

Nouveaux outils de suivi à la frontière de l'écologie et de la pathologie

--

**Apports des technologies GPS et du biologging
pour une meilleure compréhension de l'écologie des ongulés de montagne
dans un contexte de changements globaux**



Pascal Marchand¹, Victor Chauveau¹, Léa Margailan¹, Stéphane Anselme-Martin¹, Gilles Bourgoin², Mathieu Garel¹, Emmanuelle Gilot-Fromont², Jean Hars¹, Sébastien Lambert², Elodie Petit^{1,2}, Carole Toïgo¹, Sophie Rossi¹

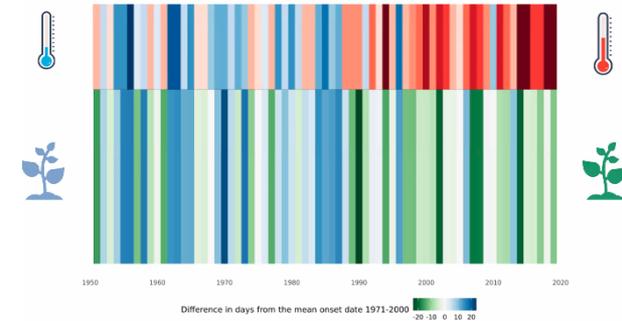
¹ Office Français de la Biodiversité (anciennement ONCFS); ² VetAgro Sup Lyon

CHANGEMENTS GLOBAUX en montagne

→ réchauffement climatique...

impacts directs : Alpes = +2°C depuis 1970

impacts indirects : phénologie, productivité et distribution de la végétation



→ activités humaines...

- destruction/fragmentation des habitats

- évolution de ces activités

déprise agricole vs. intensification des pratiques pastorales

développement et diversification des activités de loisirs

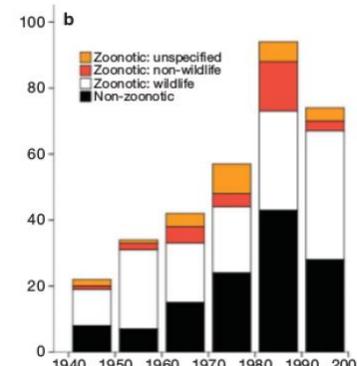


→ ... des « effets cocktails »

ex: début et durée de la période d'alpage

→ et un constat : **(ré-)émergence de maladies** avec réservoirs sauvages

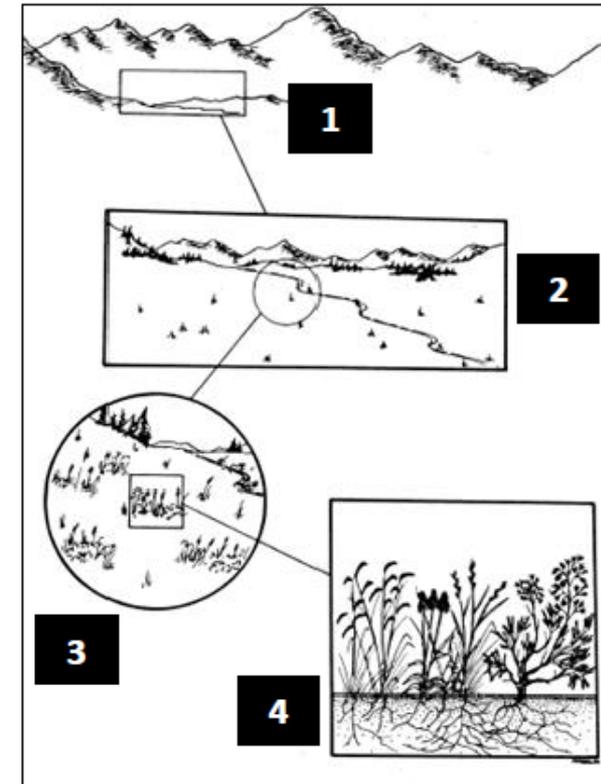
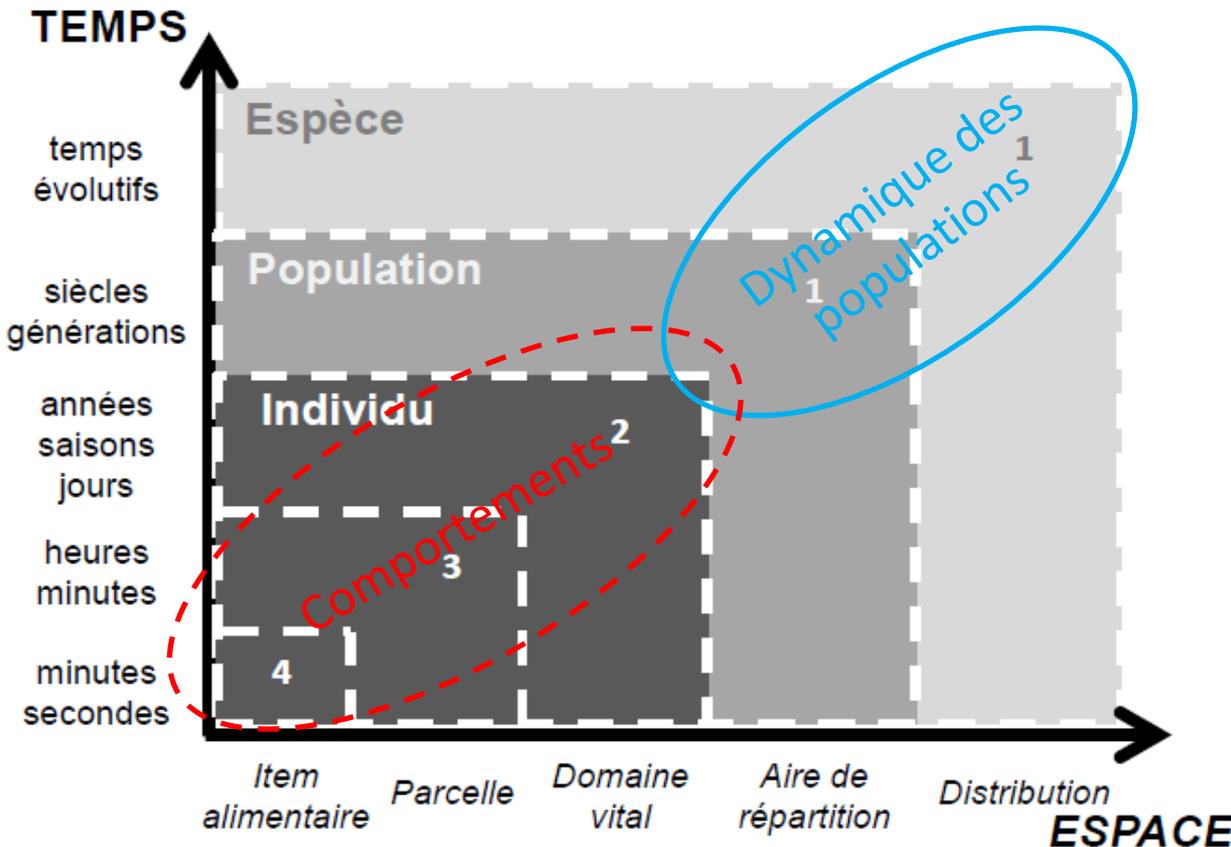
72% des émergences de zoonoses avec origine sauvage (Jones et al. 2008)



CONSEQUENCES de ces changements globaux pour la FAUNE SAUVAGE

→ une question d'échelle spatiale, temporelle, et de niveau d'organisation
espèce/population : abondance, distribution, niche écologique, chevauchement...

individus : survie et reproduction, mouvements, utilisation/sélection des habitats, rythme d'activité, interactions/contacts, ...



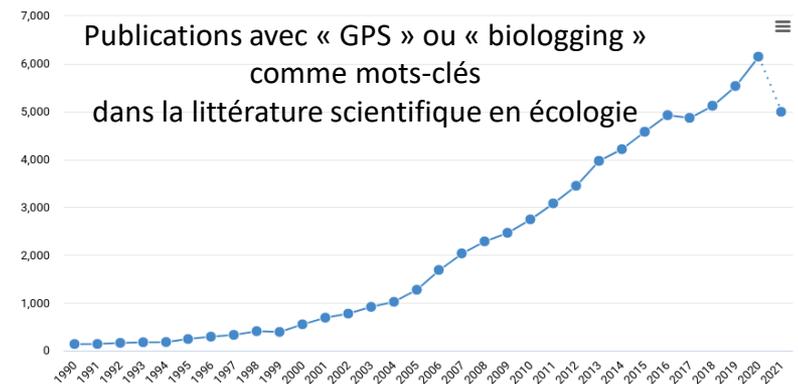
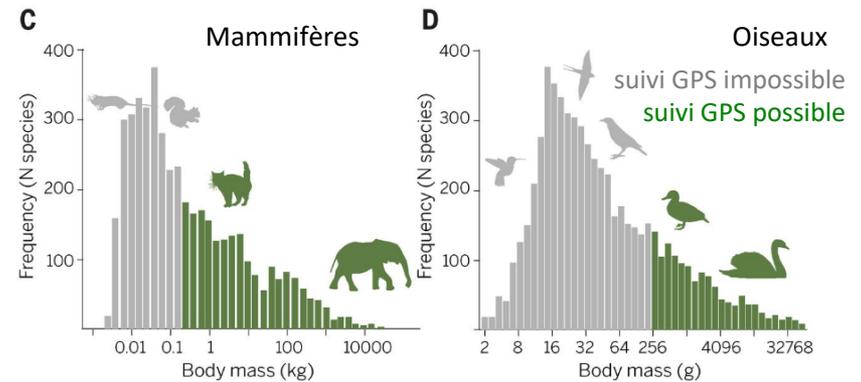
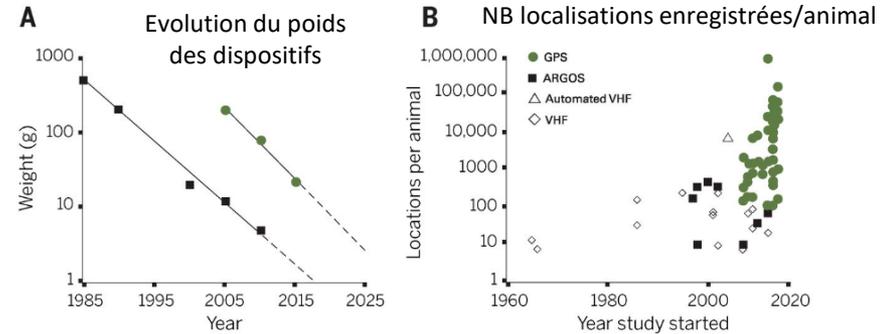
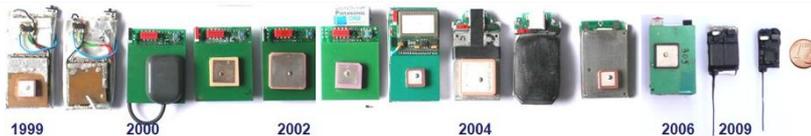
AVENEMENT DU GPS et BIOLOGGING en ECOLOGIE COMPORTEMENTALE

individus : survie et reproduction, mouvements, utilisation/sélection des habitats, rythme d'activité, interactions/contacts, ...

→ des protocoles d'observation limités
ex: scan et focal sampling
mais temps/période, espace, conditions météo...

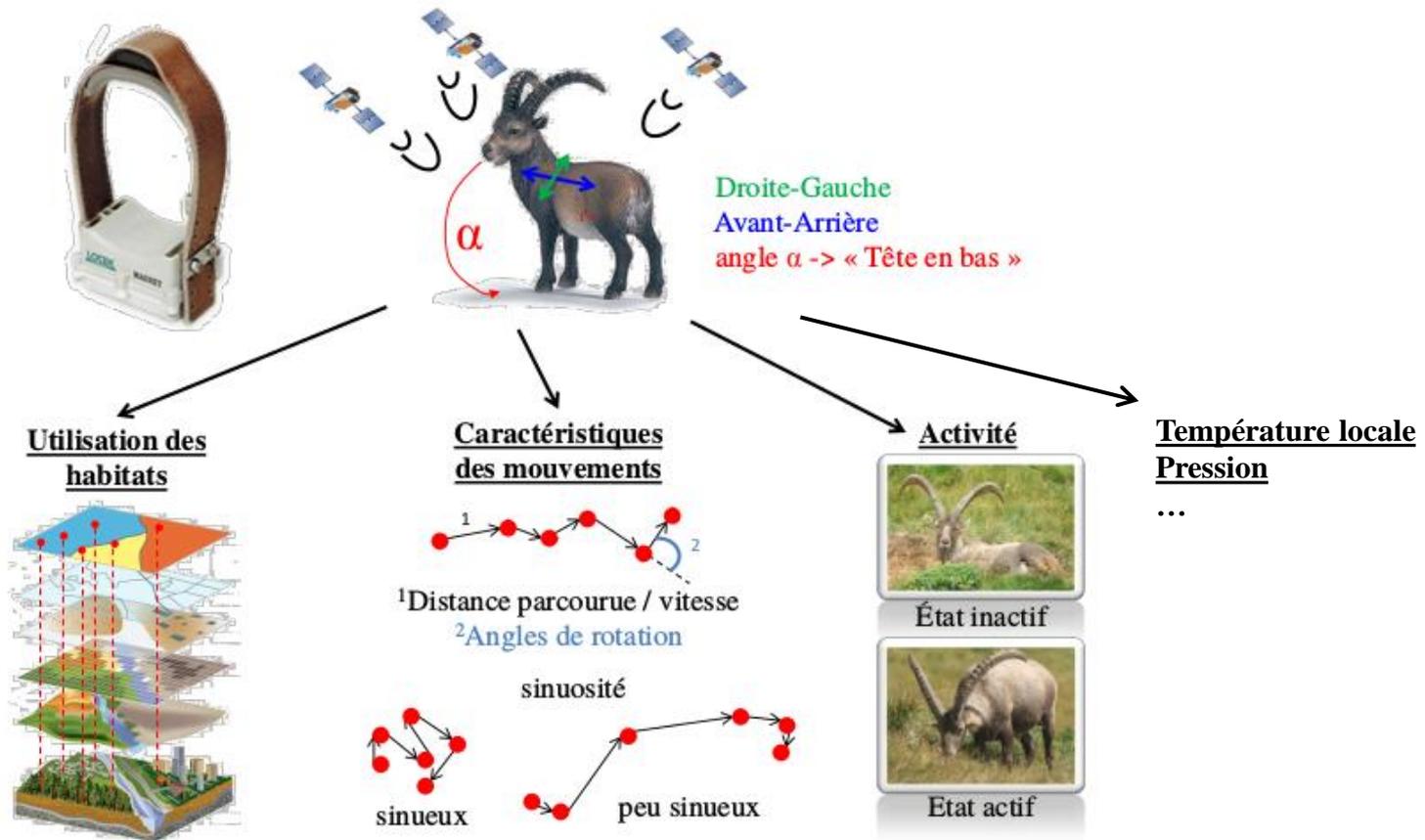
→ première révolution avec VHF

→ puis arrivée du GPS (et biologging)



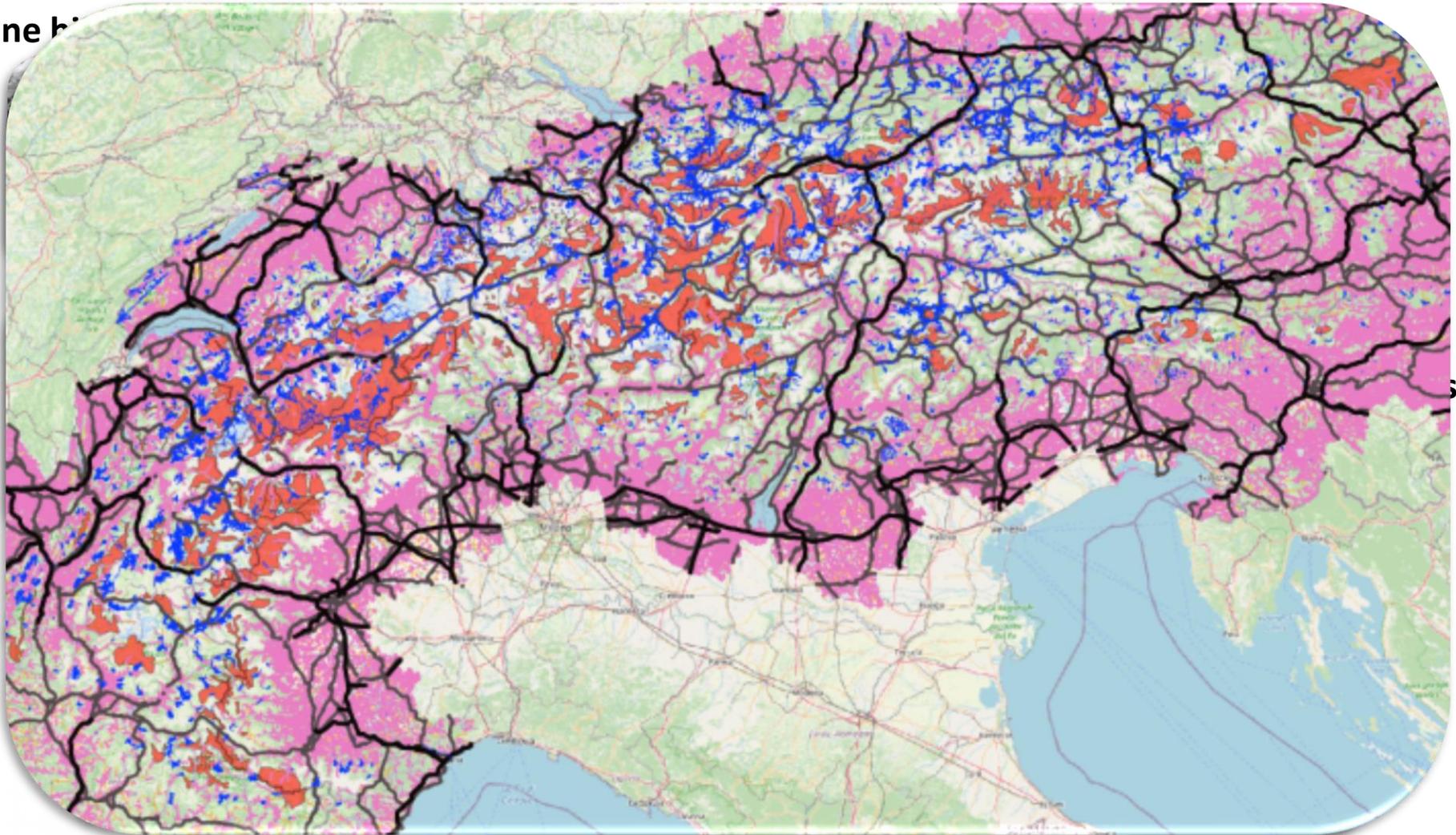
GPS, BIOLOGGING, QUEZACO ?

individus : survie et reproduction, mouvements, utilisation/sélection des habitats, rythme d'activité, interactions/contacts, ...



Apports des technologies GPS et du biologging pour une meilleure compréhension de l'écologie des ongulés de montagne dans un contexte de changements globaux

Une h



S...

Apports des technologies GPS et du biologging pour une meilleure compréhension de l'écologie des ongulés de montagne dans un contexte de changements globaux

Migration et connectivité
sur l'ensemble de l'arc alpin



Interactions avec pastoralisme
dans la population de Belledonne



Sanitaire
structuration spatiale
de la population du Bargy
et conséquences vs. brucellose



des bonus...
Détection de la mise-bas
Thermorégulation comportementale

Migration et connectivité sur l'ensemble de l'arc alpin



université
PARIS-SACLAY

Mémoire de stage 2^{ème} année de Master Biodiversité, Écologie, Évolution
Parcours ECIRE-CONS
2020-2021

Victor CHAUVEAU

Encadrants

Pascal Marchand, Mathieu Garel, Carole Toïgo et François Couilloud

Migration partielle chez le Bouquetin des alpes (*Capra ibex*) :
Phénologie et modélisation de la connectivité

Soutenu le 23 septembre 2021

Stage réalisé du 11 janvier au 9 juillet 2021

Office Français de la Biodiversité

Les Portes du Soleil - 147 Avenue de Lodève - 34990 Juvignac



Migration chez le bouquetin des Alpes

- déplacement **très important** : accès aux habitats clés, flux de gènes, parasites et maladies...
- **choix individuel** → migration partielle = **seule une portion de la population migre, proportion variable entre populations.**
- **peu connu/étudié**



Une coopération transalpine !



Région Vallée

Merci !



me

SVIZZER

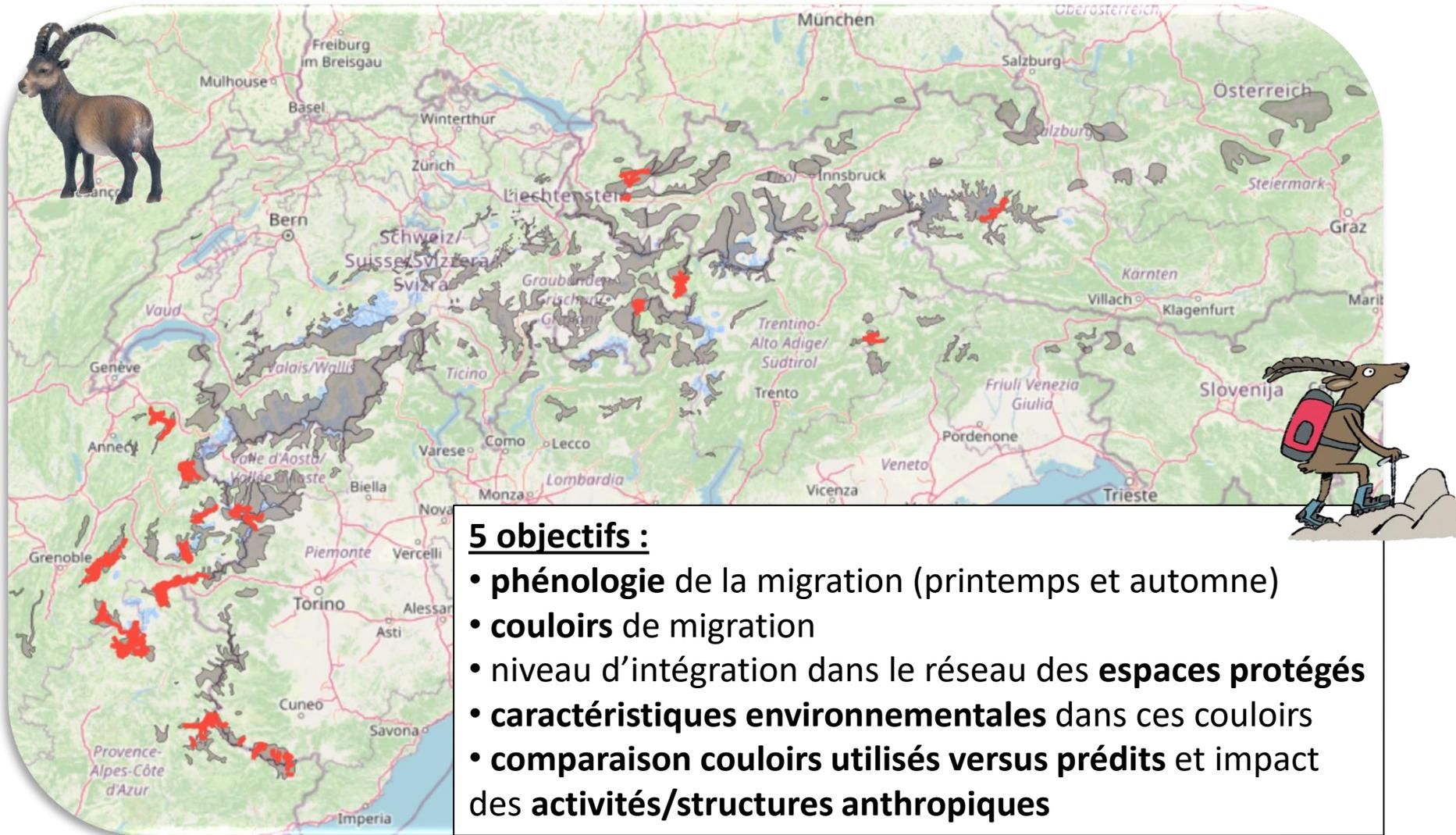


Universität für
Bodenkultur Wien



Une coopération transalpine !

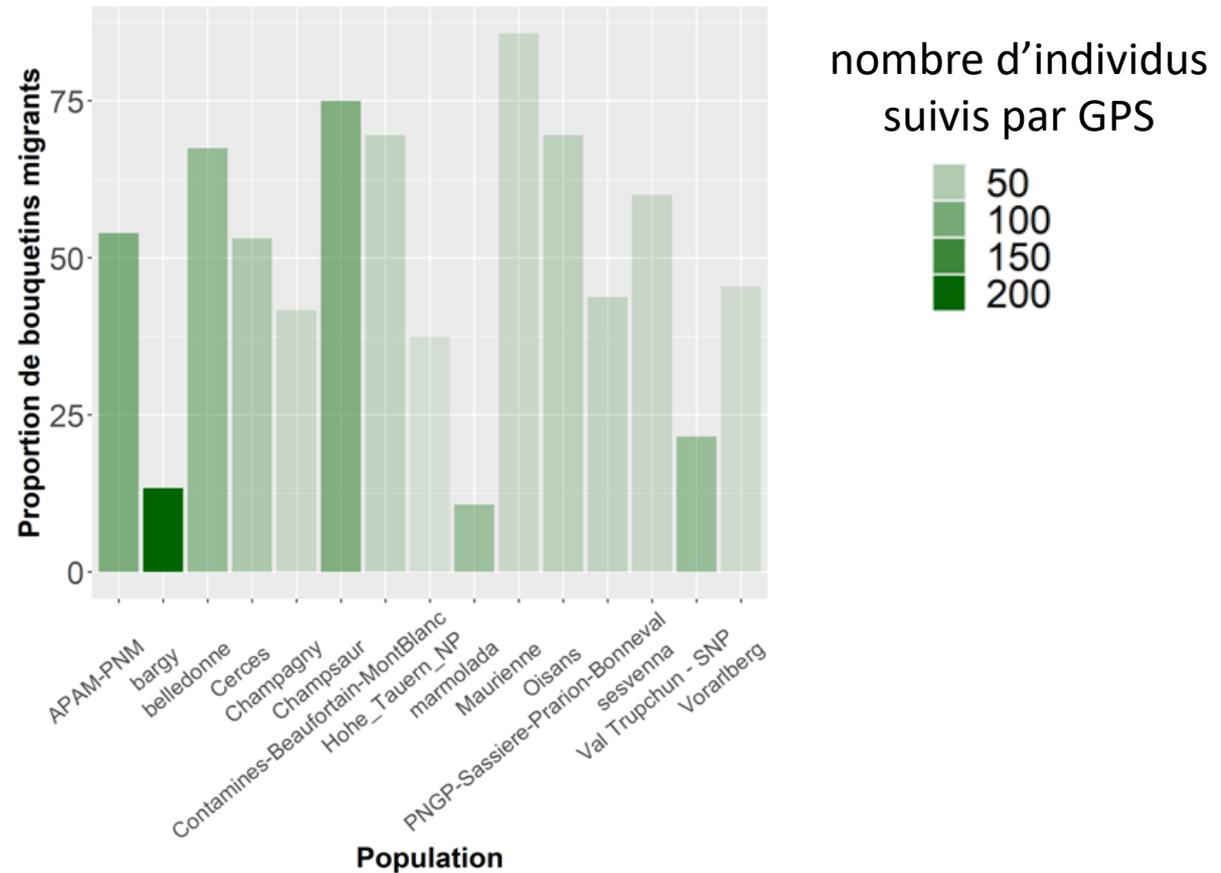
→ 425 individus (817 individus-années) de 16 populations



5 objectifs :

- **phénologie** de la migration (printemps et automne)
- **couloirs** de migration
- niveau d'intégration dans le réseau des **espaces protégés**
- **caractéristiques environnementales** dans ces couloirs
- **comparaison couloirs utilisés versus prédits** et impact des **activités/structures anthropiques**

Proportions de migrants

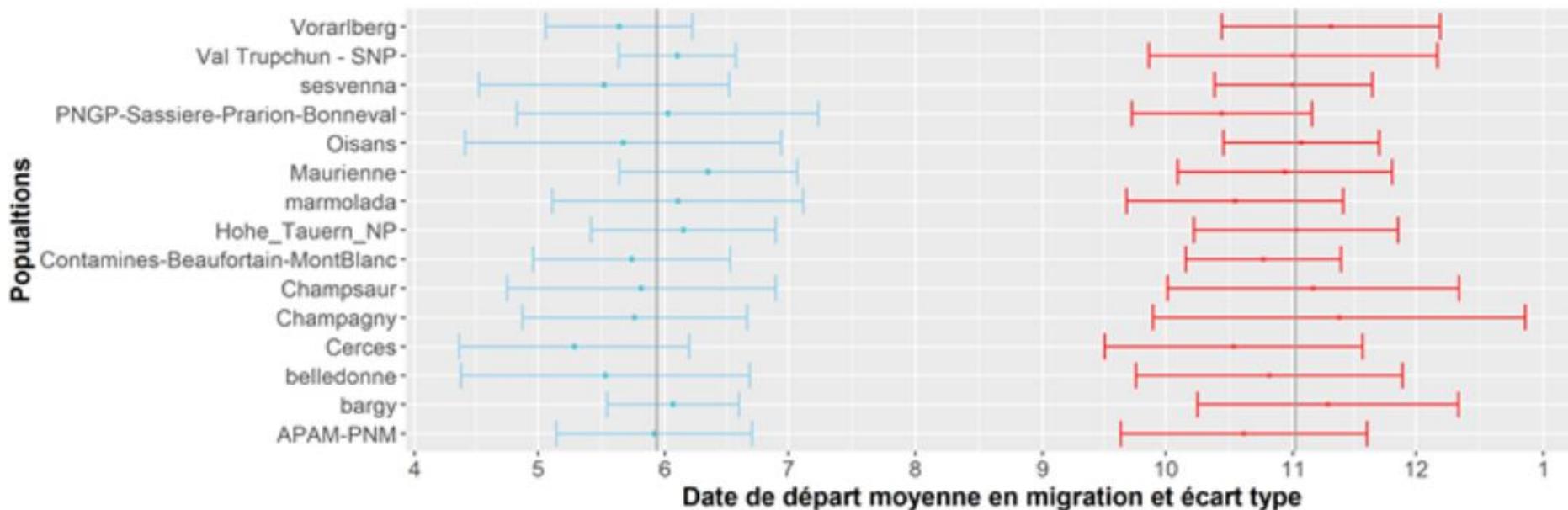


45 ± 23% de migrants

De 13% à >75% selon les populations

→ MIGRATION PARTIELLE

dates, durées, distances

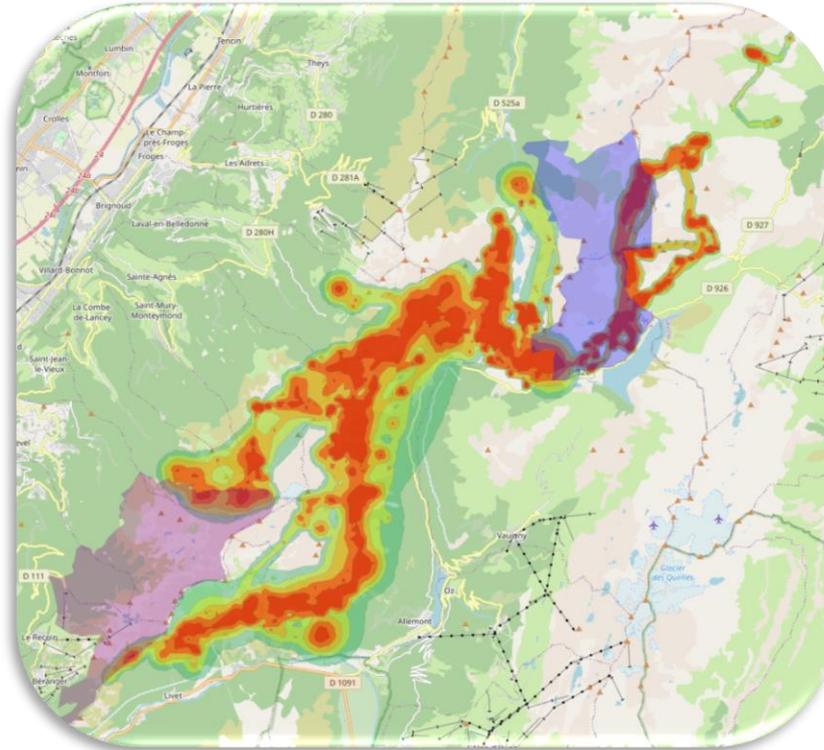


DATES: printemps: 29 mai; automne: 29 octobre; **± 1 mois**

DUREES: Printemps: 3.5 jours; Automne : 6.3 jours → **rapide !**

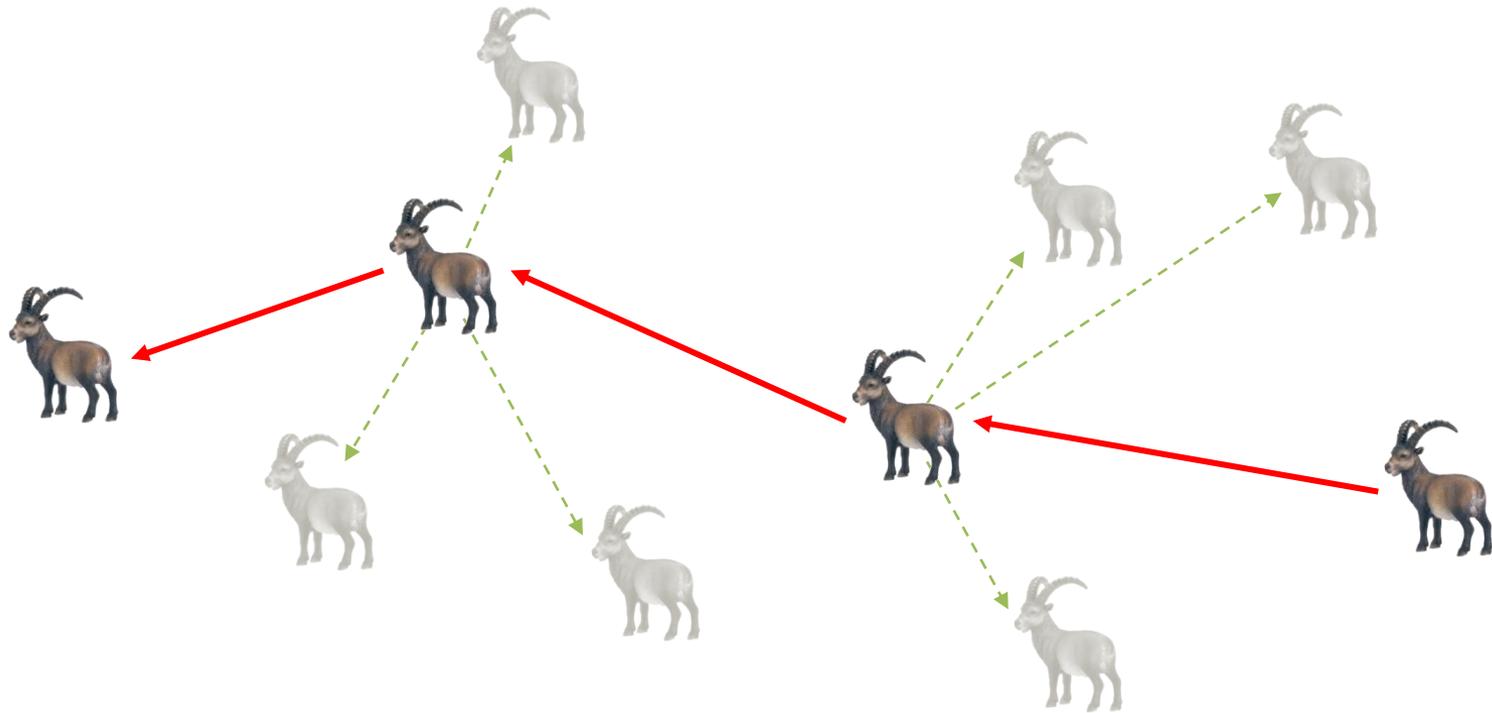
DISTANCES : distance 3D: **12 ± 8 km**; moyenne pop: 6 à 22km ; record indiv = 62km !

Intégration des couloirs de migration au réseau des espaces protégés



42% de la surface des couloirs dans un espace protégé
Satisfaisant dans les parcs nationaux (9/15)
Mais < **12% hors parcs** (6/15)

critères de sélection de l'habitat durant la migration (integrated Step Selection Functions)



déplacement réel



déplacement potentiel



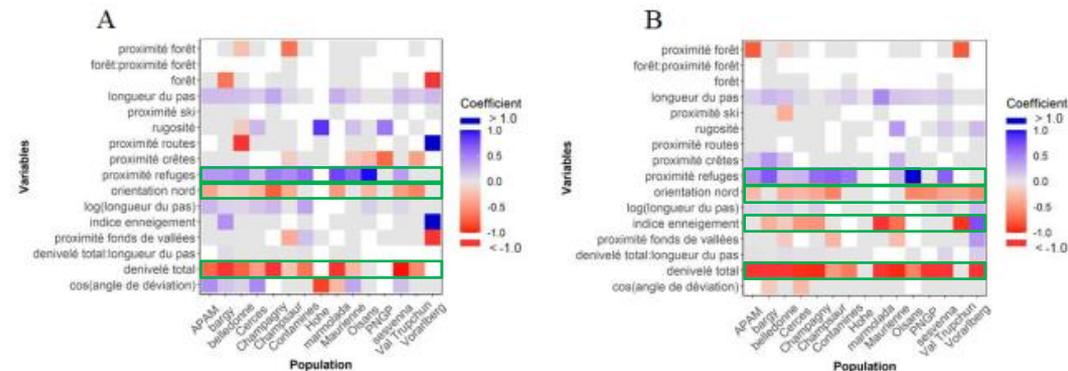
critères de sélection de l'habitat durant la migration (integrated Step Selection Functions)

Coût énergétique	Habitats	Repères visuels	Infrastructures anthropiques
<ul style="list-style-type: none"> dénivelé - rugosité 	<ul style="list-style-type: none"> forêt refuges (pentes > 40°) + orientation nord - jours d'enneigement - 	<ul style="list-style-type: none"> crêtes lisières forêt fonds de vallées 	<ul style="list-style-type: none"> routes stations de ski 

Effet constaté :

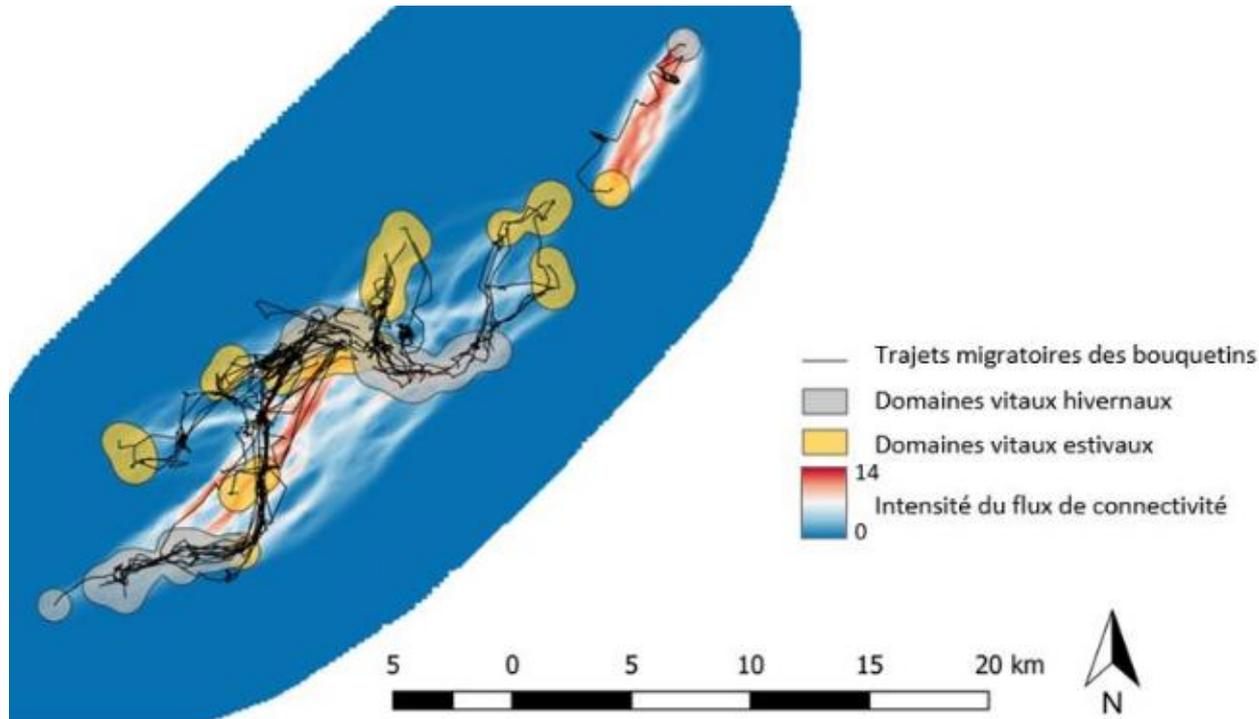
Préfééré durant le trajet migratoire +

Évité durant le trajet migratoire -



connectivité migratoire au sein des 16 populations (Randomized Shortest Paths)

= sachant le point de départ et d'arrivée, les critères de sélection de l'habitat, les distances à parcourir, où devraient passer les migrants ?



Un modèle performant pour évaluer/prédire la connectivité migratoire
(>76% des localisations en migration dans le contour 90% des couloirs de connectivité)

Perspectives

Connectivité et génétique ?



Migration du bouquetin avec changement climatique ?

Plasticité temporelle ?
Plasticité spatiale ?
Proportions ?

Connectivité et échanges intra-/interspécifiques de parasites/pathogènes ?

Intégration de la connectivité dans la gestion/conservation

CHARTRE
POUR LA RÉINTRODUCTION
DES BOUQUETINS
EN FRANCE



Interactions avec pastoralisme dans la population de Belledonne

Master 2 Internship Report

Simultaneous GPS monitoring during summer reveals habitat selection in male Alpine ibex is shaped by resource and interference competition with sheep herds



Léa Margailan

Supervisors:

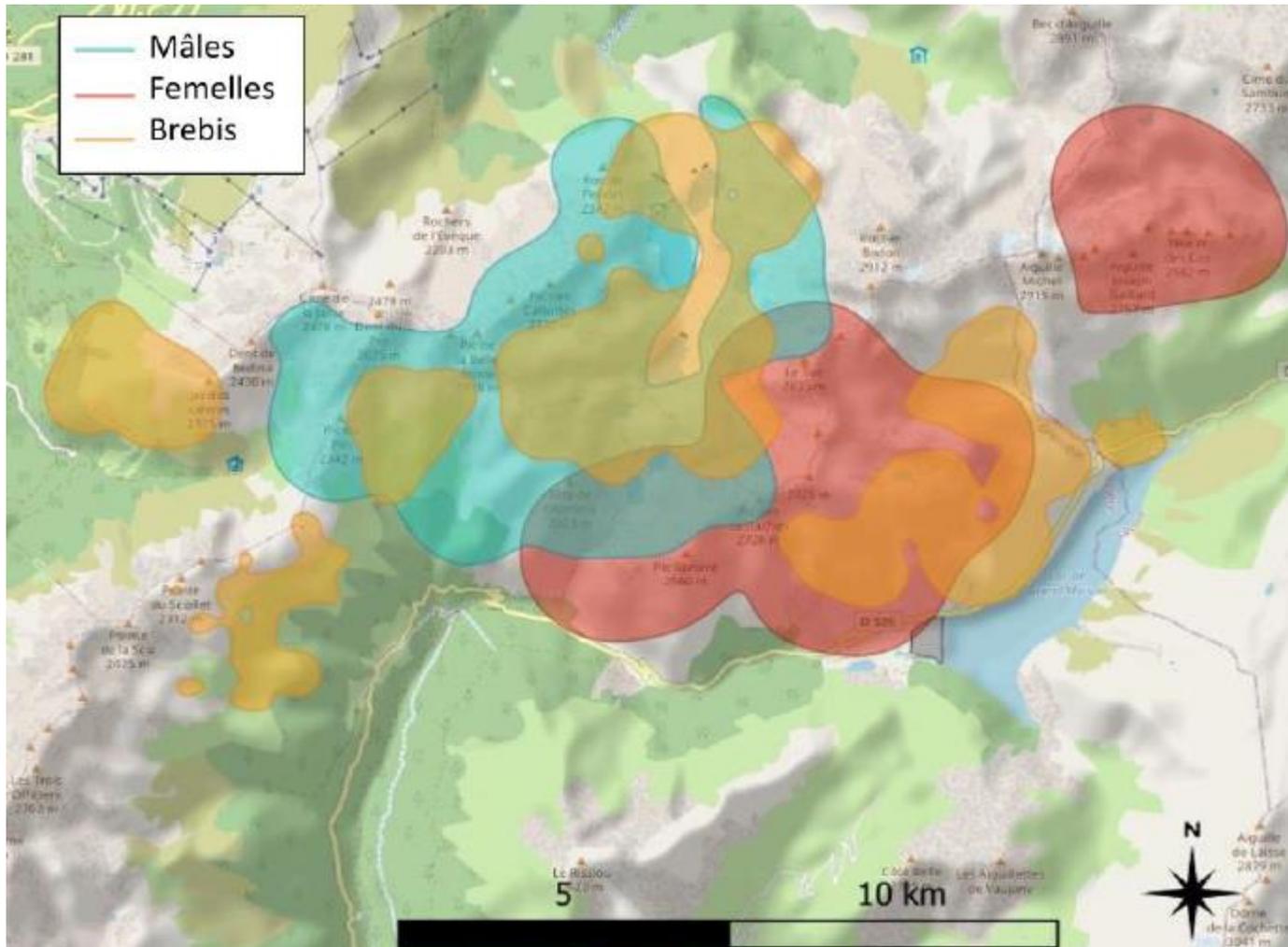
Mathieu Garel, Pascal Marchand, François Couilloud, Carole Toigo

Office Français de la Biodiversité, 5 Allée de Bethléem, 38610 Gières
Laboratoire d'Ecologie Alpine, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de
Savoie, Le Bourget-du-Lac (73370)

2021

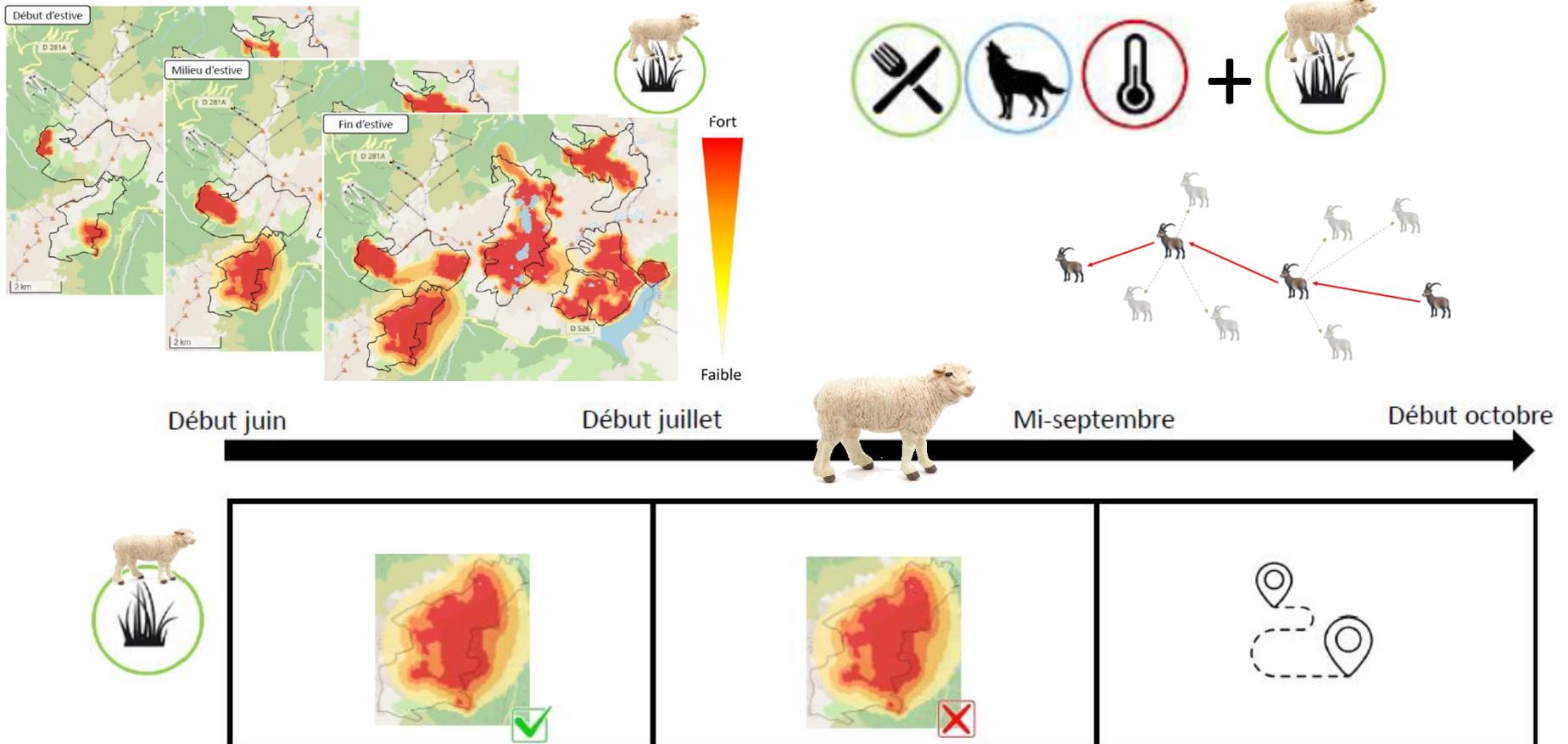


Large échelle : chevauchement des domaines vitaux



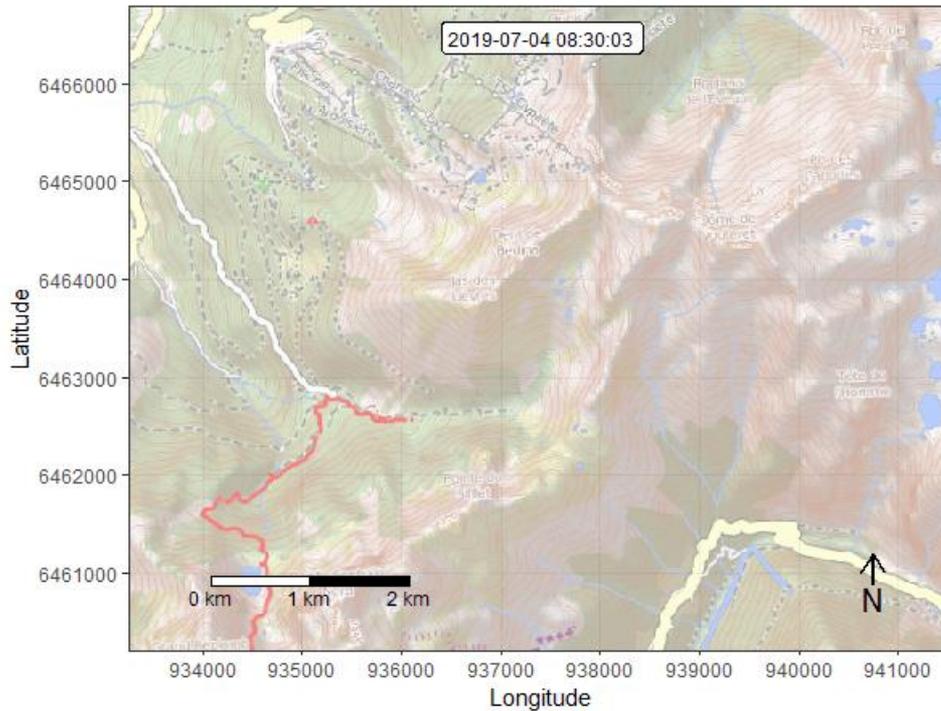
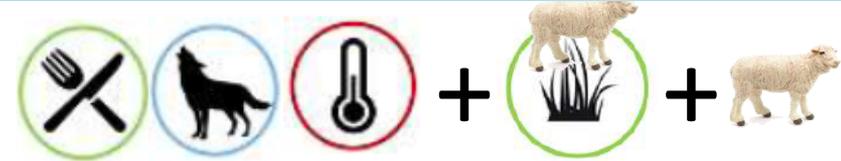
Mâles : 46%
Femelles : 23%

fine échelle : est-ce que l'utilisation des ressources par les brebis impacte la sélection des habitats par les bouquetins ?



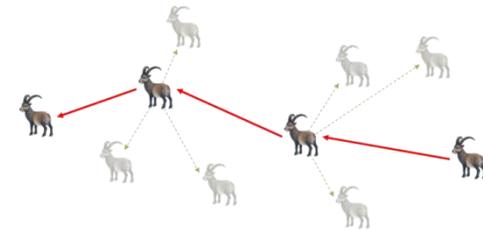
L'utilisation des ressources par les brebis impacte la sélection des habitats par les bouquetins → **pendant mais aussi après !**

fine échelle : est-ce que les bouquetins évitent de se retrouver proches des troupeaux ?



Names

- █ X735
- █ X736
- █ X737
- █ X5827
- █ X5824
- █ X5822



les bouquetins évitent de se retrouver proches des troupeaux, i.e distance < 390m.

Perspectives

Conséquences démographiques ?



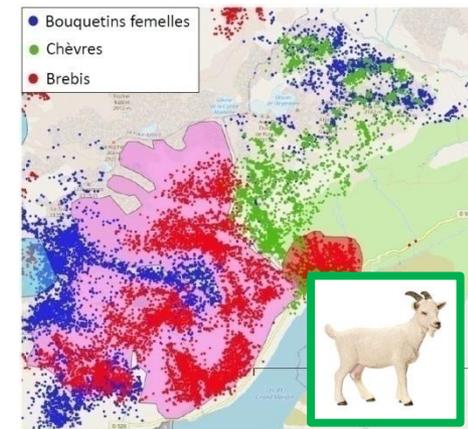
Conséquences sanitaires ?

Changements globaux, de pratiques et effet « cocktail » ?

- ↘ début d'estive
- ↗ durée d'estive
- ↗ charge

Compétition alimentaire + refuges thermiques

autres espèces domestiques ? Ailleurs ?



Structuration spatiale de la population du Bargy et conséquences vs. brucellose

SCIENTIFIC REPORTS

OPEN

Sociospatial structure explains marked variation in brucellosis seroprevalence in an Alpine ibex population

Received: 16 March 2017

Accepted: 25 October 2017

Published online: 15 November 2017

Pascal Marchand¹, Pauline Freycon², Jean-Philippe Herbaux³, Yvette Game⁴, Carole Toigo⁴, Emmanuelle Gilot-Fromont², Sophie Rossi⁵ & Jean Hars⁶

Team BBB*

*Brucellose – Bouquetin - Bargy



Bref rappel historique

2012-13:

- quelques éléments sur la ségrégation sexuelle et sociale (Villaret et Bon, 1995, 1997)
- ? Effectifs et dynamique des populations ?
- ? Distribution / utilisation de l'espace / mouvements inter-massifs ?
- ? Risque de transmission inter- et intraspécifiques ?
- ? Épidémiologie, voies de transmission, autres espèces ?

→ Une batterie de suivis

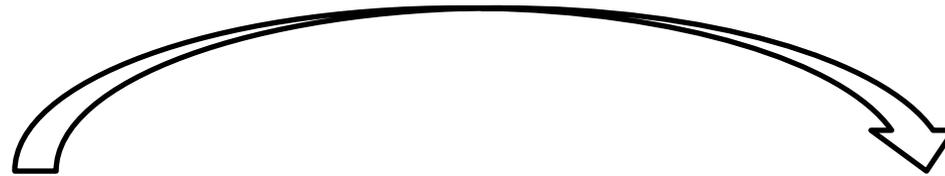
- démographie : CMR + indices d'abondance + reproduction + biométrie
- suivi sanitaire
- spatial : VHF et GPS
- suivi de l'utilisation des pâtures (observations)
- surveillance sanitaire (autres ongulés sauvages et domestiques)



Dans un contexte... tendu !

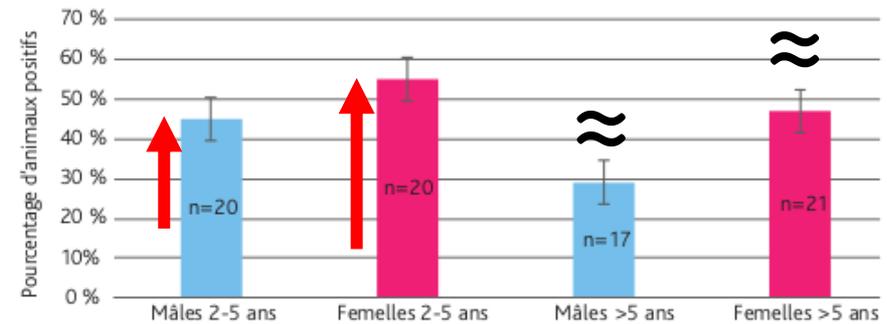
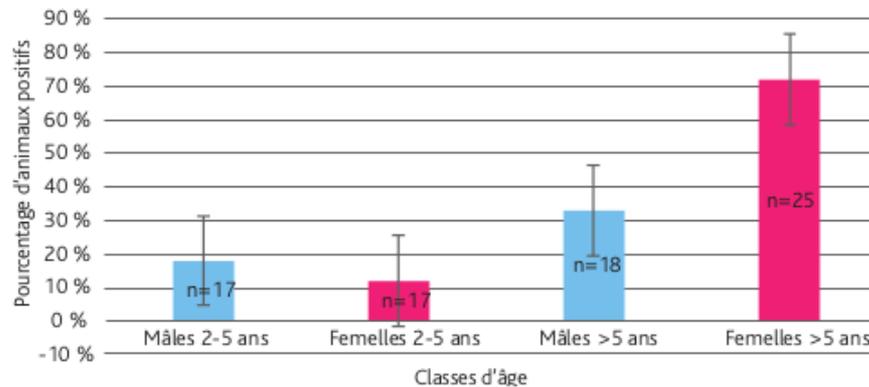
les premières données plaident en faveur d'une transmission majoritairement sexuelle

Abattage 2013-14:
-251 bouquetins > 5ans



2012-13 : repro/vieux >> non repro/jeunes

2014 : jeunes ≈ vieux; jeunes 2014 >> jeunes 2013



les jeunes se seraient contaminés en accédant à la reproduction
→ transmission majoritairement vénérienne ??

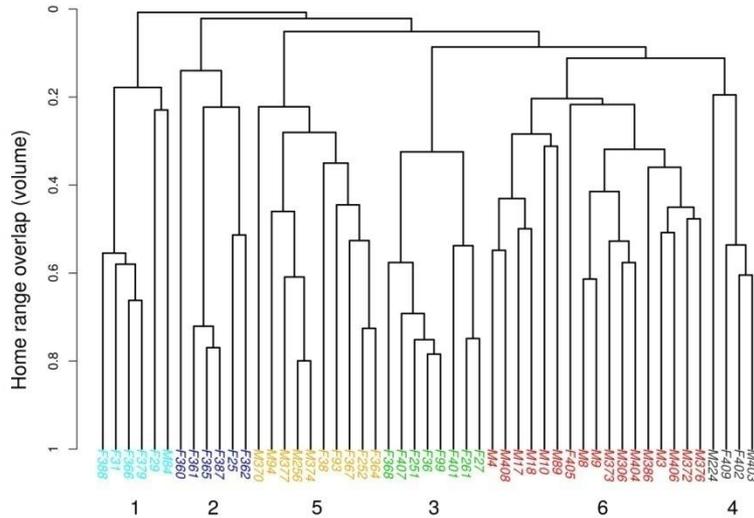
Une hypothèse récurrente : structuration spatiale de la maladie

- SD74 : des secteurs avec forte vs. faible séroprévalence
- saisine ANSES 2014 : « Colombière/Reposoir » > Roc des tours/Leschaux
- origine inconnue...



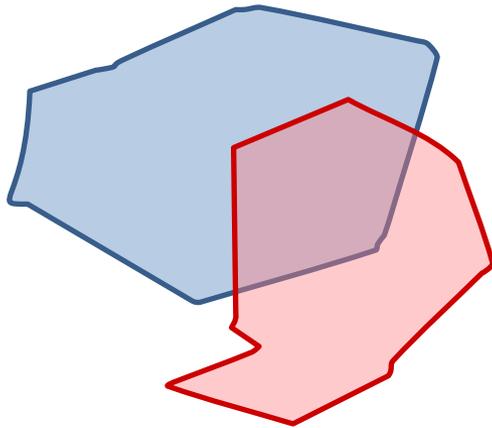
- **structuration spatiale** des individus suivis par **GPS** ?
- si oui, **quel apport** pour la compréhension de l'épidémiologie ?

Une population structurée spatialement

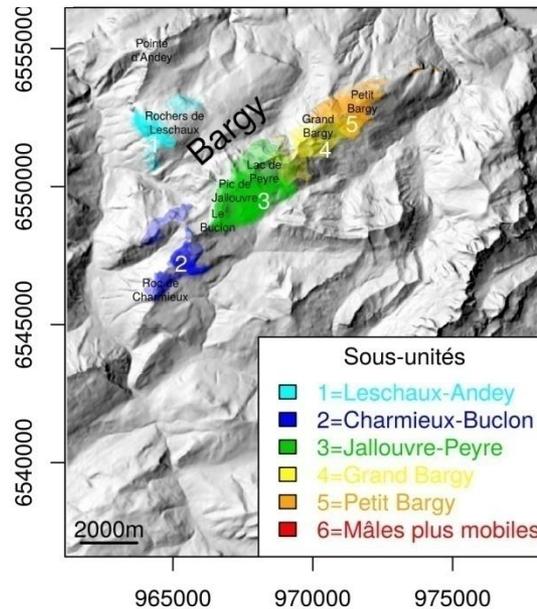


Forte structuration des femelles en 5 sous-unités

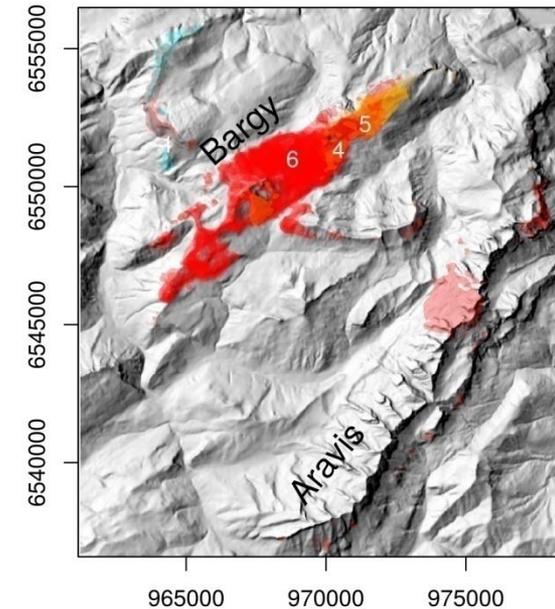
De nombreux mâles + mobiles (rut) chevauchent tous les groupes de femelles



(A) Femelles

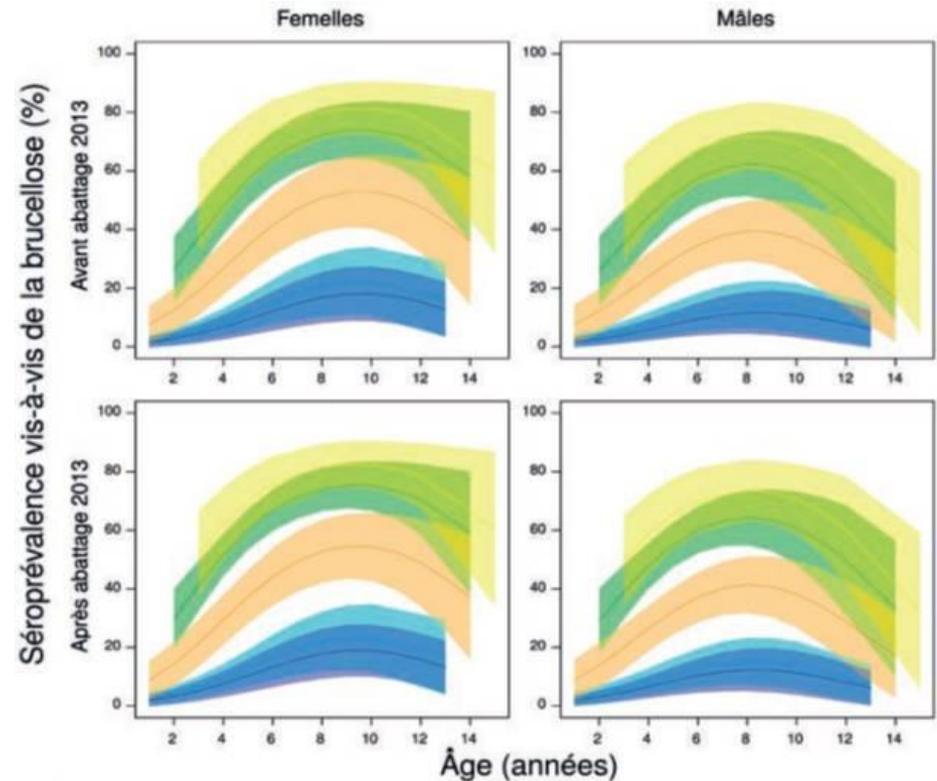
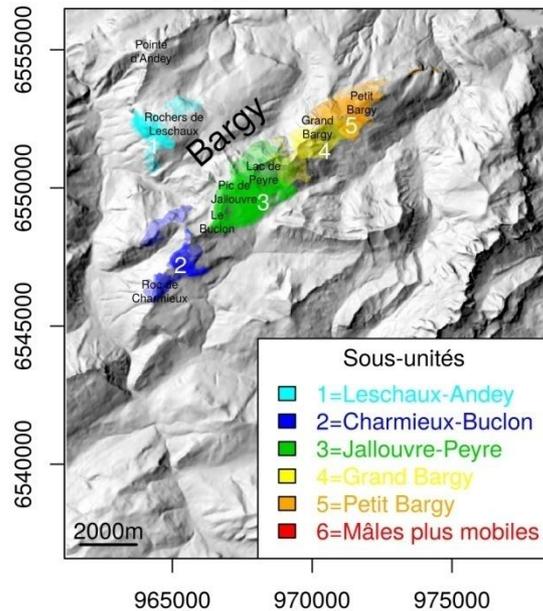


(B) Mâles



La structure spatiale influence fortement l'épidémiologie

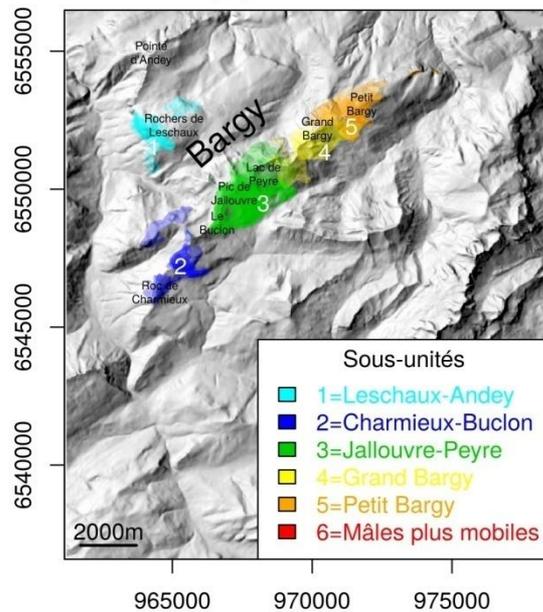
(A) Femelles



- Fortes variations de séroprévalence entre groupes (cœur vs périphérie)
- Augmentation de la séroprévalence avec l'âge jusqu'à 8-10 ans
- Pas de différence avant/après abattage 2013-14

Retour sur les premières données : un biais d'échantillonnage

(A) Femelles



Secteur	2012-13	2014
Leschaux-Andey	4	2
Charmieux-Buclon	7	0
Périphérie (-)	11	2
Jallouvre-Peyre	12	26
Grand Bargy	3	4
Petit Bargy	7	7
Cœur (++)	22	37
total	33	39

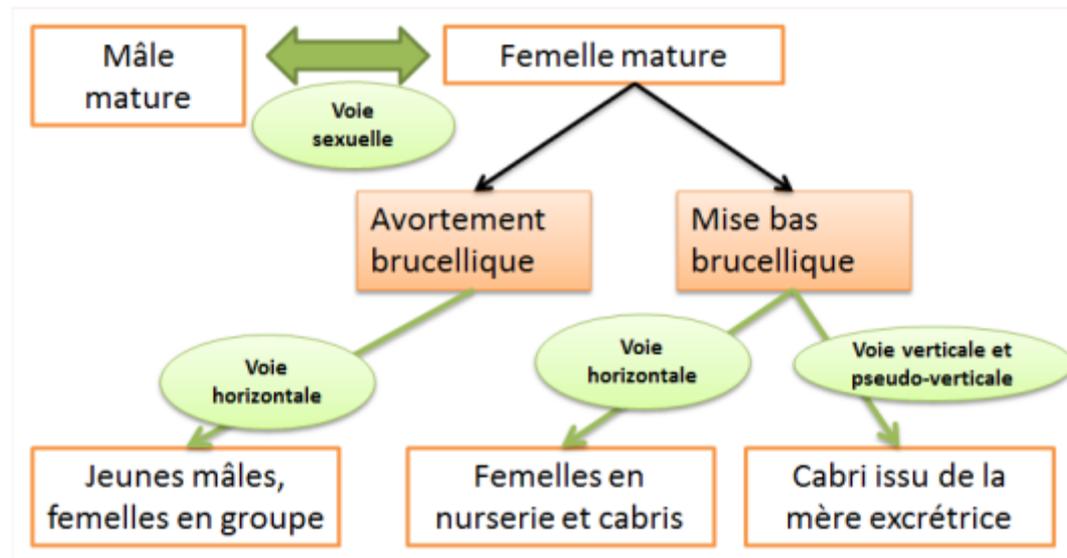
2012-13: périphérie = **33%** (11/33) des individus échantillonnés
 2014: périphérie = **5%** (2/39) des individus échantillonnés
 conditions nivologiques 2013 ≠ 2014 donc sites échantillonnés ≠

Les femelles ont un rôle clé dans l'épidémiologie; transmission majoritairement non sexuelle

- structure spatiale de la brucellose malgré déplacements de mâles au rut
- décroissance de la séroprévalence des « vieux » malgré investissement accru dans la reproduction
- ségrégation sexuelle augmente avec l'âge des mâles (Villaret & Bon 1995)

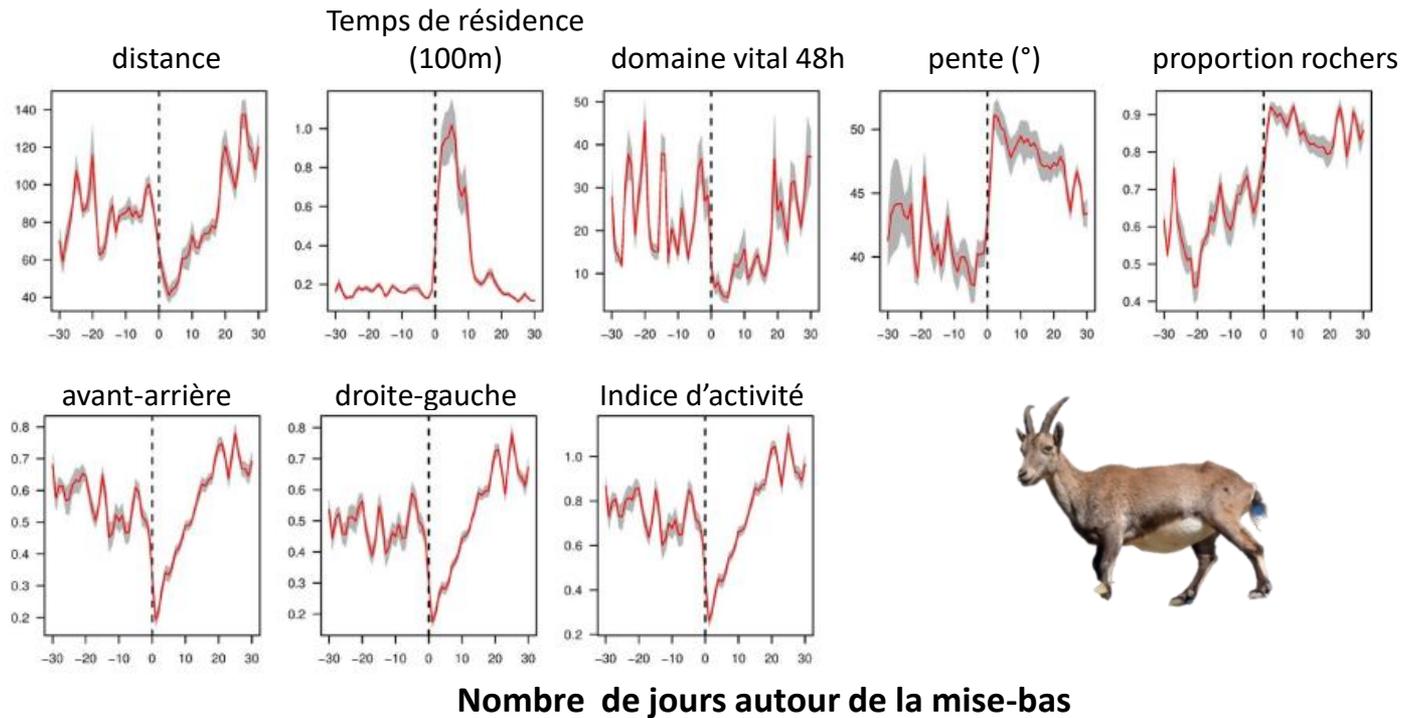
- ⇒ transmission majoritairement non sexuelle
- ⇒ femelles ont un rôle clé dans la transmission

confirmé par Lambert et al. 2018, 2020
intégré dès 2015-16 dans gestion



Bonus 1 : Détection de la mise-bas

Chez les ongulés sauvages, à la mise-bas, les femelles réduisent leurs mouvements, leurs domaines vitaux, leur activité et utilisent des zones permettant d'assurer la sécurité de leur jeunes (falaises/pentes fortes en montagne).



Received: 29 October 2020 | Accepted: 3 February 2021
DOI: 10.1111/2041-210X.13584

RESEARCH ARTICLE

Methods in Ecology and Evolution
ROYAL SOCIETY OF OPEN SCIENCE

A standardised biologging approach to infer parturition:
An application in large herbivores across the hider-follower
continuum

Pascal Marchand¹ | Mathieu Garel² | Nicolas Morellet^{3,4} | Laura Benoit^{3,4} |
Yannick Chaval^{3,4} | Christian Itty⁵ | Elodie Petit^{6,7} | Bruno Cargnelutti^{3,4} |
Aidan J. M. Hewison^{3,4} | Anne Loison⁸

Bonus 1 : Détection de la mise-bas

TABLE 1 Accuracy (overall rate of true predictions), sensitivity (proportion of parturient females correctly identified) and specificity (proportion of non-parturient females correctly identified) generated from random forests trained with metrics of movement, habitat use and activity in predicting parturition in roe deer, Mediterranean mouflon and Alpine ibex. The predicted proportions of parturient females for individuals with unknown status ($\text{parturient}_{\text{unknown}}$) are included for information. Sensitivity and hence accuracy could not be determined in Alpine ibex as data from all the females blood tested as pregnant were included in the training dataset

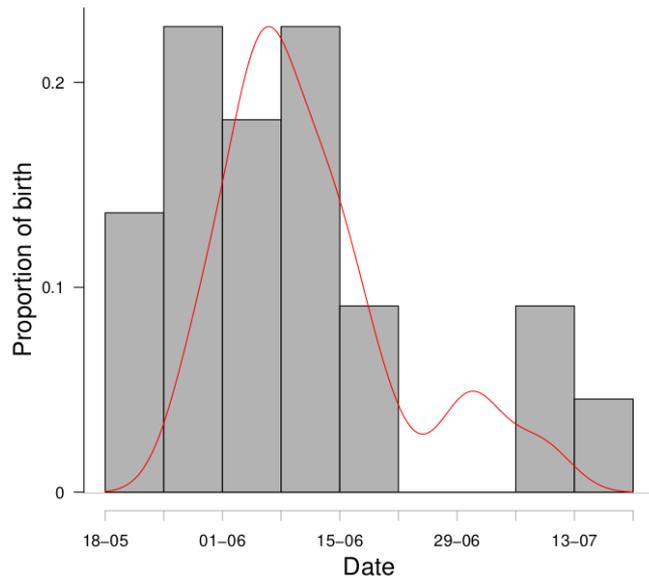
Species	Accuracy	Sensitivity	Specificity	$\text{parturient}_{\text{unknown}}$
Roe deer	76% (57/75)	71% (12/17)	79% (45/58)	61% (17/28)
Mediterranean mouflon	89% (24/27)	92% (22/24)	66% (2/3)	100% (1/1)
Alpine ibex	–	–	100% (9/9)	58% (11/19)

L'occurrence (et la date) de mise-bas peuvent être déterminé(e)s grâce au GPS/biologger et machine learning

Bonus 1 : Détection de la mise-bas

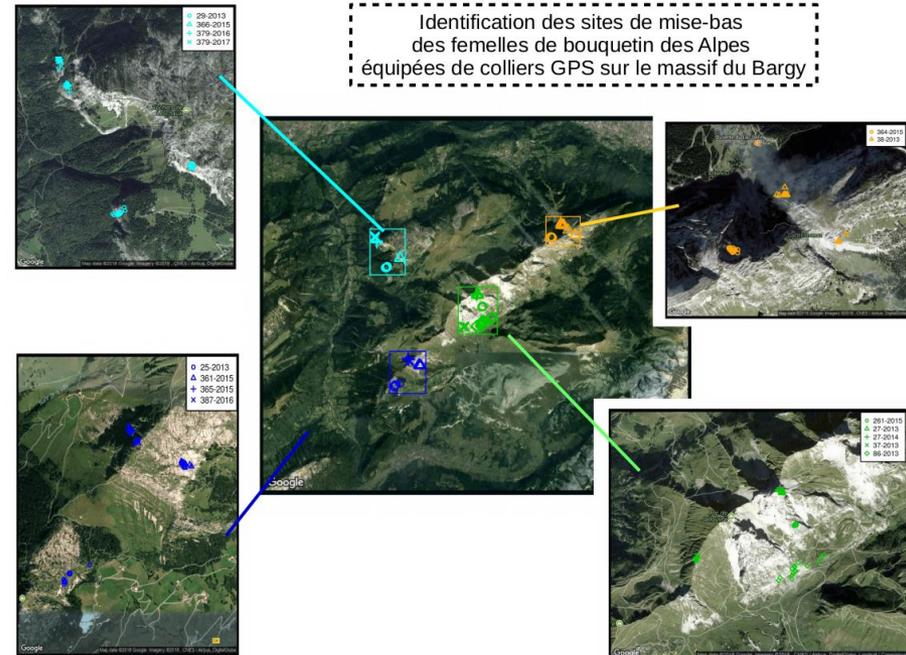
Phénologie des naissances (et périodes à risque)

Birth phenology – Alpine ibex (n=22)
Bargy massif (France)

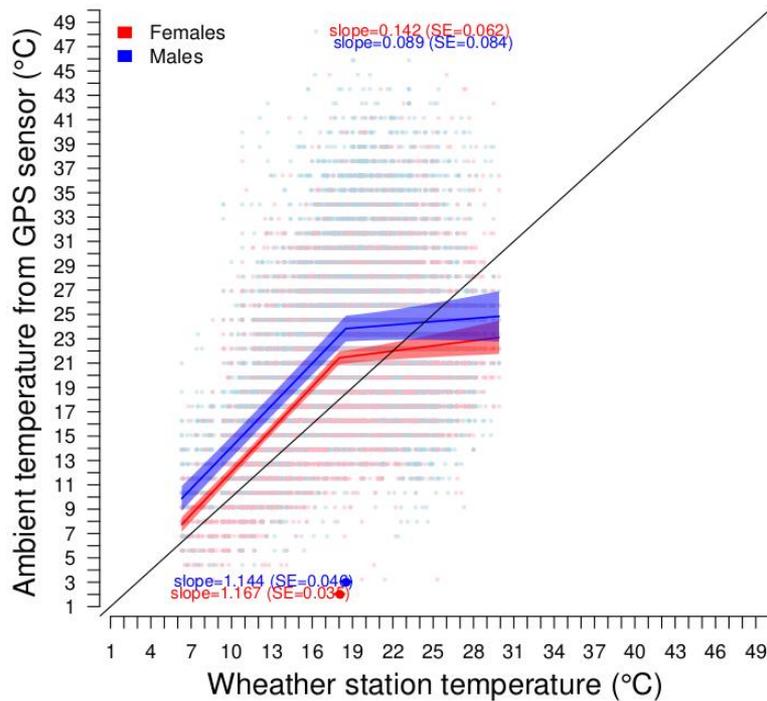


Sites de mise-bas

Identification des sites de mise-bas
des femelles de bouquetin des Alpes
équipées de colliers GPS sur le massif du Bargy



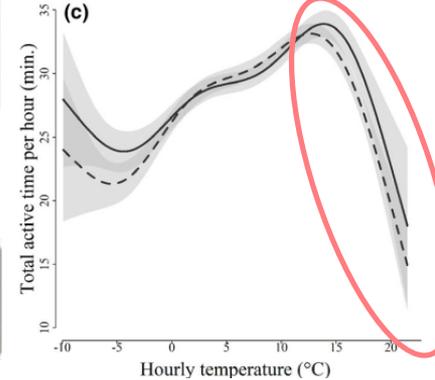
Bonus 2 : Température et thermorégulation



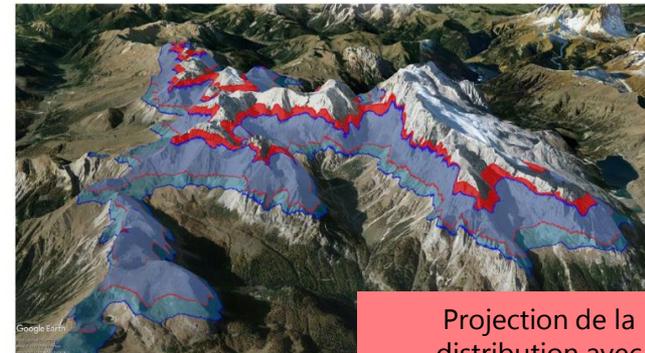
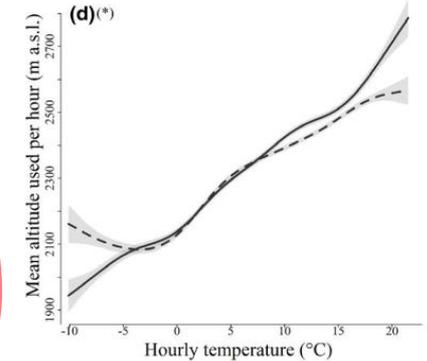
« chaud » = dès 18-19°C dans le Bargy !



↘ activité quand chaud



↗ altitude quand chaud

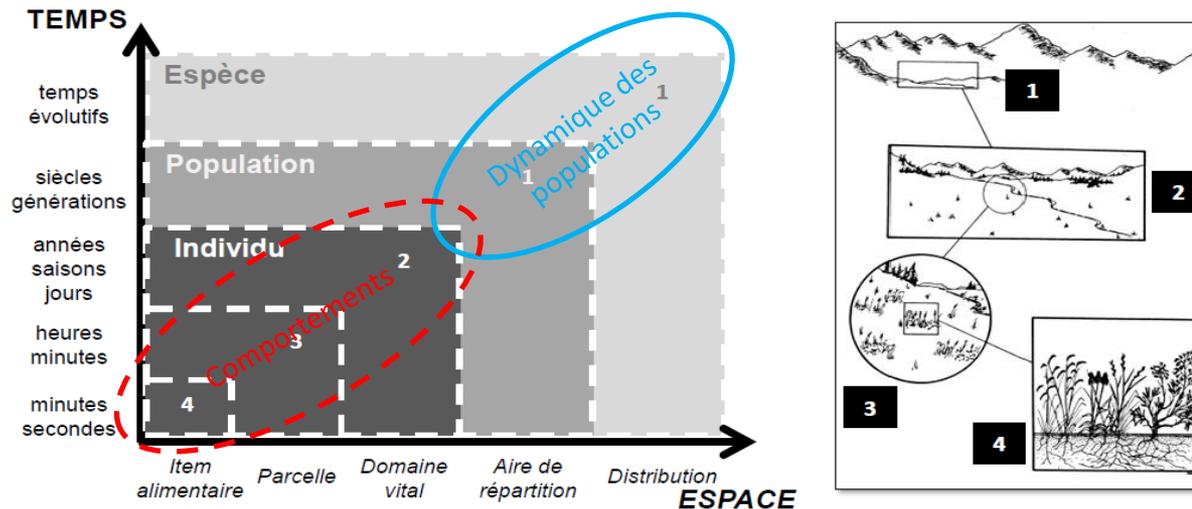


Projection de la distribution avec réchauffement climatique

CONCLUSION

→ GPS et biologgers : des outils précieux pour comprendre les réponses en cours

- reproche fréquent : prix donc taille d'échantillon
- pas que spatial : ECOLOGIE COMPORTEMENTALE à toutes les échelles



espèce/population : abondance, distribution, niche écologique, chevauchement...

individus : survie et reproduction, mouvements, utilisation/sélection des habitats, rythme d'activité, interactions/contacts, ...