



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

MASTER FAGE  
Biologie et Ecologie pour la Forêt,  
l’Agronomie et l’Environnement

Spécialité  
Fonctionnement et Gestion des Ecosystèmes

ETUDE SUR LE SUIVI DES POPULATIONS DE  
CHAMOIS (*Rupicapra rupicapra*) DU PARC NATIONAL  
DES ECRINS

ESTELLE BLESBOIS

Mémoire de stage, soutenu à Nancy le 07/09/2010

Gilles FARNY, chargé de mission Faune, Parc national des Ecrins

Parc national des Ecrins, Service scientifique  
Domaine de Charance, 05000 GAP



## UN GRAND MERCI...

En tout premier lieu à Gilles FARNY, mon maître de stage, qui m'a non seulement offert l'opportunité de réaliser mon stage au Parc national des Ecrins, mais aussi pour sa gentillesse, sa disponibilité, ses conseils et son soutien.

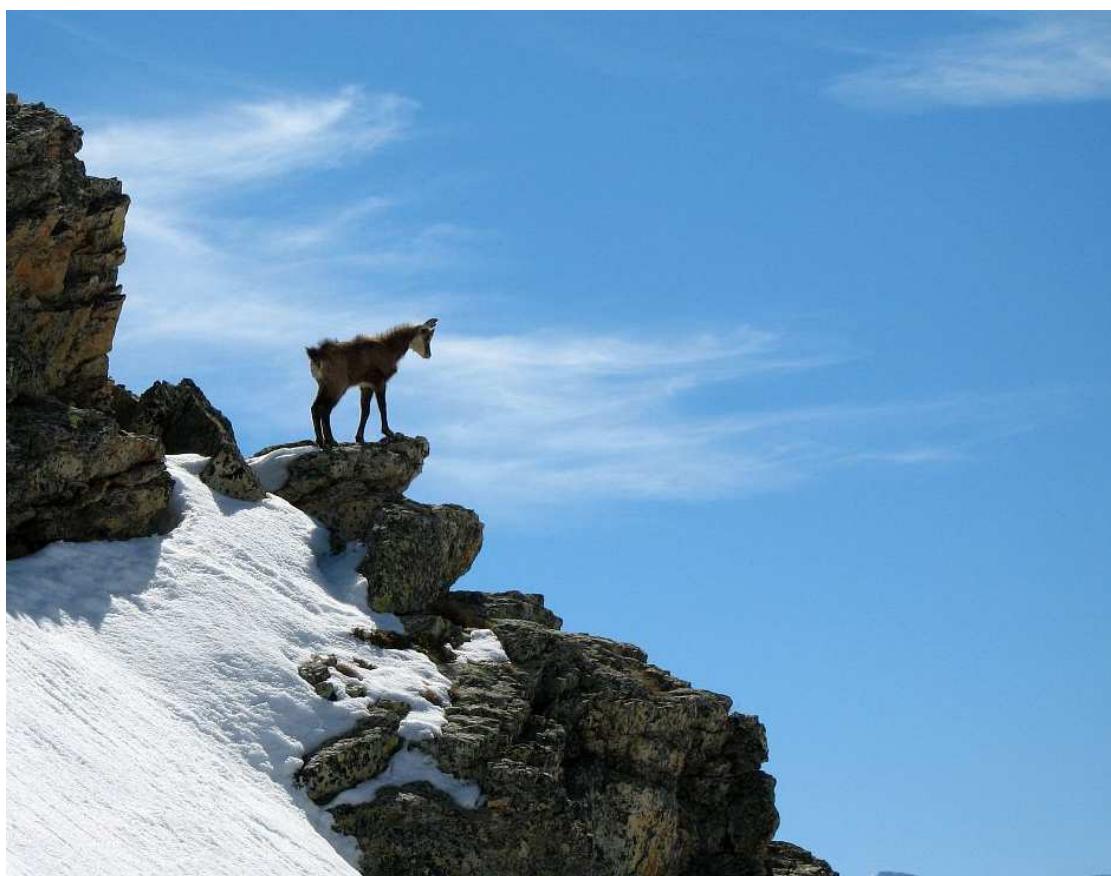
Merci aussi au personnel du Service scientifique, qui m'a accueilli avec beaucoup de chaleur pour toute la durée de mon stage, et sans qui je n'aurais pas passé un si bon moment. Merci notamment à Richard BONNET (chef du Service scientifique) pour ses précieux avis, et à Fabiola ADAM (secrétaire du Service scientifique) de m'avoir fait une place dans son bureau et de m'avoir fait profiter de sa bonne humeur au quotidien.

Je remercie également l'ensemble du personnel des différents secteurs du PNE et du domaine de Charance que j'ai pu rencontrer au cours de mon stage, qui m'ont accueilli et m'ont fait partager, chacun à leur façon, leur expérience, leurs connaissances et la passion de leur métier. Une mention spéciale à Jérôme FORET, Mireille COULON et à Pierre DUMAS pour les sympathiques sorties terrain en leur compagnie.

Je tiens également à remercier Nicolas JEAN et Dominique GUILLET (FDC 05) pour leur aide dans ma récolte de données, mais aussi pour m'avoir permis de participer aux comptages cervidés.

Enfin, je remercie vivement Jean-Michel GAILLARD pour m'avoir accordé un peu de son précieux temps pour m'aider dans mes analyses statistiques.

Ce stage au Parc national des Ecrins restera pour moi une expérience inoubliable et je tiens à remercier tous ceux qui y ont contribué, de près ou de loin.



## TABLE DES MATIERES

<b>I. PRESENTATION DU PARC NATIONAL DES ECRINS</b>	<b>3</b>
<b>II. GENERALITES SUR LE SUIVI DES ONGULES</b>	<b>4</b>
<b>II.1. COMMENT DETERMINER LE NOMBRE D'INDIVIDUS D'UNE POPULATION D'ONGULES A UN MOMENT DONNE ?</b>	<b>4</b>
<b>II.2. LES INDICATEURS DE CHANGEMENT ECOLOGIQUE (ICE)</b>	<b>5</b>
<b>II.3. LE SUIVI DE L'ABONDANCE DES POPULATIONS PAR METHODE INDICIAIRE : L'INDICE D'ABONDANCE PEDESTRE (IAP OU IPS)</b>	<b>5</b>
<b>III. CONTEXTE DE L'ETUDE</b>	<b>6</b>
<b>IV. LE POIDS DES JEUNES</b>	<b>7</b>
<b>IV.1. MATERIEL ET METHODES</b>	<b>7</b>
IV.1.a. ZONE D'ETUDE	7
IV.1.b. RECOLTE DES DONNEES	7
IV.1.c. TRAITEMENT DES DONNEES	8
<b>IV.2. RESULTATS</b>	<b>9</b>
IV.2.a. DEPARTEMENT DES HAUTES-ALPES	9
➤ Chevreaux	9
➤ Eterles et éterlous	10
➤ Comptages	11
IV.2.b. DEPARTEMENT DE L'ISERE	11
➤ Chevreaux	11
➤ Eterles et éterlous	12
➤ Comptages	13
<b>IV.3. DISCUSSION</b>	<b>14</b>
IV.3.a. DEPARTEMENT DES HAUTES-ALPES	14
➤ Chevreaux	14
➤ Eterles et éterlous	14
IV.3.b. DEPARTEMENT DE L'ISERE	15
<b>V. LA LONGUEUR DES CORNES</b>	<b>15</b>
<b>V.1. MATERIEL ET METHODES</b>	<b>15</b>
V.1.a. ZONE D'ETUDE	15
V.1.b. RECOLTE DES DONNEES	15
V.1.c. TRAITEMENT DES DONNEES	16
<b>V.2. RESULTATS</b>	<b>16</b>
<b>V.3. DISCUSSION</b>	<b>18</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>19</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>20</b>

## I. PRESENTATION DU PARC NATIONAL DES ECRINS

Un Parc national est un territoire généralement vaste dont la richesse biologique, la qualité paysagère, l'intérêt culturel et le caractère historiquement préservé justifient une protection et une gestion qui garantissent la pérennité de ce patrimoine considéré comme exceptionnel.

Depuis la loi du 14 avril 2006, le parc est composé d'un cœur réglementé et d'une aire d'adhésion.

Les Parcs nationaux sont gérés par un établissement public national à caractère administratif, placé sous la tutelle du ministre chargé de la protection de la nature, Parcs Nationaux de France, créé en 2006.

Descendant du Parc national de la Bérarde, premier Parc national français créé en 1913, le Parc national des Ecrins est créé le 27 mars 1973 et est aujourd'hui le premier Parc national français par sa superficie : il s'étend sur 61 communes (33 900 ha de zone centrale en Isère et 57 900 ha dans les Hautes Alpes, cf. carte ci-contre).

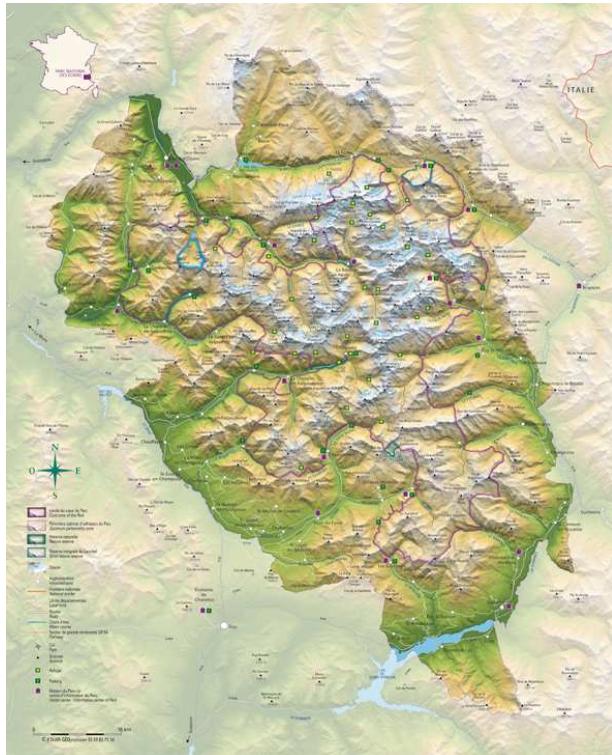


Figure 1 : Carte du Parc national des Ecrins

Le Parc national des Ecrins a pour vocation la gestion du territoire sur le long terme. Le programme d'aménagement comporte cinq objectifs à mettre en œuvre sur la zone centrale, la zone d'adhésion optimale et la réserve intégrale pour une période déterminée :

- conserver et enrichir la biodiversité et les paysages dans chaque entité écologique ;
- constituer un espace de référence pour les milieux alpins ;
- favoriser une découverte du Parc national liée au caractère « sauvage » du massif et s'appuyant sur l'identité de chaque vallée ;
- participer au développement durable de chacune des vallées en valorisant le patrimoine ;
- animer le réseau alpin des espaces protégés et développer des actions renforçant la dimension internationale du Parc national.

Organisé en sept secteurs, le Parc s'appuie sur des équipes de terrain en charge de la gestion et de l'animation quotidienne de ce vaste territoire. Les maisons du Parc sont des lieux permanents d'accueil du public et de rencontres avec les acteurs locaux. Les équipes de secteurs travaillent en relation directe avec la direction et les services du siège (scientifique, aménagement, accueil-communication et administratif) à Gap.

Le Parc a mis en place une charte d'environnement et de développement durable qui vise à « maintenir et développer la présence et l'activité humaine, en s'appuyant, tout en les préservant, sur les ressources naturelles et culturelles ».

Le Parc national des Ecrins est gestionnaire de six réserves naturelles, d'une superficie de 1 180 ha, créées par décret en 1974, et de la réserve intégrale de Lauvitel, créée en 1995, permettant la protection renforcée et le suivi de la faune et la flore d'un vallon de 689 ha.

250 000 données, 350 espèces de vertébrés, 1800 espèces végétales dont 168 patrimoniales, 30 000 données sur les invertébrés ont été recueillies et classées. Ces dernières années ont été surtout consacrées à la structuration de ces informations pour qu'elles soient utilisables pour une meilleure gestion du territoire. Après la phase nécessaire d'inventaire, les besoins de connaissance des espèces

et milieux s'orientent vers des suivis plus ciblés et plus pointus. La pertinence des grands dénombrements de quelques espèces telles que chamois ou aigles royaux est une vraie question. Ces méthodes de suivi mises en place depuis l'origine sont peut-être à adapter : que veut-on réellement savoir ? C'est dans cette optique que j'ai été recrutée pour mon stage au sein du Service scientifique du Parc national des Ecrins.

## II. GENERALITES SUR LE SUIVI DES ONGULES

Les trois piliers fondamentaux du suivi des populations sont d'**estimer leur abondance, évaluer leur performance ou étudier les relations entre les espèces et leurs milieux**.

On appelle recensement toute opération qui permet d'obtenir une estimation de l'effectif d'une population considérée et les principaux paramètres de la dynamique de cette population.

Les différentes méthodes de recensement font appel à trois grands principes :

- l'observation directe ou comptage « par corps »
- l'utilisation d'indice de présence (trace, fèces, émission sonore)
- l'utilisation de données numériques sur des rapports de chiffres : tableaux de chasse, inclusion de variables du terrain dans des modèles théoriques.

Les techniques de dénombrement des grands mammifères sont basées sur des principes simples mais leur mise en place est délicate. Elles nécessitent toujours une bonne connaissance de la biologie et de l'habitat des espèces. La sous-estimation du nombre d'individus (de 25 à 50%) peut être réduite en augmentant la probabilité d'observation ou de capture et/ou en passant plus de temps à observer ou capturer.

Dans le cas des grands mammifères sauvages, le choix des techniques de dénombrement dépend de 3 conditions : les caractéristiques de l'habitat, les mœurs sociales de l'espèce et ses rythmes d'activité circadien et annuel (Bourlière, 1969).

Le caractère « ouvert » ou « fermé » de la végétation influera de manière considérable sur les possibilités de dénombrement (nombre d'observateurs et surface échantillonnable).

Les mœurs sociales influent sur la distribution spatiale qui est souvent le groupe pour les ongulés (couple, famille, groupes de mâles et de femelles avec les jeunes) dont l'importance et la composition varient en cours d'année. Les méthodes statistiques habituelles ne s'appliquent qu'à des individus (ou groupes de même taille) répartis au hasard dans un milieu uniforme.

Les variations annuelles de densité des grands herbivores sont typiquement faibles (<30% dans la majorité des cas), rendant illusoire la mise en évidence d'une variation d'abondance sur une courte période (impossible en moins de 3 ans, rare en moins de 5 ans).

### II.1. COMMENT DETERMINER LE NOMBRE D'INDIVIDUS D'UNE POPULATION D'ONGULES A UN MOMENT DONNE ?

Malgré la grande diversité des situations écologiques rencontrées, la plupart des comptages réalisés à ce jour sont des dénombrements à vue exhaustifs : approche et affût combinés, observateurs mobiles, pointage-flash. Elles donnent une première évaluation pour les populations non connues, en fournissant un nombre minimum.

Pourtant, de nombreuses études ont mis en évidence des problèmes majeurs de justesse et de précision lors de l'application de ces méthodes de dénombrement :

- interprétation malaisée des variations de population donc difficulté de prendre des mesures de gestion adéquates
- faible précision des estimations (+ ou - 20% de précision) car les comptages lourds sont difficiles à mettre en place et ne peuvent donc pas être répétés ; **la précision n'est alors pas mesurable et le taux d'incertitude inconnu**
- pas de source d'information précise sur la composition de la population

- nécessitant un grand nombre d'observateurs, ces méthodes présentent un atout sociologique, la tradition de comptage. Elles sont de ce fait très lourdes à mettre en œuvre.

Il semble nécessaire aujourd'hui de faire le point sur les problèmes liés à cette gestion basée sur les dénombrements et de proposer une alternative : les indicateurs de changement écologique (ICE). Les variations inter annuelles des résultats donnent de précieuses indications sur l'évolution numérique du cheptel ; les tendances décelées par ces comptages devraient donc être systématiquement vérifiées par recoupage avec les informations obtenues par le suivi des ICE.

## II.2. LES INDICATEURS DE CHANGEMENT ECOLOGIQUE (ICE)

Comme nous venons de le souligner, le suivi d'importantes populations d'ongulés ne peut se faire de façon rigoureuse par comptage lourd. En revanche, leur gestion peut s'appuyer sur un suivi à long terme à partir d'un faisceau d'indicateurs de changement écologique (ICE). Un ICE est un paramètre simple et aisément mesuré sur un animal ou un végétal, dont l'évolution est dépendante de celle du système « individu – population – environnement » (Morellet *et al.* 2007). Tout paramètre sensible aux changements d'effectifs de la population pour une qualité d'habitat donnée peut donc être considéré comme un candidat tangible d'ICE. Par exemple, il a été démontré que la masse corporelle des faons (chamois et chevreuil) ou la longueur du métatarsale (chevreuil) des faons étaient de bons indicateurs de la qualité phénotypique et répondaient significativement aux variations de densité (Maillard *et al.* 1989, Bonenfant *et al.* 2002, Toigo *et al.* 2006). En s'affranchissant des problèmes associés au dénombrement, les ICE présentent une alternative économique, efficace et avec un fort support scientifique (Morellet *et al.* 2007). C'est une approche écologique qui a pour but de gérer le système « population d'ongulés - environnement ».

La qualité de l'information fournie par les ICE dépend clairement de la taille de l'échantillon.

Il est important d'interpréter les données par période pluriannuelle (3 à 5 ans minimum) de façon à éviter des erreurs d'interprétations 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 : hiver ou printemps rigoureux). Il est également totalement inapproprié de comparer les valeurs absolues de ces ICE entre sites d'étude puisqu'ils ne sont pas équivalents entre différents habitats.

L'interprétation se fait uniquement en termes de tendances (augmentation, stabilisation ou baisse des effectifs). Dans cette optique, il est indispensable de comparer les résultats obtenus au moyen de différents ICE entre eux pour confirmer les tendances observées.

Aucun ICE n'est actuellement mis en place au sein du Parc National des Ecrins en ce qui concerne le chamois. L'objectif de mon stage est de tester la validité des deux candidats les plus plausibles, à savoir la longueur des cornes ainsi que le poids des jeunes, dont les données sont relevées de façon systématique dans certaines unités de gestion (UG).

## II.3. LE SUIVI DE L'ABONDANCE DES POPULATIONS PAR METHODE INDICIAIRE : L'INDICE D'ABONDANCE PEDESTRE (IAP OU IPS)

Cette méthode a été initiée en automne 2008 sur les 6 unités de gestion chamois du Parc national des Ecrins. 20 itinéraires ont été répartis majoritairement dans la zone cœur du Parc. Cet indice a été validé en 2008 pour de petites surfaces. Le protocole de l'IAP pour le Parc national des Ecrins est en test depuis sa mise en place, et ce pour une durée de 3 ans. Il sera évalué par le Laboratoire de biométrie et biologie des populations de l'Université Claude Bernard de Lyon, représenté par Jean-Michel Gaillard à l'issue des sessions de 2010.

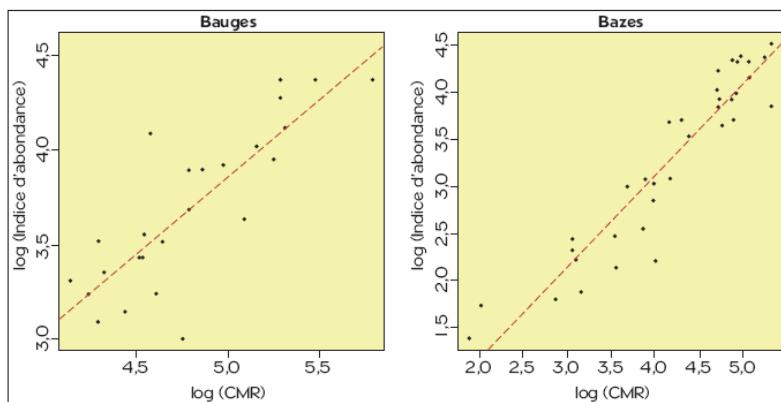
L'indice d'abondance pédestre  $IPS_i$  de l'itinéraire  $i$  est la moyenne des nombres  $N_n$  d'animaux observés (hors chevreaux) sur cet itinéraire  $i$  à l'occasion des  $n$  répétitions.

C'est un indicateur fiable de changement des relations chamois/environnement (Loison *et al.*, 2006). Particulièrement sensible dans les phases de forte croissance ou en cas de variation importante des effectifs, l'IPS ne permet pas à lui seul de suivre l'évolution d'une population de chamois, il faut nécessairement appliquer plusieurs ICE

L'objectif de ce protocole est d'évaluer la tendance des effectifs des populations de chamois du Parc par l'obtention d'un indice d'abondance annuel.

Chaque itinéraire est parcouru dans son intégralité 4 fois minimum en 4 semaines maximum entre le 1<sup>er</sup> septembre et le 30 octobre. Les animaux sont détectés à l'œil nu et aux jumelles, la longue-vue n'étant utilisée que pour préciser les observations.

**Relation entre le CMR (méthode de référence) et l'IPS sur la RNCFS des Bauges et le site du Bazès**



La très bonne corrélation obtenue entre les deux indicateurs conduit à retenir l'IPS comme indicateur de changements écologiques (ICE) pour le chamois et l'isard.

D'après Klein F., Maillard D., Loison A., Gaillard J-M., Faune sauvage n°278, novembre 2007

### III. CONTEXTE DE L'ETUDE

Depuis la création du Parc national des Ecrins en 1973, de nombreuses études sur le chamois (*Rupicapra rupicapra*) ont été réalisées. Les comptages annuels sur l'ensemble des unités de gestion (UG) effectués sur un pas de temps de 6 ans (à raison d'une UG dénombrée par an) ont été arrêtés en 2008. Chaque unité de gestion correspond à une population de chamois qui, du fait de la topographie du massif, ne procède qu'à des échanges limités avec les populations voisines. Cette méthode, efficace aux débuts du Parc pour suivre la recolonisation du territoire par le chamois, a aujourd'hui atteint ses limites. La population de chamois étant arrivée à un niveau d'abondance suffisant, l'échantillonnage exhaustif n'est plus justifié. De plus, de nombreuses études ont montré la faible précision de ces comptages (plus ou moins 20% de précision seulement), du fait de leur lourde mise en place et donc de l'impossibilité de répéter les mesures (Houssin *et al.*, 1994). Les 6 unités de gestion couvrent la totalité du territoire occupé par le chamois dans le cœur du Parc (zone non chassée) et une partie importante de l'aire optimale d'adhésion.

L'abandon des comptages exhaustifs pose de réels problèmes face au monde de la chasse, qui se sent exclu de la politique de gestion de l'espèce chamois dans le massif des Ecrins. La mise en place



**Figure 1 :** répartition des unités de gestion chamois sur le territoire du Parc national des Ecrins

d'un faisceau d'indicateurs de changement écologique (ICE) semble désormais une alternative fiable à cette gestion basée sur les dénombremens (Maillard *et al.*, 1989 ; Vincent *et al.*, 1991).

Nous allons nous intéresser à deux ICE : le poids des jeunes tués à la chasse (chevreaux et éterlous) et la longueur des cornes des individus de 2 ans.

Les divers indicateurs existant pour les ongulés permettent d'obtenir des informations aussi bien sur l'abondance des populations, la qualité et la performance des individus de la population et les relations entre espèces et habitats. Pour le chamois, seuls deux ICE sont pour le moment validés : l'indice d'abondance pédestre (IAP) et le poids des jeunes. La longueur de la patte arrière ainsi que la longueur de la mâchoire sont deux nouveaux ICE en cours de validation.

Grâce au suivi des chamois dans la Réserve nationale de Chasse et de Faune Sauvage des Bauges, il a été démontré que le poids des jeunes diminue significativement lorsque la densité de la population augmente (Couilloud *et al.*, 1999). Ceci semble être la conséquence d'une compétition alimentaire entre individus. Pour s'assurer du rôle informatif des ICE de performance individuelle au cours de la période de suivi, il est souhaitable de diriger les analyses (et donc les prélèvements par la chasse) sur les jeunes de l'année, plus sensibles que les adultes aux modifications environnementales.

La longueur des cornes est en cours de validation chez le chamois. En revanche cet ICE est validé pour le bouquetin des Alpes, et les résultats montrent qu'une augmentation de l'effectif de la population entraîne une diminution de la longueur des cornes (Michallet & Toïgo, 2004).

## IV. LE POIDS DES JEUNES

### IV.1. MATERIEL ET METHODES

#### IV.1.a. ZONE D'ETUDE

La zone étudiée est constituée par la seule partie en aire optimale d'adhésion des unités de gestion du Parc, soit environ 40 000 ha, zone où la chasse au chamois est autorisée. Les UG étudiées sont les UG 11, 12 et 14 pour le département des Hautes Alpes, et les UG 20 et 24 pour le département de l'Isère (figure 1).

Le territoire des Ecrins est situé à l'ouest de l'axe de la chaîne alpine et est une zone de contact entre les massifs de la Vanoise au nord, du Mercantour au sud, du Queyras et du Piémont à l'est, du Vercors et du Dévoluy à l'ouest. Cette zone, comprise entre 669 et 4102 m d'altitude, est composée à plus de 90% de milieux naturels ou semi-naturels (245 325 ha). La forêt, qui couvre 43 422 ha du territoire du Parc national des Ecrins, principalement sur les ubacs, est à 50% constituée de conifères. Les surfaces enneigées (glaciers et névés) recouvrent 18% de la zone cœur du Parc (7,4% de la surface totale du PNE). La population de chamois a été multipliée par 5 depuis la création du Parc et a été estimée à 15 000 individus en 2001.

#### IV.1.b. RECOLTE DES DONNEES

Depuis 1973, les chasseurs de 55 sociétés de chasse, l'Office national des forêts, l'Office national de la chasse et le Parc national des Ecrins assurent sur le territoire une gestion concertée des ongulés. Une fiche destinée à l'analyse du tableau de chasse est remplie pour chaque individu prélevé. Des renseignements sur le tireur, le lieu du prélèvement et les caractéristiques de l'animal abattu y sont consignés.

Les poids ont été relevés de 1998 à 2009 pour les UG des Hautes Alpes (les données pour l'année 2000 ne sont pas disponibles), de 2002 à 2009 pour les UG de l'Isère sur des chevreaux et des chamois de deux ans (éterles et éterlous) prélevés à la chasse entre septembre et janvier. Les données ont été fournies par les FDC des Hautes-Alpes et d'Isère, grâce aux mesures effectuées par les chasseurs des différentes ACCA de ces deux départements.

Pour le département des Hautes Alpes, on dispose de 369 poids de chevreaux, 1144 poids d'éterlous et 726 mesures de longueur de cornes d'éterlous. Pour le département de l'Isère, on dispose de 341 poids de chevreaux et 612 poids d'éterlous. En plus des poids, sont consignés la date de tir, le numéro de l'UG et le sexe des individus (pour les Hautes Alpes uniquement).

On considère que le tir des jeunes est réalisé au hasard, sans qu'aucune consigne ne soit donnée au chasseur concernant le sexe ou la corpulence des chamois.

Pour ces individus nous disposons soit du poids plein (P), soit du poids vidé ou totalement éviscéré (V), soit de son poids partiellement éviscéré, (avec cœur, foie et poumons en général) (PPE). Les pesées sont faites par les chasseurs eux-mêmes, le plus souvent au moyen de balances suspendues à cadran ou de balances romaines, dont la précision est comprise entre 100 g et 250 g.

Les résultats des comptages réalisés sur 106 112 hectares (zone cœur et aire optimale d'adhésion) nous ont permis d'estimer les fluctuations de l'effectif de la population dans les UG 11, 12, 14, 20 et 24.

Une fois tous les 6 ans en moyenne depuis 1983, la population de chamois est recensée dans chaque UG par la méthode des affûts et approches combinés. Le dénombrement se fait au début de l'été, après la mise bas des chevreaux. Cette technique nécessite une organisation soignée, une main d'œuvre nombreuse et son prix de revient est élevé. Mais elle permet d'obtenir le chiffre minimal de la population en dérangeant peu les animaux, ainsi que des informations sur les paramètres démographiques, tels que le sexe et l'âge des individus. Bien qu'insuffisant, ce protocole nous permet d'avoir une idée globale de la tendance d'évolution des populations de chamois dans les UG considérées. Les comptages sont depuis 2008 remplacés par un suivi de l'Indice d'Abondance Pédestre (IAP), réalisé annuellement.

#### IV.1.c. TRAITEMENT DES DONNEES

Comme précisé précédemment, on dispose de sortes de poids : poids plein (P), poids vidé (V) et poids partiellement éviscéré (PPE). Dans les données, nous n'avons aucun individu pour lequel les trois types de poids ont été mesurés donc il nous était impossible de convertir les différents types de poids en un seul. Ne conserver que les données d'un seul type de poids aurait conduit à éliminer une grande part des observations, nous avons donc décidé de garder tous les poids et de tenir compte du type de mesure dans les modèles statistiques utilisés pour l'analyse.

Comme les prélèvements des chevreaux et des éterlous ont été effectués entre septembre et mi-janvier, au cours de la phase de croissance corporelle, les poids peuvent varier en fonction de la date de la mort. Pour prendre en compte l'effet de la date de tir sur notre estimation du poids, nous avons au préalable converti la date de tir en date julienne en prenant le 1<sup>er</sup> septembre comme jour 1, puis nous avons ajusté une régression linéaire entre le poids et la date de tir pour tous les individus tirés, et enfin utilisé les résidus de la régression comme mesure du poids corrigé par la date de tir. Les poids obtenus n'étant pas très parlants (les valeurs des résidus allant de -10 à 10), nous avons décidé de standardiser les poids par rapport à la date médiane de tir. Pour chaque fichier de données (chevreaux des Hautes Alpes, chevreaux d'Isère, éterlous des Hautes Alpes et éterlous d'Isère), nous avons calculé la date médiane de tir, le poids correspondant à cette date au moyen de l'équation de régression, puis nous avons obtenu notre valeur de poids standardisé (pdst) de la façon suivante :

$$pdst = \text{poids}(\text{date médiane}) + \text{résidu}$$

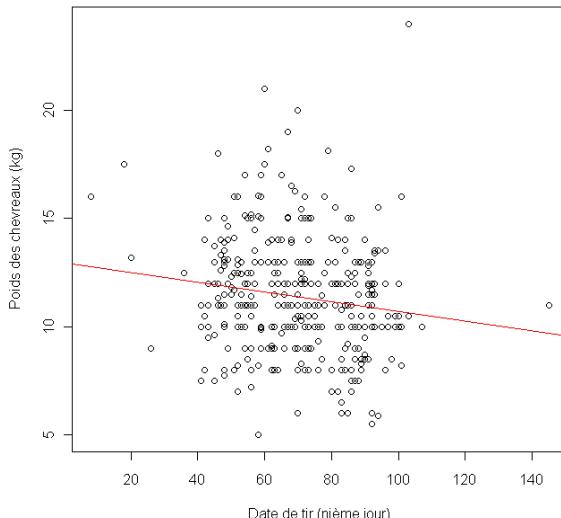
Nous avons ensuite recherché s'il existait un modèle linéaire décrivant de manière satisfaisante les fluctuations (existantes ou non) du poids des jeunes chamois prélevés à la chasse. L'effet de différentes variables explicatives a alors été testé : l'année, l'UG, le sexe (donnée disponible pour les Hautes Alpes uniquement) et le type de poids qui ne pouvait bien évidemment pas être négligé. L'âge des individus n'intervient pas dans le modèle étant donné que les données sont déjà traitée par tranche d'âge (chevreaux = 1 an, éterlous = 2 ans). Le meilleur modèle a été sélectionné en utilisant l'AIC (critère d'information d'Akaike, qui permet de comparer de multiples modèles statistiques entre eux afin de minimiser le risque de rejeter l'hypothèse nulle alors qu'elle est vraie).

## IV.2. RESULTATS

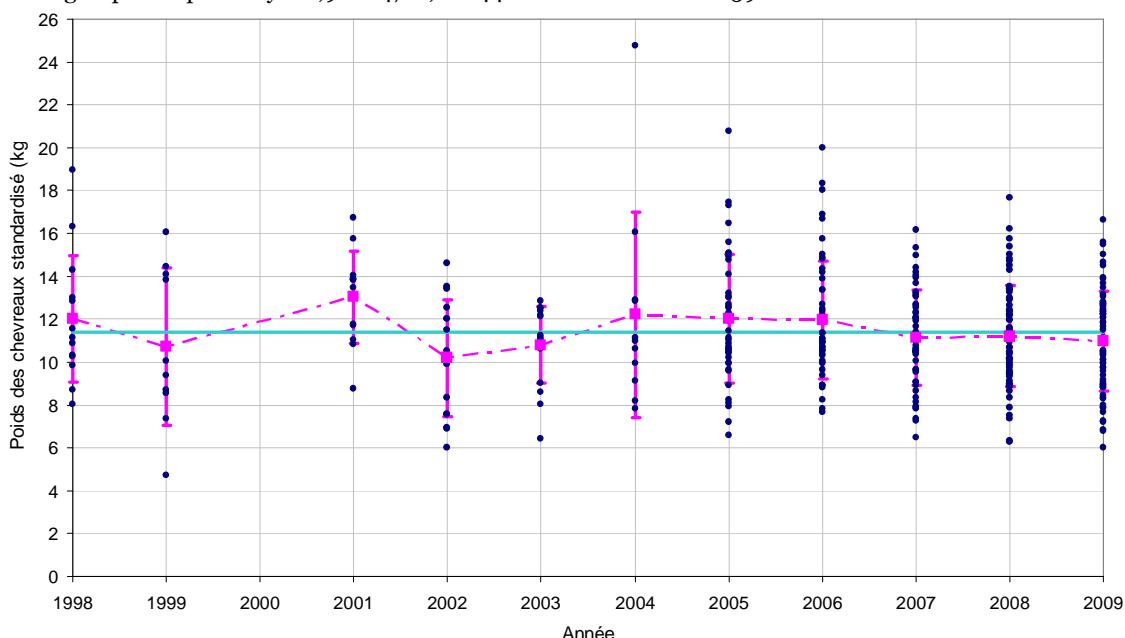
### IV.2.a. DEPARTEMENT DES HAUTES-ALPES

#### ➤ Chevreaux

L'étalement des dates de tir constitue une source significative des fluctuations de poids ( $r^2 = 0,0215$  ;  $F_{1,367} = 8,065$  ;  $P = 0,004765$ ) (figure 2). Mais contrairement à ce qui était attendu, le poids des chevreaux diminue avec la date de tir (poids =  $12,962847 - 0,022442$  dat).



**Figure 2 :** Relation entre le poids (kg) des chevreaux (tous types de poids confondus) et la date de tir des chevreaux de chamois, *Rupicapra rupicapra*, prélevés à la chasse dans les Hautes Alpes entre 1998 et 2009. La droite rouge a pour équation  $y=12,962847-0,022442x$ .  $n = 210$  mâles et 159 femelles



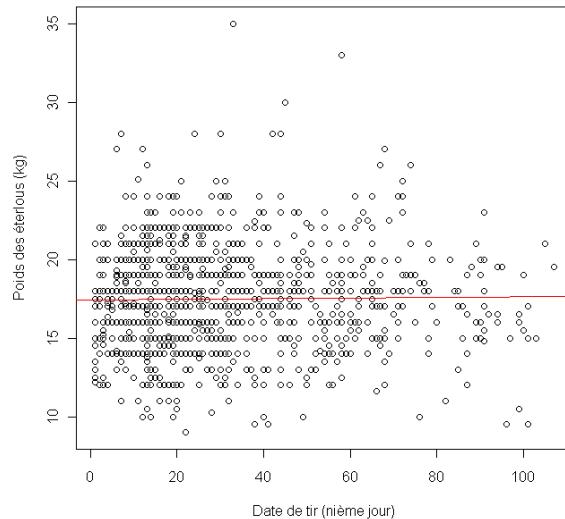
**Figure 3 :** Evolution annuelle du poids (kg) corrigé par la date de tir (résidus de la régression linéaire poids-date de tir) des chevreaux de chamois, *Rupicapra rupicapra*, prélevés à la chasse dans les Hautes Alpes entre 1998 et 2009. Les points bleus représentent les poids corrigés des individus, les carrés roses reliés par des pointillés la moyenne annuelle, le trait plein la moyenne toutes années confondues.  $n = 210$  mâles et 159 femelles

Pour les variations inter-annuelles des poids corrigés en fonction de la date de tir (figure 3), on observe qu'entre 1999 et 2003, toutes les moyennes annuelles sont inférieures à la moyenne générale, à l'exception de l'année 2001. Entre 2004 et 2006, toutes sont supérieures à la moyenne générale, alors que pour la période 2007/2009 elles sont de nouveau inférieures. Cependant, les

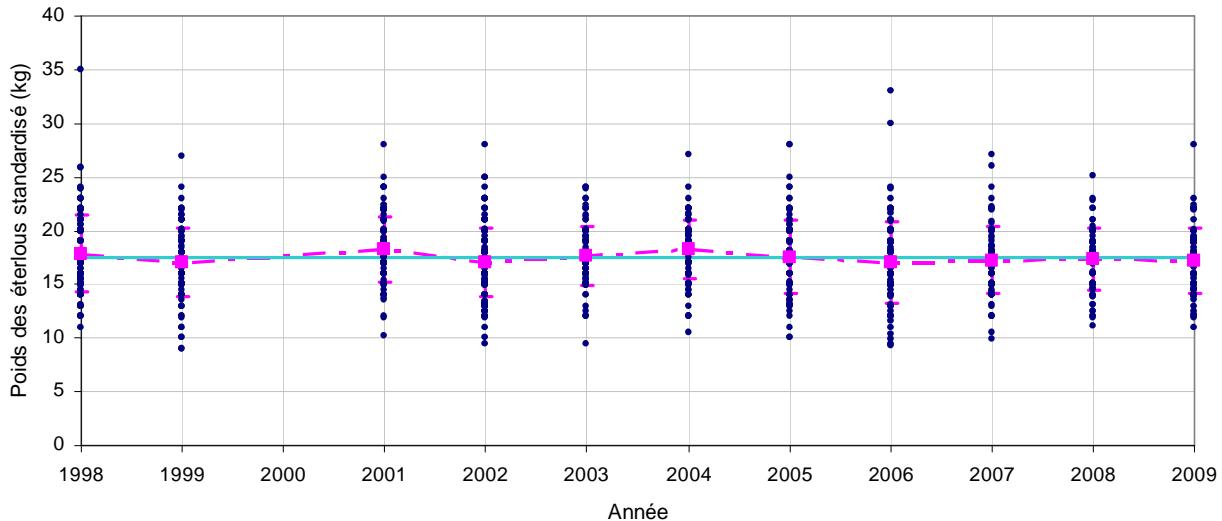
moyennes annuelles diminuent à partir de 2004. Le modèle linéaire retenu pour expliquer cette variabilité met en évidence l'effet significatif de l'UG sur les variations du poids des chevreaux. Dans le modèle, l'UG 11 est prise comme UG de référence, et on observe une différence significative entre le poids des chevreaux de l'UG 11 et de l'UG 12 d'une part ( $p = 0,037498$ ), de l'UG 11 et de l'UG 14 d'autre part ( $p = 0,017219$ ) (cf. annexe 1). En revanche, l'année n'a aucun effet sur le poids des chevreaux ( $p > 0,05$ ), de même qu'il n'y a pas de différence significative entre le poids des mâles et celui des femelles ( $p = 0,168508$ ). Comme prévu, les différents types de poids sont significativement différents les uns des autres, les poids pleins (P) étant les plus lourds, suivis des poids partiellement éviscérés (PPE) et enfin des poids vides (V), les plus légers. Le modèle utilisé souligne une interaction de l'UG et de l'année significative dans certains cas : UG 14 – année 2001 ( $p = 0,025168$ ), UG 14 – année 2007 ( $p = 0,042693$ ), UG 12 – année 2008 ( $p = 0,022662$ ), UG 14 – année 2008 ( $p = 0,021547$ ), UG 14 – année 2009 ( $p = 0,072214$ ).

### ➤ Eterles et éterlous

Chez les individus de deux ans, la date de tir n'est pas une source de variabilité significative du poids ( $r^2 = 0,0001903$  ;  $F_{1,1142} = 0,2174$  ;  $P = 0,6411$ ) (figure 4). Le poids des éterlous tirés est quasiment constant au cours de la période de chasse (poids =  $17,437285+0,001945$  dat).



**Figure 4 :** Relation entre le poids (kg) des éterles et des éterlous (tous types de poids confondus) et la date de tir des éterlous de chamois, *Rupicapra rupicapra*, prélevés à la chasse dans les Hautes Alpes entre 1998 et 2009. La droite rouge a pour équation  $y=17,437285+0,001945x$ .  $n = 759$  mâles et 385 femelles



**Figure 5 :** Evolution annuelle du poids (kg) corrigé par la date de tir (résidus de la régression linéaire poids-date de tir) des éterles et éterlous de chamois, *Rupicapra rupicapra*, prélevés à la chasse dans les Hautes Alpes entre 1998 et 2009. Les points bleus représentent les poids corrigés des individus, les carrés roses reliés par des pointillés la moyenne annuelle, le trait plein la moyenne toutes années confondues.  $n = 759$  mâles et 385 femelles

Pour les variations inter-annuelles des poids corrigés en fonction de la date de tir (figure 5), on observe qu'entre 1999 et 2009, toutes les moyennes annuelles oscillent autour de la moyenne générale, à l'exception des années 2001 et 2004 qui lui sont légèrement supérieures. Les moyennes annuelles diminuent entre 2004 et 2006 puis subissent une légère augmentation mais restent toujours inférieures à la moyenne générale. Le modèle linéaire retenu pour expliquer cette variabilité met en évidence l'effet très significatif de l'UG sur les variations du poids des éterles et des éterlous. Ici encore, l'UG 11 est prise comme UG de référence, et on observe une différence significative entre le poids des éterlous de l'UG 11 et de l'UG 12 d'une part ( $p = 0,00169$ ), de l'UG 11 et de l'UG 14 d'autre part ( $p = 9,28e-13$ ) (cf. annexe 1). Le poids des éterlous est significativement différent de celui des éterles ( $p = 0,01214$ ). L'effet de l'année n'est pas toujours significatif sur la variabilité du poids des individus de deux ans : les années 1999 ( $p = 0,01650$ ), 2002 ( $p = 0,00690$ ), 2006 ( $p = 0,00500$ ), 2007 ( $p = 0,06250$ ), 2008 ( $p = 0,06660$ ) et 2009 ( $p = 0,04985$ ) sont significativement différents de l'année 1998 et des autres. Le modèle prenant en compte les interactions année-UG n'a pas été retenu pour cet échantillon.

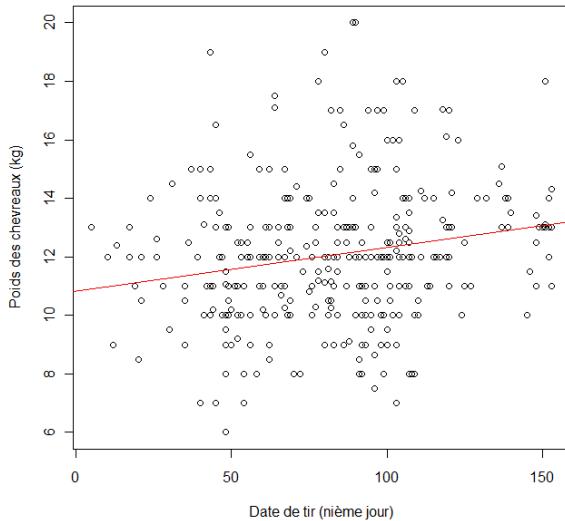
#### ➤ Comptages

Pour l'UG 11, les comptages ont eu lieu en 2000 et 2006, et les données recueillies traduisent un taux d'accroissement de -3,28%. Pour l'UG 12, le taux d'accroissement entre 2000 et 2007 est de -1,74% et pour l'UG 14, il est de -0,04% entre 1999 et 2004.

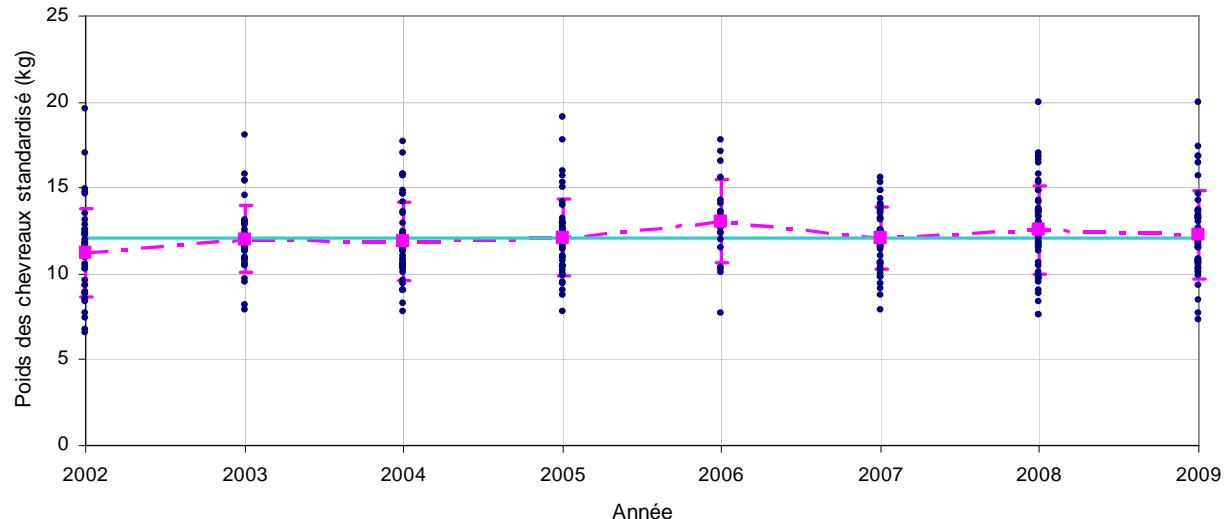
### IV.2.b. DEPARTEMENT DE L'ISERE

#### ➤ Chevreaux

L'étalement des dates de tir constitue un facteur très significatif de fluctuation du poids des chevreaux ( $r^2 = 0,03804$ ;  $F_{1,339} = 13,41$ ;  $P = 0,0002908$ ) (figure 6). Comme attendu, le poids des chevreaux augmente avec la date de tir (poids =  $10,836258 + 0,014845 \text{ dat}$ ).



**Figure 6 :** Relation entre le poids (kg) des chevreaux (tous types de poids confondus) et la date de tir des chevreaux de chamois, *Rupicapra rupicapra*, prélevés à la chasse dans l'Isère entre 2002 et 2009. La droite rouge a pour équation  $y=10,836258+0,014845x$ .  $n = 341$  chevreaux (sexes confondus)

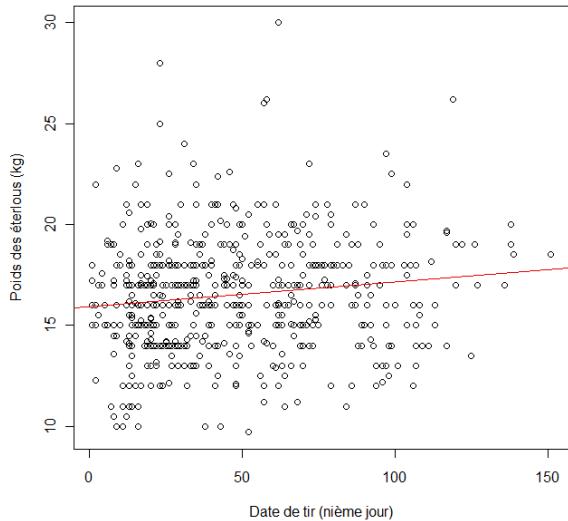


**Figure 7 :** Evolution annuelle du poids (kg) corrigé par la date de tir (résidus de la régression linéaire poids-date de tir) des chevreaux de chamois, *Rupicapra rupicapra*, prélevés à la chasse dans l'Isère entre 2002 et 2009. Les points bleus représentent les poids corrigés des individus, les carrés roses reliés par des pointillés la moyenne annuelle, le trait plein la moyenne toutes années confondues.  $n = 341$  chevreaux (sexes confondus)

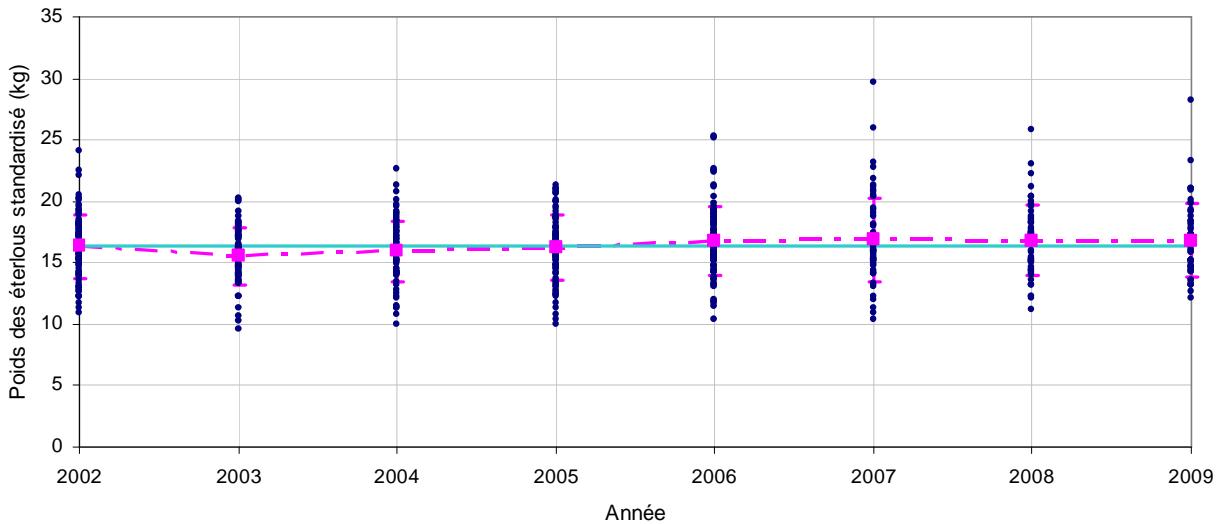
Pour les variations inter-annuelles des poids corrigés en fonction de la date de tir (figure 7), on observe qu'entre 2002 et 2006, la moyenne annuelle est en constante augmentation, et à partir de 2005 elle est toujours supérieure ou égale à la moyenne générale. Entre 2006 et 2007, la moyenne annuelle diminue puis elle augmente en 2008 avant de rediminuer légèrement en 2009. Le modèle linéaire retenu pour expliquer cette évolution souligne un effet UG significatif sur les variations du poids des chevreaux. Le poids des chevreaux de l'UG 20 est significativement différent de ceux de l'UG 24 ( $p = 0,03094$ ) (cf. annexe 1). Encore une fois, le modèle confirme qu'il existe une différence significative entre les trois types de poids. Le modèle choisi ne prend pas en compte un éventuel effet année.

### ➤ Eterles et éterlous

Chez les individus de deux ans, l'étalement des dates de tir représente une source significative des variations de poids ( $r^2 = 0,01794$  ;  $F_{1,610} = 11,14$  ;  $P = 0,0008941$ ) (figure 8). Le poids des éterlous augmente avec la date de tir, comme on pouvait le prévoir (poids =  $15,927506+0,012097$  dat).



**Figure 8 :** Relation entre le poids (kg) des éterles et des éterlous (tous types de poids confondus) et la date de tir des éterlous de chamois, *Rupicapra rupicapra*, prélevés à la chasse dans l'Isère entre 2002 et 2009. La droite rouge a pour équation  $y=15,927506+0,012097x$ .  $n = 612$  éterles et éterlous (sexes confondus)



**Figure 9 :** Evolution annuelle du poids (kg) corrigé par la date de tir (résidus de la régression linéaire poids-date de tir) des éterles et éterlous de chamois, *Rupicapra rupicapra*, prélevés à la chasse dans l'Isère entre 2002 et 2009. Les points bleus représentent les poids corrigés des individus, les carrés roses reliés par des pointillés la moyenne annuelle, le trait plein la moyenne toutes années confondues.  $n = 612$  éterles et éterlous (sexes confondus)

Pour les variations inter-annuelles des poids corrigés en fonction de la date de tir (figure 9), on observe qu'à partir de 2003, les moyennes annuelles augmentent puis se stabilisent en 2006, et elles sont supérieures ou égales à la moyenne générale. Le modèle linéaire retenu pour expliquer ces variations est le même que pour les chevreaux, et ne prend en compte que le facteur UG et les trois types de poids. Il met en évidence une différence très significative entre le poids des individus de l'UG 20 et ceux de l'UG 24 ( $p = 0,000621$ ) ainsi qu'une différence entre les types de poids (cf. annexe 1).

### ➤ Comptages

Pour l'UG 20, on observe un taux d'accroissement de -10,2% entre 2001 et 2008, alors qu'il est plus élevé pour l'UG 24, à hauteur de -2,79% pour la même période.

## IV.3. DISCUSSION

### IV.3.a. DEPARTEMENT DES HAUTES-ALPES

#### ➤ *Chevreaux*

Les premières analyses révèlent un résultat inattendu : le poids des chevreaux tués à la chasse diminue avec la date de tir. Ceci est peut-être du à un biais dans la sélection des animaux par la chasse, ou bien au fait que les chevreaux ont été tirés au milieu de la période de chasse et non pas au début, alors que la phase de croissance corporelle était déjà achevée et qu'ils avaient commencé à puiser dans leurs réserves pour faire face au début de l'hiver.

Les poids moyens sont très instables jusqu'en 2004 puis diminuent sensiblement (de 12,21 kg en 2004 à 10,97 kg en 2009).

L'effet UG est très marqué, les poids moyens n'évoluent pas de la même façon sur les trois UG étudiées. L'UG 11 présente les poids les plus faibles en moyenne, suivi de l'UG 12 et enfin l'UG 14 présente les poids les plus élevés. Cette différence pourrait éventuellement s'expliquer par la topographie des territoires ou bien encore par la structure des populations qui sont bien différenciées les unes des autres.

Aucune différence pondérale entre les chevreaux mâles et femelles n'a pu être mise en évidence bien qu'en moyenne les chevreaux mâles soient plus lourds de 460 g. Ces résultats confirment que le dimorphisme sexuel de taille n'apparaît pas avant l'âge de deux ans chez l'espèce (Loison, 1995).

L'effet année n'est que ponctuel, par exemple sur l'UG 14, les années 2007 à 2009 sont différentes car elles présentent des poids plus faibles que les autres années. Autre exemple, sur l'UG 12, l'année 2008 présente les poids les plus faibles recueillis entre 1998 et 2009, d'où le fait qu'elle se démarque des autres au niveau statistique (cf. figures en annexe 1).

Sur les UG 12 et 14, on note une diminution du poids moyen dans les dernières années, alors que sur l'UG 11, les poids restent relativement stables sur toute la durée de l'étude.

Pourtant les données apportées par les comptages montrent une diminution des effectifs dans ces trois UG, surtout dans l'UG 11. On s'attend donc à voir apparaître un effet densité-dépendance, avec une augmentation du poids des jeunes, du fait d'une compétition intra-spécifique moins importante (moins de compétition pour la nourriture) (Couilloud *et al.*, 1999), ce qui n'est pas le cas. Les analyses montrent que le poids des jeunes a plutôt tendance à diminuer et il se pourrait que la population décline du fait de conditions du milieu particulièrement difficiles, de pathologies...

#### ➤ *Eterles et éterlous*

Contrairement aux chevreaux, le poids des individus de deux ans (éterles et éterlous) ne varie pas avec la date de tir. Malgré tout, la plupart des individus prélevés l'ont été au début de la période de chasse. On peut supposer que les derniers individus tirés le sont plus par souci de compléter le tableau de chasse que pour l'intérêt qu'ils peuvent susciter chez les chasseurs en terme de trophée ou de corpulence. Les plus gros individus sont tués en premier, dès l'ouverture de la chasse, et les autres poursuivent leur croissance corporelle jusqu'à ce qu'ils atteignent à peu près la même corpulence que les premiers individus tués, d'où la faible évolution du poids des éterlous en fonction de la date de tir.

Le poids des éterles et éterlous varie très peu, il oscille autour de la moyenne générale (17,5 kg environ) avec un maximum de 18,3 kg en 2001 et un minimum atteint en 2006 (16,96 kg). On observe toutefois une diminution du poids moyen standardisé entre 2004 et 2006 (on passe de 18,2 kg à 16,96 kg), qui concorde avec la diminution de poids observée chez les cabris.

Ici encore on note un fort effet UG, les poids les plus faibles sont relevés sur l'UG 11, et les plus élevés sur l'UG 14. L'UG 11 présente des poids standardisés plutôt stables, alors que l'UG 12 présente les plus fortes variations de poids (cf. figures en annexe 1).

Contrairement aux données concernant les chevreaux, les analyses mettent ici en évidence une différence pondérale significative entre mâles et femelles. Ceci confirme le fait que le dimorphisme sexuel de taille n'apparaît qu'à l'âge de deux ans. Les mâles sont en moyenne plus lourds de 416 g. Enfin, les analyses soulignent un effet année marqué pour les trois dernières années (2006/2009), période pour laquelle on pressent une diminution de la population.

#### IV.3.b. DEPARTEMENT DE L'ISERE

Les données concernant les chevreaux et les éterlous seront analysées ensemble pour ce département, car le modèle utilisé est le même pour les deux catégories d'individus, ce qui n'était pas le cas pour le département des Hautes-Alpes.

L'étalement des dates de tir constitue un facteur significatif de variation du poids. Pour les deux classes d'âge, les tirs sont répartis de manière homogène dans le temps, et le poids augmente avec la date de tir. Ceci confirme que la période de chasse au chamois coïncide avec la phase de croissance corporelle des individus en prévision de l'hiver.

Pour les chevreaux, le poids moyen standardisé augmente de 2002 à 2006 puis se stabilise. Pour les éterlous, le poids moyen standardisé augmente à partir de 2003 seulement mais se stabilise à compter de 2006. Parallèlement à cela, les données de comptage révèlent une diminution des effectifs sur les deux UG du département entre 2001 et 2008 : -10,2% sur l'UG 20 et -2,79% sur l'UG 24. Ces deux types de données concordent avec les résultats obtenus par Couilloud et ses collègues, à savoir qu'une diminution des effectifs engendre une augmentation du poids des jeunes, du fait d'une compétition alimentaire entre individus moins importante.

On ne dispose pas du sexe des individus donc on ne peut pas dire s'il existe ou non une différence pondérale entre mâles et femelles.

L'effet UG est très marqué, l'UG 20 présente des poids moyens sensiblement plus élevés que l'UG 24. Concernant les chevreaux, les poids moyens standardisés diminuent de 2006 à 2009 sur l'UG 20 (comme dans les UG des Hautes-Alpes), alors qu'ils augmentent entre 2007 et 2009 sur l'UG 24. On observe également une augmentation du poids moyen des éterlous sur l'UG 24 alors que l'évolution du poids est plus stable sur l'UG 20 (cf. figures en annexe 1).

Les résultats obtenus sur l'UG 20 se rapprochent plus de ce que l'on a pu observer sur les UG des Hautes-Alpes, on peut donc se demander si un éventuel effet géographique n'influencerait pas l'évolution des populations de chamois. De plus, les données de l'UG 24 correspondent bien à celles publiés par Couilloud en 1999, alors que les résultats sont moins nets pour l'UG 20 ainsi que pour celles des Hautes-Alpes.

### V. LA LONGUEUR DES CORNES

#### V.1. MATERIEL ET METHODES

##### V.1.a. ZONE D'ETUDE

La zone étudiée de près de 30 000 ha est constituée par l'aire d'adhésion optimale des unités de gestion des Hautes Alpes (11,12 et 14), zone où la chasse au chamois est autorisée.

##### V.1.b. RECOLTE DES DONNEES

Les longueurs de cornes ont été relevées de 1999 à 2009 sur des chamois de deux ans (éterles et éterlous) prélevés à la chasse entre septembre et janvier. Les données ont été fournies par la FDC des Hautes-Alpes, et ont été relevées par les chasseurs des différentes ACCA du département, que nous remercions vivement pour leur contribution.

On dispose de 726 mesures de longueur de cornes d'éterlous et des poids correspondants. En plus de ces données, sont notés la date de tir et le numéro de l'UG.

Comme pour l'étude sur le poids des jeunes, nous disposons de trois types de mesures pour le poids : soit le poids plein (P), soit le poids vidé (V), soit le poids partiellement éviscéré (PPE).

### V.1.c. TRAITEMENT DES DONNEES

De même que pour l'étude sur le poids des jeunes, nous avons conservé tous les types de poids et nous avons standardisé non seulement les poids mais aussi les longueurs de cornes par rapport à la date médiane de tir. Tout comme pour le poids, nous avons supposé que les cornes continuaient de pousser pendant la période de chasse, qui concorde avec la phase de croissance corporelle des jeunes chamois.

La longueur des cornes (lc) a été standardisée par la même méthode que celle utilisée pour le poids et la valeur standardisée (lcst) est obtenue de la façon suivante :

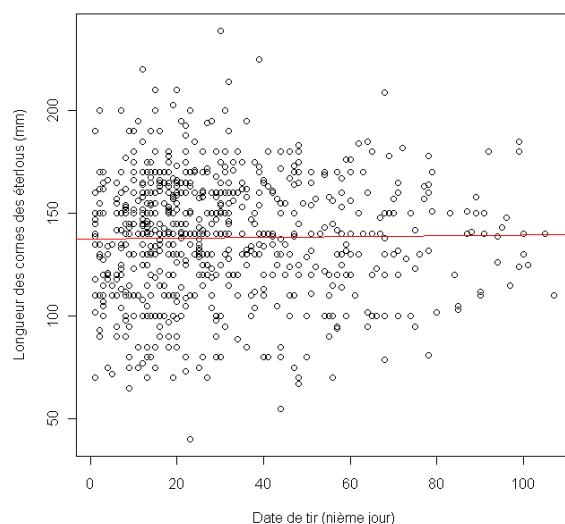
$$lcst = lc(date \text{ } médiane) + résidu$$

Nous avons ensuite recherché s'il existait un modèle linéaire décrivant de manière satisfaisante les fluctuations de la longueur des cornes des jeunes chamois prélevés à la chasse. L'effet de différentes variables explicatives a alors été testé : l'année, l'UG, le sexe. L'âge des individus n'intervient pas dans le modèle étant donné que les données étudiées ont été mesurées sur des individus de deux ans. Le meilleur modèle a été sélectionné en utilisant l'AIC.

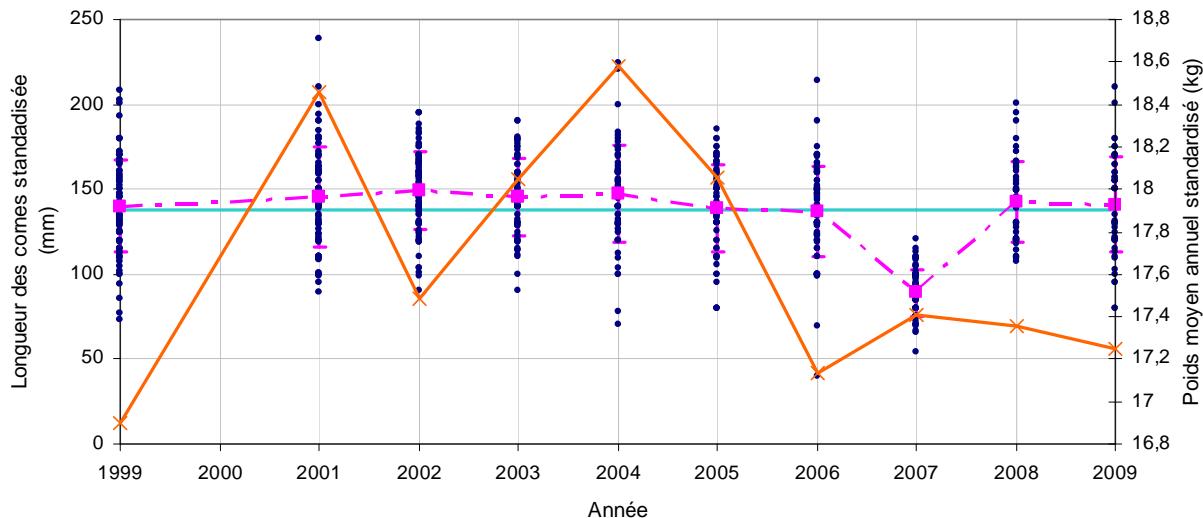
Enfin nous avons voulu voir s'il existait une relation entre la longueur des cornes et le poids pour un même individu. Pour cela nous avons passé les variables en logarithme, afin de stabiliser les valeurs puis nous avons réalisé un test de corrélation (test de Pearson).

## V.2. RESULTATS

L'étalement des dates de tir n'est pas un facteur significatif de fluctuation de la longueur des cornes des éterles et des éterlous ( $r^2 = 0,0001794$ ;  $F_{1,724} = 0,1299$ ;  $P = 0,7187$ ) (figure 10). Il s'avère finalement que la longueur des cornes ne varie quasiment pas avec la date de tir ( $lc = 137,52665 + 0,01752 \text{ dat}$ ).



**Figure 10 :** Relation entre la longueur des cornes (mm) des chamois de deux ans et la date de tir des éterles et éterlous de chamois, *Rupicapra rupicapra*, prélevés à la chasse dans les Hautes Alpes entre 1999 et 2009. La droite rouge a pour équation  $y=137,52665+0,01752x$ .  $n = 465$  mâles et 261 femelles



**Figure 11 :** Evolution annuelle de la longueur des cornes (mm) corrigée par la date de tir (résidus de la régression linéaire longueur des cornes-date de tir) des éterles et éterlous de chamois, *Rupicapra rupicapra*, prélevés à la chasse dans les Hautes Alpes entre 1999 et 2009. Les points bleus représentent les longueurs de corne corrigées des individus, les carrés roses reliés par des pointillés la moyenne annuelle, le trait plein la moyenne toutes années confondues.  $n = 465$  mâles et 261 femelles. Les croix orange reliées par un trait plein représentent l'évolution de la moyenne annuelle du poids corrigé par la date de tir.

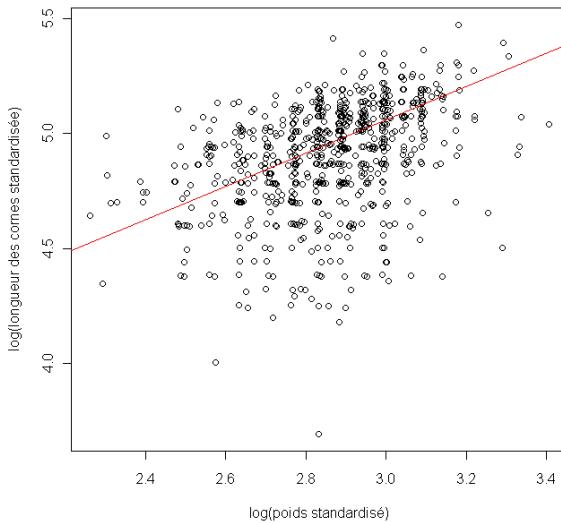
Pour les variations inter-annuelles de la longueur des cornes corrigée en fonction de la date de tir (figure 11), on observe qu'entre 1999 et 2004, les moyennes annuelles augmentent et qu'elles sont toujours supérieures à la moyenne générale. La moyenne annuelle diminue après 2004, surtout en 2007 où elle atteint son minimum (89,17 mm). Après 2007, la longueur moyenne des cornes augmente de nouveau pour dépasser la moyenne générale. De 1999 à 2004 on voit que le poids corrigé moyen annuel augmente (16,90 kg en 1999 à 18,58 en 2004) de manière globale, puis il diminue à partir de 2004 et atteint la valeur minimale de 17,14 kg en 2006.

Les données des comptages sur les UG 11, 12 et 14 montrent une baisse des effectifs dans les populations de chamois (pour rappel : -3,28% entre 2000 et 2006 sur l'UG 11 ; -1,74% entre 2000 et 2007 sur l'UG 12 ; -0,04% entre 1999 et 2004 sur l'UG 14). L'évolution de la longueur des cornes ne semble pas corrélée à la densité de la population mais les données des comptages ne sont pas suffisantes pour tester cette hypothèse.

Le modèle linéaire retenu pour expliquer ces variations prend en compte le facteur UG, l'effet année et le sexe. Il met en évidence une différence très significative entre la longueur des cornes des mâles et des femelles ( $p < 2e-16$ ) ainsi qu'un effet année très marqué pour 2002 ( $p = 0,0274$ ) et 2007 ( $p < 2e-16$ ). Dans le modèle, l'UG 11 est prise comme référence, et on note une différence significative entre les longueurs de cornes des UG 11 et 12 d'une part ( $p = 0,0435$ ) et celles des UG 11 et 14 d'autre part ( $p = 7,63e-10$ ) (cf. annexe 2).

Le poids standardisé n'explique que 40% de la longueur des cornes standardisée ( $r^2 = 0,4082547$  ;  $p < 2.2e-16$ ).

Le meilleur modèle explicatif relie les logarithmes de la longueur des cornes standardisée et du poids corrigé en prenant en compte l'interaction log(pdst)-année ( $r^2 = 0,4932$  ;  $F_{19,706} = 36,16$  ;  $P < 2.2e-16$ ). On obtient la relation suivante :  $\log(lcst) = 2,87834 + 0,72756 \times \log(pdst)$  (figure 12).



**Figure 12 :** Relation entre le log du poids des individus de 2 ans corrigé par la date de tir (tous types de poids confondus) et le log de la longueur des cornes corrigée par la date de tir des éterles et éterlous de chamois, *Rupicapra rupicapra*, prélevés à la chasse dans les Hautes Alpes entre 1999 et 2009. La droite rouge a pour équation  $y=2,87834+0,72756x$ .  $n = 465$  mâles et 261 femelles

### V.3. DISCUSSION

Une différence significative de la longueur de cornes a été mise en évidence entre les éterles et les éterlous. En moyenne les mâles ont des cornes plus longues de 20 mm que les femelles.

Ces résultats confirment que le dimorphisme sexuel est déjà apparent à l'âge de deux ans.

La forte diminution de la longueur des cornes en 2007 est commune aux trois UG étudiées, donc on en déduit qu'elle ne provient pas d'un biais observateur mais bien d'un phénomène naturel.

Les données des comptages ne sont pas suffisantes pour mettre en évidence un éventuel phénomène de densité-dépendance. Les comptages suggèrent une baisse des effectifs alors que la longueur des cornes semble à peu près stable sur les 10 ans de l'étude, sauf en 2007 où elle a fortement baissé.

Le poids augmente globalement entre 1999 et 2004 (avec une baisse ponctuelle en 2002), ce qui concorde avec la diminution des effectifs soulignée par les comptages. Durant cette période, la longueur des cornes augmente légèrement. Entre 1999 et 2004, les données concernant les poids des individus de 2 ans et la longueur des cornes associée varient dans le même sens. De 2004 à 2009, le poids diminue fortement. Les données sur la longueur des cornes varient également dans ce sens. Les analyses nous permettent de mettre en évidence une corrélation entre le poids et la longueur des cornes bien que celle-ci ne s'élève qu'à hauteur de 40%. Cela signifie que plus les éterles et éterlous sont gros, plus leurs cornes sont longues (figure 12).

La seule prise en compte de la densité s'avère insuffisante pour décrire une part satisfaisante des variations de poids et de longueur des cornes. Il faut aussi prendre en compte le sexe, l'UG et l'année (pour 2007).

## CONCLUSION

Pour suivre l'évolution d'une population de chamois, il faut utiliser simultanément plusieurs indicateurs de changement écologique (ICE) (fiche technique ONCFS n°98).

En cas de densité-dépendance, tous les indicateurs réagissent en même temps de façon très rapide, mais leur restauration est beaucoup plus lente en raison de « l'effet cohorte ».

La précision des résultats dépend de la qualité des relevés, et des biais importants peuvent être induits au cours des mesures (poids des jeunes, longueur des cornes...). C'est pourquoi il est recommandé de confronter les résultats obtenus au moyen d'ICE avec ceux obtenus grâce à d'autres bio-indicateurs (Couilloud *et al.*, 1999).

Si les résultats précédents montrent une différence assez marquée entre les unités de gestion, il est plus difficile de mettre en évidence un effet densité-dépendance, bien que la longueur des cornes et le poids des éterlous soient assez bien corrélés.

Globalement, les analyses soulignent une diminution du poids des jeunes entre 2004 et 2007 sur l'ensemble du territoire, il a donc dû se produire un phénomène naturel particulièrement important pour que tous les ICE réagissent dans le même sens. Depuis, le poids comme la longueur des cornes semblent se stabiliser. Ces données sont en accord avec le ressenti sur le terrain, à savoir que la population de chamois du Parc a diminué ces dernières années. Cependant, les données dont nous disposons aujourd'hui manquent de précision, et comme d'autres auteurs l'ont souligné auparavant, les ICE ne peuvent donner qu'une indication de type « tendance d'évolution ».

La gestion et le suivi des populations de chamois semblent être possibles au moyen des ICE, à condition de faire un effort quant à la standardisation des mesures, et de confronter les différents ICE entre eux d'une part, et avec les impressions de terrain d'autre part. De plus, la tentative de mise en place de l'IAP sur le territoire du Parc des Ecrins va certainement contribuer à améliorer les résultats obtenus par les ICE étudiés.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOURLIERE F., LAMOTTE M. (1969). – Problèmes d’écologie : l’échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres. Paris, Masson et Cie Ed., pp.150.
- BONENFANT C., GAILLARD J.-M., KLEIN F., LOISON A. (2002). – Sex- and age-dependent effects of population density on life history traits of red deer *Cervus elaphus* in a temperate forest. Ecography, 25, 446-458.
- CRAMPE J.-P., GAILLARD J.-M., LOISON A. (2002). - L’enneigement hivernal : un facteur de variation du recrutement chez l’isard (*Rupicapra pyrenaica pyrenaica*). Can. J. Zool. 80: 1306–1312.
- COUILLOUD F., JULLIEN J.-M., FRATY D. (1999). – Le poids des chevreaux en automne : un bioindicateur utilisable pour suivre l’évolution d’une population de chamois (*Rupicapra rupicapra*). Gibier Faune Sauvage, Game Wildl., 16, 3 : 273-287.
- DUBRAY D. (2008). – L’indice d’abondance pédestre « IPS » : un indicateur fiable pour le suivi des populations de chamois et d’isards. Fiche technique ONCFS n°98, supplément Faune sauvage n°280.
- GAILLARD J.-M. (1993). – Analyse des recensements de chamois réalisés de 1984 à 1992 dans le Parc national des Ecrins. Rapport de convention d’étude pour le Parc national des Ecrins, Université de Lyon, 22pp.
- GAILLARD J.-M. (2001). – Analyse des échantillonnages de chamois dans le Briançonnais et le Valgaudemar (Parc national des Ecrins) entre 1993 et 1998. Rapport de convention d’étude pour le Parc national des Ecrins, Université de Lyon, 19pp.
- HARRIS R.B., WINNIE J.J.R., AMISH S.J., BEJA-PEREIRA A., GODINHO R., COSTA V., LUIKART G. (2010). - Argali abundance in the Afghan Pamir using Capture–Recapture modeling from fecal DNA. Journal of Wildlife Management 74(4):668–677
- HOUSSIN H., LOISON A., JULLIEN J.-M., GAILLARD J.-M. (1994). – Validité de la méthode du pointage-flash pour l’estimation des effectifs de chamois (*Rupicapra rupicapra*). Gibier Faune Sauvage, Game Wildl., 11 : 287-298.
- KLEIN F., MAILLARD D., LOISON A., GAILLARD J.-M. (2007). – Les réserves, des territoires de référence pour la mise au point d’outils de gestion des populations. Faune sauvage n°278 : 52-56.
- LAMARQUE F., HATIER C., ARTOIS M., BERNY P. et DIEDLER C. (2000). – Le réseau SAGIR, réseau national de suivi sanitaire de la faune sauvage française. Epidémiologie et santé animale, 37, 21-30.
- LARGO E. (2007). – Dynamique des populations du bouquetin des Alpes (*Capra ibex ibex*). Thèse Doctorat Univ. Lyon 1.
- LOISON A. (1995). – Approches intra- et inter-spécifiques de la dynamique des populations : l’exemple de deux populations de chamois. Thèse Doctorat Univ. Lyon 1.
- MAILLARD D., BOISAUBERT B., GAILLARD J.-M. (1989). – La masse corporelle : un bioindicateur possible pour le suivi des populations de chevreuils (*Capreolus capreolus L.*). Gibier Faune Sauvage, 6 : 57-68

MICHALLET J., TOÏGO C. (2004). - Effet de la cohorte sur la croissance des mâles et des femelles chez le bouquetin des Alpes : comparaison à deux stades démographiques de la population de Belledonne. ONCFS Rapport scientifique : 38-41.

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.

MORELLET N. (2008). – La gestion des grands herbivores par les indicateurs de changement écologique. *Faune sauvage* n°282 : 9-18.

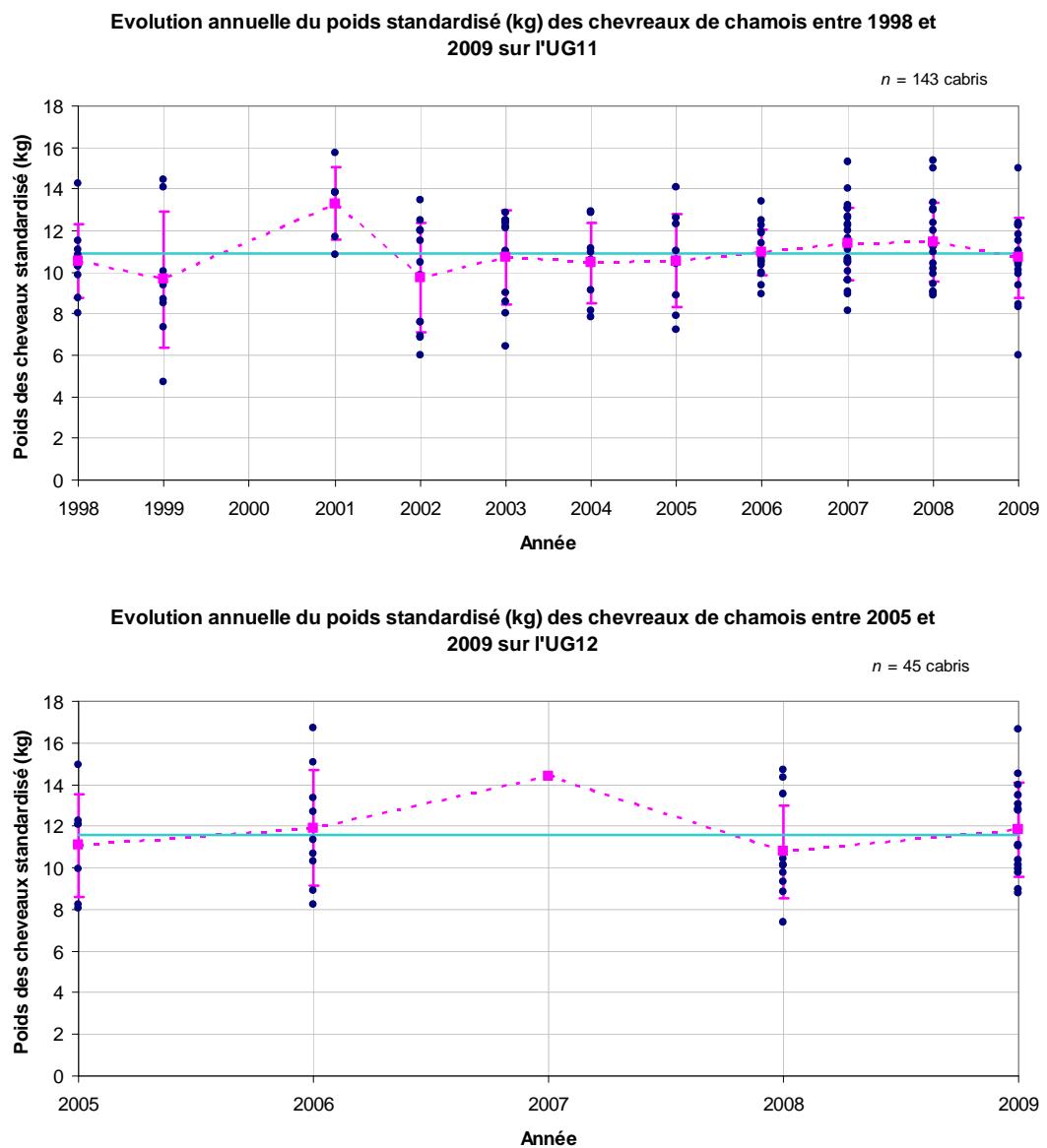
RUGHETTI M., FESTA-BIANCHET M. (2010). - Compensatory Growth Limits Opportunities for Artificial Selection in Alpine Chamois. *Journal of Wildlife Management* 74(5) : 1024–1029.

TOÏGO C., GAILLARD J.-M., VAN LAERE G., HEWISON A.J.M., MORELLET N. (2006). – How does environmental variation influence body mass, body size, and body condition ? Roe deer as a case of study. *Ecography*, 29, 301-308.

VINCENT J.-P., GAILLARD J.-M., BIDEAU E. (1991). – Kilometric index indicator for monitoring forest roe deer populations. *Acta Theriol.*, 36 (3-4): 315-328.

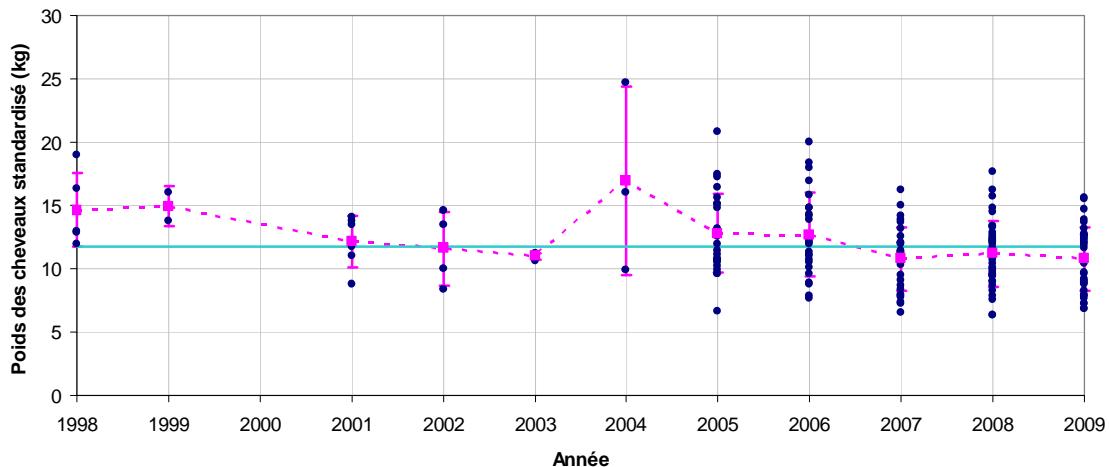
VAN LAERE G., MICHALLET J., GAILLARD J.-M., KLEIN F. (2008). - Une nouvelle méthode pour le suivi du chevreuil à grande échelle : l'IK voiture. *Faune sauvage* n°282 : 19-25.

**ANNEXE 1 : graphiques de l'évolution annuelle du poids standardisé (kg) des chamois (*Rupicapra rupicapra*) par tranche d'âge et par unité de gestion**



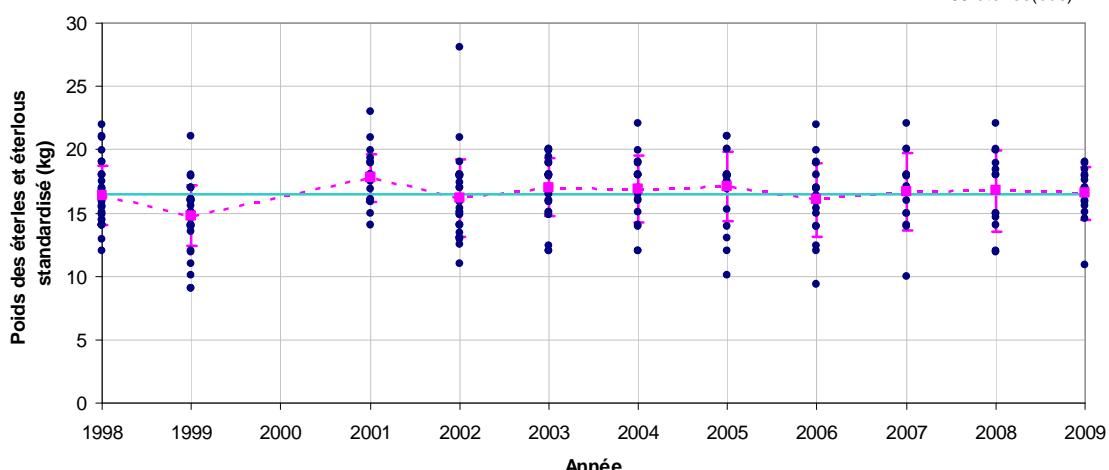
**Evolution annuelle du poids standardisé (kg) des chevreaux de chamois entre 1998 et 2009 sur l'UG14**

*n* = 181 cabris



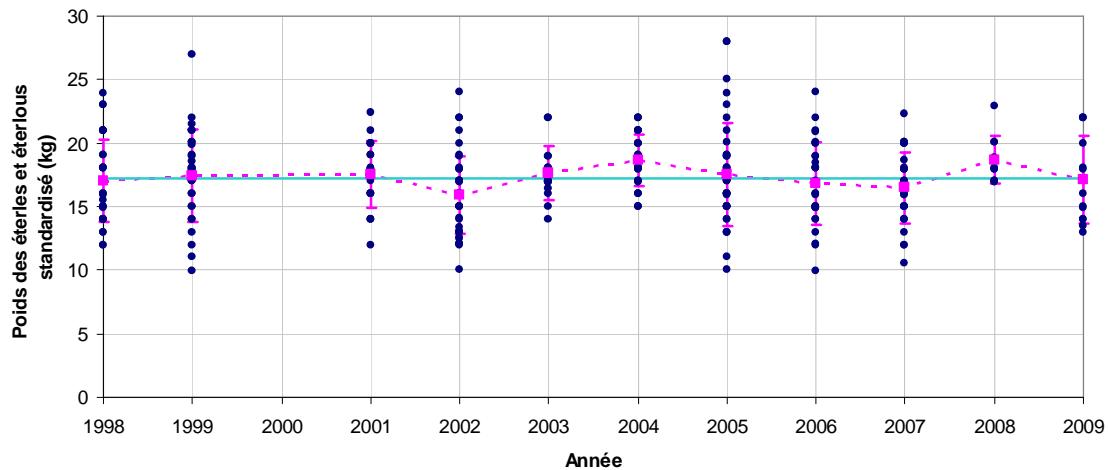
**Evolution annuelle du poids standardisé (kg) des éterles et éterlous de chamois entre 1998 et 2009 sur l'UG11**

*n* = 265 éterles(ous)



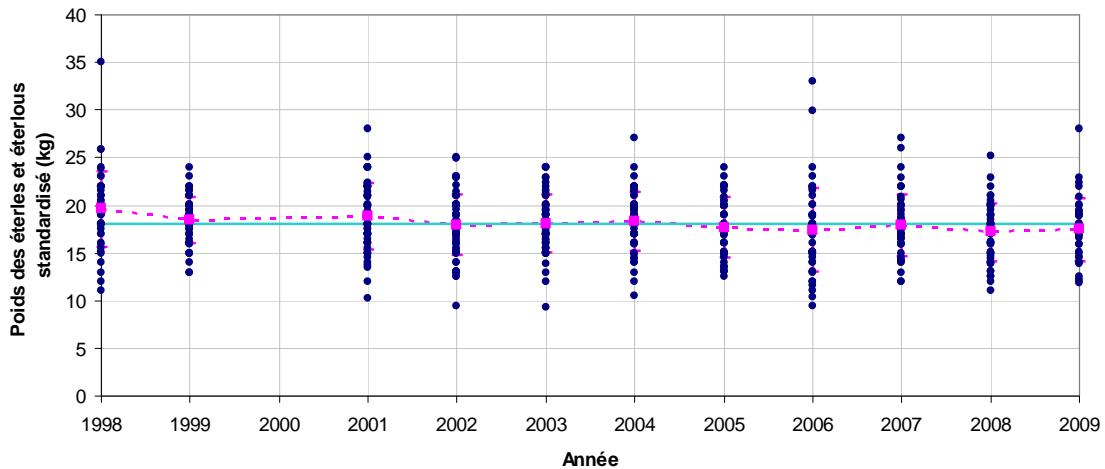
**Evolution annuelle du poids standardisé (kg) des éterles et éterlous de chamois entre 1998 et 2009 sur l'UG12**

*n* = 306 éterles(ous)



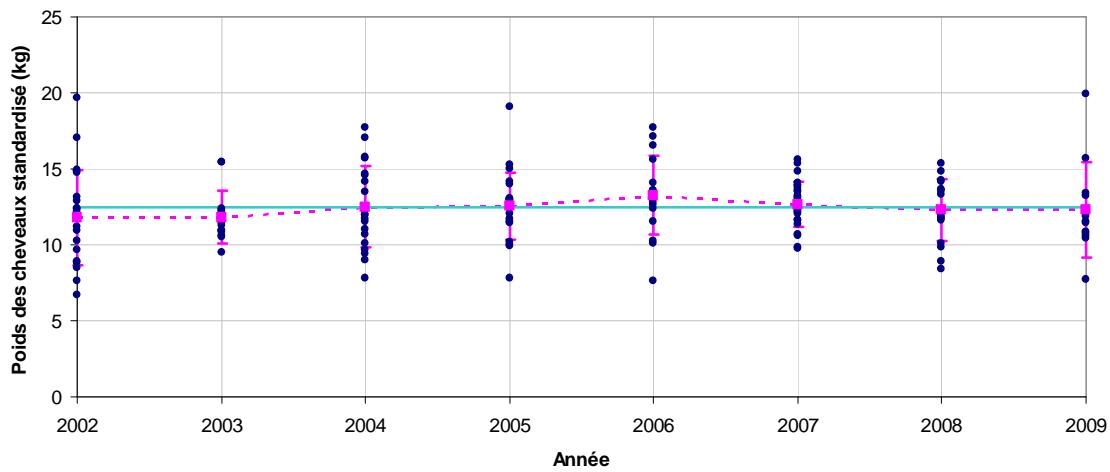
**Evolution annuelle du poids standardisé (kg) des éterles et éterlous de chamois entre 1998 et 2009 sur l'UG14**

*n = 573 éterles(ous)*



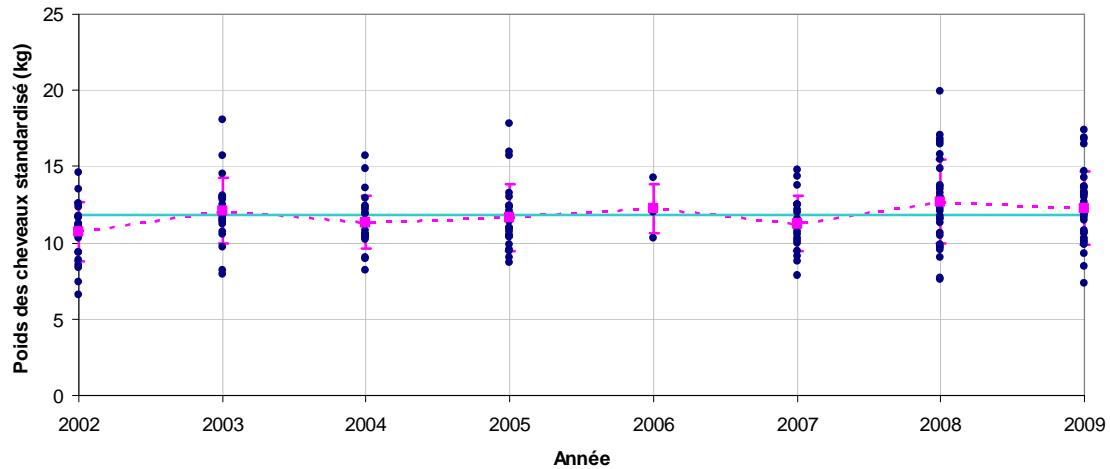
**Evolution annuelle du poids standardisé (kg) des chevreaux de chamois entre 2002 et 2009 sur l'UG 20**

*n = 151 cabris*



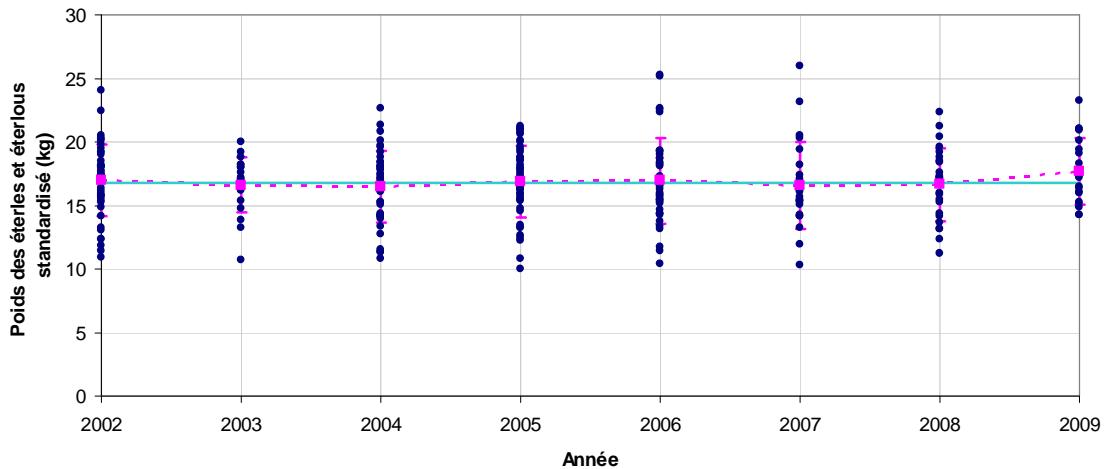
**Evolution annuelle du poids standardisé (kg) des chevreaux de chamois entre 2002 et 2009 sur l'UG 24**

*n = 190 cabris*



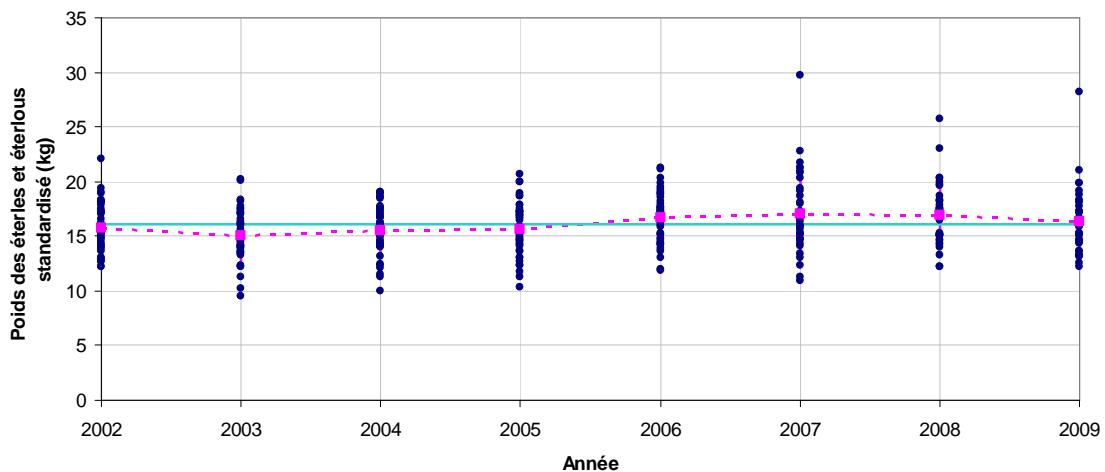
**Evolution annuelle du poids standardisé (kg) des éterles et éterlous de chamois entre 2002 et 2009 sur l'UG 20**

*n = 261 éterles(ous)*



**Evolution annuelle du poids standardisé (kg) des éterles et éterlous de chamois entre 2002 et 2009 sur l'UG 24**

*n = 351 éterles(ous)*



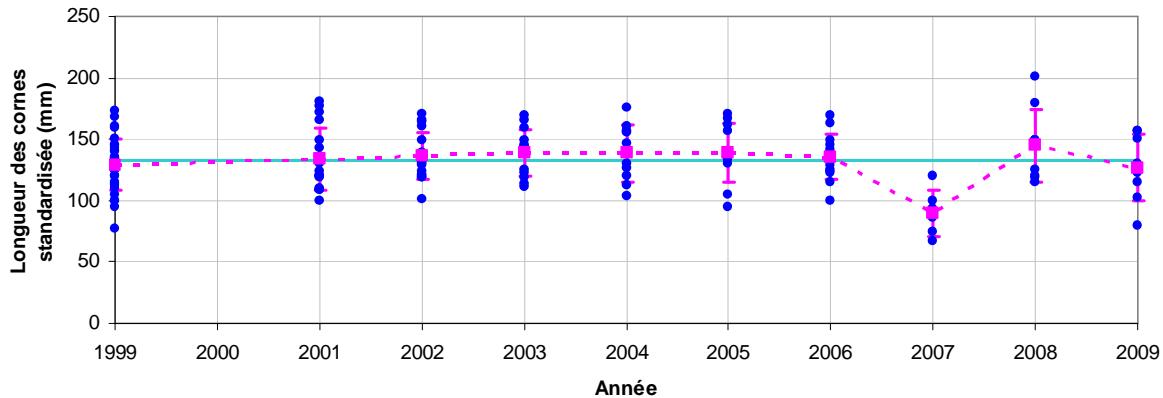
**Légende :** Evolution annuelle du poids (kg) corrigé par la date de tir (résidus de la régression linéaire poids-date de tir) des chamois prélevés à la chasse.

Les points bleus représentent les poids corrigés des individus, les carrés roses reliés par des pointillés la moyenne annuelle, le trait plein la moyenne toutes années confondues.

**ANNEXE 2 : graphiques de l'évolution annuelle de la longueur des cornes standardisée (mm) des éterles(ous) de chamois (*Rupicapra rupicapra*) par unité de gestion dans les Hautes-Alpes entre 1999 et 2009**

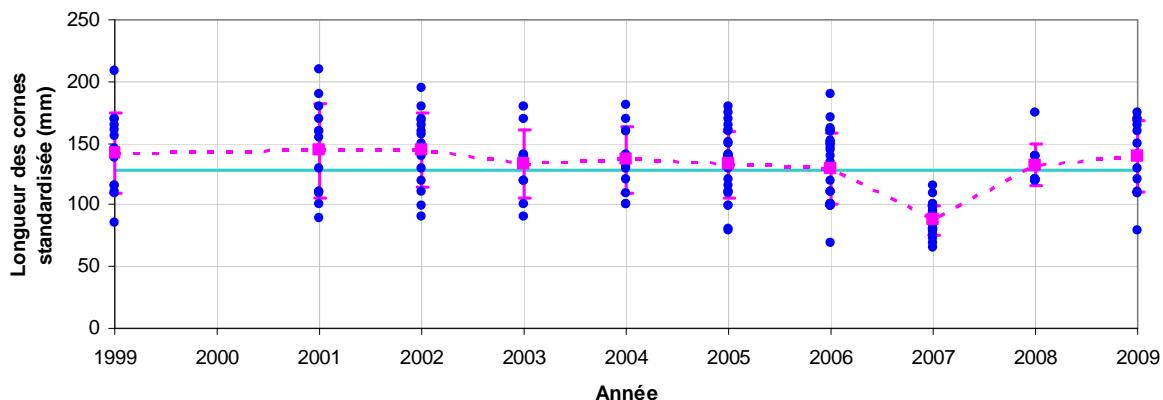
**Evolution annuelle de la longueur des cornes standardisée (mm) des éterles et éterlous de chamois entre 1999 et 2009 sur l'UG 11**

n = 141 éterles(ous)



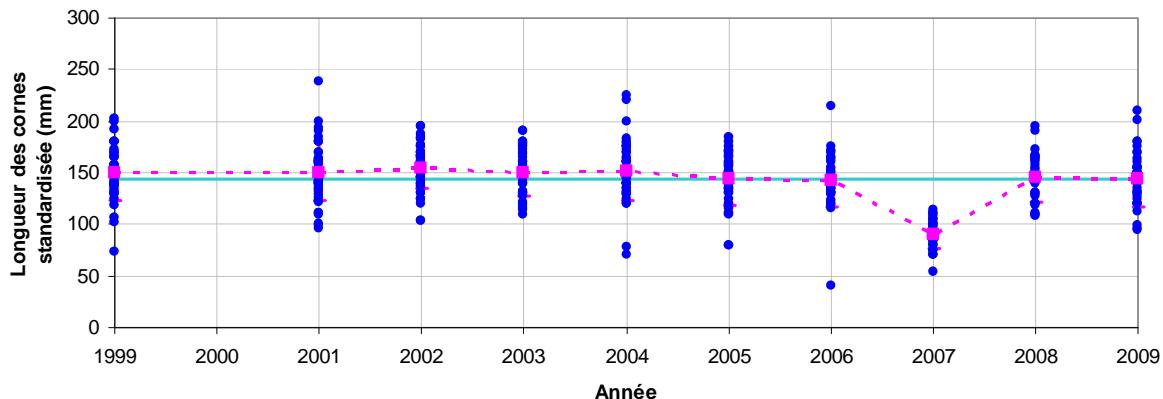
**Evolution annuelle de la longueur des cornes standardisée (mm) des éterles et éterlous de chamois entre 1999 et 2009 sur l'UG 12**

n = 169 éterles(ous)



**Evolution annuelle de la longueur des cornes standardisée (mm) des éterles et éterlous de chamois entre 1999 et 2009 sur l'UG 14**

n = 416 éterles(ous)



**Légende :** Les points bleus représentent les longueurs de cornes des individus, les carrés roses reliés par des pointillés la moyenne annuelle, le trait plein la moyenne toutes années confondues.

## **RESUME**

Espèce emblématique des milieux alpins, le chamois (*Rupicapra rupicapra*) a fait l'objet de nombreuses études depuis la création du Parc national des Ecrins en 1973. L'arrêt des comptages exhaustifs depuis 2008 pose de sérieux problèmes quant à la gestion de cette espèce sur le territoire du Parc national des Ecrins. Le but de cette étude est de tester une nouvelle méthode de suivi des populations de chamois, basée sur l'utilisation d'indicateurs de changement écologique (ICE), et plus particulièrement le poids des jeunes (chevreaux et individus âgés de deux ans, les éterles et éterlous) et la longueur des cornes des éterles(ous) tués à la chasse entre 1998 et 2009 pour les unités de gestion (UG) des Hautes-Alpes, et entre 2002 et 2009 pour les UG de l'Isère. L'analyse des données montre une différence bien marquée entre UG pour les deux ICE considérés, mais une relative stabilité au cours de la période d'étude. Cependant, les résultats soulignent une diminution du poids des jeunes entre 2004 et 2007 sur l'ensemble du territoire, ce qui semble indiquer qu'un phénomène particulier a perturbé la population de chamois à ce moment-là.

Toutefois, cette étude nous a permis de constater que la seule utilisation de ces deux ICE n'est pas suffisante pour décrire de façon précise l'évolution de la population de chamois du Parc national des Ecrins, et surtout les causes des variations observées.