avait déjà effectué un aller-retour entre les deux massifs entre décembre 2013 et avril 2014. Un autre mâle (douze ans, équipé d'un VHF) sur les 35 animaux alors équipés GPS/VHF dans le Bargy a effectué le trajet dans le sens opposé (Bargy -> Aravis) en décembre 2014.

Les déplacements entre les Aravis et le Bargy sont donc possibles, mais ils restent rares à ce jour et semblent ne concerner que quelques individus isolés. Aucun déplacement de masse depuis les massifs adjacents vers le Bargy ou inversement n'a été détecté après l'abattage.

La fréquentation des pâtures a peu changé

Malgré un nombre moins important d'animaux suivis (13), les tendances temporelles et spatiales des fréquentations des pâtures sont similaires à celles enregistrées en 2013. On observe cependant une chute légèrement plus rapide des fréquentations au printemps 2014, explicable par un enneigement moins persistant qu'en 2013. Ces résultats sont confirmés par les données d'IP de 2014 (*figure 8B*). On note enfin qu'aucun individu n'a été observé dans l'alpage de La Culaz ; ce qui démontre, avec les résultats du suivi de 2013, le caractère imprévisible des contaminations interspécifiques.

cette population. Si l'on tient compte, de surcroît, des résultats bactériologiques, on peut conclure que la brucellose circulait encore très activement en 2014 dans la population de bouquetins du Bargy.

Sur le plan populationnel

Le nombre moyen d'individus observés lors des relevés pédestres⁵ était de 132 [109-53], soit deux fois moins qu'en 2013. L'estimation corrigée par la méthode « Mark-resight » est de 310 (IC 95 % : [275-352]), contre 567 en 2013.

En 2014, la population s'est « rajeunie » par rapport à 2013, suite à l'abattage ciblé des individus de plus de 5 ans (*figure 4B*). Le taux cabris/femelles maximal, observé au septième relevé (14-08-2014), est de 0,39 (24 cabris pour 61 femelles), soit presque deux fois supérieur à celui de 2013 (0,23). Les conditions météorologiques plus clémentes de l'hiver 2014 expliquent sans doute une telle différence. Le taux de 0,39

observé en été 2014 est alors proche des taux observés sur d'autres massifs pour des populations anciennes et en phase de densité-dépendance, évalué à 0,45 pour les populations de la Vanoise entre 1986 et 2006 ou du Grand Paradis avant l'année 2000 (Gauthier & Villaret, 1994; Toigo *et al.*, 2002). L'impact de la brucellose sur le succès reproducteur est donc toujours difficile à quantifier.

Tableau 3 Comparaison des séroprévalences 2013 et 2014.
n = effectif de population estimé

	Séroprévalence % [IC 95 %]		
	2013 (n = 500)	2014 (n = 350)	Différence (Test Chi 2)
Globale	38 [28,2-47,8]	44,9 [35,2-54,6]	Non significative
≥ 5 ans	56 [42,3 -69,7]	41,6 [27 -52]	Non significative
< 5 ans	15 [4,3 -25,7]	50 [35,9 - 64,1]	Significative

⁵ Les paramètres démographiques pour 2014 (hors succès reproducteur) ont été estimés sur six des neuf relevés pédestres réalisés, étant donné les doubles comptages potentiels identifiés pour trois relevés et non éliminables.

Pour conclure...

La découverte chez une espèce protégée d'un réservoir de brucellose, maladie réglementée et éradiquée dans les élevages français depuis 2003, est un phénomène inédit. De lourdes campagnes de captures ont été nécessaires à la collecte de données pour évaluer le risque sanitaire et pour étudier la démographie, l'occupation spatiale des populations de bouquetins, et les contacts possibles avec les troupeaux domestiques. L'ensemble de ce programme apporte les éléments indispensables à la gestion très délicate d'un dossier où se confrontent des enjeux forts de santé publique et animale, économiques, ainsi qu'un enjeu de conservation. L'abattage partiel des tranches d'âge des bouquetins les plus infectées s'est avéré inefficace et a même aggravé la situation chez les jeunes animaux. Ceci montre une fois de plus que l'éradication d'une maladie contagieuse installée dans la faune sauvage est un exercice très difficile, et que les futures stratégies de lutte devront en tenir compte.

▼ L'abattage des « vieux » individus en 2013 a entraîné une augmentation substantielle de la contamination chez les tranches d'âge plus jeunes l'année suivante...

Remerciements

Les auteurs remercient les agents de l'ONCFS (SD 73 et SD 74 pour l'énorme travail effectué sur le terrain, DIR Alpes-Méditerranée-Corse, CNERA Faune de montagne dont Philippe Gibert) ; les chasseurs et leur fédération départementale, en particulier Jean-Jacques Pasquier ; les personnels des laboratoires d'analyses (LIDAL 74 et LDAH 73) et du LNR de l'Anses, en particulier Virginie Mick ; le Dr Dominique Gauthier du LDAH 05 ; les agents de la DDPP 74, en particulier Valérie Lebourg,

Jean-Marie Le Horgne et Joëlle Vernay ; les agents de la DDT 74 ; Séverine Rautureau de la Direction générale de l'alimentation ; les stagiaires qui ont participé aux opérations de terrain et à l'interprétation des données ; les vétérinaires praticiens qui ont participé en 2013 à des opérations de terrain ; le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, le Conseil général de la Haute-Savoie, les communautés de communes des vallées de Thônes, de Faucigny-Glières et de Cluses-Arve et Montagnes qui ont cofinancé cette étude. ●

Bibliographie

- ▶ A.M. du 5 juin 2009 autorisant le transport et le prélèvement de toutes les espèces protégées de mammifères et d'oiseaux sauvages vivants, malades ou morts par l'Office national de la chasse et de la faune sauvage
- ▶ Dufour, B., Garin-Bastuji, B. & Rautureau, S. 2013. La brucellose : Actualités sanitaires et réglementaires. *Point Vét.* 332 : 46-50.
- ▶ Ferroglio, E., Tolari, F., Bollo, E. & Bassano, B. 1998. Isolation of *Brucella melitensis* from Alpine Ibex. *J. Wildl. Dis.* 34: 400-402.
- ▶ Gauthier, D., Chatain, G., Choisy, J.-P., Crampe, J.-P., Martinot, J.-P., Michallet, J., Terrier, G., Tron, L. & Villaret, J.-C. 1994. L'organisation des réintroductions de Bouquetin en France, la Charte du Bouquetin. *IBEX, J.M.E., Spec. Gruppo Stambecco Europa* 2 : 1-14.
- ▶ Gauthier, D., Hars, J. & Rossi, L. 1998. Brucellosis in free ranging chamois (*Rupicapra rupicapra*) and its relationships with domestic breeding. *3rd Conf. of European Wildlife Disease Association, Edinbourg, Ecosse, Sept. 1998.*
- ▶ Hars, J. & Garin-Bastuji, B. 2013. La brucellose dans la faune sauvage française. *Point Vét.* 332 : 52-53.
- ▶ Hars, J., Rautureau, S., Jaÿ, M., Game, Y., Gauthier, D., Herbaux, J.-P., Le Horgne, J.-M., Maucci, E., Pasquier, J.-J., Vaniscotte, A., Mick, V. & Garin-Bastuji, B. 2013. Un foyer de brucellose chez les ongulés sauvages du massif du Bargy en Haute-Savoie. *Bulletin Epidémiologique Santé Animale et Alimentation* 60 : 2-7.
- ▶ Mailles, A., Rautureau, S., Le Horgne, J.-M., Poignet-Leroux, B., d'Arnoux, C. & Dennetierre, G. 2012. Re-emergence of brucellosis in cattle in France and risk for human health. *Euro. Surveill.*, Vol. 17(30): pii = 20227.
- ▶ McClintock, B.T. & White, G.C. 2009. A less field-intensive robust design for estimating demographic parameters with mark-resight data. *Ecology* 90: 313-320.
- ▶ Richomme, C., Gauthier, D. & Fromont, E. 2006. Contact rates and exposure to inter-species disease transmission in mountain ungulates. *Epidemiol Infect* 134: 21-30.
- ▶ Toïgo, C., Gaillard, J.-M., Gauthier, D., Girard, L., Martinot, J.-P. & Michallet, J. 2002. Female reproductive success and costs in an alpine capital reeder under contrasting environments. *Ecoscience* 9: 427-433.

