

PROFIL SEROLOGIQUE DES POPULATIONS DE BOUQUETINS (*Capra ibex*) DES ALPES FRANÇAISES : UN GRADIENT NORD-SUD INFLUENCE PAR LES SYSTEMES PASTORAUX ET LE RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Dominique GAUTHIER (1), Eric BELLEAU (2), Michel BOUCHE (4), Alexandre GARNIER (6),
Franck PARCHOUX (3), Yoann CAILLOT (3), Jérôme CAVAILHES (3), Yoann BUNZ (4), Eric VANNARD (4),
Marie CANUT (5), Patrick ORMEA (5), Yvette GAME (7), Gaël REYNAUD (7)

1. Laboratoire Vétérinaire des Hautes Alpes – GAP
2. Vétérinaire référent des Parcs nationaux de la Vanoise et du Mercantour - BARCELONNETTE
3. Parc national de la Vanoise - CHAMBERY
4. Parc national des Ecrins - GAP
5. Parc national du Mercantour – NICE
6. Parc national des Pyrénées – TARBES
7. Laboratoire Départemental d'Analyses Vétérinaires de la Savoie

Photo Eric Belleau



OBJECTIFS MATÉRIEL & MÉTHODES





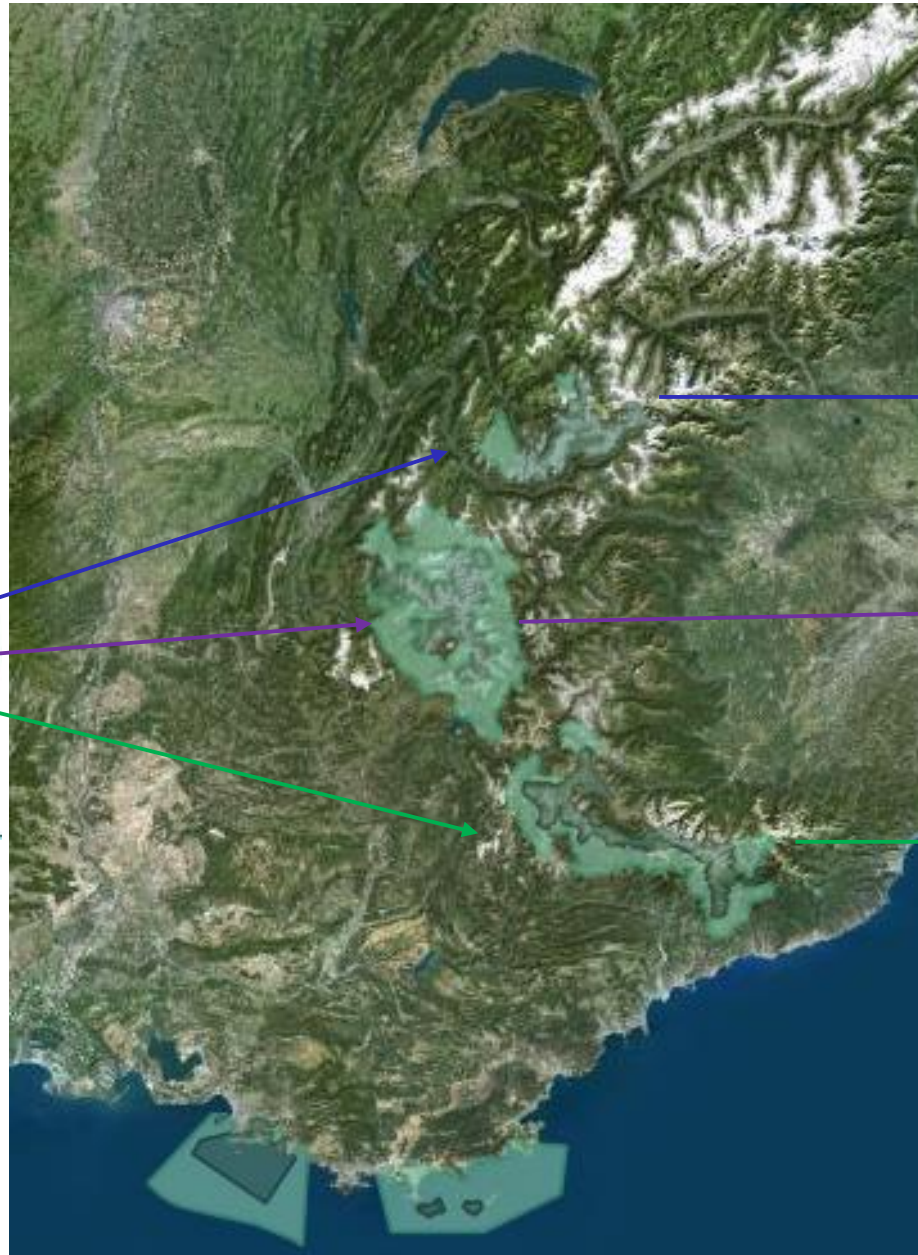
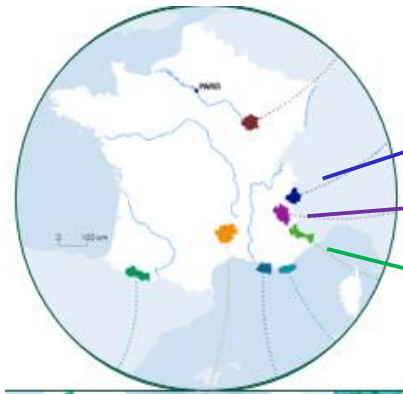
Sites d'études

Les parcs nationaux de France





Plan d'échantillonnage



Vanoise
1979-2022
n = 871

Ecrins
2014-2023
n = 163

Mercantour
2015-2023
n = 123

méthodes

ANALYTE	MATRICE
Anticorps dirigés contre <i>Brucella</i> sp	sérum
Anticorps dirigés contre <i>Toxoplasma gondii</i>	sérum
Anticorps dirigés contre BTV 1 et 8 (Blue Tongue = FCO)	sérum
Anticorps dirigés contre <i>Brucella ovis</i> (Epididymite contagieuse)	sérum
Anticorps dirigés contre <i>Neospora caninum</i>	sérum
Anticorps dirigés contre BHV1 (IBR)	sérum
Anticorps dirigés contre <i>Coxiella burnetti</i>	sérum
Anticorps dirigés contre les pestivirus (BVDV et BDV)	sérum
Anticorps dirigés contre <i>Mycobacterium avium</i> var. <i>paratuberculosis</i>	sérum
Anticorps dirigés contre CAEV / Visna Maedi Virus	sérum
Anticorps dirigés contre <i>Mycoplasma mycoides</i> et <i>capricolum</i>	sérum
Anticorps dirigés contre <i>Salmonella AbortusOvis</i>	sérum
Anticorps dirigés contre <i>Chlamydia abortus</i>	sérum
Anticorps dirigés contre <i>Mycoplasma agalaxiae</i>	sérum



ANALYTE	MATRICE
Anticorps dirigés contre les Virus respiratoires : RSV, PI3, Adénovirus	sérum
Anticorps dirigés contre <i>Besnoitia</i> sp	sérum
Anticorps dirigés contre <i>Anaplasma phagocytophilum</i> (ehrlichiose)	sérum
Anticorps dirigés contre la Babésiose/Piroplasmose	sérum
Anticorps dirigés contre <i>Borrelia burgdorferi</i> (maladie de Lyme)	sérum
Anticorps dirigés contre SBV (Schmallenberg)	sérum
Anticorps dirigés contre <i>Leptospira</i> sp (7 serovars)	sérum



Statistiques épidémiologiques

interprétation du résultat pour les maladies où aucun séropositif n'est détecté :

Dépend des qualités du test sérologique employé (notamment sensibilité et spécificité)
Dépend de la taille de la population d'où sont « tirés » les individus testés.

Exemple : si test parfait ($Se = 100\%$ et $Sp = 100\%$), pour 400 bouquetins analysés à résultats négatifs
On peut estimer que la population est indemne de la maladie testée (au risque d'erreur 5 %) seulement si cette maladie en question sévit habituellement avec un impact se traduisant par une prévalence minimum de 0,75 %

Nombre minimum d'individus à tester :

toujours pour un test parfait et une population de 400 bouquetins :

Pour une maladie à prévalence attendue de 10 %, il faudrait tester 28 individus pour être sûr que la maladie n'est pas présente ou tout du moins, est inférieure à ce seuil de 10 %.

pour une prévalence attendue de :	nombre d'individus à tester
20%	13
10%	28
5%	58
1%	298

Statistiques épidémiologiques : application à la brucellose

Surveillance clinique : performances très mauvaises en sensibilité et spécificité

Aussi, il importe de compléter cette surveillance par des enquêtes sérologiques « tournantes » (c'est-à-dire visant les noyaux de population chacun à leur tour).

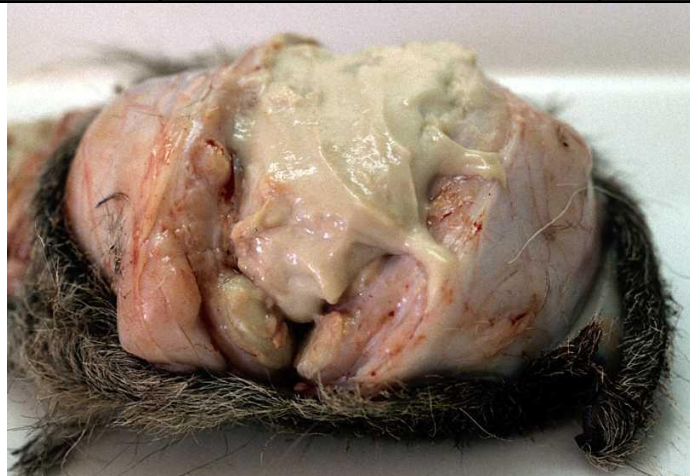
- vocation = détecter les foyers enzootiques persistants (puisque plus aucun cas n'est censé être apparu depuis 2003): en effet, les méthodes sérologiques appliquées aux ongulés sauvages jouissent d'un haut niveau de sensibilité et de spécificité.
- bibliographie : soit les foyers (à prévalence basse) s'éteignent spontanément soit s'amplifient au fil du temps
- Après 20 ans, nous pouvons fixer la prévalence attendue comme $> 15\%$ en cas de foyer, et en conséquence le plan d'échantillonnage minimum à réaliser sur une ou plusieurs années pour évaluer le statut indemne au risque d'erreur 5 %, sera de : 18 animaux (28 individus pour une prévalence attendue de 10 %, 14 pour 20 %).

Exploitation des données :

application à la brucellose

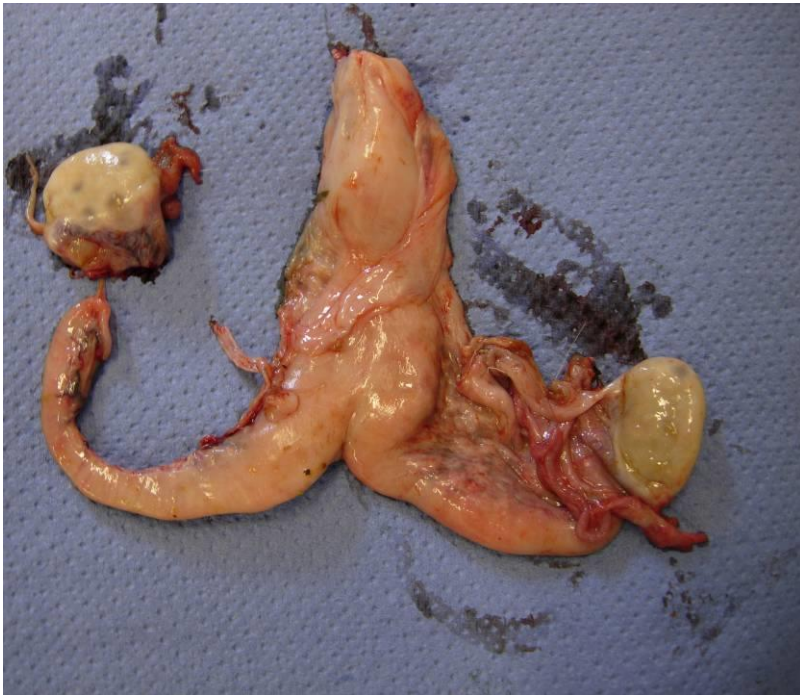
exploitation des résultats de sérologie brucellose effectuées après 2003

	N testé	résultats négatifs	résultats positifs	interprétation au risque d'erreur à 5 %
Vanoise : Tignes - Val d'Isère - Bonneval	13	13	0	prévalence < 20,6 %
Vanoise : Peisey - Champagny	206	206	0	prévalence < 1,4 %
Vanoise : Maurienne	226	226	0	prévalence < 1,3 %
Ecrins	163	163	0	prévalence < 1,8 %
Mercantour	122	122	0	prévalence < 2,4 %



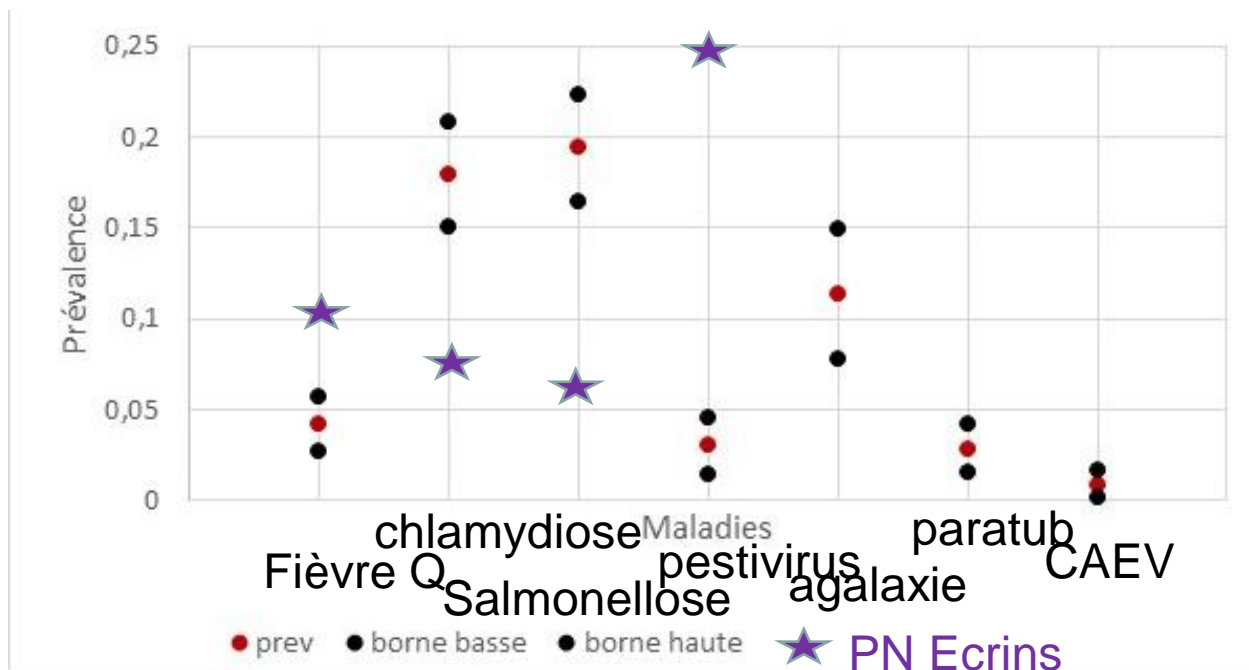
Exploitation des données :

maladies abortives



Exploitation des données maladies abortives: comparaison entre sites

ANALYTE	prévalence PNV	prévalence PNE	prévalence PNM
Anticorps dirigés contre <i>Coxiella burnetti</i>	2,9%	11,25%	4,7%
Anticorps dirigés contre <i>Salmonella AbortusOvis</i>	5,7%	6,20%	5,6%
Anticorps dirigés contre <i>Chlamydia abortus</i>	16,0%	7,50%	0,9%
Anticorps dirigés contre les pestivirus (BVDV et BDV)	2,6%	25,00%	6,5%



Etude de la variabilité de la reproduction chez les étagnes de la population de Haute Maurienne (PNV)

- Traitement des données : Modèle Mixte Linéaire Généralisé (régression logistique) :

LME4 package (2009) with GLMER function

Y (succès d'élevage) = individu [effet aléatoire] + âge + année
+ biométrie + **reproduction de l'année précédente** + pathologies



Etude de la variabilité de la reproduction chez les étagnes de la population de Haute Maurienne (PNV)

Résultats issues d'une analyse en régression logistique

Sélection du meilleur modèle d'après la valeur d'AIC obtenue par itération pas à pas :

- EFFET INDIVIDU = MAJEUR (en tant qu'effet aléatoire) *
- effets fixes sortant de l'analyse :

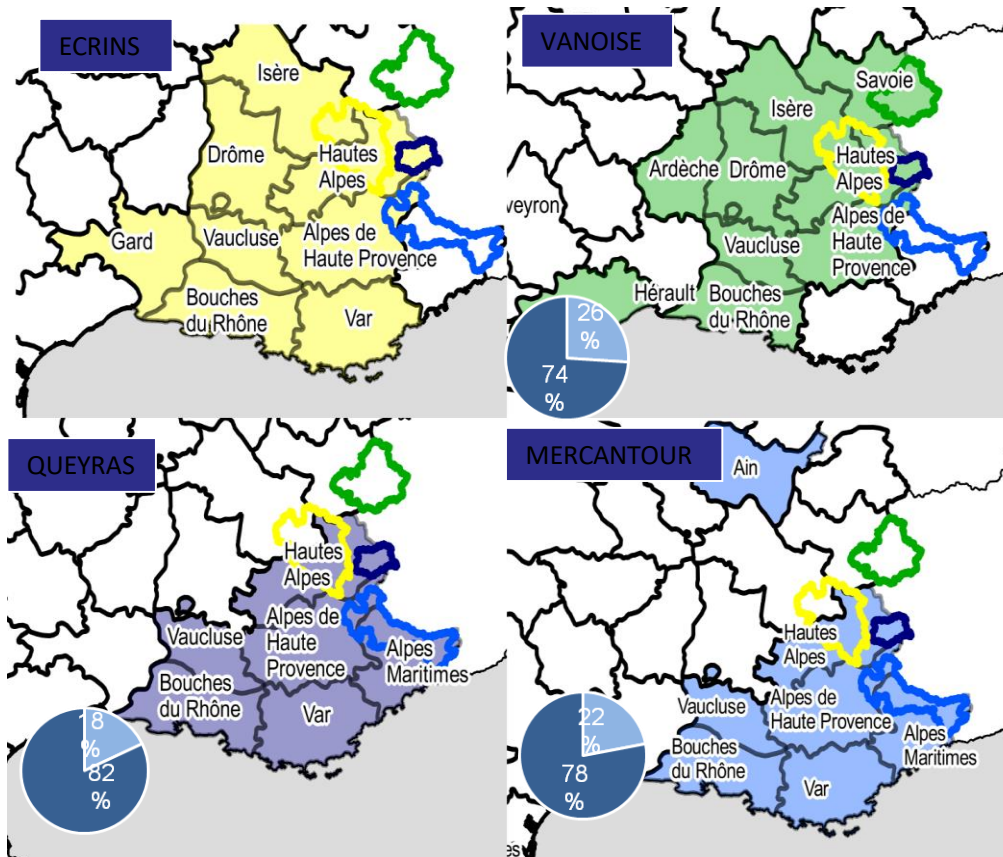


	β	Std error	z value	p	
année (2003 versus other years)	- 1,367	0,446	- 3,062	0,002	**
Séropositivité maladies abortives	- 1,353	0,602	- 1,916	0,05	*
KC l'année précédente (N-1)	- 2,833	1,214	- 2,334	0,02	*

Forte intrication des maladies abortives d'origine domestique

Épidémiologie à envisager à une échelle régionale

Hypothèse : la différence observée entre les 3 parcs provient du systèmes d'élevage, et notamment de la conduite de le reproduction (agnelage de printemps *versus* d'automne par exemple)



Origine des cheptels de petits ruminants hébergés en estive dans les différents espaces naturels de montagne – Alpes et Pyrénées –

Légende :
camembert : part relative des animaux transhumants (en bleu foncé) et des sédentaires (en bleu clair)
Départements en couleur : siège des exploitations amenant leurs animaux en estive dans le Parc concerné

Exploitation des données :

maladies émergentes

ANALYTE	prévalence PNV	prévalence PNE	prévalence PNM
Anticorps dirigés contre SBV (Schmallenberg)	0,0 %	0,0 %	0,9 %
Anticorps dirigés contre Anaplasma phagocytophilum	0,0 %	0,0 %	5,0 %
Anticorps dirigés contre la Babésiose/Piroplasmose	0,0 %	0,0 %	1,1 %
Anticorps dirigés contre Borrelia burgdorferi	0,0 %	8,5 %	4,0 %

- * Apparition contemporaine à 2017
- * Cinétique d'extension vers le Nord
- * Rôle de sentinelle épidémiologique (preuve de l'apparition de borréliose autochtone chez l'homme)

DISCUSSION

- Maladies émergentes liées au réchauffement climatique
 - Nous assistons actuellement à un bouleversement important des équilibres hôtes-agents pathogènes - environnement
 - Translation latitudinale des systèmes éco-pathologiques tropicaux vers la zone septentrionale, avec émergence des maladies vectorielles
 - grande importance d'étoffer le système d'épidémi-surveillance sur le pourtour méditerranéen
 - sentinelle-clé : la faune sauvage



CONCLUSION

intérêt de la surveillance sérologique

- ❖ Importance de maintenir une pression d'échantillonnage annuelle, et d'alimenter une sérothèque
- Permet un diagnostic (indirect) étendu sur des maladies non observables
- Permet de caractériser les interactions avec les activités humaines (élevage, impacts environnementaux)
- Outil essentiel de caractérisation des effets des changements écologiques globaux