

GUIDE POUR LE MONITORING DES ONGULÉS SAUVAGES

Groupe de travail Ongulés sauvages de la SSBF
2023

Imesch Nicole, Fiechter Ruth, Fischer Claude, Gehr Benedikt, Kupferschmid Andrea Doris,
Signer Claudio, Suter Stefan, Vogt Kristina et Willisch Christian



Proposition de citation:

Imesch N., Fiechter R., Fischer C., Gehr B., Kupferschmid A.D., Signer C., Suter S., Vogt K., Willisch C. (2023) Guide pour le monitoring des Ongulés sauvages. Société Suisse de Biologie de la Faune SSBF. 40 p.

Éditeurs: GT Ongulés sauvages, Société Suisse de Biologie de la Faune

Rédaction et traduction de l'allemand: Béatrice Nussberger, Wildtier Schweiz

Layout: Claude Andrist, Wildtier Schweiz

Illustration page titre:

étagne munie d'un collier émetteur (*Photo: Claudio Signer*)

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	4
2	PRINCIPES DE BASE	5
3	PROCÉDURE	6
3.1	Choix des méthodes de monitoring adéquates	6
3.2	Planification et organisation des monitorings	6
3.3	Relevés	7
3.4	Analyses	7
4	QUESTIONS DE BIOLOGIE DE LA FAUNE SAUVAGE ET PARAMÈTRES DE POPULATION	8
5	METHODES DE MONITORING	10
6	CHAPITRE SUR LES ESPÈCES	25
6.1	Monitoring chevreuil	26
6.2	Monitoring cerf élaphe	28
6.3	Monitoring sanglier	30
6.4	Monitoring chamois	32
6.5	Monitoring bouquetin	34
7	GLOSSAIRE	36
8	LITTÉRATURE	37



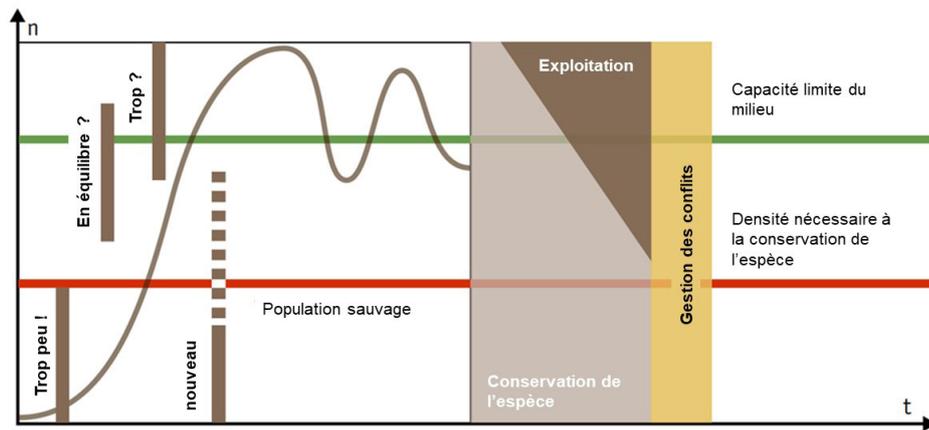
III. 1:
chevreuil (Photo: Wildtier Schweiz)

1 INTRODUCTION

Le monitoring des effectifs d'Ongulés sauvages indigènes fait partie des bases de la gestion de la faune sauvage. En Suisse, cette gestion poursuit les buts suivants (selon la loi fédérale sur la chasse et la protection des mammifères et des oiseaux sauvages LChP; RS 922.0):

- préservation des espèces animales menacées,
- tailles des populations adaptées au biotope avec des structures de population les plus naturelles possibles (pyramide des âges, sex-ratio),
- exploitation durable par la chasse.

Pour atteindre et surveiller fiablement ces buts, il est nécessaire d'avoir des données sur la taille, la dynamique, la structure, l'état et la distribution des effectifs de la faune sauvage qui soient relevées selon les standards actuels et bien documentées. Ces données servent également comme données de base pour définir des buts cynégétiques (p.ex. stabiliser, réduire ou augmenter les effectifs; cf. ill. 2) et pour contrôler le succès des mesures, resp. pour adapter si nécessaire les mesures appliquées, dans le sens d'une planification continue.



Ill. 2:
Phases de développement d'une population sauvage et buts respectifs (tiré de Robin, Graf & Schnidrig 2017). Le monitoring permet de juger objectivement des différentes phases.

Les méthodes de monitoring avec lesquelles les données peuvent être relevées et analysées sont diverses et évoluent constamment. Le groupe de travail (GT) Ongulés sauvages de la société suisse de biologie de la faune (SSBF) a donc établi le présent guide pour tous les gestionnaires d'Ongulés sauvages. Ce guide dresse la liste des paramètres à connaître pour répondre aux questions principales pour la gestion des Ongulés et présente les méthodes de monitoring adéquates pour relever ces paramètres. Il contient également des re-

commandations pour chacune des espèces indigènes (chevreuil, cerf élaphe, sanglier, chamois, bouquetin) au niveau des méthodes à appliquer, selon les buts du monitoring et selon leur faisabilité.

Par ce guide, qui correspond au niveau actuel de connaissance et d'expérience, le groupe de travail souhaite soutenir une gestion des Ongulés sauvages en Suisse qui s'appuie sur des bases scientifiquement solides.

2 PRINCIPES DE BASE

Pour planifier, organiser et implémenter des programmes de monitoring, il faut tenir compte des principes de base suivants:

- Le monitoring ne se limite pas au **relevé** des données, mais comprend aussi l'**analyse** et l'**interprétation** des données.
- On distingue les méthodes de monitoring **directes et indirectes**. Avec les méthodes directes, ce sont les animaux eux-mêmes qui sont observés, comptés, collectés, mesurés ou échantillonnés. Avec les méthodes indirectes, on vise à relever les traces ou autres indices laissés par les animaux.
- Un monitoring peut livrer des données **qualitatives** (caractéristiques) et/ou **quantitatives** (nombre, index). Lors des deux approches, les données sont relevées et analysées de façon systématique.
- Une **procédure méthodique standardisée** est nécessaire pour les relevés et les analyses, afin d'assurer la comparabilité des données - autant dans le temps que dans l'espace.
- Pour suivre l'évolution d'une population sur une durée déterminée, aussi dans le sens d'une planification continue, une **répétition périodique** des relevés et analyses de données est nécessaire.
- Lors de comptages, la **probabilité de détection** est en général inférieure à un. En d'autres termes, on ne relèvera pratiquement jamais tous les animaux d'une population. En connaissant la probabilité de détection, les valeurs collectées pourront être corrigées en fonction de cette probabilité et s'approcheront ainsi davantage de la valeur réelle. L'estimation des effectifs résulte de la somme des individus relevés lors du comptage et du nombre d'individus non détectés, estimé au moyen de la probabilité de détection. Par ailleurs, indépendamment de la probabilité de détection, il faut aussi tenir compte du fait que certains individus risquent d'être comptés à double.
- Normalement, l'unité spatiale pour le monitoring est la **zone de gestion du gibier**.

3 PROCÉDURE

3.1 Choix des méthodes de monitoring adéquates

Avant de mettre en place un monitoring, il faut commencer par **préciser les questions** auxquelles on veut répondre avec le monitoring. Ce n'est qu'à partir de cette série de questions précises que l'on pourra définir les paramètres qu'il sera nécessaire de relever (cf. *chapitre 4*). Le choix des méthodes adéquates dépendra de ces paramètres.

Toutes les méthodes de monitoring utilisées aujourd'hui sont décrites au *chapitre 5*. Le choix des méthodes est un compromis entre le **gain de connaissance** escompté et la **faisabilité et l'effort** du relevé et des analyses. Pour qu'un monitoring puisse livrer le gain de connaissance souhaité, il est le plus souvent nécessaire de **combinaison plusieurs paramètres et méthodes**.

Si le but est un monitoring longue durée ser-

vant de base pour une planification cynégétique continue, il est raisonnable de choisir un effort annuel modéré, que les gardes-faune ou les locataires de territoires de chasse affermés peuvent réellement fournir. Au contraire, si le but est de maximiser le gain de connaissance concernant une question spécifique (p.ex. délimitation des sites d'été et d'hiver d'une population de cerfs élaphe), il faudra prioriser la qualité et la pertinence des résultats comme critères pour le choix des méthodes.

Le chapitre 6 présente pour chaque espèce les méthodes de monitoring adéquates quant à la qualité des données, au gain d'information, ainsi qu'à la faisabilité et à l'effort, en version Standard et en version Luxe.

3.2 Planification et organisation des monitorings

Un monitoring pertinent doit être **planifié** de manière à pouvoir remplir les exigences méthodiques (cf. *chapitre 5, 6 et littérature du chapitre 8*).

Normalement, l'unité spatiale de planification est la **zone de gestion du gibier**. Pour les chevreuils, on peut choisir de plus petites unités, p.ex. un territoire de chasse. Lorsque le monitoring concerne des zones de gestion du gibier supra-régionales (notamment pour le cerf élaphe et le sanglier), une coordination entre les cantons et/ou les territoires de chasse serait utile. Cela contribue aussi à éviter les doubles-comptages.

En général, un monitoring doit être **organisé dans le temps**. C'est-à-dire qu'il faut déterminer (a) quand dans la journée, resp. dans l'année les données doivent être relevées et analysées, et ce (b) dans quel intervalle, resp. à quelle fréquence. Ces unités temporelles dépendent d'une part des buts fixés, mais

d'autre part aussi et dans une large mesure de la **faisabilité** des relevés. Chez les Ongulés sauvages, la faisabilité est souvent fortement déterminée par leur utilisation de l'espace et par le degré de difficulté à les observer, donc de paramètres qui dépendent des saisons, des conditions météorologiques et des habitats fréquentés.

De plus, pour des comptages, il faut organiser suffisamment de **collaborateurs expérimentés**, qui auront été instruits au préalable sur le procédé et les méthodes de relevé. L'expérience montre qu'il est favorable pour l'acceptation des résultats d'impliquer les chasseurs et evt d'autres groupes d'intérêt.

En planifiant un programme de monitoring de longue durée, il faut en outre tenir compte du fait que certains procédés peuvent se développer rapidement.

3.3 Relevés

Pour assurer que les données soient comparables - autant sur la durée que dans l'espace, les méthodes doivent être appliquées selon un **procédé standardisé**. Un comptage d'animaux sauvages ne sera jamais parfait, dans la mesure où on ne comptera jamais tous les animaux dans une zone de gibier, ni ne pourra attribuer correctement/exhaustivement les catégories d'âge et de sexe pour l'entier des individus observés.

Cette erreur d'observation méthodique est inhérent à chaque relevé d'animaux vivants à l'état sauvage et il faut donc en tenir compte lors de l'analyse et l'interprétation des données. **Il est essentiel que les données relevées soient suffisamment précises et reproductibles**, pour pouvoir prouver les changements dans les unités d'espace et de temps voulus.

Dans le cas où l'on souhaiterait un **chan-**

gement de méthode dans une zone de gibier, il est impératif de documenter ces changements et d'**appliquer autant l'ancienne que la nouvelle méthode pour un certain laps de temps**, afin de reconnaître dans les résultats les différences qui sont dues au changement de méthode.

Les **répétitions** permettent de déterminer les probabilités de détection et les erreurs de détection et aident ainsi à rendre plus précis les valeurs estimées. Les répétitions sont particulièrement importantes quand les valeurs mesurées sont peu précises.

Il est également capital que toutes les données collectées soient conservées et sauvegardées dans une **banque de données** adéquate pour les analyses ultérieures.

3.4 Analyses

Selon la question/le jeu de données, une **simple analyse descriptive** des données peut suffire (p.ex. représentation graphique avec ligne de tendance ou moyenne). Dans certains cas, des **analyses statistiques plus poussées** sont cependant nécessaires (p.ex. modélisations des effectifs).

Souvent, des **informations sur l'évolution relative des effectifs est plus pertinente** et importante pour la gestion que les valeurs absolues des effectifs. Il faut tenir compte de ce constat déjà dans le choix de la méthode.

Les méthodes d'analyse les plus courantes sont décrites au *chapitre 5* et détaillées par espèce au *chapitre 6*.

4 QUESTIONS DE BIOLOGIE DE LA FAUNE SAUVAGE ET PARAMÈTRES DE POPULATION



III. 3:
famille de chamois (*Photo: Wildtier Schweiz*)

Le choix de la méthode adéquate commence par une définition claire des informations souhaitées, resp. des questions posées. À partir de là, on peut définir quels sont les paramètres de population qu'il convient de relever. Différentes méthodes de monitoring

peuvent être appliquées pour relever et analyser ces paramètres. Le *tableau 1* dresse une liste de questions relatives à la faune sauvage avec les paramètres correspondants. Ce tableau peut donc être vu comme le point de départ pour la mise en place d'un monitoring.

Tableau 1:
 Questions pertinentes pour la gestion de la faune sauvage avec les paramètres de population correspondants (cf. glossaire chapitre 7). Ces paramètres peuvent être relevés par différentes méthodes de monitoring (abréviations cf. chapitre 5).

Catégorie	Questions	paramètres de population	méthodes de monitoring
données quantitatives sur les effectifs	Quels sont les effectifs dans une région donnée?	taille de population	AFF, DCS, AER, PHS, CMR, IPM, IR, IKM, CRO, COH, TAX
	Comment les effectifs évoluent-ils dans le temps (augmentation/diminution)?	changement de la taille de population dans le temps (=développement de la population)	AFF, DCS, AER, PHS, CMR, IPM, IR, STAT, IKM, COH, TAX
	Quel est le taux de reproduction/d'accroissement de la population?	taux de reproduction/d'accroissement	AFF, EME, PHO, PHS, CMR, IPM, STAT, IKM, COH
	Quel est le taux de mortalité de la population?	taux de mortalité	AFF, EME, CMR, IPM, STAT
	Quelle est la probabilité de détection lors des comptages?	taille de population, taux de reproduction/d'accroissement, taux de mortalité	AFF, DCS, AER, PHS, CMR, IPM, IR, IKM, COH, TAX
données qualitatives sur les effectifs	Le rapport entre les sexes (sex-ratio) correspond-il aux directives du programme de gestion?	sex-ratio	AFF, PHO, PHS, CMR, IPM, STAT, COH
	La pyramide des âges correspond-elle aux directives du programme de gestion?	pyramide des âges	AFF, PHO, PHS, IPM, STAT, COH
	Quelle est la qualité de la constitution des animaux d'une population par rapport à d'autres régions/années?	Constitution	STAT
	Quelle est la qualité de la condition des animaux d'une population par rapport à d'autres régions/années?	Condition	PHO, PHS, STAT
	Les effectifs sont-ils proches de la capacité limite du milieu?	Constitution, condition, taux de reproduction, taux d'accroissement, taux de croissance	Il faut une combinaison de différentes méthodes de monitoring et des modélisations plus poussées sur l'évolution des paramètres de population en fonction de la densité. Il faut aussi tenir compte de paramètres du milieu (p.ex. rajeunissement forestier) pour répondre à cette question.
données spatiales	Comment les animaux se répartissent-ils spatialement dans une région au cours de l'année?	utilisation de l'espace	EME, AER, PHS, CMR, IR, CRO, OCC
	Combien d'animaux se trouvent-ils dans une région donnée? Les animaux sont-ils dispersés de manière homogène ou inhomogène dans la région?	densité de population	EME, AER, PHS, CMR, IR, CRO, OCC, REM
	Comment les sites de protection de la faune et les zones de tranquillité influencent-ils l'utilisation de l'espace?	utilisation de l'espace, densité de population, pyramide des âges, sex-ratio, constitution, condition	combinaison de plusieurs méthodes de monitoring (cf méthodes selon les paramètres de population listés ci-dessus)

5 MÉTHODES DE MONITORING

Les pages suivantes présentent les méthodes de monitoring principales, appliquées actuellement et jugées adéquates. Des méthodes pour le relevé de données ainsi que

pour l'analyse de données y sont décrites. En général, il est judicieux de combiner ces méthodes (cf. aussi chapitre 6).

Méthode de monitoring	Abréviation
comptage à l'affût	AFF
émetteurs	EME
Distance Sampling	DCS
relevés avec aéronefs	AER
Monitoring piège-photo, opportuniste	PHO
Monitoring p.-photo, systématique / déterministe	PHS
Capture-Marquage-Recapture	CMR
Integrative Population Models	IPM
Caméra infrarouge ou thermique	IR
Statistiques de chasse et de gibier péri	STAT
Index kilométrique	IKM
Comptage des crottes	CRO
Occupancy Models	OCC
Random Encounter Model	REM
étude de cohorte rétrospective	COH
Taxation au phare	TAX

Tableau 2:
Liste des méthodes de monitoring décrites, avec leur abréviation



III. 4:
Chevrette
avec faon
(Photo:
Stefan Suter
et Claude
Andrist)

Tableau 3:
Description détaillée des différentes méthodes de monitoring

Méthodes de monitoring	
Comptage à l'affût (AFF)	
Descriptif	La région est divisée en secteurs avec des postes d'observation fixes, d'où les observateurs comptent les animaux en même temps et de façon coordonnée. Les déplacements des animaux d'un secteur à l'autre sont documentés, afin d'éviter les doubles-comptages. En plus du nombre d'animaux, on note le sexe et la classe d'âge des animaux (au minimum: moins d'un an, 1 an, adulte, inconnu, p.ex. chamois: chevreau, éterle/éterlou, adulte, inconnu). Des catégories d'âge plus détaillées sont possibles selon l'espèce. La répétition des comptages permet de calculer une probabilité de détection.
Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> • taille de population (non-corrigé: index pour la taille de population; corrigé pour la probabilité de détection: valeur estimée de la taille de population +/- marge d'erreur) • développement de la population • taux de reproduction/d'accroissement • taux de mortalité • sex-ratio • pyramide des âges
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> • terrain dégagé, offrant une bonne visibilité de la surface à observer • bonne coordination entre les observateurs • bonne visibilité (conditions météo) • observateurs capables de catégoriser les animaux à distance. Le relevé des catégories d'âge et de sexes est nécessaire pour pouvoir découvrir la structure de la population et les taux de reproduction/d'accroissement. • documentation des déplacements des animaux • la probabilité de détection peut être estimée au moyen de répétitions des comptages ou avec des comptages synchrones par des observateurs dépendants ou indépendants. Dans le cas des observateurs dépendants, l'observateur 2 ne compte que les animaux qui n'ont pas été vus par l'observateur 1. Dans le cas des observateurs indépendants, les deux observateurs comptent tous les animaux qu'ils voient. • la probabilité de détection peut aussi être estimée s'il y a des animaux marqués dans la population (cf. CMR).
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • simple évaluation des données • adapté pour au-dessus de la limite forestière • peu de dérangement des animaux • implication des chasseurs
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • effort important pour la planification et la coordination des activités de comptages avec la participation de beaucoup de personnes • forte dépendance des conditions météorologiques (si nécessaire, estimer l'influence de la météo sur la probabilité de détection au moyen d'un modèle)

Émetteurs (EME)	
Descriptif	Les animaux sont capturés et équipés d'émetteurs. Pour les Ongulés sauvages, les colliers émetteurs ou des marques auriculaires sont indiqués. Plusieurs systèmes d'émission sont disponibles. Les émetteurs VHF (very high frequency) ou UHF (ultra-high frequency) émettent un signal et permettent la localisation active des animaux sur le terrain, au moyen d'un récepteur et d'une antenne. Les émetteurs GPS enregistrent la position de l'animal automatiquement et à intervalles prédéfinis, via le réseau de satellites GPS. Il existe plusieurs systèmes pour la transmission des données GPS au récepteur de données, p.ex. réseau GSM (global system for mobile communications), satellites Iridium, téléchargement direct via signal UHF sur le terrain, LoRaWAN (Long Range Wide Area Network).
Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> • taux de reproduction/d'accroissement • taux de mortalité • utilisation de l'espace • densité de population (si combiné avec p.ex. CMR)
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> • savoir-faire pour capturer les animaux et les équiper d'émetteurs • autorisations officielles pour capturer et équiper d'émetteurs • formations de base et continue reconnues pour effectuer les captures
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • données très précises sur l'utilisation de l'espace, la survie et le comportement • pas de biais d'observateur
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • effort important (y. c. autorisations par OFEV/cantons) • coûts élevés • invasif • l'effort et les coûts limitent la taille d'échantillonnage
Distance Sampling (DCS)	→ combiné avec TAX, IR, PHS
Descriptif	<p>Le principe de cette méthode est de superposer des lignes (droites en général) au paysage. Ces transects linéaires sont alors parcourus à pied ou en véhicule ou survolés en avion de façon standardisée. Lors de ces prospections, tous les «objets d'intérêt» (animal ou groupe d'animaux, crottes, nids, etc) sont relevés selon un procédé précis. On doit calculer la distance exacte de l'objet perpendiculaire à la ligne de transect (sous réserve de quelques modifications, il est aussi possible de former des classes de distance).</p> <p>Pour cette méthode, on assume qu'un objet qui se trouve directement sur la ligne de transect sera détecté avec 100% de certitude (le modèle peut être adapté si ce n'est pas le cas). La probabilité de détection diminue avec l'augmentation de la distance de part et d'autre du transect - cette dépendance est mathématiquement appelée «fonction de détection». De cette fonction découle une probabilité de détection moyenne. En connaissant cette probabilité de détection moyenne, la surface visible, ainsi que le nombre d'objets détectés, on peut calculer la densité des effectifs. La méthode peut être adaptée pour des animaux vivant en groupe.</p> <p>Les calculs peuvent être effectués à l'aide du logiciel spécial DISTANCE.</p>
Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> • taille de population • développement de la population
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> • terrain offrant une bonne visibilité de part et d'autre du transect, pas de pente trop forte sur les côtés du chemin • pour les survols: sol suffisamment visible (canopée pas trop dense); surtout adéquat pour les grandes espèces (cerf élaphe, sanglier) • logiciel DISTANCE

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • fournit des données précises sur les effectifs, y.c. estimation de l'erreur • applicable en terrain au-dessus de la limite forestière, semi-boisé ou boisé • applicable aussi avec pièges-photo (cf. PHS) • applicable pour suivre plusieurs espèces en même temps
Inconvénients	effort important (parcours/survol, en cas d'utilisation de pièges-photo : traitement des photos)
Relevés avec aéronefs (AER)	→ combiné avec IR
Descriptif	Des régions sont survolées systématiquement avec un avion ou des drones. Au cours du survol, on prend des vues aériennes (photos, vidéos) par caméras couleur ou thermiques. Des observations directes par des observateurs sont également possibles.
Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> • taille de population (non-corrigé: index pour la taille de population; corrigé pour la probabilité de détection: valeur estimée de la taille de population +/- marge d'erreur) • développement de la population • utilisation de l'espace • densité de population
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> • clarification des limitations de vol dans la région étudiée • les caméras couleur nécessitent un terrain découvert et/ou une bonne visibilité (roselières, forêt de feuillus en hiver). • les prises de vue avec caméras thermiques sont meilleures à basse température ambiante (vols très matinaux ou pendant les mois hivernaux) • disponibilité d'un aéronef et d'un pilote formé
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • rapide • effort moyen (traitement des prises de vue) • données peuvent être évaluées avec DCS • différentes méthodes possibles pour estimer la probabilité de détection: observations synchrones par observateurs dépendants ou indépendants, comptages exhaustifs de sous-régions aléatoirement choisies, utilisation d'animaux marqués • selon la taille de la surface à couvrir, la recherche en vol est moins coûteuse que la recherche au sol avec la voiture • avec un survol haut, peu de dérangement des animaux
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • les drones dérangent plus que les avions et doivent être pilotés à vue, ce qui limite le rayon d'action et donc la surface d'étude • inadapté pour des régions de forêts de conifères aux aiguilles majoritairement persistantes • conditions météorologiques idéales nécessaires pour des résultats pertinents

Capture-marquage-recapture (CMR)	→ combiné avec PHS, CRO
Descriptif	<p>La méthode de base nécessite au moins une action de capture/marquage et une action de recapture. Lors de la première action, un nombre connu d'animaux est capturé et marqué. Lors de l'action de recapture, un certain nombre d'animaux marqués et non-marqués sont (re)capturés et comptés.</p> <p>En connaissant le nombre total d'animaux marqués présents dans la population (M), le nombre d'animaux marqués recapturés (R) et le nombre d'animaux non-marqués capturés lors de l'action de recapture (n-R), on peut estimer la taille de la population (N). Selon la complexité de la méthode d'analyse, l'action de capture/marquage doit être répétée plusieurs fois et les individus doivent être reconnaissables individuellement ou pas.</p> <p>La formule de base est: $N = M * n / R$, où N = taille de population estimée M = nombre d'animaux capturés et marqués lors de la première action n = nombre total d'animaux capturés lors de la deuxième action (individus marqués et non-marqués confondus) R = nombre d'animaux marqués recapturés lors de la deuxième action</p> <p>Selon la méthode appliquée, il sera possible d'estimer un plus ou moins grand nombre de paramètres.</p>
Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> • taille de population • développement de la population • taux de mortalité • taux de reproduction/d'accroissement • sex-ratio • utilisation de l'espace • densité de population
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> • les données peuvent être générées par captures d'animaux vivants, par pièges-photo ou par collecte d'échantillons génétiques (poils, crottes, etc) cf. aussi CRO/PHS • échantillonnage suffisamment grand d'animaux reconnaissables (individuellement reconnaissable ou pas, selon la méthode) • choix de saison et durée correctes de la période de monitoring : pas d'immigration, d'émigration, de naissance ou de mort pendant la période de monitoring - cette condition peut être relaxée selon les modèles (modèles ouverts ou fermés, <i>Robust design</i>) • respect des postulats des estimateurs sélectionnés, p.ex.: <ul style="list-style-type: none"> - la probabilité de capture doit être identique pour tous les individus au sein d'un même groupe – il est possible de traiter plusieurs groupes différemment (p.ex. mâles et femelles) - le marquage ne se perd pas – la perte de marques peut être estimée au sein du modèle - le marquage n'influence pas la survie des animaux marqués • connaissance des exigences d'habitat de l'espèce cible
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • données précises sur les effectifs, y.c. estimation de l'erreur • livre de plus amples informations sur la survie, la reproduction, la structure de la population, etc., si appliqué régulièrement et sur une période assez longue • méthode standardisée, permettant la comparaison dans l'espace et le temps • données peuvent être utilisées pour les IPM • pas d'effet d'observateur
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • effort important • coûts relativement élevés (matériel, laboratoire) • les animaux doivent être marqués ou être reconnaissables individuellement, p.ex. marques auriculaires, bois (seulement les mâles, donc s'ajoute la nécessité d'estimer le sex-ratio), génétique



III. 5:
chamois près
d'un piège-photo
(Photo: Andrea
Kupferschmid)

Monitoring piège-photo	→ combiné avec CMR, REM, OCC
systematique / déterministe (PHS)	
Descriptif	Des pièges-photo sont distribués dans toute la zone d'étude de façon systématique (c.-à-d. aléatoirement selon une trame donnée) et entretenus régulièrement pour une période prédéfinie, de façon à ce qu'ils fonctionnent aussi constamment que possible. Selon la question et l'espèce, les données collectées peuvent servir de base pour des méthodes de capture-recapture (CMR), des modèles «random encounter» (REM) ou «occupancy» (OCC).
Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> • taille de population et développement de la population • taux de reproduction/d'accroissement • sex-ratio • pyramide des âges • condition • utilisation de l'espace • densité de population
Exigences	dépend de la méthode d'analyse utilisée (cf. Exigences des méthodes CMR, REM, OCC)
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • non-invasif • évaluable de façon standardisée (p.ex. avec CMR et REM) • bonne opportunité pour impliquer les groupes d'intérêt (p.ex. chasseurs)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • coûts élevés pour le matériel • grandes quantités de données • effort temporel immense sans reconnaissance automatique d'images • Comme les espèces cibles, tel p.ex. le chevreuil, ne se déplacent pas aléatoirement dans l'espace, la probabilité de détection est plus basse avec l'approche systématique (PHS) qu'avec l'approche opportuniste (PHO).
Opportuniste (PHO)	
Descriptif	Des pièges-photo sont placés dans une région donnée en des endroits spécifiques (p.ex. passage à faune, site de sortie du gibier, etc.). Les emplacements et la durée d'exposition sont choisis de façon opportuniste.
Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> • présence / absence d'une espèce • taux de reproduction/d'accroissement • sex-ratio • pyramide des âges • condition

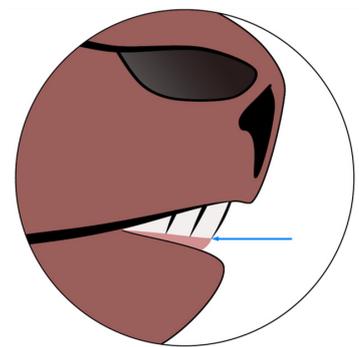
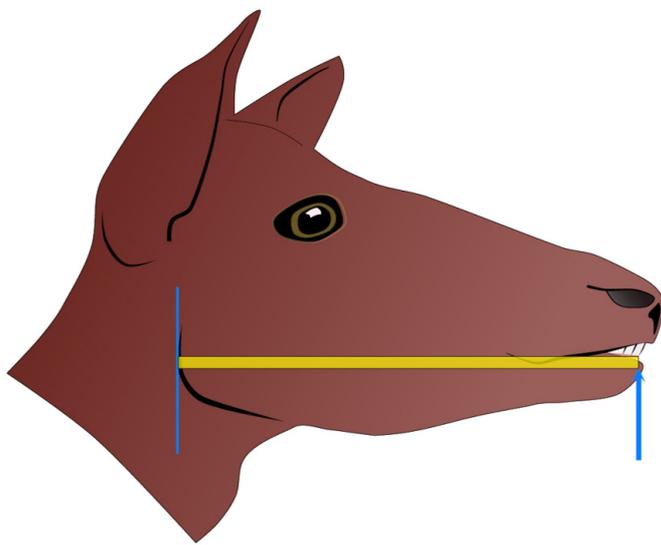
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> • bonnes connaissances de la biologie de l'espèce cible
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • non-invasif • bonne opportunité pour impliquer les groupes d'intérêt (p.ex. chasseurs) • Si les pièges-photo sont placés sur des passages à faune de manière ciblée, la probabilité de détection est plus élevée. On augmente ainsi la quantité de données disponibles concernant la structure de la population (âge, sex-ratio, reproduction).
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Moins de questions pourront être adressées avec l'approche opportuniste, car l'échantillonnage n'est pas randomisé comme avec l'approche systématique. • effort temporel immense sans reconnaissance automatique d'images
Integrated Population Models (IPM)	<p>→ combiné avec AFF, TAX, AER, CMR</p>
Descriptif	<p>Les modèles «IPM» sont particulièrement bons et efficaces pour estimer la taille de population et d'autres paramètres de population, car ils recombinaient plusieurs jeux de données indépendants. Ce n'est que par la combinaison des différents jeux de données que tous les paramètres recherchés peuvent être estimés. Ainsi, on peut par exemple estimer le taux d'immigration dans une population, en combinant dans un IPM une série de données sur l'évolution des effectifs dans le temps (accroissement) avec des données CMR (survie) et des données sur le taux de reproduction (fécondité).</p> <p>Un IPM classique est établi en trois étapes: 1. les paramètres de population (survie, reproduction, immigration, émigration, etc) sont reliés à l'accroissement de la population. 2. Les paramètres de population nécessaires au modèle sont compris dans des «sous-modèles» au moyen de différents jeux de données indépendants 3. Les différents «sous-modèles» sont «intégrés» (c.-à-d. mathématiquement reliés) au modèle «IPM».</p>
Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> • taille de population • développement de la population • taux de reproduction/d'accroissement • taux de mortalité • sex-ratio • pyramide des âges
Exigences	<p>La méthode nécessite différents sets de données contenant des informations sur les paramètres de population recherchés et sur la taille de population. Ces données peuvent être collectées par les méthodes les plus diverses.</p>
Avantages	<p>En reliant plusieurs sets de données différents, les paramètres de population et la taille de population peuvent être estimés de façon plus précise et plus efficace.</p> <p>Les IPM peuvent aider à mieux comprendre les processus qui poussent les populations à fluctuer. On peut évaluer l'influence de plusieurs facteurs (p.ex. chasse, rigueur de l'hiver) sur le développement de la population.</p> <p>En reliant plusieurs sets de données, on peut estimer des paramètres qui ne pourraient pas être estimés à eux seuls.</p>
Inconvénients	<p>Les IPM sont relativement complexes et doivent constamment être reparamétrés (de par leur avantage d'être très flexibles). Le lien mathématique entre les différents modèles peut être très complexe. Dans l'idéal, on a recours à des biostatisticiens.</p>

Caméra infrarouge ou thermique (IR)	→ cf. aussi TAX, DCS, AER
Descriptif	Les caméras thermique ou infrarouge sont utilisées en combinaison avec le phare (cf. TAX) ou comme alternative au phare. Les IR permettent de connaître le nombre d'animaux. En combinant IR avec des phares, on améliore l'identification des animaux. Les caméras peuvent être utilisées depuis un affût ou le long de transects, également depuis des véhicules ou des aéronefs (cf. AER).
Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> • taille de population (non-corrigé: index pour la taille de population; corrigé pour la probabilité de détection: valeur estimée de la taille de population +/- marge d'erreur) • développement de la population • utilisation de l'espace • densité de population
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> • bonne visibilité (conditions météo) • surtout adéquat en hiver, sur des surfaces dégagées, ou dans des forêts feuillues ou des forêts mixtes avec un pourcentage de conifères de <50% • tenir compte des facteurs complémentaires comme saison, végétation, vent, phase lunaire (si nécessaire, calculer leur influence sur la probabilité de détection au moyen d'un modèle) • estimation de la probabilité de détection par différentes méthodes : par relevés synchrones par des observateurs indépendants ou dépendants, par comptages exhaustifs dans certaines parties de la zone d'étude choisies aléatoirement, ou par le biais d'animaux marqués • L'IR peut être utilisée à pied, en voiture, sur un drone ou un avion.
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • moins de dérangement qu'avec TAX, surtout en combinaison avec AER. Les animaux fuient moins rapidement. • IR (pour compter les animaux) peut être combinée avec TAX (pour identifier/catégoriser les animaux) • meilleure détection des animaux qu'avec TAX ou les caméras normales, p.ex. en lisière de forêt et dans les forêts feuillues en hiver • effort de travail moyen
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Si on utilise la voiture, il faut des chemins carrossables d'où la zone d'étude est bien visible (des chemins sur le versant d'en face peuvent éventuellement servir). • quand la température ambiante est élevée et la végétation dense, la détectabilité est moins bonne, les effectifs sont sousestimés



III. 6:
image prise par caméra
thermique, représentant un
groupe de cerfs
(photo: Christian Willisch)

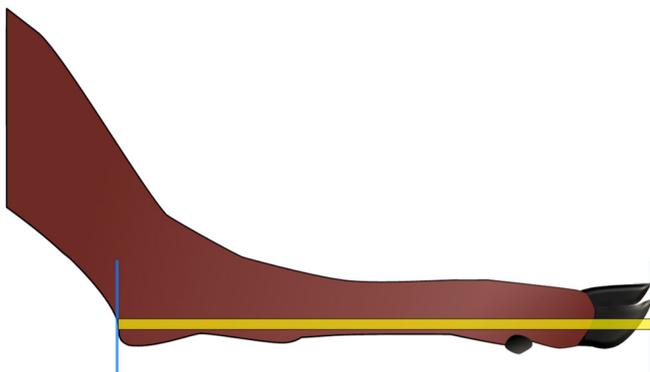
Statistiques de chasse et de gibier péri (STAT)	
Descriptif	Diverses données sont relevées à partir d'animaux abattus ou accidentés, entre autres la classe d'âge et de sexe, la condition, la constitution, la cause de décès.
Paramètres	<p>sans correction:</p> <ul style="list-style-type: none"> • condition et constitution: le poids sert d'indicateur de la condition générale de l'animal au moment de sa mort. La longueur des membres postérieurs et de la mâchoire inférieure sont une mesure pour les conditions auxquelles l'animal était exposé durant sa croissance et reflètent donc sa constitution. Les dimensions des bois sont un indice pour la qualité des conditions environnementales qui régnaient pendant la croissance des bois, en hiver et au printemps. La graisse de la moëlle osseuse est la dernière réserve de graisse à être attaquée en cas de disette. Le taux de graisse de la moëlle osseuse est donc un bon indicateur pour la condition de l'animal dans les cas de disette extrêmes. • index pour l'accroissement de la population à long terme (utiliser avec précaution, car les réglementations et les conditions cynégétiques influencent beaucoup les tableaux de chasse) • informations sur la pyramide des âges, le sex-ratio et la reproduction (n'utiliser qu'avec très grande précaution, car ces informations ne sont valides que lorsque la probabilité de décès est égale pour toutes les catégories d'âge et de sexe, ce qui est très rarement le cas) • information sur l'apparition de maladies <p>avec correction par le biais d'une analyse de la table de mortalité du gibier péri, en présumant que la probabilité de découverte soit identique pour toutes les catégories d'âges et de sexe et que le taux de croissance/taux d'accroissement soit connu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pyramide des âges et sex-ratio • survie <p>combiné avec COH:</p> <ul style="list-style-type: none"> • estimation de la taille de population +/- marge d'erreur • pyramide des âges et sex-ratio • taux de reproduction/d'accroissement



Longueur de la mâchoire inférieure

III. 7:

On mesure la longueur de la mâchoire inférieure en faisant longer un ruban métrique du bord le plus postérieur de l'angle de la mâchoire inférieure, le long de la joue, exactement jusqu'à la jonction entre la gencive et l'incisive la plus antérieure.



Longueur des membres postérieurs

III. 8:

La longueur des membres postérieurs (longueur du pied) est mesurée au millimètre, avec un ruban métrique depuis le bord postérieur de l'articulation du talon jusqu'à la pointe du sabot. Il faut veiller à ce que le pied soit tendu et que l'articulation entre le métatarse et le sabot ne soit pas fléchie.

(Illustrations: © Ruth Fiechter; Informations complémentaires: Borgo et al. 2007)

Exigences	<p>Paramètres généraux à relever:</p> <p>Nom du chasseur/garde-faune/observateur, date, heure, nom et coordonnées du lieu, territoire de chasse, type de chasse et particularités éventuelles (tir sélectif, recherche de gibier, maladies), et pour le gibier péri: la cause du décès.</p> <p>mesures biométriques générales:</p> <p>espèce, sexe (m/f), lactante (oui/non), poids (éviscéré, avec tête, unité de mesure kg [standardisé, p.ex. à 1 décimale], indiquer si mesuré avec une balance calibrée ou non-calibrée, voire estimé sans balance), longueur du membre postérieur (mm, critères de mesure standardisés) et longueur de la mâchoire inférieure (mm, critères de mesure standardisés).</p> <p>indication de l'âge:</p> <p>Chez les Bovidés, l'âge est déterminé exactement en comptant les cernes de croissance sur les cornes.</p> <p>Chez les Cervidés, on préfère estimer l'âge sur la base de plusieurs critères dentaires (dents de lait, usure des dents, état de la dentine); il serait imprécis de mesurer l'âge seulement à l'usure des dents. Dans la mesure du possible, l'estimation de l'âge devrait être indiquée en années plutôt qu'en catégories d'âge, pour permettre l'étude de cohorte rétrospective (COH).</p> <p>Chez le sanglier, l'âge peut être déterminé précisément jusqu'à 3 ans avec la dentition.</p> <p>Mesures des bois des Cervidés mâles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • nombre de pointes à gauche et à droite • longueur des bois gauche et droite (cerf en cm, chevreuil en mm), mesurée côté extérieur des bois <p>Mesures des cornes chez les Bovidés:</p> <ul style="list-style-type: none"> • longueur des cornes gauche et droite, mesurée sur le devant des cornes (mm) • à la corne plus longue: poussée de première année (croissance de la pointe jusqu'à la deuxième cerne de croissance) idéalement, version Luxe chamois: • à la corne plus longue: toutes les poussées annuelles, mesurées centralement sur le devant de la corne (mm)
	<p>version Luxe Bouquetin:</p> <ul style="list-style-type: none"> • à la corne plus longue: toutes les poussées annuelles, mesurées centralement sur le côté de la corne (mm) • chez les mâles evt nombre de nodosités/an <p>il est important de recourir à des personnes formées pour relever l'âge et les différentes mesures biométriques de façon standardisée.</p>
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • possibilité de relever un grand nombre de données pertinentes sur l'état de la population • bon marché, le relevé des données va de pair avec le contrôle des animaux tirés ou l'élimination des cadavres des animaux périés • les séries de données continues donnent un bon aperçu du développement de la population, car les données sont bien comparables dans la durée (tenu compte du taux de retours d'information, de l'effort de chasse et de la survie)
Inconvénients	<p>Il faut des spécialistes pour évaluer les paramètres biométriques, y compris les produits dérivés concernant l'évolution de la population.</p>
Index kilométrique (IKM)	
Descriptif	Nombre d'animaux sauvages observés par unité de parcours

Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> • taille de population (non-corrigé: index pour la taille de population; corrigé pour la probabilité de détection: valeur estimée de la taille de population +/- marge d'erreur) • développement de la population • pyramide des âges et sex-ratio (si la distinction des catégories est aisée)
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> • à pied ou avec véhicule • estimation de la probabilité de détection par différentes méthodes : par relevés synchrones par des observateurs indépendants ou dépendants, par comptages exhaustifs dans certaines parties de la zone d'étude choisies aléatoirement, ou par le biais d'animaux marqués • il faut tenir compte de facteurs supplémentaires comme saisons, végétation, vent (si nécessaire, l'influence de ces facteurs sur la probabilité de détection peut être estimée avec un modèle) • la méthode peut être élargie à du Distance Sampling formel (cf. DCS)
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • terrain découvert ou couvert • aussi applicable dans des forêts étendues sans réseau routier • en tant qu'index, faisable avec peu d'effort au cours de trajets ou parcours de contrôle réguliers - si la probabilité de détection est aussi évaluée, l'effort sera plus grand, mais les résultats, comprenant une estimation de l'erreur, seront plus précis
Inconvénients	sans correction pour la probabilité de détection, l'effet d'observateur est important
Comptage des crottes (CRO)	➔ combiné avec CMR, DCS, OCC
Descriptif	<p>Le comptage répété de tas de crottes dans une zone d'étude donnée, on donne une mesure pour l'intensité d'utilisation. La surface ou la ligne sur laquelle s'effectue le comptage doit être marquée précisément au préalable et être libérée de toutes crottes, pour que seules les crottes d'animaux se trouvant actuellement dans la zone soient recensés.</p> <p>Après un certain temps (p.ex. 1 mois), les surfaces/lignes marquées seront parcourues et on documentera précisément le nombre de crottes trouvées - un tas de crottes (d'au moins 6 billes) compte comme une crotte.</p> <p>Les crottes sont enlevées après avoir été documentées, en vue du prochain relevé.</p> <p>On obtient une estimation grossière du nombre d'animaux présents en divisant le nombre de crottes par le taux de défécation (p.ex. chevreuil 20 tas de crottes par jour). Le taux de défécation et la vitesse de décomposition dépendent cependant de la zone d'étude, de la météo et de la nourriture et devraient donc idéalement être déterminés au préalable de façon expérimentale.</p>
Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> • utilisation de l'espace • taille de population • densité de population
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> • le temps entre deux relevés doit être plus court que la durée de dégradation des crottes (sous l'effet de la température et de l'activité du sol). • il faut apprendre à correctement reconnaître les crottes des différentes espèces. En alternative, l'espèce peut être déterminée de façon incontestable par analyse génétique.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • applicable à tous types de terrain; au-dessus de la limite de la forêt, partiellement ou entièrement en forêt • donne de bons résultats concernant les changements d'utilisation d'une zone d'étude • peut servir pour la méthode de capture-marquage-recapture génétique pour déterminer la taille de population (cf. CMR) • mise en oeuvre relativement facile, opportunité pour impliquer les groupes d'intérêt (p.ex. chasseurs) au monitoring
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • crottes des différentes espèces pas forcément distinguables (p.ex. cerf élaphe et chevreuil), si ce n'est par analyse génétique • résultats plutôt seulement à échelle locale, car l'effort à large échelle est trop important • plutôt cher si combiné avec des analyses génétiques (CMR) • estimation peu précise de la taille de population, sauf si combiné avec CMR • météo influence la probabilité de détection et la vitesse de décomposition des crottes
Occupancy Models (OCC)	→ combiné avec PHS, CRO
Descriptif	<p>Les modèles du type «Occupancy» sont souvent utilisés pour relever la zone de distribution d'une espèce ou pour des études sur la sélection de l'habitat.</p> <p>Avec des modèles Occupancy, on estime la probabilité qu'une espèce (resp. un groupe d'espèces) occupe une zone donnée (présence, «occupancy» en anglais) ou non (absence). La zone d'étude est divisée en parcelles. La probabilité de présence de l'espèce est estimée pour chaque parcelle séparément. Pour estimer la probabilité de présence, il faut également connaître la probabilité de détection, c'est-à-dire la probabilité de découvrir la présence d'une espèce présente. En effet, une espèce présente sur une parcelle n'est pas forcément détectée d'emblée: il est possible qu'une espèce, bien que présente lors du relevé, ne soit pas visible ou pas relevée pour d'autres raisons. Par la répétition des relevés, il est possible d'estimer la probabilité de détection et ainsi la probabilité de présence.</p> <p>Dans certaines conditions, les modèles d'Occupancy peuvent être utilisés pour déterminer la taille de population. Cela entre autres en émettant l'hypothèse que la probabilité de détection d'une espèce dépende uniquement du nombre d'animaux présents.</p>
Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> • utilisation de l'espace • densité de population
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> • répétition des relevés • pas de changement concernant la présence/absence entre les relevés • la probabilité de détection et la présence sont constantes dans le temps et l'espace ou expliquées par des covariables (p.ex. densité de végétation).
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • la détection peut aussi se faire de manière indirecte, par le relevé de vocalisations, traces, crottes, photos de pièges-photo, etc. • demande moins d'effort qu'un comptage des effectifs avec CMR, car les individus ne doivent pas être reconnus individuellement • adapté aussi pour des espèces non-marquées ou non-reconnaissables individuellement (cf PHS)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • effort important • coûts plutôt élevés (matériel, laboratoire – en cas de preuve génétique de l'espèce) • en général, pas d'information sur la taille de population (nombre d'animaux par parcelle peut être estimée, mais cela demande l'estimation d'une multitude de paramètres et donc de beaucoup de données)

Random Encounter Model (REM)	→ combiné avec PHS, EME
Descriptif	<p>La méthode REM permet d'estimer la densité d'animaux par le biais de données de pièges-photo, sans que les individus ne doivent être reconnus individuellement. Le REM est fondé sur l'hypothèse que les animaux se meuvent aléatoirement et indépendamment les uns des autres (même si cette hypothèse est violée en réalité, ces modèles se sont avérés utiles en pratique). Avec ce modèle, une densité d'animaux peut être estimée par le biais du taux de rencontre («encounter») des animaux avec les pièges-photo. Le modèle donne une fonction linéaire reliant le taux de rencontre à la densité. Cette fonction dépend des paramètres suivants : les deux paramètres clés «taille moyenne de groupe» et «distance moyenne parcourue par animal par jour», ainsi que deux caractéristiques du piège-photo «portée de la prise de vue» et «angle de prise de vue» dans lequel les animaux sont détectés.</p> $D = (y/t) * (\pi / (vr(2+\theta))) * g$ <p>D: densité absolue (nombre d'animaux par unité de surface) y: nombre de photos (événements) avec l'espèce t: durée d'exposition (nombre d'heures avec pièges-photo actifs) v: vitesse moyenne de déplacement (distance par unité de temps) de l'espèce r: portée de la prise de vue du piège-photo θ: angle de prise de vue du piège-photo g: taille moyenne de groupe</p>
Paramètres	densité de population (+/- marge d'erreur)
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> • L'emplacement des caméras doit être choisi complètement aléatoirement par rapport aux endroits de séjour des animaux. • Les différents événements de rencontre doivent être indépendants. • population close pendant la durée du monitoring • La précision de l'estimation dépend de la précision des différents paramètres contenus dans l'équation. • Pour les espèces se déplaçant en groupes, il faut tenir compte de la taille moyenne de groupe pour obtenir la densité absolue. • L'effort nécessaire pour obtenir une taille d'échantillonnage robuste dépend de la densité des animaux et de la distance moyenne parcourue par un animal par jour.
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • La reconnaissance des individus n'est pas nécessaire. • non-invasif
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • nécessite la connaissance de la vitesse moyenne des animaux (ce paramètre peut être estimé grâce à des prises de vue en série des pièges-photos ou au moyen d'animaux pourvus d'émetteurs) et la taille moyenne de groupe • sans recours à la reconnaissance automatique d'images, effort temporel très important pour évaluer les images
étude de cohorte rétrospective (COH)	→ combiné avec STAT, EME
Descriptif	<p>L'étude de cohorte rétrospective (étude de cohorte classique) est une saisie rétrospective des effectifs absolus et de la structure d'une population selon les catégories d'âge et de sexe. En connaissant l'année de la mort et l'âge lors de la mort, on peut attribuer chaque animal à une cohorte de naissance (année de naissance) et calculer la taille de cette cohorte.</p> <p>La méthode peut être développée en une étude de cohorte statistique (ou «Virtual population analysis», VPA), pour estimer les cohortes incomplètes (cohortes des années de naissance ayant encore des représentants vivants). Ainsi il est possible d'estimer la taille de population jusqu'à l'état actuel. Mais cela nécessite l'estimation de paramètres supplémentaires (cf. exigences).</p>

Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> taille de population développement de la population taux de reproduction/d'accroissement sex-ratio pyramide des âges
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> L'étude de cohorte classique nécessite une détermination précise de l'âge (nécessite des spécialistes formés). Le tableau de chasse doit être connu. Si l'âge ne peut pas être déterminé sans équivoque à l'année (p.ex. cerf), les résultats seront plus précis en créant des catégories d'âge (nécessite le recours à l'étude de cohorte statistique). L'étude de cohorte statistique nécessite des informations indépendantes sur l'effort de chasse, la survie naturelle et sur le taux de chasse – ces valeurs peuvent être calculées par le biais de jeux de données complémentaires (p.ex. gibier péri, animaux marqués ou équipés d'émetteurs, etc.)
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> méthode très utile pour vérifier tailles de population et estimer le nombre d'individus non recensés, en tenant compte des jeux de données existants de STAT. Les données nécessaires à une étude classique de cohorte sont relevées dans la plupart des statistiques de chasse et de gibier péri (cf. STAT) L'étude statistique de cohorte permet la reconstruction de la population jusqu'à l'état actuel. Les données complémentaires nécessaires à l'étude statistique de cohorte peuvent éventuellement être tirées de la littérature. L'étude statistique de cohorte permet de regrouper plusieurs classes d'âge (p.ex. classes d'âge supérieures).
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> L'étude de cohorte classique ne s'effectue qu'à titre rétrospectif et ne donne pas d'informations sur les valeurs actuelles. Les calculs pour l'étude statistique de cohorte sont relativement complexes et d'envergure.
Taxation au phare (TAX)	→ combiné avec DCS, IR
Descriptif	Un itinéraire prédéfini est parcouru avec un véhicule. Les animaux sont comptés depuis le véhicule, à l'aide de phares (animaux si possible différenciés selon catégories d'âge et de sexe), idéalement avec 3 personnes (conducteur, observateur, scribe).
Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> taille de population (non-corrigé: index pour la taille de population; corrigé pour la probabilité de détection: valeur estimée de la taille de population +/- marge d'erreur) développement de population
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> bonne visibilité (conditions météo) adéquat pour les surfaces dégagées, moins bonne visibilité en forêt (cf. IR) tenir compte des facteurs complémentaires comme saison, végétation, vent (si nécessaire, calculer leur influence sur la probabilité de détection au moyen d'un modèle) estimation de la probabilité de détection par différentes méthodes : par relevés synchrones d'observateurs indépendants ou dépendants, par comptages exhaustifs dans certaines parties de la zone d'étude choisies aléatoirement, ou par le biais d'animaux marqués la méthode peut être élargie à du Distance Sampling formel (cf. DCS), si la distance perpendiculaire des animaux par rapport à l'observateur est relevée.

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • effort moyen si utilisé comme index – si la probabilité de détection est estimée, l'effort est plus important, mais les résultats seront plus précis et comprendront une estimation de l'erreur. • implication des chasseurs
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • nécessite un réseau de chemins carrossables • doit être mis en oeuvre de nuit – éventuellement soumis à une autorisation • limitations liées aux saisons, selon le site de séjour

6 CHAPITRE SUR LES ESPÈCES

Les méthodes de relevé adéquates sont forêt-gibier et pour répondre de façon ciblée à indiquées par espèce et réparties en version des questions de gestion.

standard et version luxe, selon la qualité des *Exemples de sujets pour la version de luxe:*

données, le gain de connaissance, la faisabilité et l'effort requis. Les chapitres sur les espèces sont complétés par des informations particulières à l'espèce considérée, dont il faut tenir compte lors du monitoring.

- utilisation saisonnière de l'espace par le cerf élaphe, évaluée avec la méthode des émetteurs, pour définir des zones de gestion du gibier adéquates pour la gestion cynégétique superrégionale

Version standard = meilleur rapport coût-bénéfice:

Version adéquate pour des relevés continus, à long-terme et à large échelle spatiale pour la gestion, p.ex. estimation des effectifs par taxation au phare (TAX) ou répartition spatiale du cerf élaphe sur la base de coordonnées des tirs (STAT). La version standard correspond en général à la pratique courante appliquée actuellement dans la gestion des Ongulés.

- analyse des facteurs influençant une population de chamois en baisse, au moyen des IPM, pour découvrir les mesures de conservation les plus efficaces
- densités de population de chevreuils, avec REM et monitoring par piège-photo, pour évaluer l'effet des mesures forêt-gibier

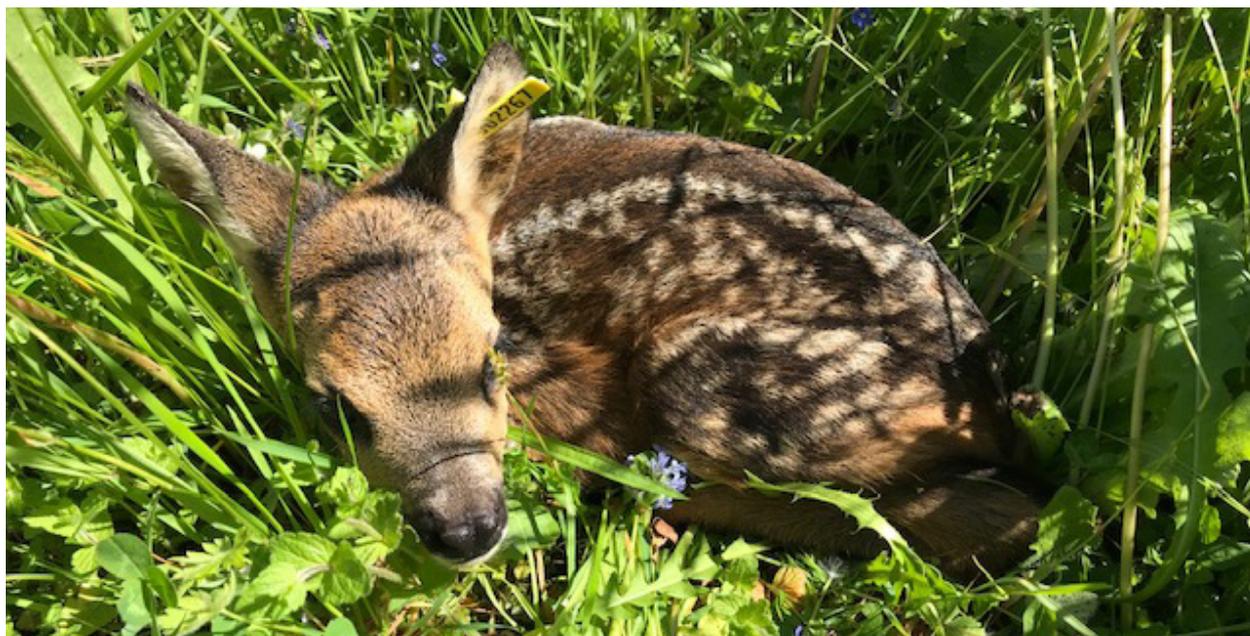
Version de luxe = meilleur gain de connaissance:

Version adéquate pour des sites de référence, pour des relevés intensifs, complémentaires, faisables aussi dans un temps limité (pas nécessairement continu), pour des projets de recherche, comme bases pour la planification de mesures dans le cadre de concepts

Pour les recommandations concernant les méthodes, les critères suivants ont été considérés :

- ▶ faisabilité (p.ex. infrastructure)
- ▶ adéquation au milieu (forêt, terrain dégagé, topographie)
- ▶ précision/pertinence
- ▶ effort/coût
- ▶ nécessité de répétitions
- ▶ durabilité
- ▶ adéquation à la surface (grandes/petites surfaces)
- ▶ invasivité

6.1 Monitoring chevreuil



Ill. 9:
Faon de chevreuil marqué dans le cadre du projet de monitoring suisse des faons (photo: Roli Koch)

6.1.1 Méthodes de monitoring recommandées

Paramètres de population	Version standard (meilleur rendement coût-bénéfice)	Version de luxe (meilleur gain de connaissance)
taille de population / développement de population	Pour le développement de la population: STAT (via décès), IKM, CRO, TAX avec IR répétée	(au moyen de AER / TAX avec IR), CMR (au moyen de PHS, genotypage de crottes ou marquage), IPM, REM
taux de reproduction / taux d'accroissement		CMR (au moyen de PHS, genotypage de crottes ou marquage), IPM
taux de mortalité	STAT comme référence pour le taux de mortalité (décès)	CMR (au moyen de marquage), IPM
sex-ratio	STAT (gibier péri)	PHO, PHS, IPM
pyramide des âges	STAT (gibier péri)	PHO, PHS, IPM, STAT
constitution	STAT: longueur des membres postérieurs, de la mâchoire inférieure*	STAT: longueur des membres postérieurs, de la mâchoire inférieure, des bois, nombre de pointes*
condition	STAT: poids*	STAT: poids, longueur des bois, nombre de pointes*, taux de graisse (p.ex. graisse de moëlle osseuse)
utilisation de l'espace	STAT: tirs et gibier péri géoréférencés, observations géoréférencées des gardes-faune/chasseurs (p.ex. par PHO)	EME, CMR (via PHS, genotypage de crottes ou marquage)

*cf. description des méthodes de monitoring STAT pour les détails

6.1.2 À noter en particulier

1. méthodes de relevé :

Dans le paysage agricole suisse, les chevreuils vivent principalement en forêt pendant toute l'année et ne peuvent être comptés qu'avec un immense effort. Le développement des effectifs peut être estimé avec IKM, CRO ou d'autres méthodes analogues pour des territoires de chasse ou des habitats restreints (p.ex. fragments de forêts), pour autant que méthode et conditions de vie restent constantes. À plus large échelle, on aura plutôt recours à l'analyse de données STAT pour estimer le développement des effectifs. Pour des informations plus précises sur la taille de la population effective, des méthodes plus poussées au niveau technique et analytique seront nécessaires, comme DCS (avec AER, ou TAX combiné avec IR) ou CMR (avec PHS, genotypage de crottes ou marquage). Des recensements sous forme de battues ne sont pas recommandés, au vu du grand dérangement et de la faible probabilité de détection.

Lors des recensement des effectifs, il faut aussi tenir compte du fait que le style de vie du chevreuil varie beaucoup selon les saisons. Territoriaux en été, ils seront alors distribués de façon relativement homogène dans l'espace. Pendant la phase sociale en hiver, ils seront plutôt groupés (hardes d'hiver).

Tous les décès (tirs et gibier péri) devraient être saisis le plus précisément possible dans les statistiques de chasse (STAT). La vie du chevreuil étant relativement courte et son

taux de reproduction restant élevé jusqu'à sa mort, il n'est pas forcément nécessaire de distinguer entre les classes d'âge «moyen» et «élevé» dans une population. C'est pourquoi, dans les STAT, il suffit de distinguer les classes d'âge suivantes: : faons (<1an), jeunes (1an), chevrettes et brocards adultes (≥2ans). On reconnaît si un animal a un an ou plus grâce au changement de dents.

2. méthodes d'analyse :

Les méthodes de la version de luxe nécessitent des connaissances d'analyse statistique poussées. De plus, l'effort pour se procurer les données est plus élevé que les méthodes standard.

Des densités de chevreuil peuvent être estimées avec REM (relevé des données avec PHS). Si on tient compte de la surface étudiée, on peut en déduire indirectement la taille de population effective.

À l'inverse, on peut estimer la taille de population avec DCS ou CMR, et en déduire des densités en tenant compte de la surface. Pour DCS, selon la saison, il faudra éventuellement corriger pour l'apparition groupée (phase sociale en hiver). Dans ce cas, pour pouvoir estimer la taille de la population, on estime l'abondance des différents groupes et la taille moyenne des groupes. Les valeurs estimées par ces méthodes sont plus précises à moyenne ou haute densité qu'à faible densité.

6.2 Monitoring cerf élaphe



III. 10:
Biche et faon,
photogra-
phiés par un
piège-photo
(photo: WILMA /
ZHAW)

6.2.1 Méthodes de monitoring recommandées

paramètres de population	Version standard (meilleur rendement coût-bénéfice)	Version de luxe (meilleur gain de connaissance)
taille de population / développement de population	STAT (développement de la population via décès), TAX avec IR répétée	DCS (au moyen de AER / TAX avec IR), AER, CMR (au moyen de PHS, génotypage de crottes ou marquage), IPM, REM, COH
taux de reproduction / taux d'accroissement	TAX avec IR pour taux d'accroissement, au printemps avant la mise-bas	CMR (au moyen de PHS, génotypage de crottes ou marquage), IPM, COH
taux de mortalité	STAT comme référence pour le taux de mortalité (décès)	CMR (au moyen de marquage), IPM
sex-ratio	TAX avec IR	PHO, PHS, IPM
pyramide des âges	STAT (catégories d'âge et décès)	PHO, PHS, IPM, STAT, COH
constitution	STAT: longueur des membres postérieurs et de la mâchoire inférieure*	STAT: longueur des membres postérieurs et de la mâchoire inférieure, longueur des bois*
condition	STAT: poids*	STAT: poids, longueur des bois, nombre e pointes*
utilisation de l'espace	STAT: tirs et gibier péri géoréférencés, observations géoréférencées des gardes-faune et des chasseurs (p.ex. au moyen de PHO)	EME, AER, CMR (au moyen de PHS, génotypage de crottes ou marquage)

*cf. description des méthodes de monitoring STAT pour les détails

6.2.2 À noter en particulier

1. méthodes de relevé :

Les cerfs élaphe sont en général difficiles à compter, car en Suisse, ils vivent principalement en milieu forestier. En fin d'hiver et au printemps, les cerfs élaphe sortent de nuit en terrain dégagé et ce en grands groupes. C'est à cette période que les effectifs de cerfs sont comptés dans la plupart des cantons, au moyen de TAX. La part d'individus non recensés reste néanmoins importante dans toutes les régions, comme on a pu le constater lors de contrôles au moyen de AER, IR et COH. En estimant les effectifs à partir de TAX, il faut donc compter avec une part d'individus non recensés. Cette part peut être évaluée à partir d'avis d'experts (y.c. considération des conditions d'observation lors du comptage), à partir d'études de cohortes, ou à partir de comptages de référence avec d'autres méthodes que l'affût (p.ex. IKM en zone boisée ou AER combiné avec IR; pour cela, il faut entre autres que la température ambiante ne soit pas trop élevée et que le couvert végétal vu de dessus ne soit pas trop dense). L'expérience montre que la part d'individus non recensés avoisine souvent les 30% de l'effectif total, voire plus. Mais cette part dépend aussi beaucoup des conditions de comptage (conditions météo, enneigement). Dans les banques de données, il serait important de différencier clairement entre les données tirées de comptages des effectifs et les données résultant d'estimations des effectifs (cf. chapitre 2 principes de base). Ces dernières offrent l'avantage de contenir également une estimation des individus non-recensés et reflètent donc mieux les effectifs réels.

La migration saisonnière des cerfs est très prononcée quant aux changements d'altitude et d'exposition. L'unité spatiale pour le cerf est donc la zone de gestion du gibier, qui comprend autant l'habitat hivernal qu'estival de la population. Ainsi, il est possible d'assurer que les effectifs comptés en début d'année (majoritairement dans l'habitat hivernal) correspondent bien aux effectifs qui seront chassés en automne, à la saison principale de chasse, dans leur habitat estival. Des suivis

téléométriques (EME) sont utiles pour définir les unités spatiales adaptées, notamment parce qu'ils donnent des informations sur l'utilisation spatiale sur toute l'année, contrairement aux données tirées des statistiques de chasse (STAT).

Le cerf élaphe est une espèce d'ongulé qui vit longtemps et qui présente une structure sociale complexe. Il faut éviter que la chasse ne désorganise cette structure - il faut notamment conserver le sex-ratio naturel et une forte classe d'âge moyenne chez les mâles. Les données sur la pyramide des âges, le sex-ratio, la condition, ainsi que le taux de reproduction/d'accroissement sont cruciales pour la gestion cynégetique. STAT et TAX livrent des informations précieuses à ces sujets. L'application de certaines méthodes «version luxe», p.ex. CMR ou PHS est cependant recommandée pour une base décisionnelle mieux fondée.

Calculer des densités de population n'est pas très pertinent dans le cas des cerfs élaphe, vu que les animaux se répartissent dans toute la zone de gestion du gibier de façon très irrégulière la plupart du temps.

2. méthodes d'analyse :

Les méthodes de la version de luxe nécessitent des connaissances d'analyse statistique poussées. De plus, l'effort pour se procurer les données est plus élevé que les méthodes standard.

Les études de cohortes (COH) ne sont possibles qu'avec des données sur le long terme concernant l'âge précis des animaux décédés (tirs et gibier péri), mesuré sur la base de critères dentaires (dents de lait et usure des dents ou état de la dentine).

Les taux d'accroissement et le sex-ratio ne peuvent que partiellement être déduits à partir des données issues de TAX, car la probabilité de détection n'est pas identique pour toutes les classes d'âge et pour tous les groupes. De plus, le comptage ayant souvent lieu en début d'année, quand les mâles viennent de perdre leurs bois, il est plus probable de confondre mâles et femelles.

6.3 Monitoring sanglier



Ill. 11:
Sanglier dans la Grande Cariçaise (Photo: Stefan Suter et Claude Andrist)

6.3.1 Méthodes de monitoring recommandées

paramètres de population	Version standard (meilleur rendement coût-bénéfice)	Version de luxe (meilleur gain de connaissance)
taille de population / développement de population	Pour le développement de la population: STAT (via décès), OCC (au moyen de PHO), REM	CMR (au moyen de marquage) DSC (au moyen de AER)
taux de reproduction / taux d'accroissement	PHO, PHS	CMR (au moyen de marquage)
taux de mortalité	STAT comme référence pour la mortalité (décès)	CMR (au moyen de marquage)
sex-ratio		CMR (au moyen de marquage)
pyramide des âges		STAT
constitution	STAT: longueur des membres postérieurs*	STAT: longueur des membres postérieurs*
condition	STAT: poids	STAT: poids, graisse ventrale, pourtour du cou combiné avec la longueur des membres postérieurs
utilisation de l'espace	EME, PHO	EME, AER

*cf. description des méthodes de monitoring STAT pour les détails

6.3.2 À noter en particulier

1. méthodes de relevé :

Les sangliers sont des habitants typiques des forêts, principalement nocturnes. Ils vivent surtout dans les forêts feuillues et mixtes jusqu'à une altitude de 2000 m. Le sanglier utilise les surfaces agricoles pour se nourrir pendant toute l'année. En été et en automne, il se sert aussi des champs comme gîte diurne (surtout maïs, tournesols, colza et roseaux de Chine). Les sangliers se déplacent seuls ou en harde. Ils ne défendent pas de territoire et peuvent donc atteindre des densités élevées si la nourriture abonde. Le sanglier est un stratège et ses taux d'accroissement sont de loin les plus élevés parmi les ongulés.

Quand les sangliers sont présents dans une région, ils laissent des traces visibles, comme surfaces retournées, sentes, crottes, empreintes, sites de repos/gîtes, souilles et arbres frottés. Ils restent cependant difficiles à compter, de par leur mode de vie nocturne et discret. Plusieurs groupes en Europe ont essayé de développer des méthodes de comptage. Les méthodes les plus précises (CMR) utilisant des animaux marqués ou ayant recours à la génétique, sont très chères et donc peu adéquates pour un usage de routine. Certaines méthodes ne peuvent être appliquées que dans des conditions particulières, p.ex. le comptage de crottes (CRO) qui nécessite une végétation peu dense (Espagne), le comptage de traces dans la neige dans des parcelles forestières bien définies (Pologne). D'autres méthodes, tels les comptages par battue, ne se prêtent pas au contexte Suisse, par absence de traditions et par le cadre légal, et provoquent de grands dérangements.

Les méthodes de comptage classiques comme TAX ne sont pas adaptées au sanglier en Suisse. De remplacer les phares par une caméra thermique, comme appliqué en Italie (combiné avec DCS), n'a pas livré de résultats probants en Suisse (tentatives sans succès dans les cantons de NE et GE). En Europe centrale, on utilise de plus en plus la méthode REM, qui se base sur l'utilisation de pièges-photo pour les espèces qui ne se laissent pas identifier individuellement. Mais elle est aussi de plus en plus critiquée, car pour paramétrer la formule, il faut des informations qui ne sont que rarement disponibles sur les lieux (notamment les don-

nées sur la vitesse moyenne de déplacement des animaux). Pour des protocoles similaires, un modèle OCC peut livrer des résultats au moins tout aussi bons, voire même meilleurs. En Suisse, on est en train d'établir un procédé de marquage passif qui devrait permettre une approche par la méthode CMR. Pour des régions restreintes, il est possible d'estimer les effectifs à partir de hardes reconnues individuellement par le biais de pièges-photos, placés stratégiquement (sentes traditionnelles, passages obliques, sites d'agraineage, souilles).

Sur des surfaces sans arbres, p.ex. dans des marais, des chiffres précis peuvent aussi être obtenus avec des caméras thermiques combinées avec des drones.

De par les difficultés présentées ici, on a souvent recours aux données STAT. Mais le nombre de sangliers tirés ne reflète pas à 100% les effectifs, et parfois même pas la tendance évolutive des effectifs, car ce nombre dépend de l'effort de chasse, des méthodes de chasse appliquées, du régime de chasse et de l'offre en nourriture en forêt. Pour suivre le développement des effectifs, le nombre de gibier péri est meilleur que le nombre d'animaux tirés.

2. méthodes d'analyse :

La méthode CMR, qui est probablement la méthode de comptage la plus robuste pour cette espèce, exige de bonnes connaissances des valeurs estimées disponibles et des postulats sur lesquels reposent le modèle. Dans la plupart des cas, l'effort pour CMR est trop élevé en pratique.

Les modèles «Multi-State» et «Multi-Site» sont probablement les plus efficaces, mais ils nécessitent de très bonnes connaissances en la matière. Ce problème touche aussi les modèles Capture-Marquage-Recapture (CMR). La méthode REM, beaucoup plus simple, présente, elle, la difficulté qu'il faut des informations sur la vitesse de déplacement des animaux et la surface effectivement couverte par les pièges-photo. Une grande variabilité dans les vitesses de déplacement, la taille des groupes et les sites des pièges-photo peuvent mener à de grands intervalles de confiance et donc à ce que les tailles d'effectifs ne soient pas précises. On part du principe que les effectifs sont souvent sousestimés avec la méthode REM.

6.4 Monitoring chamois



III. 12:
comptage de chamois, à l'affût (photo: Sonja Lötscher)

6.4.1 Méthodes de monitoring recommandées

paramètres de population	Version standard (meilleur rapport coût-bénéfice)	Version de luxe (meilleur gain de connaissances)
taille de population / développement de population	AFF en terrain dégagé, IKM en zone boisée	plusieurs AFF, DCS ou AER en zones dégagées, CMR (génotypage de crottes) en zones boisées, IPM, COH
taux de reproduction / taux d'accroissement	AFF en terrain dégagé	plusieurs AFF en zones dégagées, CMR en zones boisées, IPM, COH
taux de mortalité	AFF des jeunes en terrain dégagé, STAT comme référence pour la mortalité (décès)	plusieurs AFF en zones dégagées, CMR en zones boisées, IPM
sex-ratio	AFF en terrain dégagé	plusieurs AFF en zones dégagées, CMR en zones boisées, IPM, COH
pyramide des âges	AFF en terrain dégagé, STAT: données précises sur l'âge, d'après les cornes	plusieurs AFF en zones dégagées, IPM, COH
constitution	STAT: longueur des membres postérieurs, de la mâchoire inférieure et des cornes*	STAT: longueur des membres postérieurs, de la mâchoire inférieure et des cornes, croissance des cornes par année*
condition	STAT: poids	STAT: poids*
utilisation de l'espace	PHO en zones boisées, STAT: tirs et gibier péri géoréférencés, observations géoréférencées des gardes-faune et des chasseurs	EME, CMR, CRO

*cf. description des méthodes de monitoring STAT pour les détails

6.4.2 À noter en particulier

1. méthodes de relevé :

En Suisse, les chamois vivent surtout dans les milieux pentus, rocheux et entrecoupés de pelouses. Le gros des populations se trouvent dans les Alpes, les Préalpes et le Jura. Mais les chamois peuvent aussi occuper des régions plus basses, pour autant que des surfaces rocheuses y soient disponibles comme lieu de refuge. Les milieux propices aux chamois sont les surfaces dégagées et semi-dégagées, tout comme les zones boisées, dans lesquelles ils ne sont que difficilement observables. Les migrations saisonnières des chamois sont prononcées quant à la hauteur et l'exposition, surtout dans les étages subalpins et alpins. Il est donc souvent indiqué de faire la distinction entre habitat d'été et habitat d'hiver.

Dans les milieux ouverts et semi-ouverts, les chamois peuvent être facilement recensés de jour par observation directe (surtout après l'aube et avant le crépuscule). Dans ce cas, la méthode de recensement de choix sera celle par affût (AFF), de par sa simplicité de mise en oeuvre. AFF doit être coordonnée au sein d'une (sub)population, pour éviter les double-comptages des mêmes animaux parmi les secteurs de comptage voisins. On peut aussi envisager utiliser les méthodes techniquement et analytiquement plus poussées DSC et AER (evt combinées). L'observation directe aux jumelles ou à la longue-vue permet de déterminer le sexe et la catégorie d'âge des chamois et ainsi d'estimer certains taux démographiques (taux de reproduction/d'accroissement, mortalité hivernale des jeunes). Ces taux sont importants pour la gestion cynégétique et pour générer des IPM. Dans la mesure du possible, les catégories suivantes sont à relever explicitement: chevreau ou cabri (<1an), éterles/éterlous (1an), chèvres et boucs adultes (≥2ans).

AFF n'est pas utilisable pour compter les chamois qui occupent majoritairement les zones densément boisées. Dans ce contexte, l'index kilométrique (IKM) représente une méthode de recensement valable pour refléter les changements relatifs des effectifs. Si on veut estimer plus précisément la taille de population effective, le sex-ratio et des taux démographiques pour des chamois en zone boisée, la méthode de relevé indiquée est CMR.

Marquage et recapture peuvent se faire de façon efficace par l'identification d'individus par génotypage de crottes.

Le chamois a une structure sociale complexe et un taux de reproduction relativement bas. C'est pourquoi il est particulièrement important de relever le plus précisément possible la pyramide des âges, le sex-ratio, la condition, ainsi que le taux de reproduction/d'accroissement, en vue d'une gestion cynégétique durable, basée sur des évidences scientifiques.

Tous les décès (tirs et gibier péri) devraient être saisis le plus précisément possible dans les statistiques de chasse (STAT), en particulier il faudrait relever les âges précis en années, par comptage des anneaux de croissance.

Dans les régions où le chamois est chassé, les populations de chamois peuvent être reconstruites qualitativement et quantitativement par étude de cohortes retrospectives (COH).

2. méthodes d'analyse :

Les données issues de AFF et IKM donnent une valeur brute des effectifs, resp. un index des effectifs. La répétition de AFF et AER dans une même période de relevé, ainsi que DSC permettent d'attribuer un intervalle de confiance aux paramètres de population obtenus. Lors des comptages à l'affût (AFF), on peut aussi déterminer la probabilité de détection, soit par le biais d'un comptage synchrone par des observateurs dépendants ou indépendants, soit par le biais d'animaux marqués. Les meilleurs résultats pour estimer la probabilité de détection sont néanmoins obtenus par DSC et CMR.

Les méthodes de la version de luxe nécessitent des connaissances d'analyse statistique poussées. De plus, l'effort pour se procurer les données est plus élevé que les méthodes standard. Pour les IPM, les informations sur la taille et le développement de la population, ainsi que sur les taux démographiques (taux de reproduction et de mortalité la probabilité de détection constituent des bases importantes.

L'étude de cohorte rétrospective (COH) nécessite des données les plus précises possibles sur les âges des animaux décédés (à l'année près), sur le long terme.

6.5 Monitoring bouquetin



Ill. 13:

Les effectifs du bouquetin, une espèce protégée, doivent être recensés chaque année, de manière la plus complète que possible (photo: Claudio Signer)

6.5.1 Méthodes de monitoring recommandées

Paramètres	Version standard (meilleur rapport coût-bénéfice)	Version de luxe (meilleur gain de connaissances)
taille/évolution de la population	AFF	Répétitions de AFF, AER, CMR, IPM, COH
taux de reproduction / d'accroissement	AFF	Répétitions de AFF, CMR, IPM, COH
taux de mortalité	STAT comme référence pour la mortalité (décès)	Répétitions de AFF, CMR, IPM
sex-ratio	AFF	Répétitions de AFF, CMR, IPM, COH
pyramide des âges	AFF, STAT: âge précis déterminé d'après les cornes	Répétitions de AFF, IPM, COH
constitution	STAT: longueur des membres postérieurs, longueur de la mâchoire inférieure, longueur de la corne	STAT: longueur des membres postérieurs, de la mâchoire inférieure, des cornes, croissance des cornes année par année*
condition	STAT: poids*	STAT: poids, croissance des cornes année par année*
usage de l'espace	STAT: tirs et gibier péri géoréférencés, observations géoréférencées des gardes-faune et des chasseurs	EME, CMR, AER

*cf. description des méthodes de monitoring STAT pour les détails

6.5.2 À noter en particulier

1. méthodes de relevé :

Les bouquetins forment des populations (colonies) relativement clairement distinctes, de par la topographie, et vivent en général dans des milieux ouverts, dans lesquels ils sont facilement observables. Ils vivent principalement en groupes, voire en plus grandes aggrégations selon la saison. Il est souvent indiqué de faire la distinction entre habitat d'été et habitat d'hiver.

Les effectifs de chaque population, resp. colonie doivent être recensés chaque année. Ces comptages doivent être organisés de façon optimale, pour pouvoir couvrir un maximum de sous-colonies et pour éviter les double-comptages. La région étudiée sera donc éventuellement divisée en différents secteurs de comptage, clairement délimités.

De par leur utilisation spatiale, les bouquetins se laissent compter relativement aisément à l'affût (AFF, en général idéalement en fin d'hiver/printemps). On peut distinguer les sexes et les différentes catégories d'âge. Pour calculer le taux de reproduction et de la mortalité juvénile, il est important de relever les classes suivantes: cabris (<1 an), jeunes des deux sexes (1-2ans), chèvres ≥ 3 -ans, boucs 3-5-ans, boucs 6-10-ans, boucs ≥ 11 -ans.

Pour saisir la taille de la population ou l'utilisation spatiale, on peut aussi recourir aux méthodes AER et CMR, des méthodes demandant plus d'effort du côté technique et analytique.

Tous les décès (tirs et gibier péri) devraient être saisis le plus précisément possible dans les STAT. Chez le bouquetin, cela est d'autant plus indiqué qu'il s'agit d'une espèce protégée.

2. méthodes d'analyse :

Les méthodes de la version luxe nécessitent des connaissances d'analyse statistique plus poussées et aussi une qualité de données plus élevée.

La répétition des AFF ou AER permet d'estimer les erreurs d'observation et les intervalles de confiance pour les relevés, ce qui est utile pour créer des IPM.

Les IPM reposent sur des données sur la taille et le développement de la population, les taux démographiques (taux de reproduction, taux de mortalité) et la probabilité de détection.

Une COH n'est possible que si des données assez précises sur le long terme sont disponibles dans les STAT, notamment concernant l'âge des animaux tirés ou le gibier péri. Ces données sont aussi utiles pour les IPM.

7 GLOSSAIRE

Paramètre de population	Définition
densité de population	Taille de population par rapport à la surface considérée
condition	État de santé et de nutrition d'un animal
constitution	Ensemble des caractéristiques durables, liées au patrimoine génétique d'un animal
pyramide des âges	proportion relative d'animaux par classe d'âge (faons, animaux d'un an, classe jeune, classe moyenne, classe âgée) ou par année de naissance (% de la population totale)
sex-ratio (SR)	Nombre d'animaux mâles / nombre d'animaux femelles dans la population (rapport)
taille de population	Nombre d'individus d'une population à un moment donné
taux d'accroissement	Part de jeunes qui passent à la classe d'âge suivante, par rapport à la population totale (de femelles) des effectifs de l'année précédente Taux d'accroissement = taux de naissance - taux de mortalité des jeunes
taux de croissance	Changement des effectifs dans la durée L'unité temporelle est en général une année. Le taux de croissance peut être positif (effectifs en hausse), négatif (effectifs en baisse) ou nul (effectifs stables).
taux de mortalité (=taux de décès)	Part d'animaux d'une population ou d'une catégorie de sexe ou d'âge, qui sont décédés au cours d'une période déterminée (année)
taux de reproduction (=taux de naissance)	Part d'animaux femelles avec jeunes par rapport à la population totale (de femelles), après la période de mise-bas
utilisation de l'espace	Mouvements spatiaux des animaux (données télémétriques) ou distribution spatiale en fonction de l'habitat (modèle habitat)
zone de gestion du gibier	Unité spatiale géographique contenant au moins 90 % d'une subpopulation à l'année La zone de gestion du gibier correspond à l'unité de gestion (à l'exception du chevreuil).

8 BIBLIOGRAPHIE

- BAUMGARTNER S., STEINECK T., WILLING R. & ARNOLD W. (2004) Zuverlässigere Methode zur Altersbestimmung beim Rotwild. Weidwerk 2/2004.
- BORGO C., DOTTA R. & ROTELLI L. (2007) Valutazione e rilievi biometrici della fauna selvatica. Ungulati, galliformi alpini e lepree variabili. Regione Piemonte / Osservatorio regionale sulla fauna selvatica.
- BUCKLAND S.T., ANDERSEN D.R., BURNHAM K.P. & LAAKE J.L. (1996) Distance sampling: estimating abundance of biological populations. Chapman & Hall. 399 S.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU (2010a) Vollzugshilfe Wald und Wild. Das integrale Management von Reh, Gämse, Rothirsch und ihrem Lebensraum. Umwelt Vollzug Nr. 1012.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU (2010b) Wald und Wild Grundlagen für die Praxis. Wissenschaftliche und methodische Grundlagen zum integralen Management von Reh, Gämse, Rothirsch und ihrem Lebensraum. Umwelt Wissen Nr. 1013.
- BÜNTGEN U., GALVÁN, J.D., MYSTERUD A., KRUSIC P.J., HÜLSMANN L., JENNY H., SENN J. & BOLLMANN K. (2018) Horn growth variation and hunting selection of the Alpine ibex. *Journal of Animal Ecology* 87: 1069–1079.
- BURTON A.C., NEILSON E., MOREIRA D., LADLE A., STEENWEG R., FISHER J.T., BAYNE E. & BOUTINS S. (2015) Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology* 52(3), 675–685.
- CLAWSON M.V., SKALSKI J.R., LADY J.M., HAGEN C.A., MILLSPAUGH J.J., BUDEAU D. & SEVERSON J.P. (2017) Performing statistical population reconstruction using Program PopRecon 2.0. *Wildlife Society Bulletin* 41 (3): 581–589.
- CONROY M.J. & CARROLL C.J.P. (2009) Quantitative Conservation of Vertebrates. Wiley-Blackwell. 342 S.
- EHRHART S., LANG J., SIMON O., HOHMANN U., STIER N., NITZE M., HERURICH M., WOTSCHIKOWSKY U., BURGHARDT F., GERNER J. & SCHRAML U. (2019) Wildmanagement in deutschen Nationalparks. BfN-Skripten 434.
- FOCARDI S., LA MORGIA V., MONTANARO P., RIGA F., CALABRESE A., RONCHI F., ARAGNO P., SCACCO M., CALMANTI R. & FRANZETTI B. (2020) Reliable estimates of wild boar populations by nocturnal distance sampling. *Wildlife Biology* 2020(4): wlb.00694.
- GIACOMETTI M., BASSANO B., PERACINO V. & RATTI P. (1997) Die Konstitution des Alpensteinbockes (*Capra i. ibex* L.) in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter, Herkunft und Jahreszeit in Graubünden (Schweiz) und im Parco Nazionale Gran Paradiso (Italien). *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 43: 24–34.
- GOSSOW H. (1999) Wildökologie. Verlag Kessel.
- HAVENS K.J. & SHARP E. (2015) Thermal Imaging Techniques to Survey and Monitor Animals in the Wild: A Methodology. Google-Books-ID: 35KZBgAAQBAJ. 354 S.
- HEBEISEN C., FATTEBERT J., BAUBET E. & FISCHER C. (2008) Estimating wild boar (*Sus scrofa*) abundance and density using capture-resights in Canton of Geneva, Switzerland. *European Journal of Wildlife Research* 54: 391–401.
- HINOJO A. (2019) What is the most appropriate method and sampling effort to estimate roe deer density with camera-traps? MSc-Thesis, Universität Lausanne.
- KAYS R., CROFOOT M.C., JETZ W. & WIKELSKI M. (2015) Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science* 348(6240), aaa2478.
- MACKENZIE D., NICHOLS J., ROYLE J., POLLOCK K., BAILEY L. & HINES J. (2017) Occupancy Estimation and Modeling – Inferring Patterns and Dynamics of Species Occurrence. Academic Press.
- MEILE P., GIACOMETTI M. & RATTI P. (2003) Der Steinbock – Biologie und Jagd. Salm Verlag.
- MORELLET N., GAILLARD J.-M., HEWISON A.J.M., BALLON P., BOSCARDIN Y., DUNCAN P., KLEIN F. & MAILLARD D. (2007) Indicators of ecological change: new tools for managing populations of large herbivores. *Journal of Applied Ecology* 44, 634–643.
- NICHOLS J.D., BAILEY L.L., O'CONNELL A.F. TALANCY N.W., CAMPBELL GRANT E.H., GILBERT

- A.T., ANNAND E.M., HUSBAND T.P. & HINES J.E. (2008) Multi-scale occupancy estimation and modelling using multiple detection methods. *Journal of Applied Ecology* 45(5), 1321-1329.
- OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET DE LA FAUNE SAUVAGE ONCFS (2015) Vers une nouvelle gestion du grand gibier: les indicateurs de changement écologique.
- OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET DE LA FAUNE SAUVAGE ONCFS (2015) Suivi des populations d'ongulés et de leurs habitats – Indicateurs de changement écologique (ICE). Fiches techniques.
- PALMER M.S., SWANSON A., KOSMALA M., ARNOLD T. & PACKER C. (2018) Evaluating relative abundance indices for terrestrial herbivores from large-scale camera trap surveys. *African Journal of Ecology* 56(4), 791-803.
- PEARL M.C., BOITANI L. & FULLER T.K. (2000) *Research techniques in animal ecology: controversies and consequences*. Columbia University Press.
- PRESTON T.M., WILDHABER M.L., GREEN N.S., ALBERS J.L. & DEBENEDETTO G.P. (2021) Enumerating white-tailed deer using unmanned aerial vehicles. *Wildlife Society Bulletin* 45(1): 97–108.
- ROBIN K., GRAF R.F. & SCHNIDRIG R. (2017) *Wildtiermanagement – Eine Einführung*. Haupt Verlag.
- ROVERA F. & ZIMMERMANN F. (2016) *Camera Trapping for Wildlife Research*. Pelagic Publishing.
- ROWCLIFFE J.M., FIELD J., TURVEY S.T. & CARBONE C. (2008) Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology* 45: 1228–1236.
- RYAN J. (2011) *Mammology Techniques Manual*. Lulu.com. 270 S.
- SCHNIDRIG-PETRIG R. & SALM U.P. (2009) *Die Gemse*. Salm Verlag.
- SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT (1990) Verordnung über die Regulierung von Steinbockbeständen (VRS). SR 922.27.
- SHANNON G., LEWIS J.S. & GERBER B.D. (2014). Recommended survey designs for occupancy modelling using motion-activated cameras: insights from empirical wildlife data. 10.7717/peerj.532
- SIGNER C., WIRTHNER S., SIGRIST B., WELLIG S.D., KÄMPFER D., ALBRECHT L. & GRAF R.F. (2022) Rothirschprojekt Aletsch-Goms – Abschlussbericht zum Forschungs- und Managementprojekt 2017–2021. ZHAW Wädenswil, Kanton Wallis & Pro Natura.
- SILVY N.J. (2020) *The Wildlife Techniques Manual – Vol.1: Research, Vol.2: Management*. John Hopkins University Press.
- SKALSKI J.R., MILLSPAUGH J.J. & CLAWSON M.V. (2012) Comparison of Statistical Population Reconstruction Using Full and Pooled Adult Age-Class Data. *PLoS ONE* 7(3): e33910.
- STOLLER S. & SUTER S. (2021) Wildtiertracking 4.0. Fauna Focus Nr. 71, Wildtier Schweiz.
- SUTHERLAND W.J. 1996. *Ecological census techniques*. Cambridge University Press. 336 S.
- WALTERT M., GRAMMES J., SCHWENNINGER J., ROIG-BOIXEDA P., & PORT M. (2020) A case of underestimation of density by direct line transect sampling in a hunted roe deer (*Capreolus capreolus*) population. *Mammal Research* 65: 151–160.
- Hilfreicher Weblink:
<https://www.aphaea.eu/cards/species>



SGW
SSBF

Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie
Société suisse de Biologie de la Faune
Società svizzera di Biologia della Fauna