

## Indicateurs de Changement Ecologique pour la gestion des populations de cerfs

*Mathieu Garel*<sup>1</sup>, *Michallet J*<sup>2</sup>, *Bonenfant C*<sup>1</sup>, *Hamann J-L*<sup>2</sup>, *Gaillard J-M*<sup>1</sup> & *Klein F*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CNRS – Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive, Lyon

<sup>2</sup>ONCFS – CNERA Cervidés Sanglier, Bar le Duc

### Résumé

À la fin des années 70, la mise en place d'un plan de chasse s'est généralisée à l'ensemble des espèces gibiers. L'objectif était avant tout de permettre le maintien d'un juste équilibre entre population et milieu. Dans ce contexte, les gestionnaires ont eu besoin de méthodes permettant de suivre les variations d'abondance des populations de grands herbivores. C'est ainsi qu'ont été généralisées les méthodes classiques de dénombrements, basées le plus souvent sur des observations exhaustives. La comparaison avec des méthodes robustes et validées dans un cadre scientifique ont cependant montré que la plupart des méthodes utilisées par les gestionnaires sous-estimaient l'abondance réelle. Associée à un plan de chasse protectionniste, la gestion ainsi pratiquée a largement contribué à l'explosion démographique et géographique des populations de cerfs. Dans la phase d'abondance actuelle, un certain nombre de problèmes commence à émerger (dégâts forestiers), qui est d'autant plus préoccupant qu'en parallèle le nombre de chasseurs en France diminue (2-3%/an).

Dans ce contexte, l'approche par indicateurs de changements écologiques (ICE) s'est développée, avec pour objectif de répondre à la fois aux limites techniques-scientifiques des approches utilisées jusqu'alors et de permettre une meilleure compréhension du système dans son ensemble. Un ICE est un paramètre mesuré sur un animal ou un végétal dont l'évolution est dépendante de celle du système population-environnement. Plutôt que de caractériser une situation ponctuelle, on cherche à s'informer sur l'histoire et l'évolution du "système" pour permettre une gestion raisonnée et adaptative, a posteriori, des populations. Derrière l'utilisation de ces ICE, il y a en outre l'idée qu'il n'est pas possible de caractériser et d'interpréter les changements d'état du système population-environnement à partir d'un seul élément (comme l'abondance par exemple). L'approche par ICE n'a ainsi de sens qu'au travers de leur complémentarité, inscrite dans un suivi temporel de longue durée. Pour statuer sur l'état d'un système population-environnement, on reconnaît donc en général trois catégories d'ICE qui vont nous renseigner sur (1) les variations d'abondance de la population, (2) la performance des individus et (3) la pression de la population sur son milieu.

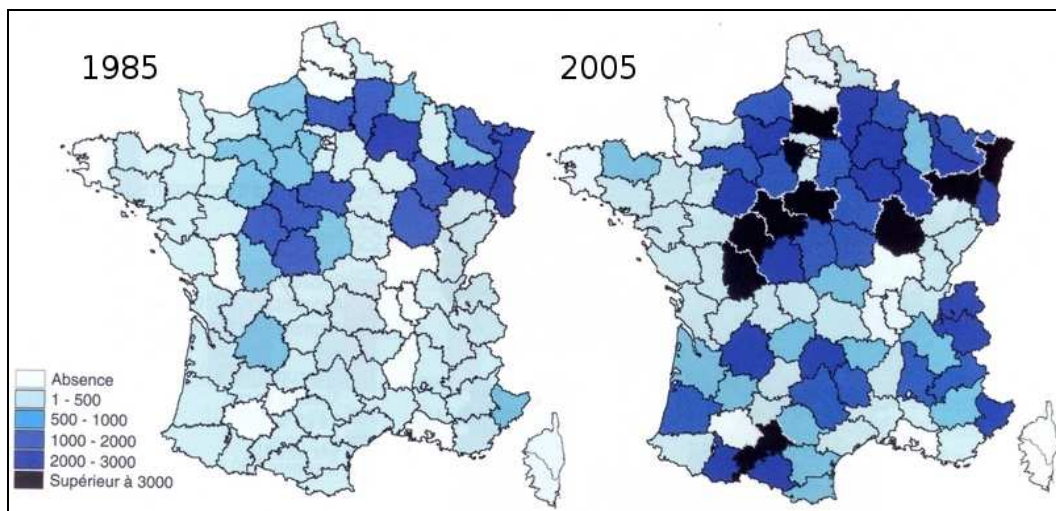
Nous nous proposons ici de revenir sur les principes d'utilisation des ICE dans le cadre du suivi et de la gestion des populations de cerfs. Si peu de paramètres ont été validés en tant qu'ICE chez cette espèce, les recherches en cours sont très prometteuses et ouvrent de nouveaux horizons de gestion. Pour illustrer notre propos, nous prendrons comme référence la réserve nationale de chasse et de faune sauvage de la Petite Pierre (Bas-Rhin) où l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage assure depuis plus de 30 ans un suivi approfondi de la population présente. A la fois la qualité et la quantité des données disponibles, nous permettront d'aborder à travers cet exemple concret les notions de performance (poids des faons, âge de première reproduction des femelles) et d'abondance (comptages aux phares) à la base de la "philosophie" ICE.

## Retour sur une gestion par indicateurs

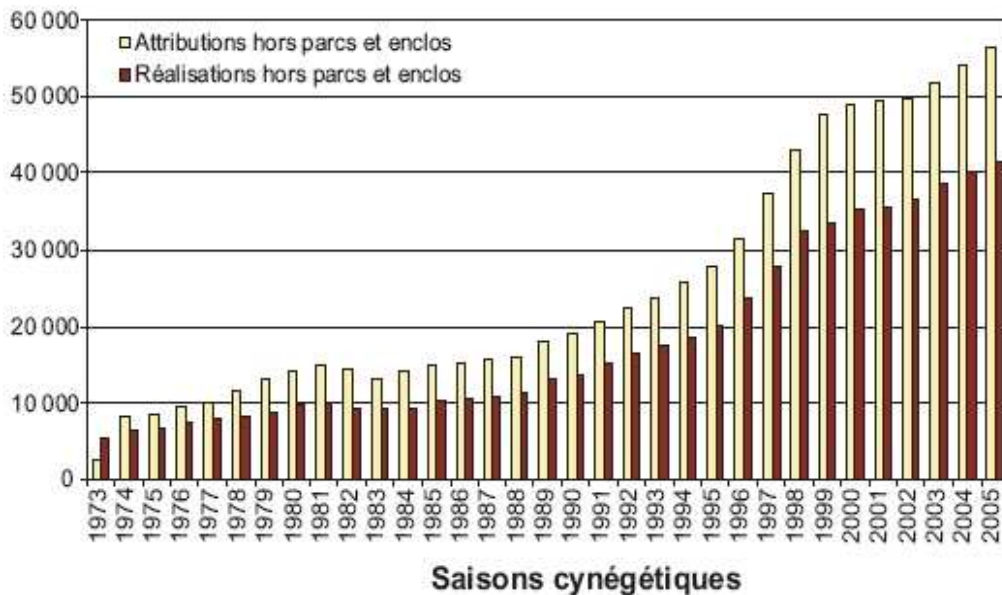
### Contexte

La généralisation du plan de chasse des cervidés dans les années 70 avait pour objectif “le maintien d’un juste équilibre entre le milieu, la quantité et la qualité des animaux vivants sur un territoire”. Des méthodes de dénombrements exhaustifs ou sur secteurs échantillons (battue totale, affût et approche combinés, poussée sur secteur échantillon et circuits voitures; Bourlière 1969, Boscardin 1999) ont donc été vulgarisées dans l’urgence pour permettre aux gestionnaires d’estimer les effectifs de cervidés présents sur leurs territoires. Les résultats obtenus étaient généralement complétés par une estimation succincte des potentialités de la zone chassée et des paramètres démographiques de la population (par exemple taux de reproduction). C’est sur cette base qu’un plan de prélèvement annuel était défini pour maintenir une densité d’individus compatible avec l’équilibre recherché.

Au fur et à mesure de l’avancement des recherches sur les méthodes de dénombrement des populations sauvages et l’application par certains gestionnaires des méthodes développées, il s’est avéré qu’aucune ne reflétait correctement les réalités du terrain (Gaillard 1988). En effet, la plupart des méthodes avait tendance à fortement sous estimer les effectifs recensés (Andersen 1953). Un tel biais associé à la mise en place d’un plan de chasse plutôt protectionniste a largement contribué à favoriser l’expansion géographique (figure 1) et démographique des populations de cervidés en France (figure 2; voir aussi la communication d’Emmanuelle Pfaff lors de ce colloque)



**Figure 1** Exemple de l’expansion géographique des populations de cerfs. La surface occupée par l’espèce a été multipliée par 1.6 en 20 ans.



**Figure 2** Exemple de l'expansion démographique des populations de cerfs. Le plan de chasse de l'espèce a été multiplié par 4.1 en 20 ans.

Ces changements sont à l'origine d'un certain nombre de problèmes: dégâts agricoles et forestiers, augmentation du nombre de collisions avec les usagers de la route ou encore augmentation des risques sanitaires (maladie de Lyme par exemple). Des conflits d'intérêts entre chasseurs, agriculteurs et forestiers sont alors apparus. Cette abondance préoccupe d'autant plus aujourd'hui qu'en parallèle le nombre de chasseurs en France diminue: depuis 1975, la diminution enregistrée est régulière, entre 2 à 3% par an (Chardonnet et al. 2002). Dans le même temps, la population de chasseurs est vieillissante laissant suggérer à terme une diminution encore plus rapide (l'âge moyen des chasseurs a augmenté de cinq ans en quinze ans, passant de 45 à 50 ans, Lecocq & Meine 1998). Nous pourrions donc être dépassés par l'ampleur des changements qui affecte notre écosystème en terme d'espèces herbivores. Ceci soulève évidemment de nombreuses questions comme la compétition entre espèces (cerf et chevreuil par exemple) qui ne partageaient pas jusqu'à présent leur habitat (voir aussi la communication d'Emmanuelle Richard lors de ce colloque).

### ***L'alternative ICE***

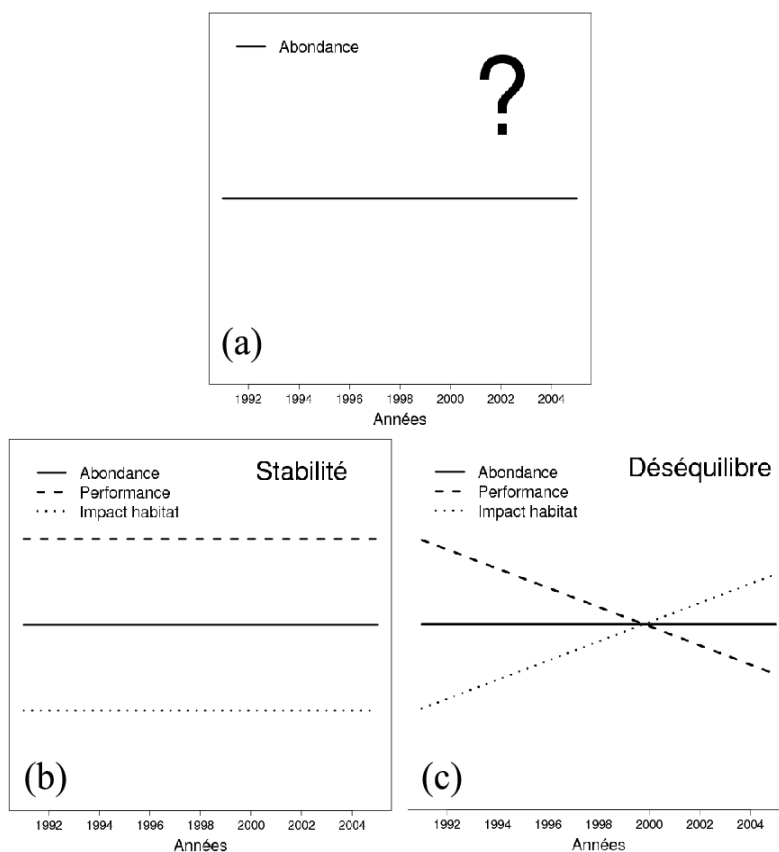
Dans cette phase d'abondance actuelle, il est devenu indispensable de trouver des alternatives aux méthodes de dénombrement. De telles alternatives doivent notamment permettre de résoudre les problèmes de fiabilité, mais aussi de lourdeur d'organisation et de coût élevé associés aux méthodes traditionnelles qui limitaient fortement la surface échantillonnée.

Devant cette nécessité, les organismes en charge de programme d'étude sur le fonctionnement des populations de grands mammifères (CEMAGREF, CNRS, INRA et ONCFS) se sont appliqués à définir une stratégie de gestion basée sur l'utilisation d'une batterie d'indicateurs de changement écologique (ICE; Morellet et al. 2007). Toute variable qui décrit l'état d'une population en relation avec son habitat et se montre sensible à des variations d'effectifs ou de disponibilité et de qualité des ressources peut être potentiellement considérée comme un ICE. Le principe théorique sous-jacent est le processus de densité-dépendance: à un certain niveau de densité, les ressources disponibles pour

un individu donné diminuent, ce qui est susceptible d'entraîner une série de modifications biologiques (baisse de la masse corporelle, augmentation de l'impact sur le milieu,...).

Il reste aujourd'hui à coordonner et spécifier le cadre d'utilisation de ces outils. Tout d'abord, seule la multiplicité des paramètres utilisés permet de caractériser et d'interpréter les changements d'état du système "individu-population-environnement". Là où les dénombrements ne s'intéressent qu'à l'effectif des populations, les ICE s'appuient sur trois composantes distinctes: l'abondance de la population, la performance individuelle et l'impact des animaux sur l'habitat. En effet, travailler sur l'abondance seule ou n'utiliser qu'un type d'ICE n'a pas de sens ! On peut l'illustrer avec un exemple simple. Sur la figure 3a, on ne dispose que d'un suivi d'abondance qui ne fournit donc aucune information sur la relation entre la population et son habitat. Avec les 3 indicateurs, il est par contre possible de savoir si notre population est plutôt stable (aucune variation sensible des indicateurs au cours du temps, figure 3b) ou si la situation est plus problématique (figure 3c). On est typiquement pour la figure 3c dans une situation où le niveau de ressource n'est plus en adéquation avec le nombre d'individus présents. On pourrait alors préconiser, par exemple, la stabilité du plan de chasse pour le scénario de la figure 3b et l'augmentation du plan et/ou des ressources disponibles pour le scénario de la figure 3c. Ainsi, un même constat de stabilité de l'effectif peut donc conduire à deux mesures de gestion complètement opposées qu'il n'aurait pas été possible de distinguer sans avoir recours à une batterie d'indicateurs ! La mesure de ces paramètres n'a donc vraiment de sens **qu'au travers de leur complémentarité, inscrite dans un suivi temporel de longue durée.**

Enfin, il ne faut pas perdre d'esprit que l'utilisation de ces ICE repose sur un certain nombre d'hypothèses. Dans notre exemple (figure 3), l'indicateur abondance doit réellement réagir aux variations d'effectifs de la population et les indicateurs performance et habitat aux variations de densité (effectif par rapport aux ressources) pour pouvoir être qualifiés d'ICE. Valider scientifiquement une mesure ou une méthode de suivi comme ICE constitue l'objectif actuel d'une partie des recherches menées par l'ONCFS et le CNRS et c'est l'état de nos connaissances dans le cadre du suivi des populations de Cerfs que nous allons maintenant aborder (voir aussi la communication de Christophe Bonenfant lors de ce colloque).

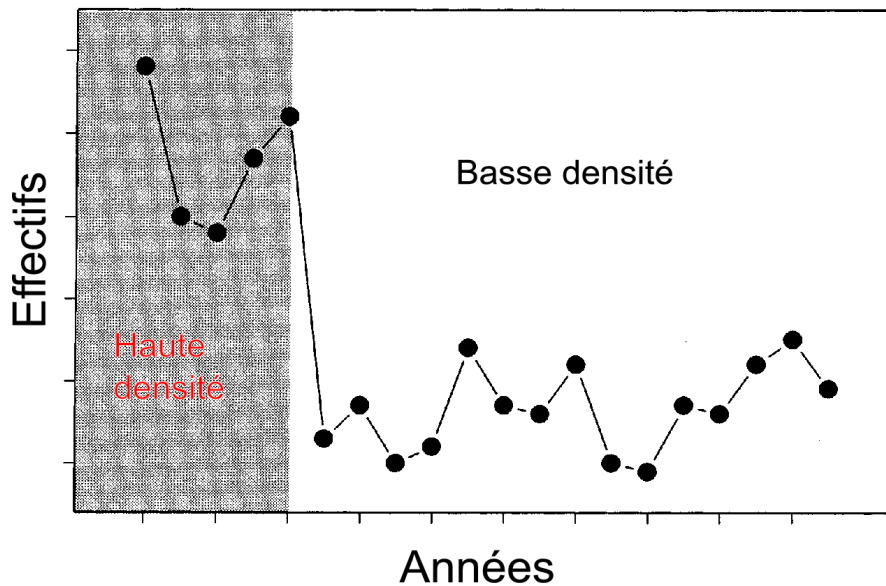


**Figure 3** Exemple théorique d'une gestion par ICE. Sur la figure (a), le gestionnaire dispose uniquement d'un suivi d'abondance qui ne lui permet pas de statuer sur l'état de son système population–environnement. En ajoutant le suivi de deux autres composantes, l'habitat et la performance individuelle, le gestionnaire sera alors capable de trancher entre différents scénarios "démographiques" et pourra ainsi prendre les décisions de gestion adaptées aux objectifs qu'il s'était fixé.

## Applications pratiques: le Cerf de la Petite Pierre

### *Une réserve, des captures, de la chasse*

Les résultats présentés ici proviennent des suivis réalisés sur la population de cerfs de la réserve nationale de chasse et de faune sauvage de la Petite Pierre (67). Ce site d'étude de l'ONCFS, co-géré avec l'ONF, offre un contexte de travail particulièrement adapté à la mise au point d'ICE. Cette population à l'origine "source" d'animaux pour la ré-introduction de cerfs en France a subi une diminution marquée de ses effectifs lorsque le maintien d'importante densité s'est avéré incompatible avec les objectifs sylvicoles. La population est ainsi passée par une première période à "forte" densité puis par une période de plus faible densité (figure 4) qui est maintenue depuis une vingtaine d'années. Ces conditions fournissent les moyens d'évaluer la sensibilité de différents indicateurs aux variations de densité.



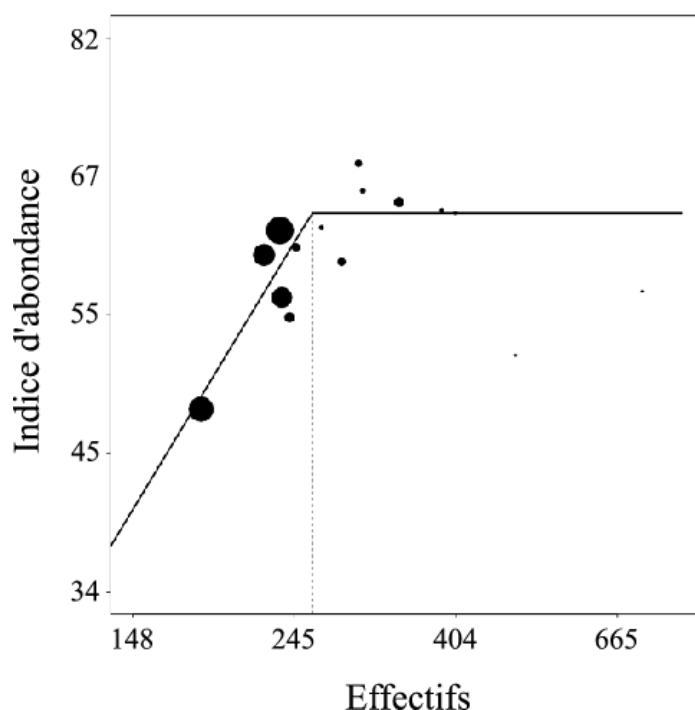
**Figure 4** Variation de l'abondance de la population cerfs de la Petite Pierre sur la période 1977–1999. La population est d'abord passée par une phase de haute densité (population source pour les réintroductions du cerf en France), puis par une phase de basse densité suite à l'augmentation du plan de chasse afin de satisfaire les objectifs sylvicoles.

En outre, cette population fait l'objet de nombreux suivis depuis les années 70: analyses du tableau de chasse et suivi de l'abondance à travers l'utilisation de méthodes comme les comptages aux phares. Un suivi longitudinal et continu par capture-marquage-recapture d'animaux a aussi été mis en place. Toutes ces informations permettent à la fois de disposer de nombreuses mesures pouvant jouer le rôle d'ICE et d'avoir une connaissance détaillée du fonctionnement démographique pour tester la pertinence de ces potentiels candidats comme ICE.

#### **ICE abondance: les comptages phares à la Petite Pierre**

Pourquoi s'intéresser aux comptages aux phares ? Tout d'abord parce que c'est une méthode très largement utilisée dans le monde de la gestion. En effet, c'est un suivi qui "motive" puisqu'il prend place de nuit et permet d'observer une grande diversité faunistique. Cependant à l'heure d'aujourd'hui très peu d'informations sont disponibles sur la pertinence d'un tel suivi.

Dans le cadre des suivis réalisés à la Petite Pierre, nous disposons de 768 comptages aux phares réalisés simultanément sur 3 circuits. Les circuits sont parcourus depuis 1978 en réserve de 3 à 11 fois par an sur la période de décembre–avril. Ces suivis ont permis de réaliser 15459 observations dont 1082 observations d'animaux marqués. Les observations des animaux marqués ont été utilisées chaque année pour obtenir une estimation de l'effectif de cerfs présents grâce à la méthode d'Arnason-Schwartz-Gerrard (Arnason et al. 1991). Cette estimation de l'effectif qui n'est possible que par la présence d'animaux marqués (donc identifiables) dans la population a été confrontée à différents indices d'abondance, dont le nombre moyen d'animaux recensés par sortie une année donnée.



**Figure 5** *Relation entre le nombre moyen d'animaux observés lors du suivi aux phares de la population de cerfs de la Petite Pierre et son effectif estimé par capture-marquage-recapture. La droite représente la relation linéaire jusqu'à environ 260 individus puis la saturation entre ces deux mesures. La taille des points est proportionnelle à la précision de l'estimation d'effectif. Plus le point est important, plus la précision est bonne.*

Les résultats obtenus (figure 5) sont très prometteurs puisque jusqu'à un certain seuil (~260 cerfs) l'indice réagit de manière linéaire aux variations d'effectifs et constitue à ce titre un bon candidat comme ICE d'abondance. Au delà de ce seuil l'indice n'augmente plus lorsque l'effectif augmente, phénomène de saturation classique des indices basés sur l'observation d'animaux. Autres résultats intéressants dans un cadre de gestion: il est préférable d'utiliser comme indice d'abondance le nombre moyen d'animaux observés plutôt que le nombre maximal.

#### ***Quelques conseils lors de l'utilisation des suivis d'abondance***

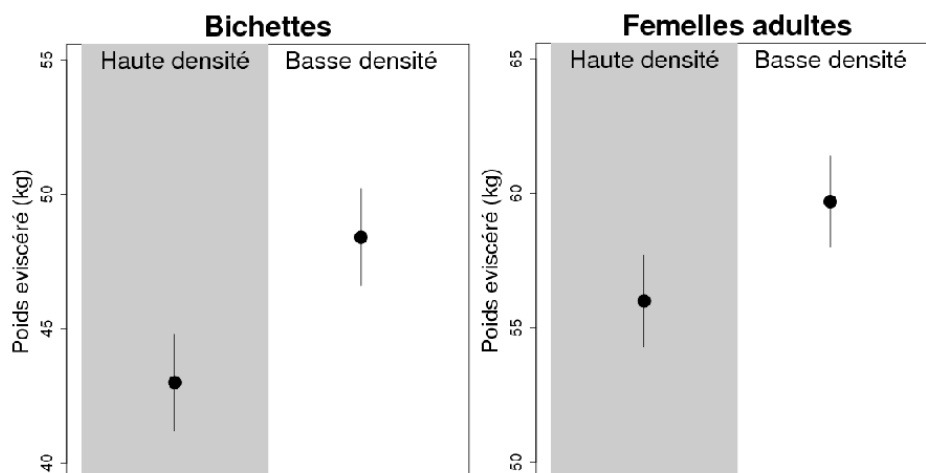
Comme nous l'avons étudié précédemment, nous ferons référence ici aux méthodes indiciaires d'abondance (voir Cugnasse & Garel 2003 pour plus de détails), c'est à dire aux méthodes de suivi basées sur des indices d'abondance et dont l'objectif n'est pas d'obtenir l'effectif total de la population (approches qui doivent être définitivement oubliées) mais simplement un indice qui est corrélé à cet effectif. Notre indice représente une certaine proportion de l'effectif observable sur la surface échantillonnée. Cette proportion, c'est notre probabilité de détecter les animaux présents. Si celle-ci est de 1, alors notre indice est égal au nombre d'animaux présents sur la zone échantillonnée. On sait cependant qu'il est difficile de détecter tous les animaux présents. Notre probabilité de détection est donc souvent inférieur à 1. Mais cela ne posera aucun problème tant que cette probabilité de détection reste constante au cours du temps. Illustrons ce principe en prenant l'exemple d'un effectif stable, égal à 100, sur la zone échantillonnée. Si une année donnée notre probabilité de détection est égale à 0.6, alors nous verrons 60 animaux durant le suivi. Si l'année suivante cette probabilité est égale à 0.4, nous recenserons 40 individus. Les variations de probabilité de détection nous donnerons alors la fausse impression que l'abondance de la population a diminué au cours du temps, puisque

notre indice d'abondance diminue (60 puis 40), alors que l'effectif est resté stable (100) ! Il faut donc que la probabilité de détection soit constante au cours des suivis de sorte que si l'indice diminue c'est bien parce qu'il y a moins d'individus, et non pas parce que nous les détectons moins bien (et ce pour n'importe quelle raison: par exemple une effet observateur). Cela peut paraître trivial, mais c'est un point largement ignoré !

Pour le gestionnaire, la règle qui découle de tout ça est relativement simple: contrôler pour tout facteur susceptible de faire varier la probabilité de détection. Il est possible de contrôler directement les variations de probabilité de détection avec la mise en place d'un protocole adapté (choix des observateurs, des périodes d'observations,...); mais aussi indirectement au cours des analyses. A titre d'exemple, l'indice d'abondance obtenu sur la réserve de la Petite Pierre diminue de 17% entre les sorties où la visibilité est bonne et les sorties où elle est moyenne. Il y a deux solutions ici: supprimer les sorties réalisées dans de moins bonnes conditions ou (solution choisie dans notre cas) corriger dans l'analyse l'indice par ce facteur "visibilité".

### **ICE performance: le suivi du poids et du taux de femelles gestantes**

L'information provient ici de l'analyse du tableau de chasse (pour plus de détails voir Bonenfant et al. 2002). Les données récoltées par les chasseurs nous ont permis de disposer du poids éviscéré des animaux prélevés et du statut de gestation des femelles (analyse de leur tractus génital). On s'attend évidemment à ce que le poids et la proportion de femelles gestantes augmentent en période de faible densité (plus de ressources par individu) qu'en période de forte densité (Gaillard et al. 2000); et c'est bien ce que l'on observe sur les figures 6 et 7. Les variations avec la densité de ces deux paramètres valident clairement leur utilisation comme ICE performance. Il est par ailleurs cohérent que ces deux paramètres montrent le même signal dans la mesure où l'on sait que la reproduction chez les ongulés est étroitement lié à la masse corporelle (Sadleir 1987). On observe enfin que la "réaction" est plus marqué chez les jeunes que chez les adultes. Chez une espèce comme le cerf ce résultat était attendu (Clutton-Brock et al. 1982) et préconise de suivre en priorité le poids des jeunes et la proportion de bichettes gestantes afin d'être capable de détecter plus finement des variations de densité.



**Figure 6** Poids éviscéré (kg) des femelles prélevées à la chasse durant les périodes de haute et basse densités, respectivement. Les résultats obtenus chez les mâles sont qualitativement similaires.

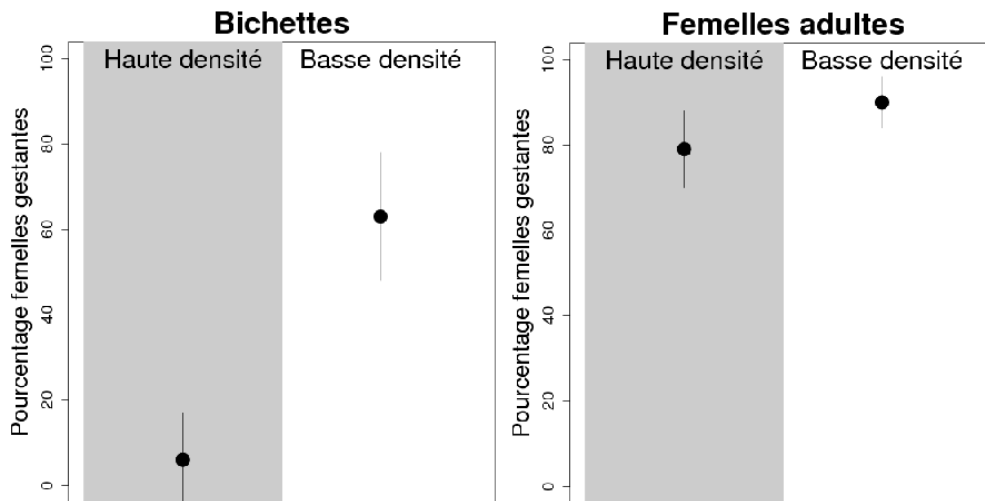
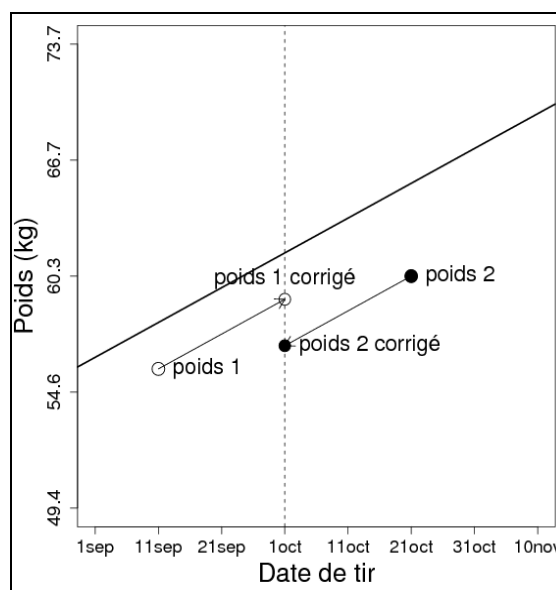


Figure 7 Proportion de femelles gestantes durant les périodes de haute et basse densités, respectivement.

### Quelques conseils pour l'analyse du tableau de chasse

Comme pour les suivis d'abondance, utiliser des ICE performance ne peut se faire sans un minimum de précaution. Parmi les points qui nous paraissent importants, il y a la nécessité de corriger les mesures de poids par la date de récolte. En effet, que ce soit les jeunes individus qui ont une croissance importante durant leur première année de vie ou les adultes qui peuvent perdre du poids pendant la période d'accouplement, il faut prendre en compte ces variations de poids pour rendre comparable les mesures réalisées à différentes périodes de l'année. Sur la figure 8, le faon 2 (poids 2) semble plus lourd que le faon 1 (poids 1). Tout deux ont été prélevés en période de chasse alors qu'ils sont encore en croissance comme indiqué par la droite continue. On corrige le poids de ces animaux et on le ramène à une date donnée, par exemple le premier octobre. L'idée ici est notamment de prendre en compte la croissance qu'aurait eu l'animal 1 si on lui avait laissé le temps de grandir jusqu'au premier octobre. Avec cette correction, on constate en réalité que le faon 1 est plus gros que le faon 2 à une date donnée.



Exemple théorique du bien fondé de corriger le poids des animaux par la date de mesure. Sans correction, l'animal 1 semble plus léger que l'animal 2. Après correction, il s'avère que c'est la situation inverse qui est vraie.

En ce qui concerne le calcul de la proportion de femelles gestantes, il faut bien garder à l'esprit que chez le cerf les femelles peuvent avoir plusieurs oestrus et ne sont pas forcément fécondées dès le premier (Sadleir 1987). Pour être sûr qu'une femelle n'est pas gestante, il est donc préférable de la prélever le plus tard dans la saison de chasse, après la date supposée de fin de période d'accouplement. C'est uniquement sur cet échantillon de femelles qu'il faudra calculer la proportion de celles qui sont gestantes.

## **Perspectives et conclusions**

Il existe encore aujourd'hui un grand nombre de méthodes de suivi des populations de cerfs qui n'ont pas fait l'objet d'une évaluation scientifique rigoureuse et qui ne peuvent donc être reconnues comme ICE. Les ICE renseignant sur l'habitat font à ce titre encore défaut. Il faut donc poursuivre l'évaluation des méthodes existantes en s'appuyant notamment sur des sites de référence comme celui de la Petite Pierre. La manipulation des prélèvements fournit des conditions favorables d'évaluation des différents indicateurs comme nous l'avons vu pour les comptages aux phares. Dans la mesure du possible, il serait particulièrement bénéfique de développer ce genre d'approche.

En définitive, les indicateurs population/environnement constituent les méthodes d'avenir pour le suivi des populations d'ongulés en France. Simple d'emploi, ils prennent en compte l'animal dans son environnement et permettent de rechercher un équilibre entre ces deux composantes en fonction des objectifs définis préalablement par le gestionnaire. Plutôt que de caractériser une situation ponctuelle, ils informent sur l'histoire et l'évolution du "système" et permettent ainsi de faire une gestion raisonnée, *a posteriori*, des populations.

## Bibliographie

- Andersen, J. 1953. Analysis of a danish roe-deer population (*Capreolus capreolus* (L)) based upon the extermination of the total stock. Danish Review of Game Biology 2 : 127–155.
- Arnason, A.N., Schwarz, C.J. & Gerrard, J.M. 1991. Estimating closed population size and number of marked animals from sighting data. Journal of Wildlife Management 55 : 718–730.
- 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. Ecology, 25 : 446–458.
- Boscardin, Y. 1999. Les méthodes de dénombrement des populations de chevreuils. Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse 244 : 17–21.
- Bourlière, F. 1969. Les techniques d'échantillonnage utilisables pour l'étude des populations de grands mammifères sauvages. Revue d'Ecologie-La Terre et la Vie 2 : 238–244.
- Chardonnet, P., des Clers, B., Fischer, J., Gerhold, R., Jori, F. & Lamarque, F. 2002. The value of wildlife. Revue scientifique et technique de l'office international des epizooties 21 : 15–51.
- Clutton-Brock, T.H., Guinness, F.E. & Albon, S.D. 1982. Red deer. Behaviour and ecology of two sexes. Edinburgh University Press, Edinburgh, UK.
- Cugnasse, J.M. & Garel, M. 2003. Suivi de l'abondance des populations d'Ongulés sauvages en montagne : l'exemple du Mouflon méditerranéen. Faune Sauvage 260 : 42–49.
- Gaillard, J.M. 1988. Contribution a la dynamique des populations de grands mammifères : l'exemple du chevreuil (*Capreolus capreolus*). Ph.D. thesis, Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon, France.
- Gaillard, J.M., Festa-Bianchet, M., Yoccoz, N.G., Loison, A. & Toïgo C. 2000. Temporal variation in fitness components and population dynamics of large herbivores. Annual Review of Ecology and Systematics 31 : 367–393.
- Lecocq, Y. & Meine, K. 1998. Hunter demography in Europe - An analysis. Gibier Faune Sauvage 15 : 1049–1061.
- 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.