

Mots clés

Chamois, isard

Gestion de populations

Indicateur de changement écologique (ICE)

Indice d'abondance pédestre « IPS »

L'indice d'abondance pédestre « IPS » : un indicateur fiable pour le suivi des populations de chamois et d'isards

La gestion adaptative des populations s'appuie notamment sur le suivi à long terme d'un faisceau d'indicateurs de changement écologique (ICE) qui caractérisent la relation population-environnement (Fiche technique ONC n° 95, 1999). Pour le chevreuil, plusieurs ICE sont disponibles et utilisés par les gestionnaires ; pour le chamois et l'isard, ils sont encore trop rares. Cette fiche technique présente un nouvel ICE récemment validé sur ces deux espèces de montagne. Il s'agit de l'indice d'abondance pédestre « IPS », basé sur le protocole IPS (Index population size) défini dans le cadre d'un projet scientifique (Loison et al., 2005 ; Loison et al., 2006). Cet indice d'abondance est calculé simplement comme le nombre moyen d'animaux (à l'exclusion des chevreaux) observés sur un itinéraire pédestre pré-déterminé parcouru plusieurs fois. C'est donc un proche cousin de l'Indice kilométrique IK (Fiche technique ONC n° 70, 1991), autre indice d'abondance pédestre validé sur le chevreuil en forêt de plaine.



L'indice d'abondance pédestre « IPS » est un indicateur fiable de changement des relations chamois-isard/environnement (Loison *et al.*, 2006). Il est particulièrement sensible dans les phases de forte croissance ou en cas de variations importantes des effectifs. Son caractère informatif reste cependant conditionné au respect des règles d'un suivi basé sur le concept d'indicateurs de changement écologique, donc sensibles au système population/environnement. Notamment, ces outils ne permettent pas de comparer les unités de gestion entre elles.

1. Il est important d'interpréter les données par période pluriannuelle (de trois à cinq ans au minimum), de façon à éviter des erreurs d'interprétation dues à des effets *retard* (sensibilité des méthodes, réactivité des animaux et de l'environnement aux modifications des prélèvements) et à des effets *année* (influence des conditions météorologiques comme un hiver ou un printemps rigoureux).
2. L'interprétation se fait uniquement en termes de tendance et s'exprime sous forme d'une augmentation, d'une stabilité ou d'une baisse des effectifs.
3. L'indice d'abondance pédestre « IPS » ne peut à lui seul permettre de suivre l'évolution d'une population de chamois ou d'isards. Il faut pour cela appliquer simultanément plusieurs indicateurs de changement écologique, de manière à utiliser leurs caractères complémentaires. Les résultats obtenus sur les indices suivants sont encourageants : mesure de la masse corporelle et/ou de la longueur des cornes (Couilloud *et al.*, 1999 ; Dubray *et al.*, 2003). Il convient enfin de comparer les variations des différents indicateurs recueillis. La tendance globalement dégagée permet de détecter une modification éventuelle de la relation population/environnement. En confrontant ce diagnostic avec les prélèvements antérieurs et les objectifs fixés, le gestionnaire peut alors réajuster le plan de chasse.

1^{re} partie : Comment obtenir ces indices « IPS » sur une unité de gestion ?

Le protocole proposé répond notamment à une difficulté principale : faire en sorte que la probabilité de détection des animaux sur un itinéraire donné reste la plus constante possible d'une répétition à l'autre et d'une année sur l'autre. Le strict respect de cette condition, et donc des contraintes qu'elle impose, est un préalable théorique au calcul puis à la comparaison inter-annuelle de tels indices.

Choix des itinéraires et du nombre de répétitions

Couverture de la zone à prospecter et découpage en secteurs

Sur le territoire global de l'unité de gestion, on délimite des secteurs d'observation qui doivent permettre d'assurer une couverture homogène et représentative de la zone d'étude (en intégrant bien toutes les zones non encore colonisées et en excluant les espaces où des modifications majeures de l'habitat sont prévisibles). Sur chaque secteur, on établit alors un itinéraire d'observation.

Caractéristiques d'un itinéraire d'observation

Un itinéraire d'observation doit permettre un temps réel d'observation d'environ trois heures au maximum à compter du lever du soleil. Son trajet doit être facilement reproductible à l'identique (par l'emprunt de pistes, sentiers, layons...). Chaque itinéraire d'observation sera complété par un itinéraire d'accès et un itinéraire de retour, en évitant tout risque de dérangement des secteurs voisins tout en assurant la sécurité des observateurs.

Nombre et longueur des itinéraires d'observation

Le nombre d'observateurs disponibles et de sorties qu'ils peuvent réaliser vont orienter le choix. En effet, il faut trouver un juste équilibre entre le nombre d'itinéraires et le nombre de répétitions de chacun d'entre eux. La densité et la longueur des itinéraires varieront fortement en fonction de la structure géographique, de la couverture forestière et de l'accessibilité de la zone concernée. Dans ce contexte, il est impossible de fixer des densités ou des longueurs de référence.

Nombre minimal de répétitions des itinéraires

L'unité de base de la collecte des données est l'itinéraire d'observation. Chaque itinéraire est parcouru dans son intégralité un nombre de fois (toujours supérieur à trois) qu'il faut déterminer lors d'au moins deux ou trois « années-test ». Au cours de ces années-test, on réalisera un nombre important de répétitions (éventuellement sur un nombre restreint d'itinéraires au sein de l'unité de gestion) pour pouvoir analyser la relation entre le nombre de répétitions et la variabilité des IPS obtenus. Pour ce faire, on représentera graphiquement, pour chaque IPS, la relation annuelle entre le coefficient de variation du nombre d'animaux vus par itinéraire (soit une mesure relative de la précision de la moyenne recherchée) et le nombre de répétitions de l'itinéraire (voir l'exemple du [graphique 1](#)).

Ce coefficient de variation, noté CV, correspond au rapport entre l'écart-type (s) et la moyenne (IPS) du nombre d'animaux observés par itinéraire, le tout exprimé en pourcentage, soit :

$$CV = \frac{s}{IPS} \times 100 \text{ (en \%)}$$

Un exemple de calcul de ce coefficient de variation est présenté dans le [tableau 1b](#), sur la base du jeu de données du [tableau 1a](#).

Le coefficient de variation diminue logiquement avec l'augmentation du nombre de répétitions, jusqu'à atteindre un plateau. Le nombre minimal de répétitions à réaliser correspondra donc à la valeur seuil au-dessus de laquelle faire une répétition de plus n'influence plus trop la précision ([graphique 1](#)).

Périodes, horaires, durée et organisation des opérations

Périodes de l'année

La période retenue devra rester identique d'une année sur l'autre.

En montagne, la période à retenir est déterminée à la fois par les conditions de visibilité des animaux et par la praticabilité du terrain. La structure et la composition des formations ligneuses, le climat local (durée d'enneigement, brouillards locaux), le comportement saisonnier et le rythme d'activité journalier des animaux sont les principaux éléments à prendre en compte pour fixer la période de parcours des itinéraires. Les activités



Graphique 1 – Exemple de relation entre le coefficient de variation d'un IPS et le nombre de répétitions de l'itinéraire d'observation

obtenue dans la population d'isards du Bazès (Hautes-Pyrénées) pour les saisons suivantes : printemps 1990 (o), automne 1991 (■), automne 1993 (▲), été 1999 (x)

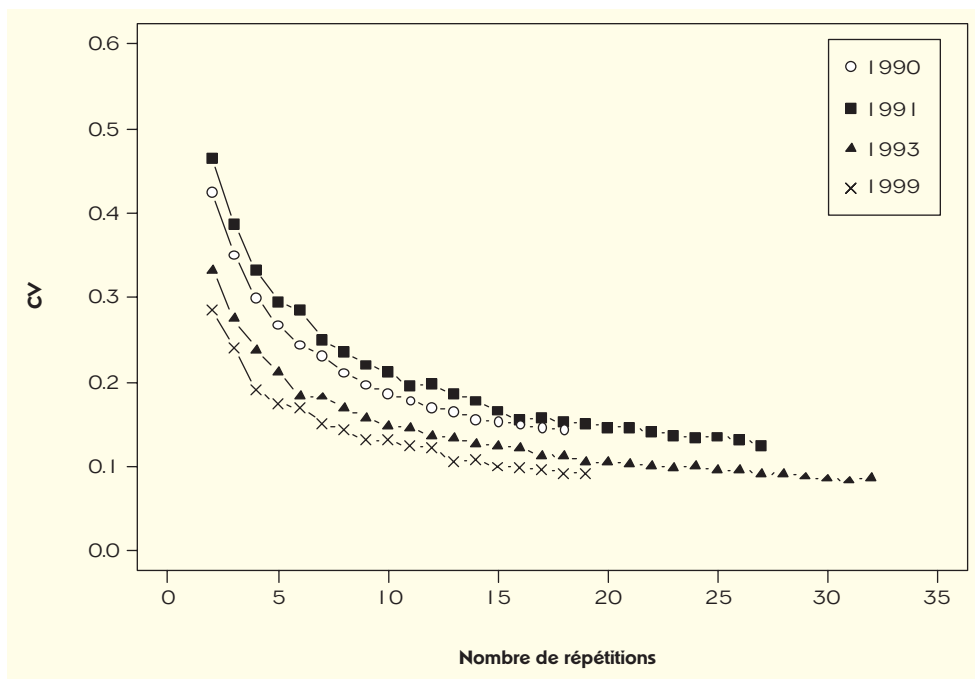


Tableau 1 a – Exemple de présentation des résultats IPS d’une année

obtenus sur une unité de gestion par un suivi réalisé sur 5 itinéraires avec 3 répétitions

Itinéraires	N ₁	N ₂	N ₃	IPS
1	15	10	12	12,3
2	3	1	4	2,7
3	96	103	82	93,7
4	31	43	25	33,0
5	232	197	220	216,3

humaines, touristiques et pastorales peuvent aussi entraîner localement un dérangement des animaux préjudiciable à la qualité des résultats.

On privilégiera donc, en général, la fin de l’été (15 août-15 septembre) car les femelles et leurs chevreaux, nés pour la plupart entre mi-mai et mi-juin, restent très discrets jusqu’à mi-juillet et les activités touristiques en montagne battent leur plein entre mi-juillet et mi-août. Une dispersion importante des animaux, un risque de sous-estimation du nombre de mâles (isolés ou en petits groupes) et une fréquentation forestière potentiellement accrue, avec une moindre visibilité due aux feuilles, sont à prendre en compte dans la définition des itinéraires. Dans les régions où les conditions météorologiques restent favorables jusqu’à la fin de novembre, on pourra retenir aussi cette période, au moment du rut, avec les avantages suivants : animaux plus regroupés, forte visibilité des mâles, moindre fréquentation des zones forestières, pelage d’hiver plus sombre, feuillus dénudés, fréquentation touristique et pastorale minimale.

Cette période devra être limitée à quatre semaines environ pour éviter de trop fortes variations environnementales. Celle-ci, en favorisant les déplacements des unités de population

Tableau 1 b – Liste et détails des calculs à réaliser sur des résultats IPS pour un itinéraire donné
Exemple de l’itinéraire 3 sur la base du jeu de données du **tableau 1 a**

Valeur recherchée	Détails des calculs	Résultat
Total d’animaux observés (T)	96 + 103 + 82	281
Nombre de répétitions (n)	-	3
IPS (=T/n) (moyenne de la distribution (m))	281 / 3	93,7
Ecart-type de la distribution (s)	racine carrée de $\frac{((96 - 93,7)(96 - 93,7)) + ((103 - 93,7)(103 - 93,7)) + ((82 - 93,7)(82 - 93,7))}{(3 - 1)}$	10,7
Coefficient de variation de la distribution (CV) (= (s/IPS) x 100 (en %))	(10,7 / 93,7) x 100	11,4
Erreur standard (ou erreur-type) de la distribution (E)	racine carrée de $\frac{((96 - 93,7)(96 - 93,7)) + ((103 - 93,7)(103 - 93,7)) + ((82 - 93,7)(82 - 93,7))}{3 \times (3 - 1)}$	6,2
Valeur de t (à 95 %) pour 3 répétitions	-	4,3
Limite supérieure de la moyenne (à 95 %)	93,7 + (4,3 x 6,17346472)	120,25
Limite inférieure de la moyenne (à 95 %)	93,7 - (4,3 x 6,17346472)	67,15

étudiées, pourraient biaiser les résultats par variation de la probabilité de détection.

Horaires des observations

L'itinéraire d'observation doit pouvoir être parcouru dès l'aube pour profiter du pic d'activité matinal des animaux. En montagne, pour des raisons évidentes de sécurité (retours nocturnes des observateurs, risques d'orage), il faut renoncer à exploiter le second pic d'activité journalier qui précède le crépuscule.

Durée d'observation, rythme de progression et sens de parcours

La durée d'observation ne devra pas dépasser trois heures environ pour rester en phase avec la période de mobilité des animaux. Le rythme de progression doit être régulier, sans autres arrêts que ceux nécessaires à l'observation des animaux rencontrés et à leur notation sur la fiche d'observation. La détection des animaux est réalisée à l'œil nu et aux jumelles au cours du déplacement. Après détection, une observation précise est réalisée à l'arrêt, obligatoirement à la longue-vue. Cette dernière n'est donc pas utilisée pour prospecter longuement tout un panorama. Le choix du sens du parcours devra permettre d'éviter d'observer des zones à contre-jour ou avec une mauvaise luminosité.

Choix, nombre et formation des observateurs

Dans la mesure du possible, les observateurs seront les mêmes chaque année. S'ils sont peu nombreux, chacun parcourra plusieurs itinéraires et étalera ses sorties sur la période de référence ; il est alors préférable qu'un observateur donné parcourt des itinéraires différents d'une série à l'autre pour minimiser l'« effet observateur ». Dans les Bauges par exemple, quatre observateurs parcourent une fois chacun des 7 itinéraires retenus, de telle sorte que chaque parcours soit effectué quatre fois. Par contre, en cas d'opérations avec un grand nombre d'observateurs, des sorties groupées permettent de réaliser en une seule opération une série complète. Dans ce cas, les séries devront être espacées d'au moins deux journées pour minimiser l'impact éventuel du dérangement.

Il n'est pas nécessaire d'être un spécialiste pour effectuer de telles opérations, mais chacun doit être formé préalablement à cette technique d'observation et être capable de différencier les classes d'âge et de sexe. Pour éviter des biais, l'observateur affecté à un itinéraire ne sera jamais accompagné par plus d'une personne. Dans ce cas, l'accompagnant ne devra en aucune façon participer à la détection des animaux ; il devra obligatoirement se contenter d'accompagner.

Conditions météorologiques et rythme des sorties

Les sorties d'observation ne seront réalisées que par temps sec, sans vent et avec une visibilité normale ; un vent même moyen ou des précipitations risquent en effet de modifier la répartition « normale » des animaux et la probabilité de les détecter.

Distinction des classes d'âge et de sexe

Cet indice d'abondance étant basé sur le nombre d'animaux observés de tous sexes et âges confondus, à l'exclusion des chevreaux, on pourrait se contenter de distinguer uniquement les trois classes suivantes : chevreaux, individus non-

chevreaux, individus non-identifiés. La plupart des gestionnaires étant habitués à utiliser les observations de ces sorties pour estimer d'autres indices (succès de la reproduction, survie des chevreaux, sex-ratio), et par souci pédagogique, on distinguera en réalité au minimum les cinq classes suivantes : chevreaux, jeunes de 2^e année (éterles ou éterlous), femelles de troisième année et plus, mâles de troisième année et plus, individus non-identifiés.

Matériel nécessaire et recueil des données

Une montre, une paire de jumelles, une longue-vue (20 x minimum), une fiche de relevé comportant au verso une carte au 1 : 10 000^e avec report des itinéraires et des accès, un crayon ou un feutre (exclure le stylo-bille), un porte-bloc à pince et rabat et un moyen de communication de sécurité pour chaque personnel. Chaque observation (groupe ou individu isolé) reçoit un numéro d'ordre qui sera reporté sur la carte à l'endroit précis de l'observation. L'heure, le nombre et la nature (âge et sexe) des individus du groupe observé sont notés sur la fiche.

Consignes de sécurité et responsabilité juridique

L'organisateur de ces opérations prendra toutes les dispositions nécessaires pour assurer le confort et la sécurité des participants, et couvrir sa responsabilité juridique en cas d'accident.

2^e partie : Comment calculer ces indices annuels sur chaque itinéraire de l'unité de gestion et leurs précisions ?

L'indice d'abondance pedestre IPS_i de l'itinéraire i est la moyenne des nombres N_n d'animaux observés sur cet itinéraire i à l'occasion de n répétitions :

$$IPS_i = (N_1 + N_2 + \dots + N_n) / n$$

On peut estimer sa précision en calculant un intervalle de confiance à 95 % par les formules suivantes :

$$\text{Limite supérieure : } Ls = IPS_i + (t_{95} \times E)$$

$$\text{Limite inférieure : } Li = IPS_i - (t_{95} \times E)$$

où t_{95} , coefficient correcteur de Student, décroît avec le nombre de répétitions selon la correspondance suivante :

Nombre de répétitions (n)	Valeur de t_{95}
2	12,706
3	4,303
4	3,182
5	2,776
6	2,571
7	2,447
8	2,365
9	2,306
10	2,262
11	2,228
12	2,201

Graphique 2 – Exemple de représentation graphique de l'évolution annuelle d'un IPS
(avec intervalles de confiance) sur la base des données du **tableau 2**



Tableau 2 – Exemple de résultats annuels IPS
obtenus sur un itinéraire sur une période de huit années
avec leurs intervalles de confiance et leurs nombres de répétitions

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Limite supérieure (Ls)	115,6	126	158,8	173,2	184,9	213,2	234	172,5
IPS (= moyenne)	108	122	139	163	177	204	179	160
Limite inférieure (Li)	100,4	118	119,2	152,8	169,1	194,8	124	147,5
n (= nombre de répétitions)	7	8	9	6	8	7	6	8

et E est l'erreur standard (ou erreur-type) associée à l'estimation de l'IPS, calculée suivant l'une des deux formules A ou B :

* Formule A : $E = \text{racine carrée de } ((N_1 - m)^2 + (N_2 - m)^2 + \dots + (N_n - m)^2) / n \times (n - 1)$

* Formule B : $E = s / \sqrt{n}$,

où s est l'écart-type (sans biais, avec $n - 1$) de la distribution du nombre d'animaux observés sur l'itinéraire et n le nombre de répétitions.

On note que, plus le nombre de répétitions est élevé, plus t et E sont petits et plus l'intervalle de confiance est réduit ; la multiplication des répétitions conduit donc bien à une meilleure précision de la mesure.

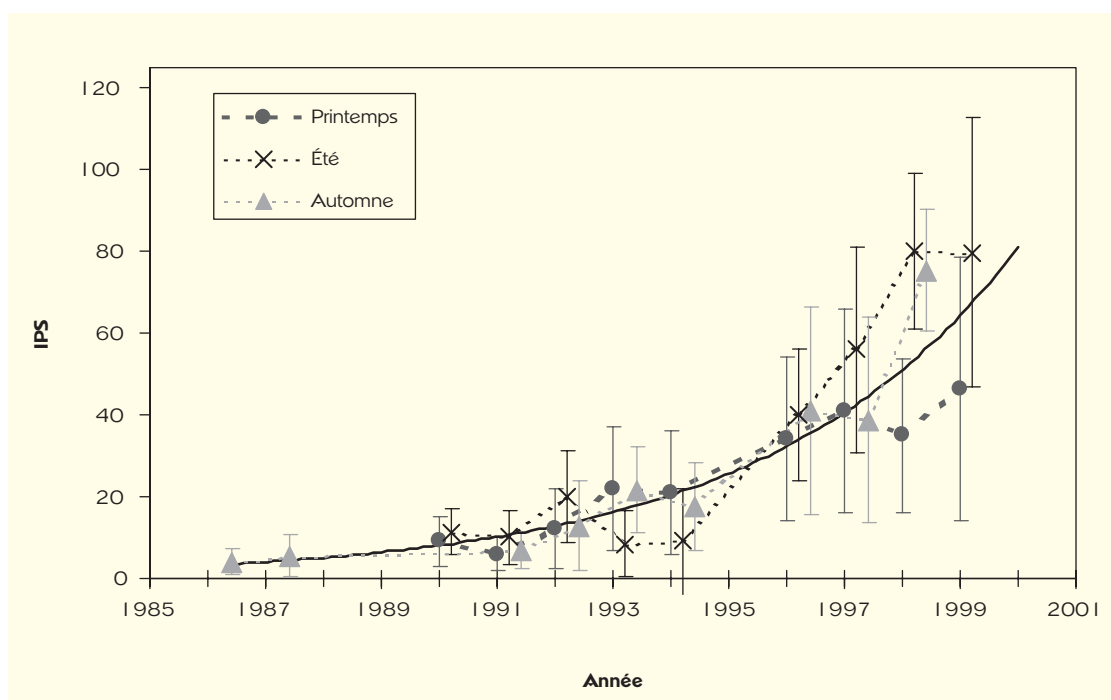
Un exemple détaillé des modes de calcul de l'ensemble de ces valeurs est présenté dans le **tableau 1 b**.

3^e partie : Comment interpréter les variations annuelles de chaque IPS ?

Les variations annuelles de chaque IPS peuvent alors être visualisées par un graphique (voir les exemples du **graphique 2**, réalisé sur la base des données du **tableau 2**, et du **graphique 3**) qui représentera les valeurs de l'IPS (avec ses limites de confiance) pour chaque année. L'interprétation de la tendance observée (croissance, stabilité ou décroissance des effectifs) devra impérativement tenir compte des intervalles de

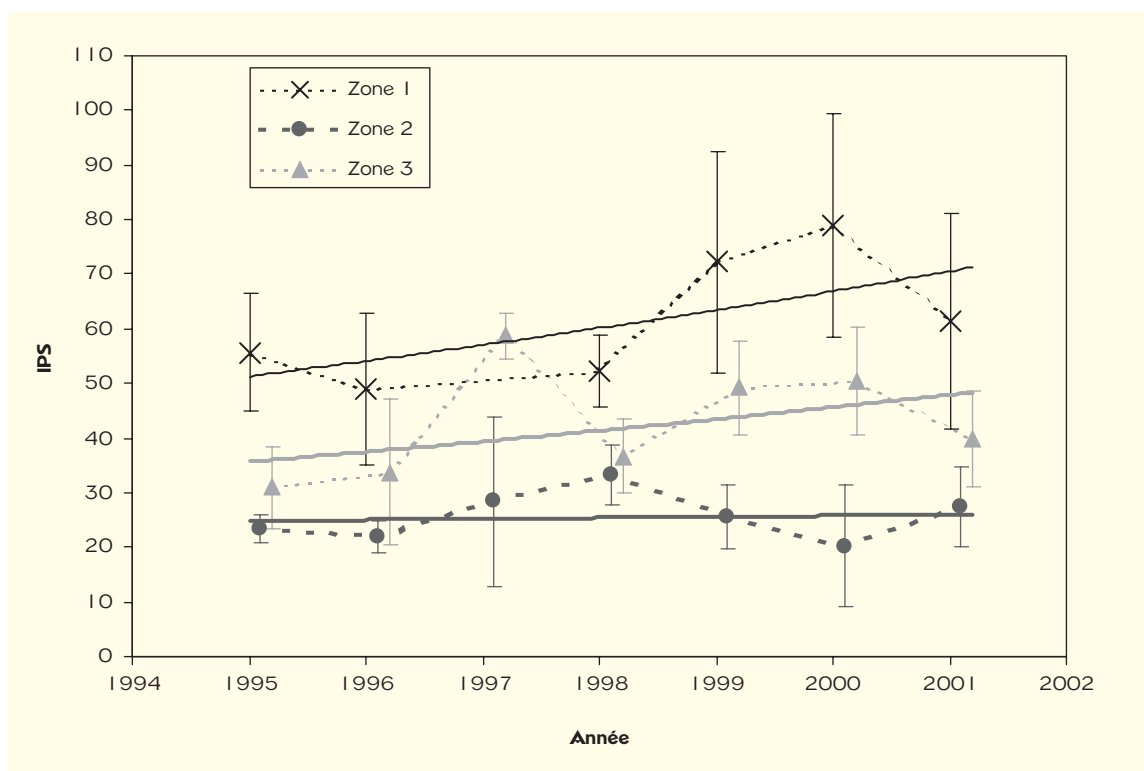
Graphique 3 – Evolution inter-annuelle des trois IPS (avec leurs intervalles de confiance) obtenus sur un même itinéraire de 1986 à 1999 pour la population d'isards du Bazès (Hautes-Pyrénées)

Dans ce cas expérimental, un IPS a été recueilli sur le même itinéraire à trois saisons différentes, printemps, été et automne. La ligne continue représente la tendance d'évolution exponentielle d'un IPS « annuel », obtenu dans ce cas en cumulant pour chaque année les résultats des trois saisons.



Graphique 4 – Comparaison des évolutions inter-annuelles des IPS et de leurs intervalles de confiance obtenus entre 1995 et 2001 sur trois secteurs (zones 1 à 3) de la population de chamois des Bauges (Savoie/Haute-Savoie)

Les lignes continues représentent les tendances d'évolution annuelle pour chaque zone.



confiance, et pas seulement des simples valeurs annuelles de l'IPS. Elle restera très prudente tant que le nombre d'années de recul sera faible.

4^e partie : Comment interpréter les variations annuelles de l'ensemble des IPS recueillis sur l'unité de gestion ?

Les variations annuelles de tous les IPS recueillis sur l'unité de gestion peuvent ensuite être représentées sur un seul graphique (voir l'exemple du **graphique 4**). Ce type de représentation facilite la comparaison des tendances enregistrées selon les secteurs. Plusieurs cas de figure pourront alors se présenter : mêmes tendances pour tous les secteurs sur toute ou partie de la période ; tendances différentes suivant les secteurs sur toute ou partie de la période ; absence de tendance sur tous les secteurs sur toute ou partie de la période, etc. Chaque scénario devra donc être discuté et interprété au cas par cas et secteur par secteur, à la lumière des autres connaissances acquises par les gestionnaires : variations des autres indicateurs de changement écologique, variations géographique et numérique de la population, modifications des milieux et de l'utilisation humaine, modifications des objectifs de gestion et des plans de prélèvement, incidents sanitaires...

5^e partie : Comment présenter un rapport annuel pour un suivi pluriannuel ?

Nom et organisme du rédacteur, et date de rédaction

Descriptif de l'unité de gestion

- Nom du massif
- Superficie du territoire
- Communes concernées
- Carte des différents lots de chasse et des espaces en réserve

Description de la population et de sa gestion

- Variations inter-annuelles du tableau de chasse (attributions/réalisations)
- Variations inter-annuelles des IPS
- Variations des indicateurs de changement écologique (ICE) autres que les IPS : mesure de la masse corporelle et/ou de la longueur des cornes
- Autres connaissances sur la population (historique de la gestion, évolutions des objectifs et plans de gestion, état génétique et sanitaire...)

Synthèse des résultats de l'année (données brutes, indices annuels IPS, analyse de l'évolution du coefficient de variation...)

Comparaison avec les résultats des années précédentes (tableaux et graphiques, voir modèles dans cette fiche)

Références bibliographiques

- Couilloud, F., Jullien, J.-M. & Fraty, D. 1999. Le poids des chevreaux en automne : un bio-indicateur utilisable pour suivre l'évolution d'une population de chamois (*Rupicapra rupicapra*). *Gibier Faune Sauvage/Game & Wildl.* 16 (3) : 273-285.
- Dubray, D., Couilloud, F., Jullien, J.-M. & Loison, A. 2003. L'intérêt de l'analyse des examens de tableaux de chasse pour la gestion du Chamois et de l'Isard. *Faune sauvage* 260 : 65-72.
- Loison, A., Appolinaire, J. & Dubray, D. 2005. Réponse d'un indice d'abondance à une mortalité catastrophique sur la population d'isards du Bazès. *Rapport scientifique ONCFS* 2004 : 9-12.
- Loison, A., Appolinaire, J., Jullien, J.-M. & Dubray, D. 2006. How reliable are population counts to detect trends in population size of chamois *Rupicapra rupicapra* and *R. pyrenaica*? *Wildl. Biol.* 12 : 77-88.
- ONC (Groupe Chevreuil). 1991. Méthodes de suivi des populations de chevreuils en forêt de plaine, exemple de l'indice kilométrique. *Bull. Mens. ONC* 157, *Fiche tech.* n° 70.
- ONC (Groupe Chevreuil). 1999. La gestion des populations de chevreuils par l'utilisation d'indicateurs population-environnement. *Bull. Mens. ONC* 244, *Fiche tech.* n° 95.



M. Cornillon

Rédacteur : Dominique DUBRAY (ONCFS, CNERA Faune de montagne)
pour le Groupe « Indicateurs de changement écologique » : Cemagref, CNRS URA 5558, INRA CEFS, ONCFS, ONF, FNC,
avec les collaborations suivantes : CNRS Lyon, PNR et GIEC Massif des Bauges, FDC et Sociétés de chasse
(Hautes-Pyrénées, Savoie, Haute-Savoie), ONF 73/74, ONCFS (65/73/74), étudiants, stagiaires et bénévoles.