

Stratégie d'échantillonnage

Cette note sur la stratégie d'échantillonnage est dédiée à la question du suivi des tendances temporelles de l'abondance des populations. L'espèce étudiée dans ce projet étant le bouquetin, nous décrivons la stratégie d'échantillonnage en prenant cette espèce pour exemple. Cependant, les préconisations et la stratégie d'échantillonnage peuvent être adaptées aux autres ongulés de montagne. Ce document complète les fiches techniques IPS (Indice d'Abondance Pédestre) et IPA (Indice Ponctuel d'Abondance), et est accompagné d'une table de puissance sous format excel.

Les mots suivis d'un astérisque « * » sont définis dans le lexique à la fin du document.

Le suivi des tendances temporelles devra se faire à l'échelle **populationnelle** (une unité de population*). Ainsi deux populations distinctes mèneront à deux échantillonnages indépendants. Avant de commencer toute réflexion sur la stratégie d'échantillonnage, il est essentiel de disposer d'une cartographie détaillée ou d'une photographie aérienne de l'aire d'étude.

Plusieurs cas de figures peuvent se présenter au gestionnaire souhaitant suivre la démographie des populations de bouquetins sur son territoire :

- **Cas 1** : Le gestionnaire ne connaît que peu de choses sur les bouquetins de son territoire : il ne connaît pas la répartition spatiale des individus, n'a pas d'informations sur la structuration et les limites géographiques des potentielles populations,.....PAGE 2
- **Cas 2** : Le gestionnaire connaît les différentes populations de son territoire mais aucun suivi n'a été réalisé (coefficient de variation de l'abondance de la population inconnu).....PAGE 4
- **Cas 3** : Le gestionnaire connaît les limites des populations de son territoire et au minimum une année de comptage a déjà été réalisée (coefficient de variation de l'abondance de la population connu).....PAGE 5

FIGURE 1 – Bouquetins mâles dans le parc des Ecrins © Rodolphe Papet



Cas 1 : Le gestionnaire ne connaît que peu de choses sur les bouquetins de son territoire : il ne connaît pas la répartition spatiale des individus, n'a pas d'informations sur la structuration et les limites géographiques des potentielles populations,...

Dans un premier temps, il est important de récolter toutes les informations disponibles sur le bouquetin dans l'espace d'intérêt. Il est pour cela nécessaire de faire des recherches bibliographiques pour faire le point sur les données déjà disponibles dans cette zone, discuter avec des spécialistes de la biologie/écologie de l'espèce pour identifier les habitats potentiels, converser avec les naturalistes de la région qui ont sûrement déjà observé des bouquetins de la zone d'intérêt à plusieurs reprises et déterminer ainsi les contours des zones de présence.

En cas d'absence de données suffisantes pour établir les contours des populations du site d'étude, une étude pilote (ou pré-étude) sera nécessaire. Pour cela, la prospection de nombreuses sous-unités échantillonnées aléatoirement sur le site d'étude permettra d'avoir une vision globale de l'occupation spatiale de l'espèce.

Sur une grande échelle spatiale (par exemple à l'échelle d'un parc), si l'espèce est agrégée ou très localisée alors la méthode d'« adaptive sampling » pourra être utilisée. Suivant ce protocole, plusieurs sous-unités (quadrats) échantillonnées aléatoirement seront visitées au moins une fois et leur nombre sera adapté en fonction de la présence ou non de l'espèce dans une sous-unité sélectionnée initialement (fig.2). Ainsi, lorsque l'espèce est présente dans un quadrat, les quadrats adjacents seront aussi prospectés et ainsi de suite. Au contraire, lorsque l'espèce est absente d'un quadrat, le quadrat suivant sur la liste des sous-unités à échantillonner initialement sera prospecté. Cependant, si l'espèce est répartie de manière homogène sur tout le territoire, la méthode d'adaptive sampling n'est pas préconisée car un trop grand nombre de sous-unités devra être échantillonné.

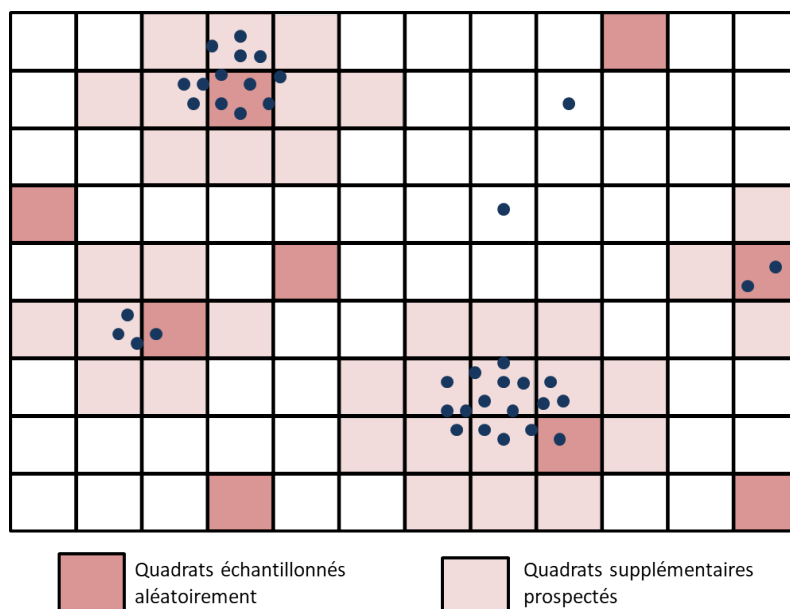


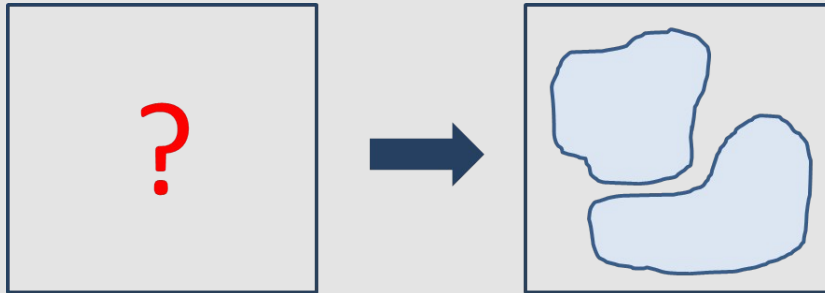
FIGURE 2 – Adaptive sampling

En parallèle, si les moyens humains et financiers le permettent, des colliers GPS pourront être posés sur des individus afin de mieux comprendre leurs déplacements sur le territoire et ainsi décrire l'occupation de l'espace par la ou les populations

Plusieurs années pourront se passer avant de mettre en place le plan d'échantillonnage adapté au suivi des populations. En effet, arriver sur un territoire où rien n'est connu nécessite d'y accorder du temps pour mieux connaître les comportements de l'espèce d'intérêt.

Lorsque ces connaissances sur la répartition spatiale des populations sont atteintes, se référer au cas 2.

Objectif du cas 1 : Mieux connaître l'espèce d'intérêt et délimiter géographiquement les éventuelles populations (2 dans l'exemple ci-dessous)



Cas 2 : Le gestionnaire connaît les différentes populations de son territoire mais aucun suivi n'a été réalisé (coefficient de variation de l'abondance de la population inconnu).

Dans ce cas, une étude pilote (ou pré-étude) devra être mise en place pour connaître certains paramètres des populations et notamment le coefficient de variation* des données de comptage utilisé dans les analyses de puissance (voir cas 3).

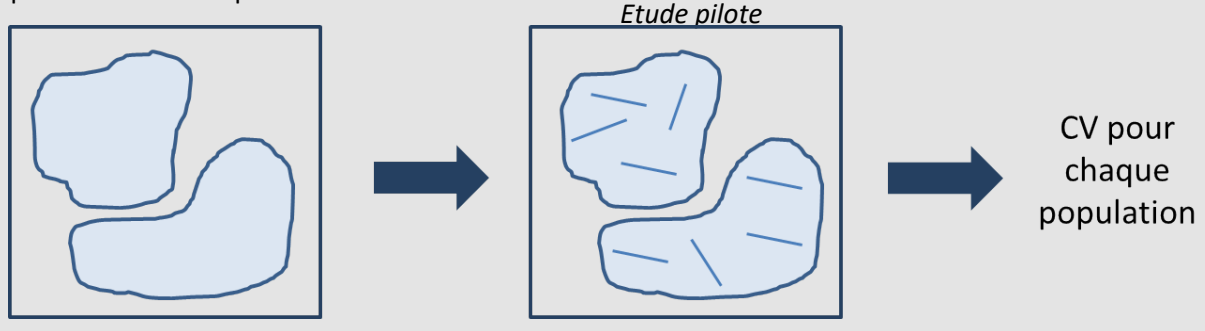
Le protocole définitif devra donc être décalé d'au minimum un an afin d'obtenir les connaissances nécessaires à l'élaboration d'un protocole adapté.

Dans un premier temps, il est important de déterminer l'unité d'échantillonnage qui va être utilisée pour réaliser les suivis : (1) unité biologique (échelle de la population, la population est étudiée dans son ensemble et une gestion inter-administrative est mise en place dans le cas où par exemple, une population est répartie et/ou migre entre plusieurs pays/régions/départements,...), (2) unité administrative (une partie de la population est suivie à l'échelle de la région, du département, d'un secteur de parc, d'une unité cynégétique...). D'un point de vue écologique, les unités de gestion devraient refléter la biologie des populations plutôt que les frontières définies par les humains et il est ainsi conseillé aux unités administratives ou cyné de se coordonner et collaborer pour suivre et gérer l'ensemble d'une population définie (Meisingset et al. 2018).

L'étude pilote (ou pré-étude) consiste en la mise en place d'un certain nombre de circuits/point d'observation (minimum 3, le nombre dépendra du budget et du temps alloué à ce protocole) au sein de chaque population (ou bien au sein d'une population ciblée) du territoire d'étude. Chaque circuit/point d'observation devra être répété au minimum 4 fois afin d'estimer le coefficient de variation sur le site d'étude. Se référer aux préconisations du cas 3 pour la longueur des circuits, leur localisation spatiale, la période de suivi, la périodicité des répétitions...

Lorsque le coefficient de variation moyen est connu alors se référer au cas 3.

Objectif du cas 2 : Estimer les coefficients de variation (CV) moyen de chaque population à partir d'une étude pilote



Cas 3 : Le gestionnaire connaît les limites des populations de son territoire et au minimum une année de comptage a déjà été réalisée (coefficient de variation de l'abondance de la population connu).

- *Nombre de circuits/points d'observation et répétitions à réaliser*

Dans ce cas, le coefficient de variation moyen a déjà été estimé à partir d'une pré-étude (voir cas 2). En fonction du taux de changement par an que veut détecter le gestionnaire, du nombre d'années qu'il peut allouer au suivi, et du coefficient de variation sur le site d'intérêt alors l'abaque fourni ci-joint (table de puissance) permet de déterminer le nombre de circuits/points d'observation et de répétitions à réaliser par an.

Par exemple, dans une population avec un coefficient de variation de 40%, un taux d'accroissement de 10% par an à détecter sur 5 ans, et un risque de se tromper de 5%, alors un minimum de 20 passages par unité d'échantillonnage devra être effectué, soit 5 circuits/points d'observation répétés 4 fois ou 4 circuits/points d'observation répétés 5 fois. Il est important de noter qu'au-delà d'un certain nombre de répétitions, l'influence sur la précision est faible et il est donc plus important de rajouter des circuits plutôt que d'augmenter le nombre de répétitions si l'on veut augmenter la précision (Larsen et al. 2001).

Il est aussi important de noter que cette combinaison de circuits et répétitions ne fonctionne que dans le cas d'une population répartie de manière homogène sur un territoire homogène (en terme d'habitat, de probabilité de détection, de tendances temporelles). Ceci est bien entendu théorique et pour la stratégie d'échantillonnage, il faudra alors penser à choisir – si possible – à la hausse le nombre de circuits et de répétitions. En effet, dans la réalité, les probabilités de détection, les densités de populations, les tendances temporelles peuvent varier selon les zones couvertes par les circuits/point d'observations. Ainsi, par exemple, une population présentant une grande variabilité inter-sites dans ses tendances temporelles diminuera la précision de la tendance globale et donc le taux de changement détecté, mais ceci ne sera connu qu'après avoir réalisé les suivis.

Au-delà du nombre de circuits et de répétitions à réaliser, il est particulièrement important de maintenir le même protocole plusieurs années de suite. Si un gestionnaire sait d'avance qu'il ne pourra pas réaliser le nombre de circuits préconisés chaque année, alors il devra (1) soit revoir à la hausse le taux de changement qu'il veut détecter, (2) soit diminuer le nombre de circuits et suivre la population sur un temps plus long. D'une manière générale, mieux vaut réaliser moins de circuits par année mais pendant plus longtemps car on détecte alors de plus faibles variations. De la même manière, il vaudra mieux réaliser moins de circuits mais être sûr qu'ils pourront être répétés le nombre de fois requis (au minimum 4) chaque année.

- *Localisation spatiale des circuits/point d'observations*

Pour garantir des résultats non biaisés, la meilleure stratégie d'échantillonnage est de tirer aléatoirement les sous-unités (i.e. circuits/points d'observation) dans la zone occupée par la population (fig.3).

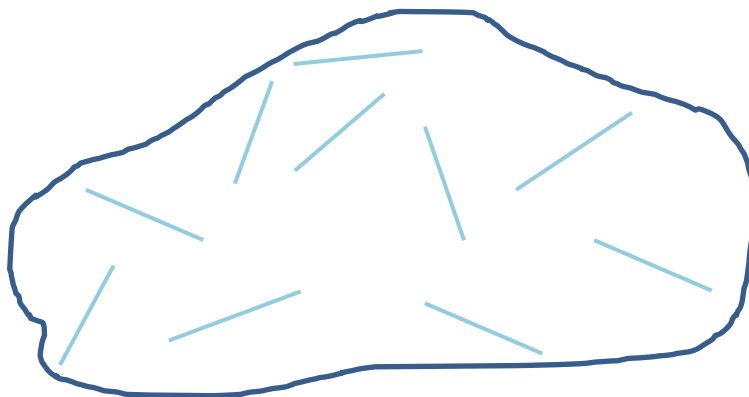


FIGURE 4 – Echantillonnage aléatoire de 10 transects dans une zone occupée par la population d'intérêt

Dans un milieu de montagne, réaliser des transects linéaires disposés aléatoirement est impossible à cause du relief, de l'accessibilité ou encore de la sécurité. Nous conseillons donc d'utiliser des circuits ou des points d'observation. Les sous-unités (i.e. circuits/points d'observation) seront donc placées suivant le site d'étude et selon les connaissances du terrain par le gestionnaire (par exemple, les circuits pourront suivre les sentiers de randonnée, fig.5). Les circuits/points d'observation doivent être **accessibles** par un piéton en toute sécurité et doivent être facilement **reproductibles** d'une année sur l'autre.



FIGURE 5 – Exemple de positionnement des circuits dans le parc Alpi Marittime

Se pose ensuite la question du **positionnement** des sous-unités (circuits/points d'observation) dans l'espace.

Tout d'abord, il est important de ne pas positionner les sous-unités uniquement là où l'espèce est abondante mais bien d'essayer de prospecter le plus largement possible afin d'avoir une bonne représentativité de la population. L'important n'est pas de maximiser le nombre d'individus comptés mais bien d'avoir des zones avec des nombres d'individus variables. De plus, ne compter uniquement que les zones à forte densité mène généralement à des observations de décroissance de la population (ou au mieux une stabilité des effectifs). En effet, des zones favorables à une espèce restent stables dans leur « qualité » ou bien deviennent défavorables. Il faut ainsi suivre l'ensemble

des zones potentiellement occupées, même par quelques individus, et pas uniquement les zones à forte densité. L'unité opérationnelle doit donc être divisée en secteurs qui doivent permettre d'assurer une couverture homogène et représentative de la zone.



Un exemple dans le Parc National des Ecrins est pertinent à ce sujet (fig.6) : au début du suivi en 2000, aucun individu n'était dénombré sur le secteur Q8. En 2006, les premiers individus ont été dénombrés. Il a donc fallu attendre 6 années d'absence d'observations avant d'avoir les premiers individus. Même si sur le moment cela a dû être frustrant et peu motivant de ne rien observer, cela a été payant car on sait maintenant exactement à quel moment les bouquetins sont arrivés sur ce site ce qui n'aurait pas été le cas si les gestionnaires n'avaient suivi que des zones occupées par les bouquetins au début du suivi.

FIGURE 6 – Nombre d'animaux comptés sur le secteur Q8 dans le Parc des Ecrins

Ensuite, les circuits/point d'observation sont positionnés de manière à assurer l'indépendance entre les observations réalisées sur chaque secteur et ainsi éviter les **double-comptages**. En cas de doute, les équipes doivent se munir de radios et informer des mouvements de bouquetins entre secteurs. Enfin, le périmètre de la zone à observer sur chaque circuit/point d'observation doit être clairement défini et matérialisé sur une carte ou une photo aérienne (fig.7) afin de **garantir les mêmes conditions d'observations** quel que soit l'observateur, la sortie, l'année. Cette délimitation se fait à partir des éléments naturels et pérennes : lignes de crêtes, cours d'eau, etc.

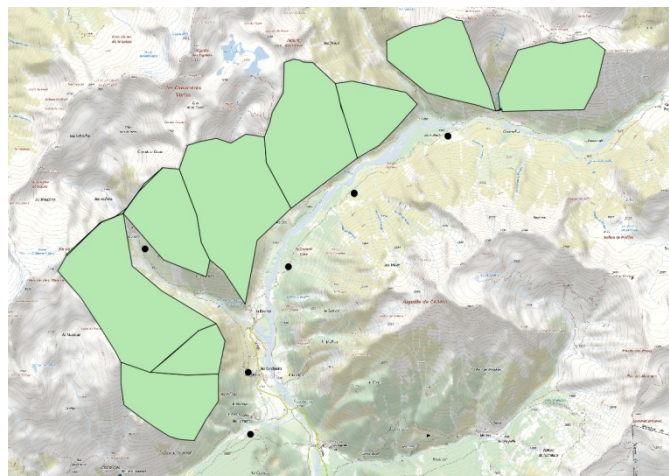


FIGURE 7 – Périmètre des zones à observer (en vert) depuis les points d'observation (noir, point d'observation)

Nous conseillons de positionner les circuits ou les point d'observations au cœur de la population pour pouvoir appliquer la méthode de distance sampling aux données échantillonnées et estimer une probabilité de détection. Si cela n'est pas réalisable (suivi hivernal, zones inaccessibles,...) alors il est possible d'observer les animaux à distance sur un point fixe d'observation situé sur le versant opposé

par exemple. Dans ce cas, nous conseillons d'utiliser les méthodes de « double-observateur » ou de « removal sampling » qui permettront d'estimer une probabilité de détection :

- *Méthode « double-observateur »* : dans le cas des comptages à double observateur, à chaque point d'observation, un observateur « primaire » note (sur fiche de terrain et sur carte) et indique au second (observateur « secondaire ») tous les individus qu'il détecte. L'observateur secondaire note en parallèle (sur fiche de terrain et sur carte) toutes les observations de l'observateur primaire ainsi que tout ce qu'il rate. A la fin de chaque comptage sont comptés le nombre d'individus détectés par l'observateur primaire ainsi que le nombre manqué par l'observateur primaire mais détecté par l'observateur secondaire. L'observateur secondaire est placé en retrait du champ de vision de l'observateur primaire afin de ne pas l'influencer lorsqu'il note de nouvelles observations. Les observateurs doivent alterner les rôles entre les répétitions et leurs expériences dans l'observation devront être similaires.
- *Méthode « removal sampling »* : cette méthode consiste à diviser la période d'échantillonnage en plusieurs intervalles de temps (exemple, 3 sessions d'observation de 5 minutes). Lors du premier intervalle de temps (0, t) tous les animaux vus sont comptés et notés sur une carte. Lors du deuxième intervalle de temps (t, 2t) sont notés les animaux ratés lors du premier intervalle de temps. Et ainsi de suite selon le nombre d'intervalles de temps défini au préalable.

- *Longueur des circuits / Durée d'observation sur les point d'observations*

L'objectif étant d'appliquer la méthode de distance sampling sur les données de comptages afin d'estimer une probabilité de détection, un minimum de 60-80 observations (toutes répétitions confondues sur un circuit pendant une année, 1 observation = 1 animal isolé ou 1 groupe d'animaux) est requis pour obtenir des estimations robustes. A noter que le nombre d'observations requises est 25% plus élevé pour les points d'observations – étant donné que l'aire échantillonnée augmente avec le carré de la distance – pour obtenir le même niveau de précision (Buckland et al. 2004). Les circuits doivent donc être assez longs pour atteindre ces quotas. Cependant, le parcours du circuit doit pouvoir être fait en une demi-journée maximum afin de limiter les biais quant à la variation de la détectabilité des animaux au cours d'une journée. La longueur des circuits est donc le résultat d'un compromis entre le nombre d'observations et le temps qu'il faut pour le parcourir. Si ce nombre d'observations minimum n'est pas atteint, il faudra penser à augmenter le nombre de répétitions par année.

Dans le cas des points d'observations, la durée d'observation dépendra du nombre d'animaux à compter, l'objectif étant de scruter toute la zone d'observation et de noter tous les individus/groupes d'individus comptés. De la même manière que les circuits, le suivi ne devra pas dépasser la demi-journée.

- **Observateurs**

Pour chaque circuit/point d'observation, deux personnes sont nécessaires :

- Un observateur qui détecte et identifie les animaux,
- Un accompagnateur qui peut noter les observations sur la fiche **mais qui ne participe en aucune façon à la détection des animaux.**

Pour des raisons de sécurité, il est préférable d'effectuer les sorties par équipe de deux personnes. Idéalement, les observateurs sont les mêmes chaque année et ont une bonne connaissance des circuits et de l'espèce. Il est préférable de faire tourner ces observateurs pour qu'ils ne réalisent pas

toujours le même circuit/point d'observations. Cela peut entraîner des biais de comptages notamment parce qu'un observateur qui va toujours sur le même circuit/point d'observation sait où regarder pour trouver les animaux et augmente donc sa probabilité de détection au cours du temps (Shirley et al. 2012). Il mettra aussi moins d'effort sur les zones supposées non occupées et pourra potentiellement rater des animaux.

Les observateurs sont préalablement formés à la méthode et à la reconnaissance des animaux : sexes et classes d'âge. Il est enfin recommandé d'effectuer un rappel du protocole à l'ensemble des observateurs chaque année, avant le début des opérations.

- *A quel moment de la journée les circuits/point d'observations doivent être suivis ?*

Les observations doivent débuter à l'aube car cette période correspond au pic d'activité matinal des animaux (fig.9). L'opération dure 3 à 4 heures maximum de façon à limiter les changements de condition dans la journée, notamment les variations de température au cours de la journée qui affectent l'activité des animaux et donc leur détectabilité (Garel et al. 2004).

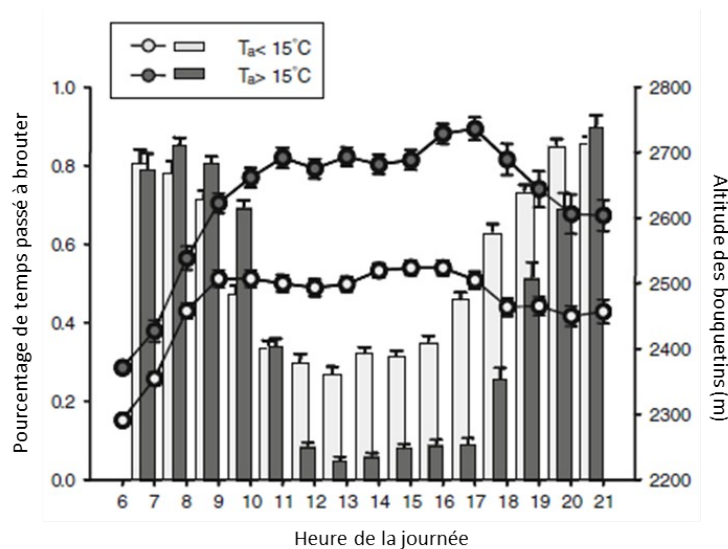


FIGURE 8 – Moyenne +/- erreur standard du pourcentage de temps passé à brouter (histogramme) et moyenne +/- erreur standard de l'altitude (points) de bouquetins mâles entre 6h et 21h pour des jours où la température ambiante est supérieure (gris foncé) ou inférieure (gris clair) à 15°C. Figure issue d'Aublet et al. 2009.

- *A quelle période de l'année les suivis doivent être réalisés ?*

Etant donné que l'on conseille de réaliser les circuits ou les point d'observations au sein de la population afin de pouvoir utiliser la méthode de distance sampling, un suivi printanier ou estival est le plus adapté car le moins dangereux. La période de suivi (printemps ou été) dépendra du site d'étude et de l'occupation spatiale du bouquetin. Par exemple, sur certains sites, les bouquetins sont regroupés en grands groupes faciles d'accès au printemps alors qu'en été ils se divisent en petits groupes difficilement accessibles. Dans ce cas, un suivi printanier est le plus adapté. A noter que les suivis printaniers ne permettent cependant pas d'obtenir des informations sur la reproduction. Toutefois, les suivis peuvent être faits en hiver, en cas de « surcharge » de protocoles en été, ou si l'occupation spatiale du bouquetin rend cette période plus favorable aux comptages. Dans ce cas, il est fortement probable que les observations ne se fassent pas au sein de la population mais depuis un poste d'observation éloigné. C'est par exemple le cas dans les parcs nationaux des Ecrins et de la Vanoise. Les suivis y sont réalisés en hiver (décembre, janvier, février) et les comptages sont faits

depuis le versant opposé. Dans ce cas, la méthode de distance sampling ne peut pas être appliquée (voir le rapport pour des explications détaillées) et nous conseillons l'utilisation de la méthode de « double-observateur » pour pouvoir estimer une probabilité de détection.

- *A quelle fréquence les circuits doivent-ils être répétés ?*

Les visites répétées doivent être réalisées dans un court laps de temps (1 mois) afin de limiter la variabilité et de respecter au mieux l'hypothèse du suivi d'une population close (population fermée démographiquement = pas d'immigration, émigration, mortalité ou natalité durant la période d'échantillonnage ; pour les ongulés cela doit donc se faire **hors période de mise-bas**, ou alors **le nombre de cabris comptés ne doit pas être pris en compte dans les analyses**).

- *Comment se déroule l'opération et quelles données collecter ?*

L'observateur parcourt le circuit toujours dans le même sens en évitant si possible les contre-jours. Il progresse à allure régulière pour rechercher les animaux et détecte les animaux à l'oeil nu et/ou à l'aide de jumelles pour affiner son observation (fig.10).

Lors des suivis, chaque groupe d'individus, le nombre, le sexe et la catégorie d'âge des individus qui composent le groupe doivent être notés sur les fiches de terrain (voir les fiches protocole pour cela). En parallèle la position de chaque groupe doit être notée sur une carte IGN fournie avec la fiche de saisie. Deux groupes sont considérés distincts lorsqu'ils sont éloignés au minimum de 50m.

Il est très important de noter les circuits où aucune observation n'a été faite. Si cela n'est pas noté, nous ne pourrons pas savoir lors des analyses si le circuit n'a pas été fait ou s'il a été fait mais qu'aucun animal n'a été détecté.

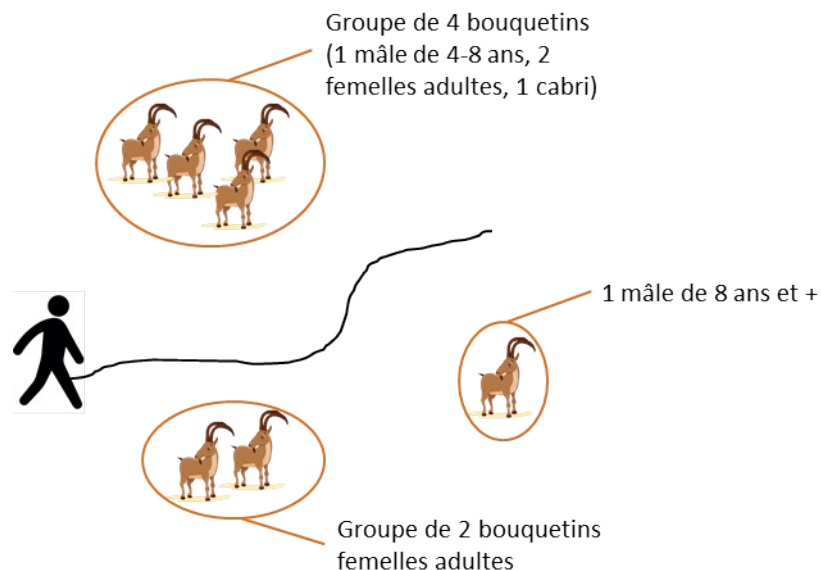
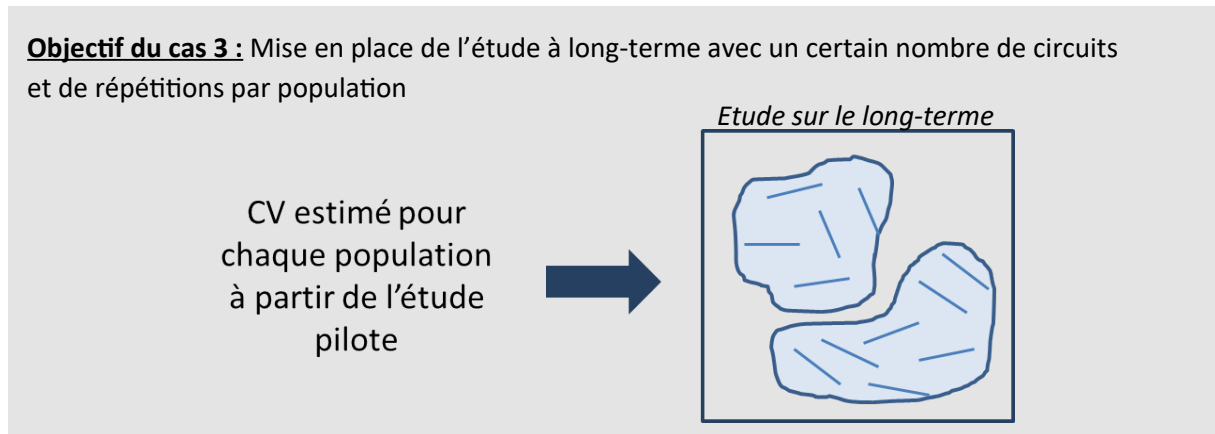


FIGURE 9 – Observation des groupes de bouquetins le long d'un circuit (le principe est le même pour les point d'observations excepté le fait que l'observateur est immobile sur un point d'observation)

Il est important de noter toutes les informations auxiliaires disponibles (animaux marqués, météo, observateurs, présence d'animaux domestiques...) car ces données pourront servir lors d'analyses ultérieures.



Informations supplémentaires

- Les données doivent être saisies informatiquement rapidement après la saison de terrain. En effet, cela diminue le risque de mauvaise compréhension d'une annotation, facilite la gestion et permet l'exploration annuelle des données échantillonnées.
- Il est important d'analyser les données au cours de l'étude et non pas uniquement à la fin. Analyser régulièrement les données (au minimum moyennes et intervalles de confiance) permet d'adapter l'effort d'échantillonnage si celui-ci n'a pas été estimé avant ou bien si la population s'écarte fortement de la population théorique utilisée pour construire la table de puissance. Il est possible de se rendre compte que l'effort d'échantillonnage est trop important par rapport à la précision apportée, permettant ainsi de réduire l'énergie allouée au suivi et diminuer le budget. Dans d'autres cas, il suffira d'augmenter un petit peu l'effort d'échantillonnage pour atteindre la précision espérée et ainsi conclure à des résultats significatifs.
- En cas de changement de protocole, il faudra conduire l'ancien et le nouveau protocole en parallèle pendant au moins trois ans pour déterminer si les données peuvent être comparées directement ou bien nécessitent d'être corrigées.
- De manière générale, nous voulons rappeler que la sélection aléatoire des unités d'échantillonnage lors de l'établissement d'un plan d'échantillonnage est un paramètre très important. Cependant, nous sommes bien conscients que cela n'est pas toujours possible, surtout dans les milieux de montagne. Lorsque cela est possible, il faut garder en tête qu'un échantillonnage aléatoire assure la représentativité de la population. Les résultats sont alors plus aisés à analyser statistiquement et sont plus facilement généralisables (Yoccoz et al. 2001). Suivre un plan d'échantillonnage aléatoire implique que certaines unités visitées n'abritent pas l'espèce d'intérêt. Ceci

peut paraître démotivant pour un agent mais pourtant l'information de l'absence est tout aussi pertinente que la présence.

La stratégie d'échantillonnage décrite dans le document ci-dessus est dédiée à la question du suivi des tendances temporelles de l'abondance des populations grâce à des protocoles standardisés et répétés dans le temps (ICE Abondance). Cependant, d'autres objectifs peuvent être définis et ils seront donc associés à d'autres méthodes de suivi, comme par exemple :

- (1) Effectif minimum détecté (EMD) → Comptage Flash
- (2) Tendances temporelles → Indicateurs de Changement Ecologique (ICE)
- (3) Carte de présence de l'espèce → Présence/Absence selon des échantillonnages stratifiés

ICE Performance

Au suivi des tendances temporelles de l'abondance des populations (ICE Abondance) décrit dans le document ci-dessus s'ajoute le suivi de la performance des individus (ICE Performance) et de leur impact sur le milieu (ICE Pression sur la flore). Ces indices sont décrits dans les fiches techniques accessibles sur le site de l'ONCFS (<http://www.oncfs.gouv.fr/Fiches-techniques-download156>) et dans le rapport sur les ICE du bouquetin des Alpes. La combinaison des trois familles d'ICE (Abondance, Performance, Pression) permet de suivre l'état d'équilibre biologique entre une population et son environnement et ainsi d'adapter la gestion en fonction des objectifs fixés.

Lexique :

- *Coefficient de variation (CV)* : c'est le rapport entre l'écart-type et la moyenne, généralement multiplié par 100 pour obtenir un pourcentage. C'est une mesure de dispersion relative qui donne des indications sur la variabilité dans les observations entre sessions d'une même année.

Plus le coefficient de variation est élevé, plus il y a de la variabilité dans le nombre d'animaux observés entre les sorties. Un coefficient de variation égale à 0 signifie que le même nombre d'animaux est compté à chaque sortie.

- *Unité de population* : ensemble d'individus d'une même espèce socialement en contact au cours du cycle biologique annuel, exploitant un même espace géographique et présentant par catégorie de classe d'âge et de sexe, des paramètres démographiques proches.

Références

- Aublet, J.-F., Festa-Bianchet, M., Bergero, D. et Bassano, B. (2009) – Temperature constraints on foraging behaviour of male Alpine ibex (*Capra ibex*) in summer. *Oecologia*.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham K.P., et Laake, J.L. (1993) – Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. *Chapman and Hall, London*.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. et Thomas, L. (2004) – Advanced Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. *Oxford University Press*.
- Garel, M., Cugnasse, J.-M., Loison, A., Gaillard, J.-M., Vuiton, C. et Maillard, D. (2004) – Monitoring the abundance of mouflon in South France. *European Journal of Wildlife Research*.
- Larsen, D.P., Kincaid, T.M., Jacobs, S.E. et Urquhart, N.S. (2001) – Designs for evaluating local and regional scale trends. *BioScience*.
- Meisingset, E.L., Loe, L.E., Brekkum, O., Bischof, R., Rivrud, I.M., Lande, U.S., Zimmermann, B., Veiberg, V. et Mysterud, A. (2017) – Spatial mismatch between management units and movement ecology of a partially migratory ungulate. *Journal of Applied Ecology*.
- Shirley, M.H., Dorazio, R.M., Abassery, E., Elhady, A.A., Saad Mekki, M. et Helmy Asran, H. (2012) – A sampling design and model for estimating abundance of Nile Crocodiles while accounting for heterogeneity of detectability of multiple observers. *The Journal of Wildlife Management*.
- Yoccoz, N.G., Nichols, J.D. et Boulinier, T. (2001) – Monitoring of biological diversity in space and time. *TRENDS in Ecology & Evolution*.