



Résultats des IPS/IPA chamois au PNV sur la période 2015 2024

Introduction

Le contexte du passage à la méthode des ICE

En 2014, suite au constat que les comptages “flash” autrement appelés “approches et affûts combinés” n’étaient pas adaptés aux suivis démographiques des populations de chamois en phase de “densité dépendance”, les parcs nationaux de montagne ont lancé une réflexion pour harmoniser leurs suivis chamois/isards. Ce travail, conduit par un comité de pilotage inter-parcs et l’office national de la chasse et de la faune sauvage (Guillaume Péron et Mathieu Garel) a débouché sur la mise en oeuvre d’une méthode de type indiciaire appelée “méthode des Indicateurs de Changements Ecologiques” (ICE). Cette méthode consiste en la répétition des comptages sur un ensemble de quartiers au sein d’une même unité géographique. C’est à l’échelle de ces unités géographiques qu’il est possible de dégager une tendance démographique de la population suivie.

Les différents ICE et leurs complémentarités

La gestion rationnelle des populations d’ongulés sauvages s’appuie désormais sur le suivi temporel des indicateurs de changement écologique validés : il s’agit de mesures réalisées sur un animal ou un végétal dont l’évolution est dépendante de celle du système « individu-population-environnement ». Cette méthode de travail suppose l’application rigoureuse et durable de protocoles précis et standardisés correspondant à trois familles d’indicateurs. Il est indispensable de suivre simultanément au moins deux d’entre eux pour établir les tendances d’évolution sur un pas de temps donné et sur un espace donné. Ces indicateurs sont relatifs :

1. aux effectifs présents, on parle d’indicateurs d’abondance,
2. à la condition physique des animaux. On parle d’indicateurs de performance biométrique / écologique,
3. à l’impact sur la végétation. On parle d’indicateurs de pression sur le milieu.

Les « indicateurs de changement écologique » traduisent ainsi au plus juste les modifications du fonctionnement d’une population avec son environnement.

Remarque : les ICE sont des “indicateurs” et en tant que tels, ils ne permettent donc pas de définir de valeur absolue.

Les ICE permettent ainsi d’avoir une information sur le niveau d’équilibre entre la population et son environnement et sur les processus démographiques sous-jacents. En effet, les populations de chamois sont sujettes à la densité-dépendance. Les valeurs des paramètres démographiques d’une population sur un site sont dépendantes (entre autres) de la densité de la population sur ce site et de sa réaction à l’influence de variables environnementales diverses (agents pathogènes, aléas climatiques, ...). “Lorsque la densité augmente ou que la qualité du milieu se détériore, la quantité et la qualité des ressources disponibles pour un individu diminuent entraînant ainsi une dégradation de ses performances biologiques (croissance, reproduction, survie)” (Bison & Bonnot, 2019).

Le schéma 1 ci-dessous rappelle les conséquences de la densité sur les paramètres démographiques.

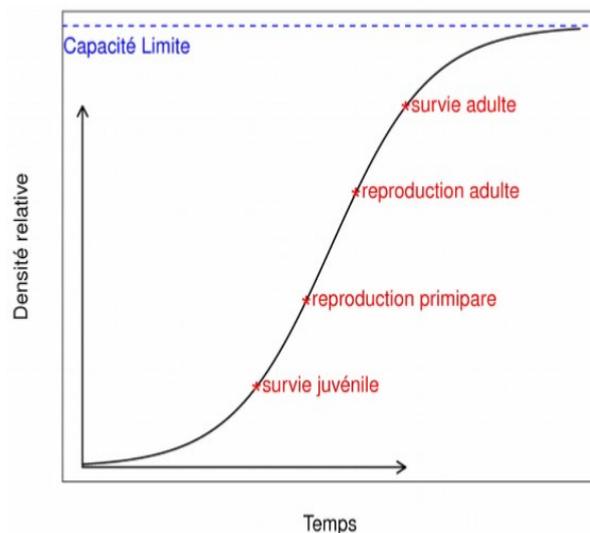


Schéma 1: Densité dépendance et effet sur les paramètres démographiques

L'utilisation de ce faisceau d'indicateurs permet ainsi de mieux appréhender le fonctionnement démographique de la population étudiée (croissance, décroissance, stagnation) et d'en déduire le cas échéant les moyens de gestion adaptés.

Les ICE choisis en Vanoise

Les ICE d'abondance et de performance ont été sélectionnés pour la Vanoise.

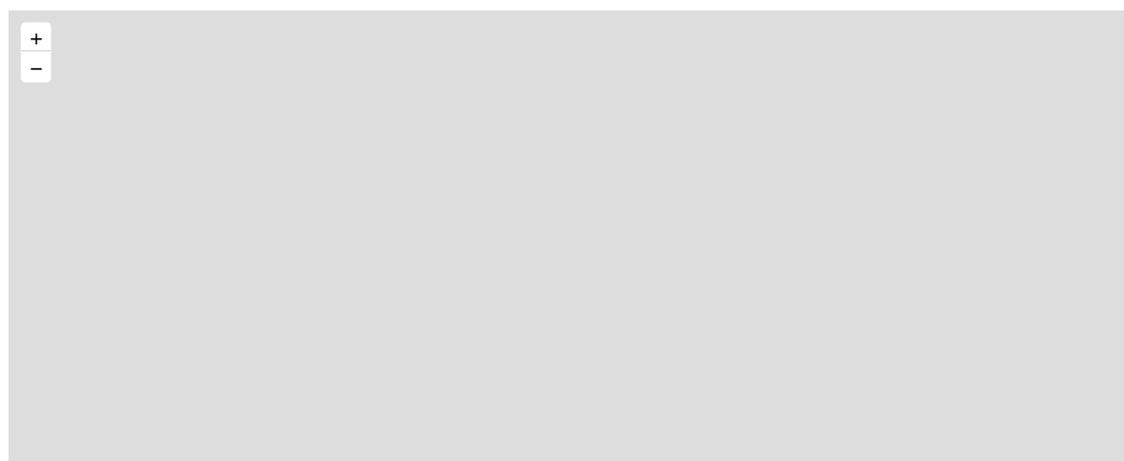
- L'ICE d'abondance est basé sur le travail de Anne Loison qui a montré sur une population d'isards que la moyenne de comptages répétés sur une zone suivait la même tendance que les abondances estimées par CMR (Loison *et al.*, 2006). En Vanoise, L'ICE d'abondance est le nombre moyen de chamois adultes et éters vus lors d'un passage sur un quartier de la zone (tous quartiers et passages de l'année confondus).
- L'ICE de performance validé pour le chamois est la masse corporelle des jeunes (Chevrier *et al.*, 2015). Cependant, la mesure de cet indicateur nous est impossible à collecter sur les populations en cœur de parc. L'ICE de performance choisi pour la Vanoise est le rapport moyen du nombre de chevreaux sur le nombre d'individus des autres classes d'âges (adultes et éters) vus lors d'un passage sur un quartier de la zone (tous quartiers et passages de l'année confondus). Cet ICE performance validé se rapproche de l'ICE validé pour le mouflon qui correspond au nombre de jeunes sur le nombre de femelles en âge de se reproduire. Il est de fait très éclairant sur le fonctionnement et la dynamique de la population étudiée.

La mise en place des ICE et des quartiers de comptages

La mise en place de ce suivi en Vanoise a été confié à un groupe de travail siège-secteurs en 2014. Le nombre de quartiers de comptage et leur localisations sont basées, d'une part, sur le travail de G. Péron et M. Garel et, d'autre part, sur les connaissances que le PNV avait de l'espèce en cœur de parc et sur les massifs cynégétiques avoisinants.

La carte 1 présente les massifs cynégétiques ainsi que la localisation des quartiers de comptages "Coeur de parc" sélectionnés par le groupe de travail.

Carte1



Plan d'échantillonnage : unités géographiques suivies, quartiers, et nombres de passages

Les ICE reposent sur la répétition de comptages sur un ensemble de quartiers au sein d'une entité géographique donnée. Ces répétitions doivent être réalisées sur un pas de temps restreint pour que la population soit considérée comme close (pas d'émigration, pas de mortalité, pas de naissance). Le pas de temps en question est de un mois en Vanoise entre le 15 septembre et le 15 octobre. Le travail de Guillaume Péron (Péron, 2015) précise que pour espérer détecter, à l'aide de l'ICE d'abondance, une évolution d'effectifs de 10% par an sur 3 ans sur une unité géographique du PNV, il convient de suivre au moins 8 quartiers sur cette unité et d'effectuer 4 passages sur chacun d'eux.

Le suivi de 8 quartiers sur chacun des 9 massifs sujets à plans de chasse étant impossible d'un point de vue ressource humaine à mobiliser, le dispositif choisi en Vanoise repose sur le suivi de trois unités géographiques distinctes (Vanoise Nord, Vanoise Est et Vanoise Sud (cf Carte 2)) situées en coeur de parc et en réserves naturelles. 20 quartiers de comptages sont ainsi répartis sur l'ensemble de ces trois unités géographiques. L'unité "Vanoise Nord" comporte 4 quartiers de comptage et recoupe deux massifs de plan de chasse. Les deux autres unités, à savoir "Vanoise Est" et "Vanoise Sud", comptent chacune 8 quartiers et recouper trois massifs de plan de chasse chacune. Ce dispositif permet, en plus de l'analyse à l'échelle du massif de la Vanoise qui pourrait masquer des variations locales, une exploitation à l'échelle des 3 grandes zones (Vanoise Nord, Est et Sud) (Delorme & Ferbayre, 2015) (bien que la zone Nord ne comporte que 4 quartiers). Il permet également de maintenir le temps "agents" alloué à environ 60 journées par an, équivalent à celui engagé lors du précédent protocole (Delorme & Ferbayre, 2015).

Carte 2

Les 4 passages sont effectués sur une période d'un mois comprise entre le 15 septembre et le 15 octobre.

Les intervalles de confiance (IC)

Tous les ICE sont des moyennes calculées sur un échantillon et sont donc des variables aléatoires. En effet, un ICE prendra une valeur différente si les comptages sont effectués sur d'autres jours ou par des personnes différentes. Cette variabilité de l'ICE est à prendre en compte et c'est ce que permettent les intervalles de confiance (IC). Un IC est un intervalle dans lequel nous avons x% de chance que se trouve la vraie valeur que nous calculons. Si une moyenne de 25 a un IC à 95% de [21,29] ceci veut dire que l'on a 95% de chances que la vraie moyenne se trouve entre les valeurs 21 et 29. C'est pourquoi tous les ICE doivent être donnés, représentés et interprétés avec leurs IC. Dans ce compte-rendu, les calculs sont

faits pour des IC à 95% et 80% à l'aide de bootstrap (cf. *glossaire*). Les résultats sont présentés ci-dessous sous forme de graphiques.

Les modèles linéaires généralisés (glm)

En plus du calcul de ces ICE et de leurs intervalles de confiance, un glm (cf. *glossaire*) est appliqué pour expliquer chacune des variables suivantes :

- l'abondance des adultes et des éters (à l'aide d'une loi binomiale négative),
- le rapport du nombre de chevreaux sur le nombre d'individus adultes et éters (à l'aide d'une loi binomiale).

Les glm fournissent la courbe la plus vraisemblable faisant le lien entre les données de comptages et les années de suivis. Autrement dit, la courbe la plus vraisemblable passant dans l'ensemble des points représentant les résultats des comptages regroupés par année. En terme statistique, les données de comptages sont la variable à expliquer et les années la variable explicative.

Deux modèles sont testés systématiquement : une relation linéaire (recherche d'une droite) et une relation quadratique (recherche d'une parabole). Une AIC (*glossaire*) est réalisée pour sélectionner le modèle le plus pertinent.

Cette approche par glm permet de faire un test sur la valeur des coefficients de la courbe du meilleur modèle.

Rappels :

1. Un test comporte toujours deux hypothèses H_0 (hypothèse nulle) et H_1 (hypothèse complémentaire de H_0), avec pour nos glm :
 - H_0 = "les coefficients de notre courbe sont nuls" ou "il n'y a pas de variation dans le temps",
 - H_1 = "Les coefficients de notre courbe sont non nuls" ou "il y a une variation dans le temps"
2. La valeur de p (p.value) nous donne la probabilité que l'on a de se tromper en rejetant l'hypothèse nulle, donc la probabilité que l'on a de se tromper en affirmant qu'il y a bien une variation dans le temps de nos deux "ICE". Plus la valeur de p est petite, plus la probabilité de faire une erreur en rejetant l'hypothèse nulle est faible. La norme est généralement de se fixer une limite à 5% de probabilité de se tromper pour pouvoir rejeter l'hypothèse nulle (d'où les 95% de chance de ne pas se tromper en rejetant l'hypothèse nulle). Il est possible de fixer le seuil à une valeur autre que 5%, comme 1% ou 10%, mais dans ce cas, les interprétations qui en découlent devront être considérées avec prudence. Le seuil retenu dans le cadre de ce travail est fixé à 20%.

Si la valeur de P est inférieure à 0,2, on rejette l'hypothèse nulle au profit de l'hypothèse alternative. Dans notre cas nous pouvons affirmer que nous mettons en évidence une variation dans le temps du paramètre "abondance" ou "performance".

Si la valeur de p est supérieure à 0,2 on rejette l'hypothèse alternative au profit de l'hypothèse nulle.

Remarque : dans ce dernier cas, on ne peut donc pas rejeter l'hypothèse de la stabilité, sans pour autant pouvoir affirmer que les paramètres (ICE abondance et performance) soient stables. En effet, nous pouvons avoir une variation mais celle-ci est inférieure au seuil que notre plan d'échantillonnage permet de mettre en évidence. Par analogie, une balance précise au gramme ne pourra pas nous donner une variation au dixième de la masse d'un objet par exemple (variation entre 2,1 et 2,3 grammes). Elle indiquera 2 grammes dans les deux cas, pourtant les masses sont différentes.

Ainsi, lorsque la valeur de p est supérieure à 0,2, nous simplifierons l'interprétation des résultats par la formulation suivante : "il semble donc que l'ICE (abondance ou performance) soit stable". Cette formulation doit donc être considérée comme le fruit des précautions que nous venons d'énoncer. L'interprétation exacte est donc la suivante : "nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse que l'ICE est stable" ou encore "notre échantillonnage ne nous permet pas de mettre en évidence une variation significative de l'ICE".

Les glm aident donc à déterminer si nos données permettent ou non de mettre en évidence une variation dans le temps de nos deux ICE.

Les intervalles de confiance à 95, 90 et 80% des valeurs données par le meilleur modèle peuvent être représentées autour de la courbe.

Les Coefficients de variation

Le **coefficient de variation** (CV) est le rapport de l'écart-type des données sur la moyenne. Il est généralement exprimé en pourcentage. Nous le calculons sur les données d'effectifs adultes et éters. Plus sa valeur est élevée, plus la dispersion autour de la moyenne est grande et plus notre capacité à détecter une variation d'effectifs dans la population dans le temps diminue.

Le coefficient de variation est calculé pour chaque année de suivi. La variation de ce coefficient d'une année sur l'autre nous renseigne (en plus de l'évolution de notre capacité à détecter une variation des effectifs) sur un potentiel effet d'acquisition

d'expérience par les observateurs.

Pour chacune des unités géographiques de comptages, un graphique présente les coefficients de variations annuels des données d'abondance. Pour information, ces coefficients peuvent également être calculés à l'échelle d'un quartier.

Les outils d'analyse

Tous les calculs et graphiques sont effectués à l'aide du logiciel R version 4.3.3 (2024) (R Core Team, 2024).

Analyses des comptages

La réalisation des comptages

Le passage Rosoire-2018-2 n'a pas pu être effectué. Afin que les ICE soient le moins faussés possible par cette donnée manquante, les valeurs de ce passage non réalisé ont été remplacées par la moyenne du nombre de chamois et de chevreux contactés lors des passages de la même année sur ce quartier. Seules les zones Vanoise Sud et massif Vanoise (le rassemblement des trois zones) sont concernées. Cependant, ce passage non réalisé étant le seul, son effet sur les résultats s'amointri d'année en année.

Résultats pour l'ensemble de la Vanoise

Les graphiques des ICE

Les graphiques des résultats de la Vanoise sont les suivants :

Les coefficients de variation (CV)

On complète les résultats par le graphique des coefficients de variation des comptages pour chaque année.

Les résultats numériques

Les abréviations sont les suivantes :

- type_ICE : Abon pour l'ICE abondance et Perf pour l'ICE performance
- P.v_coef_1 : p.value du coefficient β_1 de la courbe
- P.v_coef_2: p.value du coefficient β_2 de la courbe si c'est une

parrabole

- val_2015 : la valeur estimée par le modèle pour l'année 2015
- diff_2015_2023 : la différence entre les valeurs estimées par le modèle pour 2015 et 2023

Tableau des résultats numériques des glm pour la Vanoise

| zone | Glmtype | ICEP.v | coef_1 | P.v | coef_2 | val_2015 | diff_2015_2023 |
|---------|---------|--------|--------|-----|--------|----------|----------------|
| vanoise | Abon | | 0.010 | | | 29.04 | -6.64 |
| vanoise | Perf | | 0.038 | | | 0.32 | -0.02 |

Interprétations statistiques

La p-value de l'indicateur d'abondance est inférieure à 0,2, on rejette donc l'hypothèse nulle H_0 (stabilité) au profit de l'hypothèse alternative H_1 (variation).

Sur l'ensemble de la Vanoise, l'ICE abondance semble baisser sur la période 2015 – 2024.

La p-value du premier coefficient de l'indicateur de performance est inférieure à 0,2, on rejette donc l'hypothèse nulle H_0 (stabilité) au profit de l'hypothèse alternative H_1 (variation).

Sur l'ensemble de la Vanoise, l'ICE performance semble baisser sur la période 2015 – 2024.

Interprétations écologiques

La baisse de l'ICE abondance et performance confirme cette année la tendance démographique à la baisse déjà constatée les années précédentes. La population « Vanoise » semble donc poursuivre sa phase de décroissance.

De nombreux facteurs (cycle densité-dépendance caractéristique des ongulés sauvages de montagne, impact des activités anthropiques (pastoralisme, tourisme, activités sportives diverses,...) peuvent être à l'origine du déclin démographique constaté sur l'ensemble de la Vanoise et/ou de certains secteurs. Pour évaluer les impacts des facteurs précédemment évoqués, il serait nécessaire de mettre en œuvre des suivis et / ou études intégrant des plans d'échantillonnages appropriés.

Résultats pour la Vanoise Nord

Les graphiques des ICE

Les graphiques des résultats de la zone Vanoise Nord sont :

Les coefficients de variation (CV)

Les résultats numériques

Tableau des résultats numériques des glm pour la Vanoise Nord

| zoneGlm | type | ICEP.v_coef_1 | P.v_coef_2 | val_2015 | diff_2015_2023 |
|----------|------|---------------|------------|----------|----------------|
| Van_Nord | Abon | 0.004 | | 31.26 | -15.36 |
| Van_Nord | Perf | 0.091 | | 0.33 | -0.04 |

Interprétations statistiques

La p-value de l'indicateur d'abondance est inférieur à 0,2, on rejette donc l'hypothèse alternative H0 (stabilité) au profit de l'hypothèse nulle H1 (variation). Sur la Vanoise Nord, il semble donc que l'ICE abondance baisse sur la période 2015 – 2024.

La p-value de l'indicateur de performance est inférieure à 0,2, on rejette donc l'hypothèse nulle H0 (stabilité) au profit de l'hypothèse alternative H1 (variation).

Sur la Vanoise nord, l'ICE performance semble baisser sur la période 2015 – 2024.

Interprétations écologiques

La population sur la Vanoise Nord présente une tendance similaire à celle de l'ensemble de la Vanoise avec une baisse constatée de l'indice d'abondance et de performance.

Remarque : Il est à noter que la variance est importante sur cette zone qui comporte 4 quartiers.

Pour aider à l'analyse des résultats d'une zone, il est possible de regarder les évolutions des comptages sur chaque quartier. Il importe de rester prudent quant à l'interprétation au niveau de chaque quartier surtout si ceux-ci ont de faibles effectifs. Les résultats significativement interprétables à l'échelle d'un quartier de comptage ne permettent en aucun cas de conclure quant à la tendance démographique de la population sur la zone géographique considérée.

Les quartiers de la Vanoise Nord

Les graphiques des deux ICE pour chaque quartier de la zone :

Tableau des résultats numériques des glm pour les quartiers de la Vanoise Nord

| zoneGlm | type | ICEP.v_coef_1 | P.v_coef_2 | val_2015 | diff_2015_2023 |
|---------------|------|---------------|------------|----------|----------------|
| Col_Grassaz | Abon | 0.100 | | 17.39 | -7.90 |
| Col_Grassaz | Perf | 0.148 | | 0.30 | 0.09 |
| Terres_rouges | Abon | 0.086 | | 19.70 | -8.94 |
| Terres_rouges | Perf | 0.028 | | 0.32 | -0.12 |
| Turia | Abon | 0.000 | | 77.81 | -43.73 |
| Turia | Perf | 0.184 | | 0.36 | -0.05 |
| Roche_Noire | Abon | 0.501 | | 11.08 | -1.91 |
| Roche_Noire | Perf | 0.717 | | 0.13 | 0.02 |

Résultats pour la Vanoise Est

Les graphiques des ICE

Les graphiques des résultats de la zone Vanoise Est sont :

Les coefficients de variation (CV)

Les résultats numériques

Tableau des résultats numériques des glm pour la Vanoise Est

| zoneGlmtype_ICEP.v_coef_1P.v_coef_2val_2015diff_2015_2023 | | | | |
|---|------|-------|-------|-------|
| Van_Est | Abon | 0.017 | 31.87 | -7.31 |
| Van_Est | Perf | 0.255 | 0.30 | -0.02 |

Interprétations statistiques

La p-value de l'indicateur d'abondance est

La p-value de l'indicateur d'abondance est inférieure à 0,2, on rejette donc l'hypothèse nulle H_0 (stabilité) au profit de l'hypothèse alternative H_1 (variation). Sur la Vanoise Est, il semble donc que l'ICE abondance baisse sur la période 2015 – 2024.

La p-value du coefficient de l'indicateur de performance est supérieure à 0,2, on rejette donc l'hypothèse alternative H_1 (variation) au profit de l'hypothèse nulle H_0 (stabilité). Sur la Vanoise Est, il semble donc que l'ICE performance se stabilise sur la période de temps 2015 – 2024.

Il semblerait que la population « Vanoise Est » soit en décroissance.

Interprétations écologiques

Les comptages de cette année confirme les tendances de l'année précédente : la population sur la Vanoise Est présente une diminution de l'abondance sur la période 2015 – 2024. La tendance à la stabilité de l'ICE performance mise en evidence cette année, pourrait-elle constitué le début d'une redynamisation sur cette population ?

Les quartiers de la Vanoise Est

Les graphiques des deux ICE pour chaque quartier de la zone :

Tableau des résultats numériques des glm pour les quartiers de la Vanoise Est

| zoneGlm | type_ICE | P.v_coef_1 | P.v_coef_2 | val_2015 | diff_2015_2023 |
|--------------|----------|------------|------------|----------|----------------|
| Pierre_Brune | Abon | 0.262 | | 26.01 | 5.76 |
| Pierre_Brune | Perf | 0.632 | | 0.28 | -0.02 |
| Gefret | Abon | 0.178 | | 31.95 | -10.91 |
| Gefret | Perf | 0.026 | 0.026 | 0.31 | -0.10 |
| Marmottieres | Abon | 0.000 | 0.000 | 95.79 | -51.51 |
| Marmottieres | Perf | 0.000 | 0.000 | 0.21 | 0.06 |
| Vallon | Abon | 0.229 | 0.002 | 18.13 | 5.21 |
| Vallon | Perf | 0.354 | | 0.26 | 0.05 |
| Les_Reys | Abon | 0.862 | | 20.64 | 0.73 |
| Les_Reys | Perf | 0.000 | 0.000 | 0.49 | -0.13 |
| Les_Fours | Abon | 0.760 | | 19.72 | 1.89 |
| Les_Fours | Perf | 0.000 | 0.000 | 0.55 | -0.06 |
| Prariond | Abon | 0.000 | | 24.89 | -15.17 |
| Prariond | Perf | 0.009 | | 0.36 | -0.15 |
| Picheru | Abon | 0.572 | | 51.99 | -5.68 |
| Picheru | Perf | 0.362 | | 0.31 | -0.03 |

Résultats pour la Vanoise Sud

Les graphiques des ICE

Les graphiques des résultats de la zone Vanoise Sud sont :

Les coefficients de variation (CV)

Les résultats numériques

Tableau des résultats numériques des glm pour la Vanoise Sud

| zone | Glmt | type | ICEP.v | coef_1 | P.v | coef_2 | val_2015 | diff_2015_2023 |
|---------|------|------|--------|--------|-------|--------|----------|----------------|
| Van_Sud | Abon | | 0.751 | | 25.30 | | -1.57 | |
| Van_Sud | Perf | | 0.219 | | 0.33 | | -0.02 | |

Interprétations statistiques

La p-value de l'indicateur d'abondance est supérieure à 0,2, on rejette donc l'hypothèse alternative H1 (variation) au profit de l'hypothèse nulle H0 (stabilité). Sur la Vanoise sud, il semble donc que l'ICE abondance soit stable sur la période de temps 2015 – 2024

La p-value value de l'indicateur de performance est supérieur à 0,2, on rejette donc l'hypothèse alternative H1 (variation) au profit de l'hypothèse nulle H0 (stabilité). Sur la Vanoise Sud, il semble donc que l'ICE performance écologique soit stable sur la période 2015 – 2024.

Il semblerait que la population « Vanoise Sud » soit stable.

Les quartiers de la Vanoise Sud

Les graphiques des deux ICE pour chaque quartier de la zone :

Tableau des résultats numériques des glm pour les quartiers de la Vanoise Sud

| zoneGlm | type_ICE | P.v | coef_1 | P.v | coef_2 | val_2015 | diff_2015_2023 |
|--------------|----------|-----|--------|-------|--------|----------|----------------|
| Rosoire | Abon | | 0.186 | | | 28.80 | -10.60 |
| Rosoire | Perf | | 0.022 | | | 0.32 | -0.11 |
| Merlet | Abon | | 0.459 | | | 25.05 | -4.60 |
| Merlet | Perf | | 0.299 | | | 0.38 | 0.06 |
| Les_Nants | Abon | | 0.445 | | | 11.53 | 3.05 |
| Les_Nants | Perf | | 0.081 | | | 0.24 | 0.10 |
| Tougne | Abon | | 0.048 | | | 12.10 | 25.57 |
| Tougne | Perf | | 0.000 | | | 0.52 | -0.29 |
| Polset | Abon | | 0.230 | 0.013 | | 5.82 | -2.04 |
| Polset | Perf | | 0.000 | 0.000 | | 0.01 | 0.01 |
| Vallon_Masse | Abon | | 0.001 | 0.000 | | 26.59 | -13.28 |
| Vallon_Masse | Perf | | 0.000 | 0.000 | | 0.23 | 0.03 |
| Replat_Masse | Abon | | 0.102 | | | 5.93 | -5.13 |
| Replat_Masse | Perf | | 0.022 | | | 0.16 | 0.45 |
| La_Loza | Abon | | 0.932 | | | 78.21 | -0.57 |
| La_Loza | Perf | | 0.220 | | | 0.33 | -0.03 |

Une cartographie récapitulative

Cette carte représente chaque zone et chaque quartier colorés en fonction de l'évolution de l'ICE d'abondance avec comme référence l'année 2015 (première année de suivi IPS, IPA en Vanoise).

- en bleu clair, l'ICE actuel est non significativement supérieur à l'ICE de 2015 (la p.value du coefficient est supérieure à 0.2), "STABILITE" entre 2015 et l'année en cours.
- en bleu foncé, l'ICE actuel est significativement supérieur à l'ICE de 2015 (la p.value du coefficient est inférieure à 0.2), AUGMENTATION entre 2015 l'année en cours.
- en rouge clair, l'ICE actuel est non significativement inférieur à l'ICE de 2015 (la p.value du coefficient est supérieure à 0.2), "STABILITE" entre 2015 et l'année en cours.
- en rouge foncé, l'ICE actuel est significativement inférieur à l'ICE de 2015 (la p.value du coefficient est inférieure à 0.2), DIMINUTION entre 2015 l'année en cours.

Ceci n'exclue en rien de possibles augmentations ou diminutions significatives de l'ICE depuis 2015. Aussi le même niveau d'ICE ne veut pas dire forcément que les populations sont dans la même dynamique.

Cette carte est donc construite avec un risque d'erreur de 20%.

Glossaires

Les intervalles de confiance (IC)

Une moyenne de données de comptages est une variable aléatoire. C'est-à-dire que cette moyenne sera différente si elle est calculée à partir de comptages réalisés un autre jour ou par une autre personne (les comptages changent, la moyenne aussi). L'intervalle de confiance à x% donne l'intervalle dans lequel on a x% de chance de trouver la "vraie" moyenne de notre population. Les intervalles de confiance dépendent à la fois des valeurs des comptages (de leur variance) mais aussi du nombre de comptages utilisés pour calculer la dite moyenne. Plus il y a de comptages, plus l'intervalle de confiance aura tendance à se réduire.

Les bootstraps

La méthode des bootstraps permet de calculer les intervalles de confiance en estimant les moyennes possibles et leur fréquence à partir du jeu de données des comptages. Cette estimation des moyennes possibles est effectuée par répétition (un grand nombre de fois) d'un tirage aléatoire (avec remise) des comptages. Ceci a l'avantage d'une part, de ne pas se baser sur une loi préexistante qui pourrait ne pas correspondre à notre jeu de données et, d'autre part, permet des distributions non symétriques.

Les glm

Les glm sont une généralisation du modèle linéaire à des distributions des résidus autres que normales (ce qui est notre cas). Pour nos comptages, on recherche à mettre en évidence une relation de la forme $Y = \alpha + \beta_1 X$ ou $Y = \alpha + \beta_1 X + \beta_2 X^2$ avec Y : une fonction logarithmique de la moyenne des comptages et X : les années. Les glm permettent d'estimer les valeurs et les intervalles de confiance des coefficients et de la moyenne. Les glm retournent également les p.value du test qui ont pour hypothèse nulle la nullité des coefficients β_i de la courbe.

Les distributions

Les résultats de comptages sont des nombres entiers. Plus la moyenne de ces comptages est élevée, plus la variance l'est également. Cela correspond potentiellement à des distributions de données de type : loi de poisson, loi de quasi-poisson et loi binomiale négative. Il est par conséquent impossible d'utiliser un modèle linéaire pour trouver une relation entre les comptages et les années de comptages. Les glm ont donc ainsi été développés pour de tels cas de figure. La distribution de nos comptages ne correspond pas non plus à une distribution de Poisson (variance inégale à la moyenne). C'est pourquoi nous utilisons les glm avec une loi binomiale négative.

Les AIC

L'AIC est une mesure de la parcimonie d'un modèle, c'est à dire sa capacité à expliquer les données en utilisant le moins de variables explicatives possible. L'AIC le plus faible indique le modèle le plus parcimonieux. Une différence d'au moins 2 points est reconnue comme nécessaire pour choisir un modèle ayant plus de variables explicatives (dans notre cas le modèle quadratique).

Bibliographie

- BISON, M. & BONNOT, N. (2019) Prestations de service pour la mise en place d'indicateurs de changement écologique pour le suivi du bouquetin des Alpes (Capra ibex) à l'échelle de l'arc alpin. In. ALCOTRA LEMED IBEX.
- CHEVRIER, T., PELLERIN, M., GAREL, M. & MICHALLET, J. (2015) Suivi des populations d'ongulés et de leurs habitats. Fiches techniques Indicateurs de changement écologique (ICE).
- DELORME, M. & FERBAYRE, J.P. (2015) Suivi de l'évolution des effectifs des populations de chamois du Parc national de la Vanoise. Parc national de la Vanoise.
- LOISON, A., APPOLINAIRE, J., JULLIEN, J.-M. & DUBRAY, D. (2006) [How reliable are total counts to detect trends in population size of chamois *Rupicapra rupicapra* and](#)

- [R. pyrenaica?](#) *Wildlife Biology* **12**, 77–88.
- PÉRON, G. (2015) Rapport de fin de projet Protocole inter-parc chamois – isard, 49.
- R CORE TEAM (2024) *R: A language and environment for statistical computing*. In: R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.