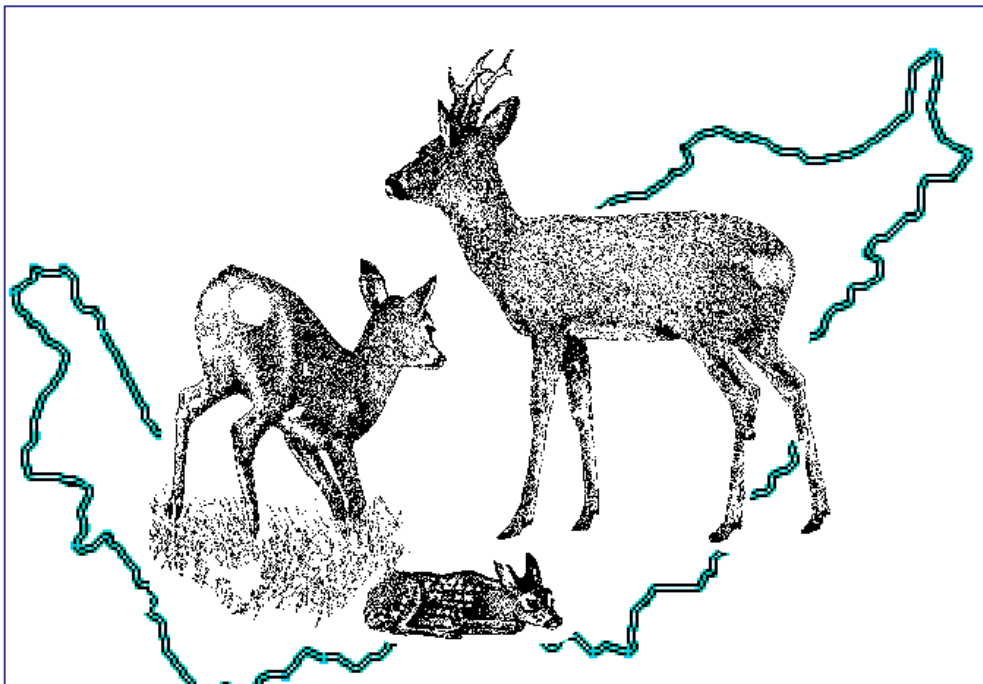




**Corrélation entre facteurs écogéographiques
et capacité de soutien chez le Chevreuil
(*Capreolus capreolus*) dans le Valais.**



POSTGRADE "SYSTEMATIQUE ET GESTION DE LA BIODIVERSITE"

Février 2000

Myriam Saudan



Corrélation entre facteurs écogéographiques et capacité de soutien chez le Chevreuil (*Capreolus capreolus*) dans le Valais.

TABLE DES ABRÉVIATIONS ET DES SYMBOLES UTILISÉS	II
GLOSSAIRE	III
1. INTRODUCTION.....	1
1.1 CONTEXTE	1
1.2 LE CHEVREUIL	1
1.3 MÉTHODES DE RECENSEMENT.....	3
2. MÉTHODE.....	4
MÉTHODE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'HABITAT.....	4
2.1 <i>Création des secteurs.....</i>	6
2.2 <i>Modèle de dynamique des populations.....</i>	6
2.3 <i>Quantification des facteurs écogéographiques.....</i>	8
2.4 <i>Corrélation entre ces deux estimations de la qualité de l'habitat.....</i>	14
3. RÉSULTATS.....	15
3.1 CRÉATION DES SECTEURS.....	15
3.2 MODÈLE DE DYNAMIQUE DES POPULATIONS.....	15
3.2.1 <i>Evolution des tirs entre 1985 et 1998.....</i>	15
3.2.2 <i>Modèle de dynamique des populations.....</i>	16
3.3 QUANTIFICATION DES FACTEURS ÉCOGÉOGRAPHIQUES	18
3.4 CORRÉLATION ENTRE CES DEUX ESTIMATIONS DE LA QUALITÉ DE L'HABITAT.....	22
4. DISCUSSION ET CONCLUSION	24
5. REMERCIEMENTS.....	28
6. RÉFÉRENCES.....	28



Table des abréviations et des symboles utilisés

ENFA :	Analyse Factorielle de la Niche Ecologique
K :	capacité de soutien du milieu
K_{relatif} :	capacité de soutien relative du milieu
LF :	Facteur Limitant
M :	Marginalité
m_b :	conditions écologiques moyennes exploitées par l'espèce (b = beobachtung)
m_c :	conditions écologiques moyennes du domaine étudié (c = calculé)
MF :	Facteur de Marginalité
N_t :	effectif au temps t
N_{t+1} :	effectif au temps t+1
P :	valeur de qualité d'un pixel
Q :	valeur de qualité d'habitat, varie de 0 à 100.
r_{max} :	taux d'accroissement maximum
S_b :	écart-type des conditions écologiques moyennes exploitées par l'espèce
S_c :	écart-type des conditions écologiques moyennes du domaine étudié
T :	Tolérance



Glossaire

Capacité de soutien : *effectif d'une population, duquel les effectifs négatifs de la densité compensent l'accroissement; il s'agit donc d'un effectif d'équilibre qui dépend de l'habitat, de la surface à disposition et de l'éthologie de l'espèce. Noté K.*

Equation d'Euler : *décrit le taux d'accroissement comme fonction de la fécondités et de la survie aux différentes classes d'âge. Cette équation ne peut être résolue que numériquement.*

$$\sum (m_x * l_x * I^{-x}) = 1$$

Quadrat : *dans ce travail, surface de 100mX100m, soit un hectare, considérée comme homogène. (=synonyme de pixel).*

Qualité d'habitat : *valeur caractérisant l'habitat, notée de 0 (qualité minimale) à 100 (qualité maximale).*

Logistique : *modèle de dynamique densité-dépendant de forme sigmoïdale avec* $\frac{dN}{dt} = rN(1 - \frac{N}{K})$

Marginalité : *mesure l'écart entre les conditions écologiques moyennes du domaine étudié et les conditions écologiques moyennes exploitées par l'espèce. La marginalité varie généralement entre 0 (peu marginale) et 1 (très marginal).*

Pixel : *v. quadrat.*

Secteur : *assemblage d'une ou plusieurs communes.*

Taux d'accroissement intrinsèque : $\ln(N_{t+1}/N_t)$.

Tolérance: *c'est une mesure du rapport de l'amplitude des variations écologiques exploitées par l'espèce à celles du domaine étudié. Plus une espèce est restreinte à une zone particulière, plus elle est spécialisée et sa valeur de tolérance est faible. La tolérance varie en pratique de 0 (niche étroite) à 1(niche large).*



1. Introduction.

1.1 Contexte.

Le chevreuil (*Capreolus capreolus*) est l'un des grands mammifères les plus communs de Suisse, il est présent dans tous les cantons avec une distribution relativement large (Hausser, 1995). Cet animal, en surpopulation dans presque toute l'Europe, peut occasionner des dégâts importants à la végétation lorsque les individus sont en surnombre (Motta, 1996 ; Van Hees & al, 1996). Puisque les prédateurs naturels sont absents, les populations sont en grande partie régulées par la chasse, et les plans de tirs sont basés essentiellement sur des estimations de densités.

Pour établir une gestion efficace de ces populations, il faut d'une part une bonne connaissance des facteurs favorisant ou limitant leur extension, et d'autre part avoir des méthodes d'estimation indirecte de la densité maximale supportable par une région donnée.

Ce projet a pour but de proposer une réponse à ces deux demandes.

La région étudiée porte sur le canton du Valais. L'étude du chevreuil a commencé tout d'abord par une quantification de diverses variables écogéographiques, telles que par exemple la topographie, la structuration du paysage, l'utilisation du sol ou l'impact humain, sur la qualité de l'habitat du chevreuil et donc sur la capacité de soutien de cet habitat.

En premier lieu, il est important de prendre connaissance de certains points concernant le chevreuil, qui ont aidé à établir une méthode d'évaluation de l'habitat adaptée à cette espèce.

1.2 Le chevreuil.

A la fin du siècle dernier et au début de ce siècle, cet animal était encore rare en Suisse. En 1962, Hainard observait que, pour différentes causes dont les changements intervenus dans l'exploitation forestière, ou encore une meilleure réglementation de la chasse, le chevreuil était commun partout en Suisse.

Dans le canton du Valais, aucun signe de surpopulation n'a été mis en évidence. La population de chevreuils y est en phase de croissance et dans l'ensemble elle ne voit pas ses ressources alimentaires diminuer (Wildman – module Valais).



Certains paramètres ont une grande importance pour la dynamique de population:

en ce qui concerne le taux de reproduction, il faut savoir que les portées sont en moyenne de deux faons, souvent de un ou trois (10% des portées pour chaque cas), les portées de quatre faons sont très exceptionnelles (Hausser, 1995). La première mise bas d'une chevrette est d'un chevrillard, la deuxième mise bas peut déjà compter deux petits. Les portées de trois petits sont rares et généralement observées chez des chevrettes âgées (Hainard, 1962). A l'âge de 10 mois, les jeunes mâles sont chassés du territoire familial et doivent se trouver un nouveau territoire inoccupé. Les jeunes femelles, quant à elles, passeront leurs premières chaleurs sur le territoire familial (Hausser, 1995).

Du point de vue de l'effectif des populations, on s'aperçoit que la densité joue un grand rôle sur, entre autres, la taille du territoire. Le territoire du brocard, dont la taille est fortement dépendante de la densité de la population, mesure en moyenne une trentaine d'hectares, celui de la chevrette est plus restreint (Hausser, 1995). Le territoire n'atteint guère plus de 100 hectares. Sur 1000 chevreuils marqués, deux tiers restaient dans un rayon de moins d'un kilomètre depuis leur naissance, dont 2 chevreuils âgés de 10 ans, et un de 16 ans (Hainard, 1962).

La densité agit également sur la dynamique des populations. En effet, un phénomène d'autorégulation dans les populations a été mis en évidence : plus la densité augmente, plus le poids des animaux a tendance à baisser, à cause de la concurrence alimentaire (Hausser, 1995). Or, les chevrettes légères mettent bas en moyenne moins de faons que les chevrettes lourdes (Hausser, 1995). De plus on a remarqué que les chances de succès de l'élevage des faons sont plus faibles pour les chevrettes légères que pour les chevrettes lourdes (Hausser, 1995).

On s'aperçoit donc que le taux d'accroissement de la population baisse avec l'augmentation de la densité de la population (Hausser, 1995).

Le chevreuil n'est pas particulier à un type de milieu parfaitement défini. Un de ses traits caractéristiques est sa très grande fidélité à son territoire. Grâce à cela il en résulte une grande possibilité d'adaptation aux changements du milieu environnant, de sorte qu'il peut se retrouver dans des zones d'habitation ou de cultures, tant que celles-ci lui offrent suffisamment d'abri et de nourriture (Hediger, 1968). Selon Boisaubert et Boutin (1988), cette espèce est très plastique : des populations ont pu s'établir dans de grandes plaines cultivées telles que le bassin parisien en modifiant considérablement leur comportement.



Il est encore important de noter que le chevreuil possède un flair excellent, une ouïe fine et une très bonne vue et que par là, il s'agit d'un animal difficile à surprendre (Hainard, 1962). Ceci rend donc difficile, voire même impossible l'estimation de la densité des chevreuils par comptage direct des individus d'une population.

1.3 Méthodes de recensement.

Différentes méthodes de recensement existent. Parmi elles, les battues de comptage sur des secteurs-échantillons demandent un investissement en personnel important. De plus les secteurs étant choisis en fonction de différents critères tels que, par exemple, l'accessibilité pour les observateurs, ceci introduit un biais dans les résultats (Ecotec, 1992).

Selon un travail effectué par Mabile (1993), la technique du « line transect » par comptage nocturne aux phares, en lisière depuis un véhicule et en forêt à pied, apporte une bonne couverture de l'ensemble des massifs forestiers concernés et est basée sur un échantillonnage des zones recensées. Néanmoins, le recensement par line-transect, en comparaison avec la méthode de battue de comptage, aboutit à des sous-estimations de la densité. De plus les résultats obtenus présentent de très grandes erreurs types sur l'estimation, car le nombre de contacts sur les routes est très faible, les chevreuils évitant les abords immédiats des routes à fort trafic.

Selon les analyses de cet auteur, la méthode de l'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA), autre technique de comptage, ne donne pas de meilleurs résultats. D'autres méthodes telles que la méthode de capture - marquage - recapture ou le comptage des fèces ne donnent aucun résultat satisfaisant (Mabile, 1993).

On observe généralement une sous-estimation de la population, mais cette sous-estimation diffère selon la méthode utilisée. De plus cette sous-estimation n'est pas forcément constante : dans le cas de l'IKA de nuit par exemple, les résultats obtenus ne suivent pas l'évolution de la population (Mabile & Neet, 1994).



2. Méthode.

Méthode d'évaluation de la qualité de l'habitat.

L'unité de base de l'analyse est le secteur de chasse, chaque secteur étant composé d'une ou plusieurs communes. Nous avons évalué la qualité moyenne de chaque secteur par deux méthodes indépendantes (figure 1).

La première consiste en l'établissement d'un modèle de dynamique de populations pour chaque secteur. Nous avons à disposition des effectifs issus de données de la chasse, et nous avons déterminé une capacité de soutien pour chacun de ces secteurs. Comme nous ne connaissons pas le coefficient de proportionnalité entre animaux tirés et effectif réel, nous n'obtenons en fait qu'une *capacité de soutien relative*.

La deuxième consiste en une analyse factorielle des différents facteurs écogéographiques influençant potentiellement la répartition du chevreuil. Cette méthode a permis de déterminer la *qualité* de chaque habitat.

Les buts de ce travail sont de déterminer quels sont les facteurs écogéographiques favorisant ou limitant la répartition du chevreuil, ainsi que de trouver une méthode d'estimation indirecte des effectifs maximaux. Ces buts ont été atteints par la comparaison des deux méthodes décrites ci-dessus. Ceci nous a permis d'établir une relation entre la capacité de soutien relative d'un secteur et la qualité d'habitat de ce même secteur, nous avons donc obtenu une méthode d'estimation indirecte de la densité maximale supportable par une région donnée, selon les facteurs favorisant ou limitant la répartition du chevreuil.

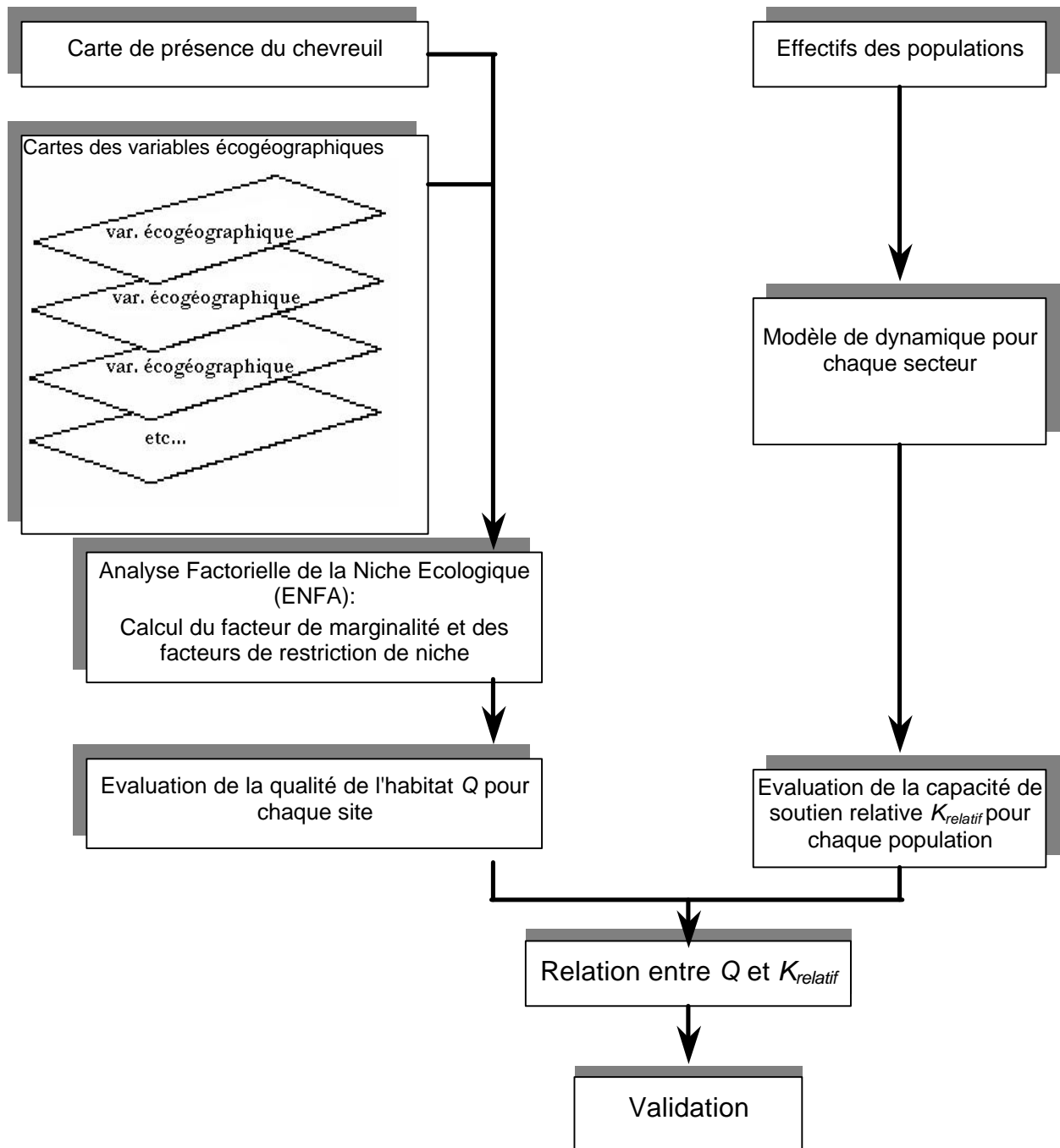


Figure 1 : Aperçu de la méthode d'évaluation de la qualité globale de l'habitat.



2.1 Création des secteurs.

Chaque secteur a été créé à partir d'une ou plusieurs communes de façon à ce qu'il présente des effectifs de chasse supérieurs à zéro pour chacune des années de l'étude.

Certains secteurs ne comprennent qu'une seule commune, d'autres consistent en la réunification de plusieurs communes. Pour ces derniers secteurs il a fallu veiller d'une part à ce que les communes soient adjacentes, et d'autre part à ce qu'elles soient écogéographiquement le plus semblables possibles.

2.2 Modèle de dynamique des populations.

En ce qui concerne les mammifères, les observations directes sont difficiles et la recherche de preuves de présence ou d'absence nécessite un très grand investissement tant en personnel, qu'en matériel et en temps. Dans le cas du chevreuil, nous avons affaire à une espèce qu'il est difficile de surprendre et donc de recenser. Il nous a donc fallu d'autres données que des observations directes pour estimer leur densité, basée sur des données les plus précises possible, le but de ce travail étant d'apporter une méthode d'estimation indirecte des effectifs maximaux de chevreuil.

Dans la zone d'étude de ce travail, les plans de chasse autorisent un nombre de chevreuils par chasseur plus grand que ce qu'il n'est possible de tirer. Avec cette réglementation, le nombre de chevreuils à tirer ne peut être atteint. En posant l'hypothèse que l'effort de chasse est constant dans le temps et l'espace, le nombre d'animaux tirés dans un secteur est donc proportionnel à l'effectif de cette population. Par conséquent les données de la chasse devraient être bien corrélées avec la densité réelle des chevreuils.

Nous avons ainsi développé un modèle de dynamique logistique à partir des données de tableaux de chasse. Ces données s'étendent de 1985 à 1998, sur 163 communes. Elles comprennent le nombre de mâles et le nombre de femelles tirés par commune et par année.

Puisque le modèle est logistique, la capacité de soutien relative $K_{relatif}$ peut être obtenue par analyse d'un graphe des taux d'accroissement intrinsèques en fonction des effectifs de tirs.

Taux d'accroissement intrinsèque: $\ln\left(\frac{N_{t+1}}{N_t}\right)$

Le pas de temps est d'une année.

N_t = effectif au temps t

N_{t+1} = effectif au temps t+1



La capacité de soutien K d'un milieu est l'effectif d'une population duquel les effectifs négatifs de la densité compensent l'accroissement; il s'agit donc d'un effectif d'équilibre qui dépend de l'habitat, de la surface à disposition et de l'éthologie de l'espèce.

$K_{relatif}$ peut donc être estimé comme l'intersection avec l'axe des effectifs de la droite passant par le taux d'accroissement maximum r_{max} (calculé ci-dessous) et le barycentre des points (dont les coordonnées sont formées par la moyenne des effectifs et la moyenne des taux d'accroissement intrinsèques) (figure 2).

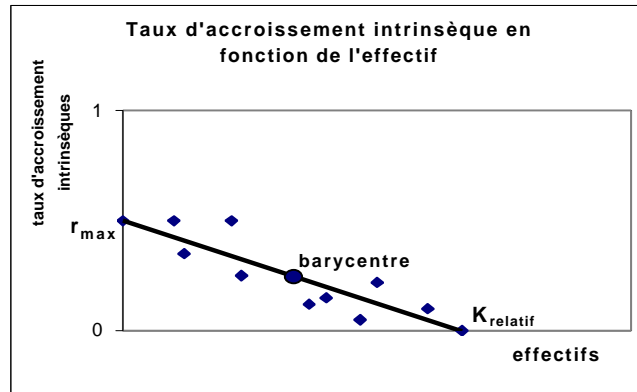


Figure 2 : Relation entre $K_{relatif}$ et le taux d'accroissement individuel

Puisque $K_{relatif}$ est calculé à partir de r_{max} , il s'agit d'une valeur minimale du $K_{relatif}$ pouvant être attribué au secteur considéré.

Le taux d'accroissement maximum r_{max} est calculé en tenant compte des conditions idéales pour l'accroissement d'une population : reproduction maximale chaque année, mortalité nulle jusqu'à la dernière classe d'âge. Dans notre cas, nous avons posé que les individus vivent tous jusqu'à l'âge de 16 ans, et que les femelles ont un taux de reproduction de un petit à l'âge d'un an, puis de deux petits les années suivantes. Nous avons posé comme hypothèse que r_{max} est indépendant du milieu et que la relation entre les taux d'accroissement intrinsèques et les effectifs est de type logistique.

Ce taux d'accroissement maximum est calculé numériquement à l'aide de l'équation d'Euler :

$$\sum (m_x * l_x * I^{-x}) = 1$$

x = classe d'âge

m_x = fécondité effective à l'âge x .

l_x = probabilité de survie rapportée à la première classe d'âge

λ = taux d'accroissement

Finalement, l'obtention des capacités de soutien relatives $K_{relatif}$ des différents secteurs par cette méthode nous donne une indication de la qualité moyenne de chaque secteur.



2.3 Quantification des facteurs écogéographiques.

L'analyse des variables écogéographiques a été effectuée à partir des données de l'office fédéral de la statistique (*Geostat*, données raster par hectare) et de l'office fédéral de la topographie (*Vector 200*, données vectorielles des cartes 1 : 200'000). Ces données sont utilisées dans le cadre du mandat de l'Office Fédéral de l'Environnement des Forêts et du Paysage (OFEFP) pour le projet « Métapopulations d'ongulés en Suisse » par N.Perrin et A.Hirzel. Des données de marquages de faons dans la région étudiée en 1997 et 1988 ont été obtenues auprès du service cantonal de la chasse et de la pêche à Sion, ces données permettant d'élaborer une carte de présence des faons.

La méthode utilisée dans ce travail reprend tout en l'affinant, l'analyse menée par J.Hausser dans *Les mammifères de Suisse* (Hausser, 1995). Plus particulièrement, les variables écogéographiques comprennent des paramètres contextuels du paysage tels que la fragmentation des forêts et la proximité d'infrastructures humaines. Par intégration sur toute la surface d'un secteur de chasse, on a pu en déterminer la qualité globale pour le chevreuil.

A partir des données de *Geostat* et de *Vector 200*, qui décrivent entre autres la topographie, l'occupation du sol, ainsi que des données de géographie humaine, nous avons construit de nouvelles cartes écogéographiques booléennes ne contenant chacune qu'une seule variable écogéographique. Chaque quadrat n'y contient donc qu'une valeur de présence (1) ou d'absence (0) de la variable considérée. A partir de ces nouvelles cartes, nous avons pu calculer des cartes de distance, c'est-à-dire des cartes où chaque quadrat contient la valeur de sa distance à l'occurrence de la variable la plus proche (quadrat =1). Nous avons également pu calculer des cartes de fréquence, c'est-à-dire des cartes où chaque quadrat contient la proportion de quadrats occupés (=1) dans une zone circulaire de 300 m de rayon (ce qui correspond à un rayon de 3 quadrats) ; nous avons choisi ce rayon parce qu'il correspond à une aire de près de 30 hectares, taille moyenne du territoire du chevreuil. D'autres cartes ont encore pu être construites : une carte des longueurs de lisières de forêt dans une zone circulaire de 300 m de rayon, une carte des surfaces broutables, et différentes cartes issues du fichier source de topographie. (Vous trouverez la liste de toutes ces cartes en annexe 2). Des données sont ainsi disponibles pour chaque unité de 1 hectare de surface, appelée quadrat. Pour que les cartes soient ensuite comparables entre elles, nous avons dû les recadrer afin qu'elles recouvrent toutes exactement la même zone.



Une observation est définie comme la preuve de la présence d'un individu dans un quadrat. A partir des données de marquage de faons, nous avons donc pu établir des cartes où chaque observation est reportée sous forme d'un point. Les coordonnées des lieux de marquage des faons, dont la précision est de un kilomètre, nous ont permis d'établir une carte de présence. Pour pouvoir comparer cette carte avec les cartes de variables écogéographiques, nous avons dû les mettre à la même échelle. Pour cela, nous nous sommes retrouvés avec des aires de 100 pixels contenant toutes une même donnée d'observation. Sur ces aires nous avons choisi de sélectionner aléatoirement 5% des pixels, les pixels non sélectionnés ne se voyant attribuer aucune donnée de présence.

Nous avons ensuite créé un jeu de données de calibration, comprenant 50% des points de la carte d'observation des faons, tirés aléatoirement. Puis, nous avons utilisé ce jeu de données pour créer une carte des milieux favorables aux faons (cf. *Mammifères de Suisse* (Hausser, 1995) et *Biomapper* (Hirzel)). Le 50% des points restants nous a permis de créer un jeu de données permettant de valider la carte de domaine potentiel ainsi obtenue.

Pour cette méthode d'analyse de l'habitat, nous avons utilisé l'Analyse Factorielle de la Niche Ecologique (ENFA), développée par Perrin et Hausser (Perrin, 1984, Hausser, 1995). Comme toute analyse factorielle, cette méthode permet de regrouper n variables plus ou moins corrélées en deux à trois facteurs sans aucune corrélation expliquant la même variance. Cette analyse se base sur la comparaison de deux jeux de données: un jeu des données globale, et un jeu de données spécifiques (au niveau des observations). Une particularité de cette méthode est que les facteurs calculés ont une signification écologique: il s'agit de la marginalité et de la restriction de niche (voir plus bas).

Cette méthode ne nécessite que des données de présence. Aucune donnée d'absence n'est utilisée, ce qui évite par exemple une surestimation de la qualité de l'habitat en prenant des localisations aléatoires déterminées comme des absences (Akçakaya & Atwood 1996).

En effet, la récolte de données de présence et d'absence d'une espèce animale est souvent incomplète, et ces données ne recouvrent généralement pas exactement la zone de répartition de l'espèce. Par conséquent, rien ne permet alors de distinguer les endroits où l'espèce est réellement absente des endroits où elle se trouve sans doute mais qui n'ont simplement pas été prospectés. Par comparaison des caractéristiques écogéographiques des quadrats où l'on a effectué des observations avec celles de l'ensemble des quadrats, on peut obtenir une image plus synthétique de la répartition des espèces.

On peut admettre que les variables écogéographiques des quadrats où les observations ont été effectuées décrivent correctement les exigences écologiques de l'espèce. En effet, à chaque espèce correspondent des besoins écologiques. Les individus de cette espèce seront donc plus abondants là



où les caractéristiques écologiques satisfont le mieux les exigences de cette espèce. Une observation est donc plus probable en un endroit où l'espèce est bien représentée qu'en un endroit qui n'est occupé que marginalement.

Chaque observation peut donc être caractérisée par les variables écogéographiques du quadrat correspondant. Pour une variable donnée, les observations auront une distribution typique de l'espèce, ceci permettant par la suite de tirer des informations sur son habitat.

L'ENFA se base sur deux concepts:

- Marginalité :

Il s'agit de la distance qui sépare la moyenne de la variable pour l'ensemble des quadrats de la moyenne de la variable pour les observations.

La marginalité M mesure l'écart entre les conditions écologiques moyennes du domaine étudié m_c et les conditions écologiques moyennes exploitées par l'espèce m_b .

$$M = \frac{|m_c - m_b|}{2 S_c}$$

S_c = écart-type des conditions écologiques moyennes du domaine étudié.

En pratique la marginalité est comprise entre 0 et 1, (elle a 5% de chance d'être plus haute que 1) c'est une mesure relative, valable uniquement par rapport à la région étudiée !

- Tolérance :

Plus une espèce est restreinte à une zone particulière plus les valeurs de la variable environnementale considérée seront concentrées autour de leur valeur moyenne. La tolérance est mesurée par le rapport de l'écart-type des observations à celui de tous les quadrats de la carte.

$$T = \frac{S_b}{S_c}$$

S_b = écart-type des conditions écologiques moyennes exploitées par l'espèce.
 S_c = écart-type des conditions écologiques moyennes du domaine étudié.



La tolérance varie en pratique de 0 à 1.

L'inverse de la tolérance est appelé restriction. C'est une mesure du rapport de l'amplitude des variations des conditions écologiques du domaine étudié à l'amplitude des variations de celles exploitées par l'espèce. Plus la valeur de restriction est proche de 1, plus l'espèce est sensible à la variable environnementale considérée.

- Analyse factorielle :

Le type d'information décrit ci-dessus est difficile à manier lorsque l'on a affaire à de nombreuses variables.

Les variables sont toutes corrélées les unes aux autres, c'est pourquoi, à l'aide d'une analyse factorielle, on va calculer un nombre réduit de nouvelles variables qui conservent le maximum d'information utile. Les facteurs sont des pondérations des variables, le coefficient de chaque variable indique son importance pour l'espèce. Ainsi, plus la valeur d'un facteur est grande, plus ce facteur sera important pour l'espèce.

Les facteurs seront calculés de façon à conserver le maximum possible de l'information concernant la marginalité et la tolérance.

Les n variables écogéographiques retenues, définissent un espace à n dimensions. On y situe l'ensemble des quadrats et les quadrats avec observations et on recherche les nouveaux facteurs dont on a besoin. Pour cela, on calcule le point moyen c de tous les quadrats et le point moyen b des quadrats avec observations, dont les coordonnées sont les moyennes des observations pour toutes les variables considérées. Puis on fait passer par ces deux moyennes b et c l'axe d'un nouveau facteur, appelée facteur de marginalité (MF) qui doit prendre en charge toute l'information concernant la marginalité de l'espèce étudiée. (la distance entre les deux moyennes correspond à la marginalité globale). Les valeurs de chaque site et de chaque observation pour le facteur de marginalité seront ensuite déterminées par projection des points correspondants sur cet axe (figure 3).

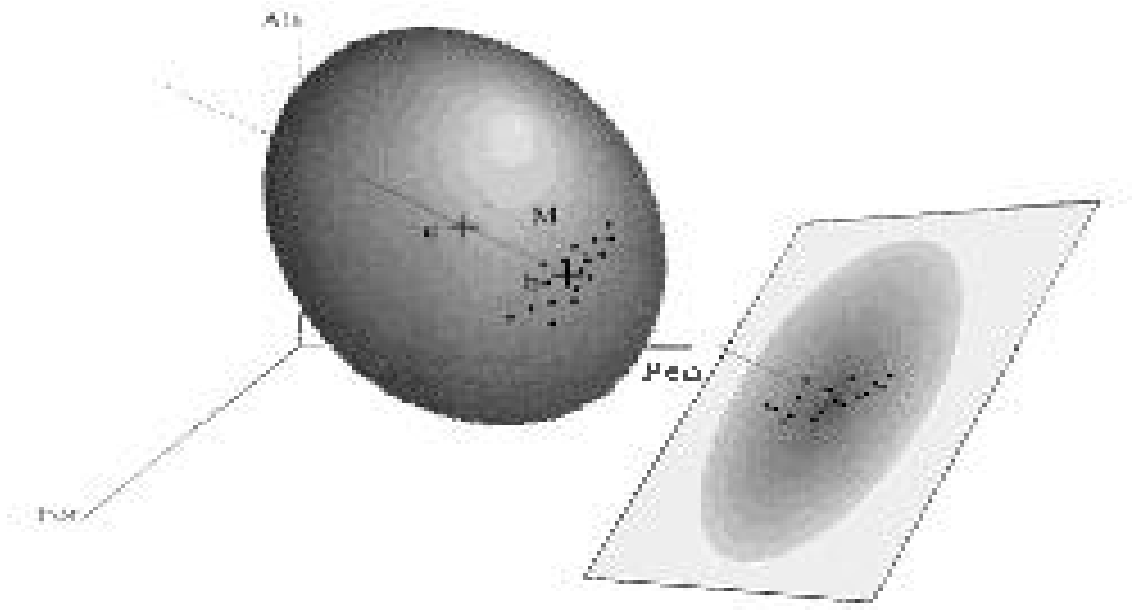


Figure 3 : Analyse canonique de l'habitat pour 3 variables. Extraction du facteur de marginalité MF.

c: point moyen des secteurs; b: point moyen des observations. MF passe par ces deux points. La suite de l'analyse ne considérera plus que les dimensions indépendantes du facteur MF, soit le plan perpendiculaire à ce facteur. (tiré de : Hausser, 1995)

D'autres facteurs indépendants de MF peuvent contribuer à limiter significativement la répartition de l'espèce. Pour les trouver il faut d'abord éliminer toute la variation expliquée par le facteur de marginalité, de façon à ce que les facteurs ne répètent pas la même information : cela revient à supprimer la dimension liée au facteur de marginalité, on ne considère alors plus que la projection des quadrats et des observations sur le plan perpendiculaire à MF.

Sur cet espace à $n-1$ dimensions on recherche l'axe d'un facteur limitant LF, sur lequel la restriction résiduelle soit maximale (figure 4). Il faut que la dispersion des observations soit la plus restreinte possible par rapport à la dispersion de l'ensemble des sites.



Dans l'espace à $n-1$ dimension, on pourra trouver finalement $n-1$ facteurs limitants indépendants les uns des autres, ceux-ci étant trouvés les uns après les autres, on supprime l'effet d'un facteur de restriction avant de calculer les suivants. Seuls ceux qui expliquent une plus grande part de variance seront retenus, ceux pour lesquels la restriction est plus forte que celle qu'on obtiendrait avec des observations distribuées au hasard.

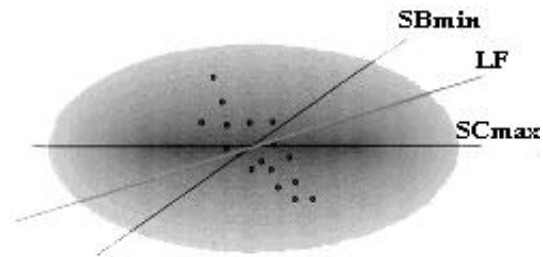


Figure 4 : Analyse canonique de l'habitat. Calcul d'un facteur limitant LF. LF doit maximaliser le rapport de la dispersion des quadrats à la dispersion des observations de chevreuil. Son orientation est intermédiaire entre celle de l'axe de dispersion maximale des quadrats (SCmax) et celle de l'axe de dispersion minimale des observations (SBmin). (tiré de : Hausser, 1995)

Analyse de l'habitat.

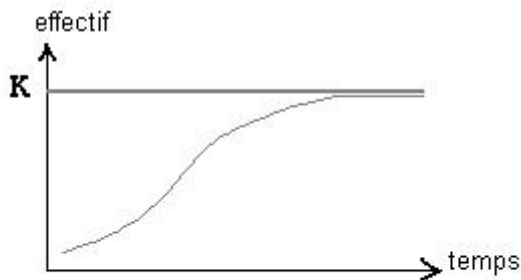
On poursuit l'analyse en ne gardant que le facteur de marginalité et un à trois facteurs limitants, toute l'information nécessaire à la construction des cartes sera contenue dans ces uniques facteurs.

Ceux-ci vont d'abord être utilisés pour évaluer la qualité de l'habitat de chaque quadrat par rapport aux exigences de l'espèce. Pour chacun des facteurs MF et LF indépendamment, les quadrats présenteront un habitat d'autant plus favorable à l'espèce qu'ils se trouveront proches de la valeur moyenne des observations. A l'inverse, ils seront tout à fait défavorables à l'espèce s'ils se trouvent en dehors de la zone de distribution des observations. Pour les 2 facteurs ensemble, le quadrat présentera des conditions d'autant plus favorables à l'espèce qu'il sera positionné proche du centre de l'ellipse des observations. Autrement dit, on évalue le niveau de ressemblance écogéographique de chaque quadrat avec l'habitat type de l'espèce. Mathématiquement, ce niveau de ressemblance correspond à la probabilité P qu'un site donné appartienne au domaine de distribution des observations.



2.4 Corrélation entre ces deux estimations de la qualité de l'habitat.

Pour chaque population on a en effet déterminé la capacité de soutien relative K , ainsi qu'une valeur de qualité de l'habitat Q , correspondant à l'intégration des valeurs de qualité P de tous les pixels composant la surface du secteur considéré (figures 5 et 6). La valeur de qualité P varie entre 0 (mauvaise qualité) et 100 (qualité maximale).



Exemple d'évolution d'une population qui finit par atteindre sa capacité de soutien K .

Figure 5 : Représentation de la capacité de soutien K .

Celle-ci est calculée grâce à des données d'effectifs, il s'agit de la valeur maximale de l'effectif pouvant se maintenir à long terme.

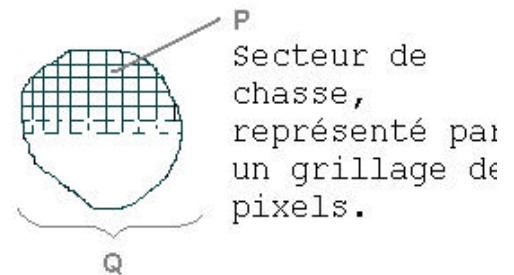


Figure 6 : Représentation de la valeur de qualité de l'habitat.

A chaque pixel correspond une valeur de qualité P . La somme des P d'un habitat donne la valeur Q de cet habitat.

Une fonction permet de corréler les résultats des estimations de la qualité de l'habitat selon la capacité de soutien relative, pour pouvoir par la suite faire des prédictions sur la base des données écogéographiques.

Pour calculer cette fonction, nous avons tirés les secteurs aléatoirement, de façon à ce que chacun d'entre eux ait 50% de chance d'être sélectionné pour créer un jeu de données de calibration, les secteurs restants servant à la validation du modèle.

Les données de calibration ont servi à ajuster un polynôme du second degré, permettant ainsi d'estimer la capacité de soutien relative en fonction de la qualité de l'habitat.



3. Résultats.

3.1 Création des secteurs.

Pour regrouper les communes d'un même secteur il a fallu éviter de mettre ensemble des communes de plaine avec des communes de montagne, des communes exposées au nord avec des communes exposées au sud, par exemple. De plus certaines communes se recoupent, il était nécessaire de les réunir. C'est le cas par exemple pour les communes de Mühlebach et Ernen, Ernen scindant en deux la commune de Mühlebach.

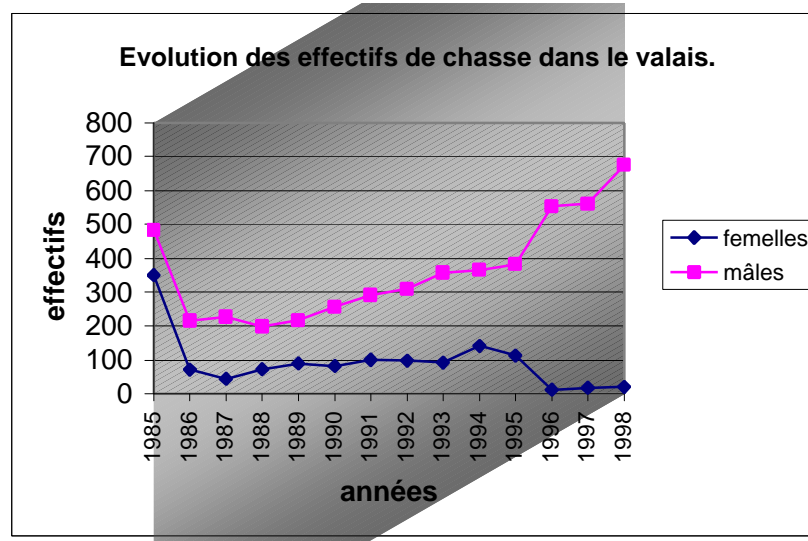
Nous avons finalement pu créer 59 secteurs, numérotés de 1 à 63.¹ (voir annexe 1. L'affichage de ces résultats prenant beaucoup de place, nous les avons placés en annexe, tout comme la plupart des résultats qui suivront et dont nous n'exposerons ici qu'un résumé).

3.2 Modèle de dynamique des populations.

3.2.1 Evolution des tirs entre 1985 et 1998.

Les données de la chasse s'étendent de 1985 à 1998. Seules les données concernant les mâles ont été retenues pour la suite de l'analyse. Les femelles étant très peu tirées jusqu'en 1995, puis seulement accidentellement, elles ne peuvent représenter correctement l'évolution des populations de chevreuils. Le graphe 1 montre qu'il y a une nette différence de tirs entre les mâles et les femelles.

¹ Des remaniements de secteurs ont fait que les numéros de secteur 16, 17, 18 et 19 sont finalement inexistant



Graph 1 : Evolution des tirs de chevreuils dans le Valais. On observe une forte diminution des tirs entre 1985 et 1986. Pour les mâles, les effectifs commencent à remonter entre 1988 et 1989, pour croître ensuite continuellement. Pour les femelles, les effectifs restent plus bas que ceux des mâles et seul un léger accroissement s'observe jusqu'en 1995. Dès 1996, les effectifs de femelles s'éloignent à peine de zéro. Seules les données concernant les mâles à partir de 1990 ont été utilisées par la suite.

On remarque encore qu'il y a une forte diminution des tirs entre 1985 et 1986. Cette diminution est due à des causes extérieures à la population de chevreuils du Valais, dues entre autres à la présence du lynx et à des effectifs surchassés jusque là. Les effectifs de mâles ne ré-augmentent qu'à partir de 1989 et suivent ensuite une croissance continue. Par conséquent, l'analyse n'a été faite que sur les données à partir de 1990, lorsque les effectifs de mâles ont déjà recommencé à augmenter.

3.2.2 Modèle de dynamique des populations.

Le taux d'accroissement maximum a été calculé en posant que le sex ratio est de 1:1, que les femelles se reproduisent dès l'âge d'un an, que leur portée est de un petit la première année et de deux petits ensuite. Le taux d'accroissement maximum r_{max} a été calculé en résolvant numériquement la formule d'Euler, pour une population d'individus vivant jusqu'à l'âge de 16 ans, sans mortalité auparavant.

La valeur de r_{max} ainsi obtenue est de 0.45.



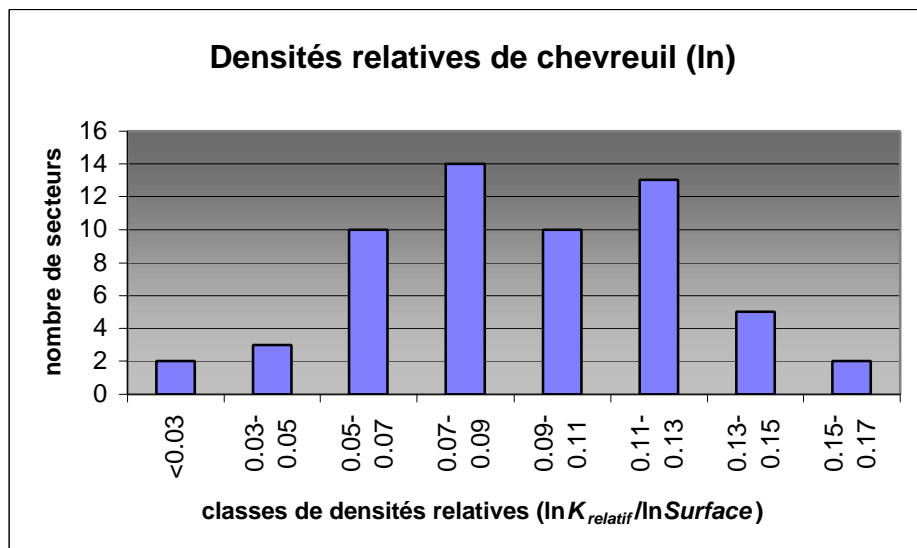
Les différents taux d'accroissement d'une année à l'autre ont été calculés pour chaque secteur, selon la formule $\ln (N_{(t+1)} / N_t)$. La moyenne de ces taux d'accroissement a ensuite été calculée, ainsi que la moyenne des effectifs.

Ceci nous a finalement permis de calculer une capacité de soutien relative $K_{relatif}$ pour chaque secteur, et de visualiser les valeurs de $K_{relatif}$ par hectare de chaque secteurs sur une carte. (les résultats de $K_{relatif}$ et la carte se trouvent en annexe 6).

$K_{relatif}$ varie entre 2 et 31 individus, la moyenne étant de 8.9.

Nous avons divisé les valeurs de $K_{relatif}$ par la surface du secteur correspondant, pour avoir une idée de la densité relative d'individus dans les secteurs. La densité relative moyenne des secteurs est de 0.0014, les valeurs se situant entre 0.0002 et 0.0065.

Un classement de ces densités par hectare en logarithme (graphe 2), montre que la majorité des secteurs a une valeur entre 0.05 et 0.13. La distribution des secteurs est visuellement presque symétrique.



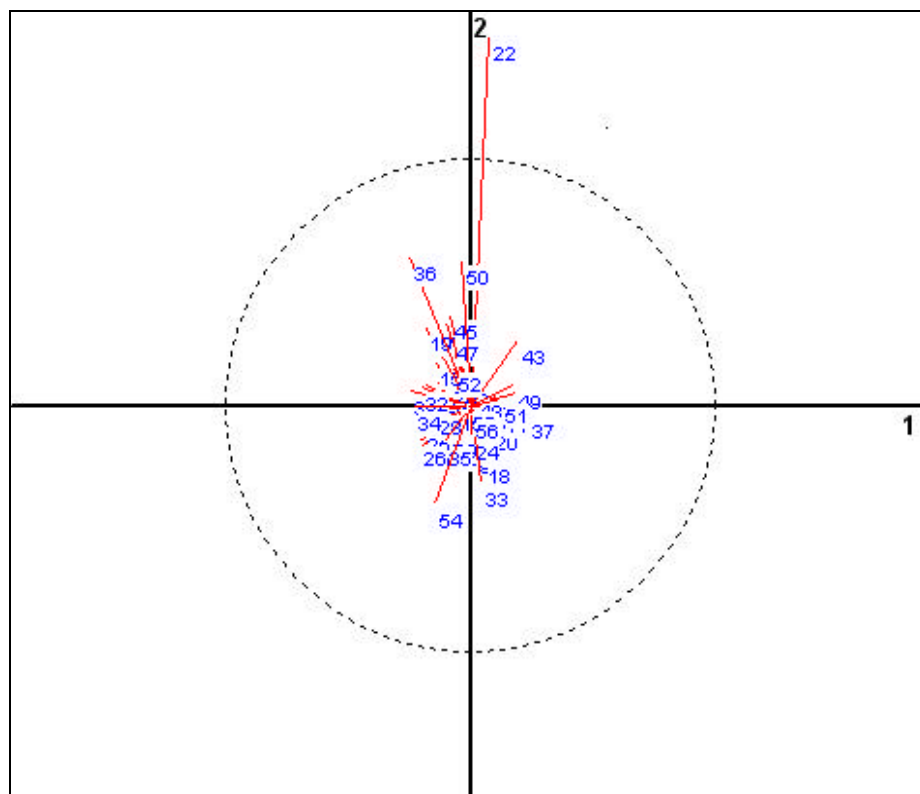
Grappe 2 : Représentation du nombre de secteurs par classes de densités relatives de chevreuils à l'hectare : les densités de ces secteurs sont assez faibles, la majorité se situant dans une classe de densité comprise entre 0.07 et 0.013.



3.3 Quantification des facteurs écogéographiques

Nous avons construit différentes cartes écogéographiques (voir annexe 2), et de celles-ci, 56 variables écogéographiques ont été conservées pour la suite des analyses. Vous trouverez la liste de ces variables dans l'annexe 3.

Nous avons ensuite effectué une ENFA sur ces cartes. Les 56 variables écogéographiques ont donc été analysées, en utilisant une carte de présence des faons contenant 50% des points d'observation. Les 56 facteurs ont été calculés, ainsi que la part de variance qu'ils expliquent (voir annexe 4). Le graphe 3 situe les variables écogéographiques dans l'espace défini par les facteurs 1 (marginalité) et 2 (tolérance). Le facteur de tolérance est en fait un facteur de « restriction de niche ».

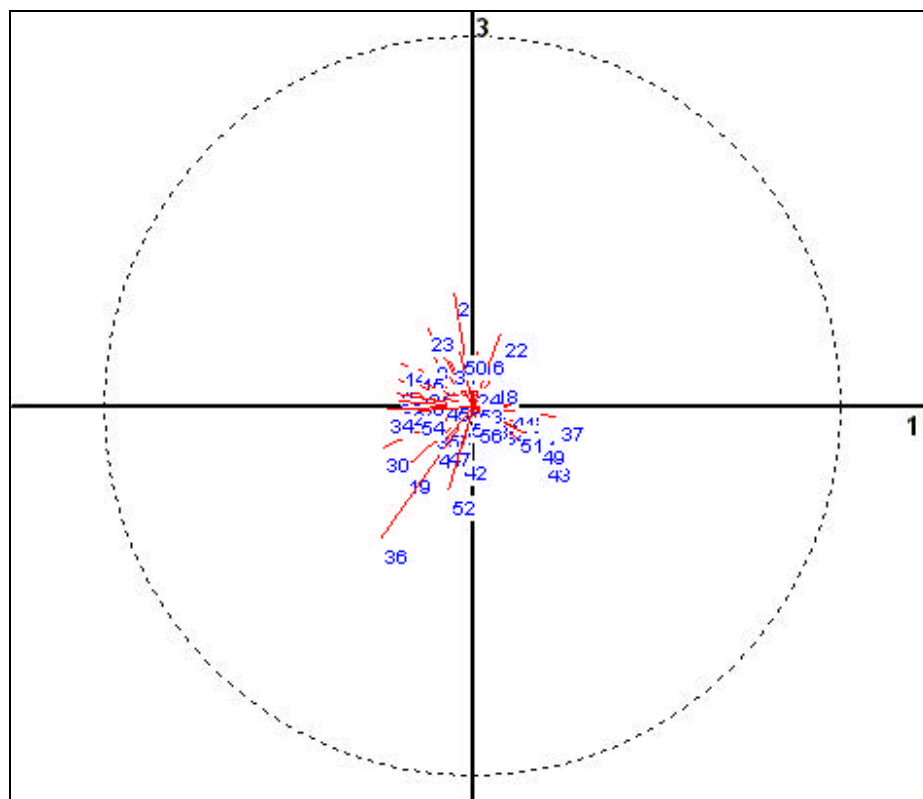


Graphe 3 : Position des variables selon les facteurs 1 (marginalité) et 2 (tolérance). Les variables qui expliquent le plus de variance sont les variables "distance à la neige" (22), "distance aux domaines viticoles" (36), "fréquence de prés facilement exploitables" (50), "fréquence d'herbes" (45), "distance aux biotopes humides" (18), "distance à la végétation des rives" (33), "altitudes" (54), "fréquence des autres forêts" (37), "fréquence de forêts denses" (43), "fréquence de prés" (49). (Les noms correspondant aux numéros de ces variables sont annexés, ainsi que les scores de ces variables pour les 3 premiers facteurs, voir annexe 3).



Les variables qui expliquent le plus le facteur 1 (facteur de marginalité), sont: "fréquence d'autres forêts" (37), "fréquence de forêts denses" (43), "fréquence de prés" (49), situées sur l'axe positif du facteur de marginalité, "distance aux domaines viticoles" (36), située sur l'axe négatif du facteur de marginalité. Les variables qui expliquent le plus le facteur 2 (facteur de tolérance), sont: "distance à la neige" (22), la distance à la végétation des rives (33), la distance aux biotopes humides (18), situées sur l'axe positif du facteur de marginalité, l'altitude (54), "distance aux domaines viticoles" (36), "fréquence de prés facilement exploitables" (50), "fréquence des herbes" (45), situées sur l'axe négatif du facteur de marginalité.

Le graphe 4 montre la répartition des variables dans l'espace défini par les facteurs 1 et 3.



Graphe 4 : Position des variables selon les facteurs 1 (marginalité) et 3 (tolérance). Les variables environnementales qui expliquent le plus de variance sont les variables "fréquence d'autres forêts" (37), "fréquence de forêts denses" (43), "fréquence de prés" (49), "distance aux aéroports" (2), "distance aux parcs publics" (23), "distance à la neige" (22), "distance aux domaines viticoles (36), "surface broutable" (52). (Les noms correspondant aux numéros de ces variables sont annexés, ainsi que les scores de ces variables pour les 3 premiers facteurs, voir annexe 3).



Les variables expliquant le plus le facteur 3 (tolérance) sont : "distance à la neige" (22), situées sur l'axe positif du facteur de marginalité, "distance aux aéroports" (2), "distance aux parcs publics" (23), "distance aux domaines viticoles" (36), "surface broutable" (52), sur l'axe négatif du facteur de marginalité.

Il faut noter toutefois que la variable « lisières de forêts » (1) explique plus le facteur 1 que la variable « fréquence des prés » (49). Elle se situe sur l'axe positif du facteur 1. Elle n'est malheureusement pas visible sur les graphes présentés ici, le redimensionnement des graphes pour la mise en page ne faisant pas apparaître tous les numéros des variables. L'importance de cette variable pour le facteur 1 est visible dans le résultat des scores, en annexe 3.

Ces résultats nous permettent de voir que la marginalité de l'espèce est favorisée surtout par les variables « fréquence d'autres forêts », « fréquence des prés », « fréquence de forêts denses », et « lisières de forêts », « distance aux domaines viticoles ». Quant aux valeurs de tolérance (« restriction de niche »), elles indiquent que le chevreuil est surtout sensible aux variables « distance à la neige », « distance aux domaines viticoles », « fréquence des prés facilement exploitables », « fréquence des herbes », « distance aux aéroports », « distance aux parcs publics », « altitude », « distance à la végétation des rives », « distance aux biotopes humides » et « surfaces broutables ».

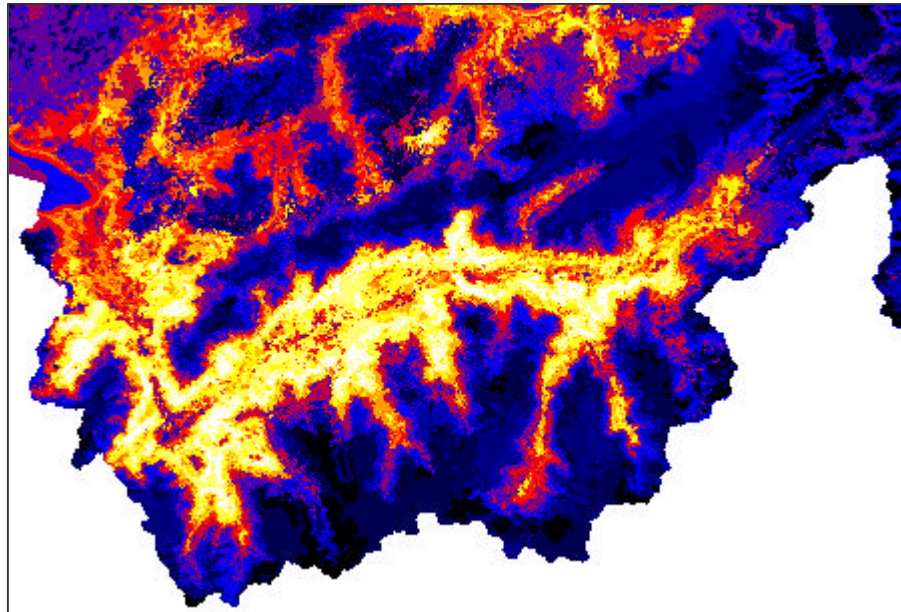
L'analyse révèle que la marginalité des faons est de 1.054, la tolérance est de 0.402. Les faons sont donc très marginaux pour le Valais et assez spécialisés.

Pour calculer la carte de domaine potentiel, nous avons retenu les six premiers facteurs et décidé de créer une carte avec 10 classes de qualité du milieu pour les faons. Ces six facteurs expliquent 66% de la variance.

Une valeur de qualité Q entre 0 et 100 a été attribuée à chaque quadrat. Pour chaque secteur, nous avons calculé la moyenne des valeurs des quadrats, ceci attribuant une valeur de qualité d'habitat Q (voir annexe 6), variant entre 34 et 88, avec une moyenne de 58.



Les résultats de l'analyse nous ont permis d'obtenir la carte ci-dessous :



Carte de domaine potentiel du chevreuil dans le Valais.

Plus la zone est claire, plus on a de chance de trouver des chevreuils. Plus la zone est foncée, moins on a de chance que le milieu soit favorable aux chevreuils.

Les résultats de l'analyse sur le jeu de données de validation indiquent que sur les statistiques des points de validation, 90% des points ont une qualité supérieure à 50 et 95% des points ont une valeur en dessus de 42.

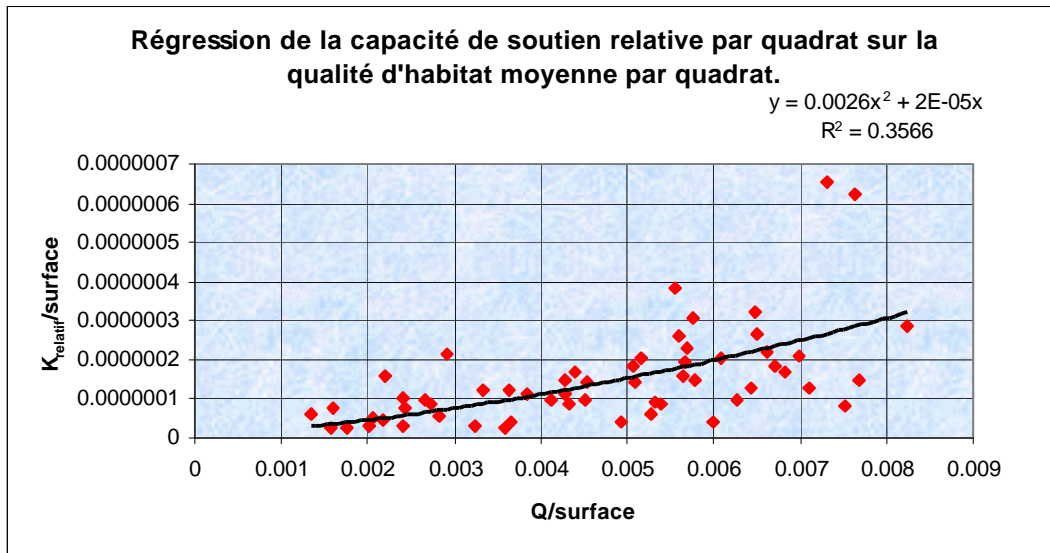
Les statistiques de tous les points indiquent que 30% des points ont une valeur supérieure à 50, 90% des points ont une valeur en dessus de 10 et 95% des points ont une valeur de 02.

Le coefficient Kappa est de 0.655. Kappa est une statistique utilisée en traitement de l'image pour mesurer l'adéquation entre une image prédite et une image observée. Le concept a ici été étendu à la validation de données quantitatives. Variant entre zéro et un, Kappa est d'autant plus grand que les prédictions s'accordent bien aux observations et qu'elles s'éloignent de valeurs qui seraient obtenues par hasard (Monserud & Leemans, 1992).



3.4 Corrélation entre ces deux estimations de la qualité de l'habitat.

Pour créer une relation entre Q et $K_{relatif}$, nous avons effectué une régression polynomiale de la capacité de soutien relative par quadrat sur la qualité d'habitat moyenne par quadrat. La relation obtenue pour l'ensemble des secteurs est visible sur le graphe 5.



Graph 5 : Régression de la capacité de soutien relative par quadrat sur la qualité d'habitat moyenne par quadrat. Le coefficient de détermination du polynôme de deuxième degré appliquée à cette régression indique que 35% de la variance est expliquée.

Un polynôme de deuxième degré y a été ajusté: le coefficient de détermination indique que ce modèle explique 35% de la variance. D'autres modèles, comme par exemple une régression de $K_{relatif}$ sur Q n'expliquaient pas autant de variance.

L'opération permettant d'appliquer le modèle à nos données et de le valider fut la suivante: nous avons sélectionné un nouveau jeu de données, par échantillonnage aléatoire de certains secteurs, chaque secteur ayant une probabilité de 50% d'être sélectionné. Sur ces secteurs, nous avons effectué une régression de la capacité de soutien relative par quadrat sur la qualité d'habitat moyenne par quadrat. Nous y avons ajusté un polynôme de deuxième degré, en imposant à la courbe de couper l'axe horizontal à zéro, et nous avons utilisé l'équation de ce polynôme comme modèle.



Les secteurs non sélectionnés ont servi à créer un deuxième jeu de données, servant à la validation du modèle. Nous avons donc introduit les valeurs de qualité moyenne de l'habitat par secteur dans l'équation obtenue grâce à la régression, et obtenu ainsi des valeurs calculées de la capacité de soutien relative par quadrat. Nous avons ensuite mesuré la différence entre les valeurs de la capacité de soutien relative par quadrat calculées par le modèle et les valeurs de la capacité de soutien relative par quadrat observées, à l'aide d'un coefficient de détermination ($R^2_{validation}$).

Afin d'obtenir la meilleure estimation possible de notre modèle, nous avons effectué toute cette opération 15 fois (ceci créant 15 répliqués). Les coefficients de détermination entre les valeurs prédites et les valeurs observées obtenus pour la validation sont compris entre 0.26 et 0.52, la moyenne de ces coefficients étant de 0.34. Les coefficients de détermination entre les valeurs prédites et les valeurs observées lorsque le modèle est appliqué à l'ensemble des secteurs sont compris entre 0.35 et 0.36, avec une moyenne de 0.36. Vous trouverez les valeurs détaillées pour chaque répliquat en annexe 5.



4. Discussion et conclusion

L'analyse des différentes variables environnementales par rapport aux facteurs de marginalité et de tolérance nous a permis de déterminer l'habitat du chevreuil dans le Valais.

Selon Latham & Staines (1997), la structure des forêts affecte la densité globale des chevreuils. Les milieux de forêts denses favorisent la marginalité du chevreuil. Comme l'explique Hainard (1962), grâce à sa morphologie, le chevreuil peut se glisser dans les fourrés, ce qui fait de lui un animal bien adapté aux forêts denses. Il faut noter que ce type de forêt représente un milieu bien couvert, et que le chevreuil recherche les habitats avec abondance de couverture (Aulak & Babinska-Werka 1990). Ceci est encore confirmé par Tufto & al. (1996) : le chevreuil préférerait les habitats présentant une couverture suffisante, ce qui lui permet de se protéger et de trouver suffisamment de nourriture.

Le chevreuil occupe également des milieux de forêts « autres », ainsi que des prés. La variété des milieux occupés par le chevreuil lui permettent de trouver une nourriture tout aussi variée. En effet, il se nourrit d'herbes, de feuilles, de bourgeons, de pousses d'arbres, de glands, de champignons (Hainard, 1962). Ces milieux forment donc une part importante de son habitat, et le fait que les lisières de forêts influent en grande partie sur la marginalité du chevreuil dans le Valais, pourrait être expliqué par le fait que les lisières représentent la frontière entre deux types de milieux: d'un côté la forêt, qui offre nourriture et protection, et de l'autre un milieu découvert, offrant un autre type de nourriture que celui de la forêt.

On note encore qu'il est sensible à la présence des biotopes humides et de la végétation des rives, types de milieux qui influent positivement sur la marginalité du chevreuil dans le Valais. Il semble en effet que le chevreuil profite des biotopes humides pour se réfugier à l'abri de la chaleur (Vidal, 1995).

Il est également sensible à la présence de surfaces broutables (et donc destinées au bétail), ainsi qu'aux prés facilement exploitables, aux surfaces couvertes d'herbes. Selon Vidal & Reudet (1995), le chevreuil évite les éléments portant la marque de l'homme, et ceci se vérifie encore par sa sensibilité aux parcs publics et aux aéroports. Tous ces milieux influent négativement sur sa marginalité.

Toutefois, la distance aux domaines viticoles semble influencer négativement sur la marginalité du chevreuil. Les vignes sont entretenues par l'homme, elles n'apportent aucune protection au chevreuil et le seul élément qu'il pourrait en tirer serait nutritif. Toutefois on a vu des chevreuils s'attaquer aux cultures et même manger du raisin (Hainard, 1962). Néanmoins, si ce type de milieu affecte la marginalité du chevreuil négativement, c'est que ce type de milieu est sur-représenté dans le Valais.



Il est sensible aux hautes altitudes aux milieux enneigés. La marginalité est favorisée par la distance à la neige, mais défavorisée par l'altitude. Ces résultats sont conformes aux observations de Hainard (1962) : les grosses neiges de montagne ne conviennent pas au chevreuil. Croûtées, elles le blessent et poudreuses, il s'y enfonce et s'épuise rapidement. Les résultats obtenus dans *Mammifères de la Suisse* indiquent également que le chevreuil ne se trouve pas en haute altitude, sa répartition en altitude étant limitée à celle des forêts.

Il est enfin important de noter que la marginalité du chevreuil est due principalement au fait qu'il occupe des milieux de forêts, de lisières et de prés, milieux sous-représentés au Valais. La contribution de ces variables à la marginalité du chevreuil avait déjà été mise en évidence dans *Mammifères de la Suisse*.

L'analyse de l'habitat du chevreuil que nous avons effectuée dans ce travail est plus fine que celle des *Mammifères de la Suisse* (Hausser, 1995).

D'une part, l'analyse de *Mammifères de la Suisse* était effectuée sur une grille kilométrique, tandis que nos résultats sont basés sur des quadrats de 1 hectare. De plus, les cartes de fréquence que nous avons construites, ainsi que la carte de lisières de forêts calculent des fréquences sur un rayon de 300 mètres. Chez Hausser les cartes de lisière de forêts étaient calculées sur un carré de 1 kilomètre.

D'autre part, la plupart des variables utilisées dans *Mammifères de la Suisse* ont été subdivisées dans ce travail. C'est le cas par exemple pour la variable « forêts » que nous avons subdivisée en six types de forêts. Grâce à cela, nous avons pu mettre en évidence que le type de forêt qui influe le plus sur la répartition du chevreuil est le type « forêts denses ». Les variables de distance que nous avons introduites ici, étaient quant à elle complètement absentes de *Mammifères de la Suisse*.

Nous avons pu établir une relation entre la capacité de soutien relative d'un secteur de chasse et sa qualité d'habitat. Un modèle a permis de prédire la capacité de soutien d'un secteur en fonction de la qualité de l'habitat des faons.

Ce modèle, un polynôme de deuxième degré permettant de déterminer la capacité de soutien relative par unité de surface à partir de la qualité d'habitat par unité de surface, permettait d'expliquer en moyenne 34% de la variance observée entre les valeurs observées et les valeurs calculées par le modèle. Toutefois le nombre de répliquats utilisés pour valider cette formule n'était que de 15. Avec plus de répliquats, nous aurions pu avoir plus d'information concernant ce modèle, malheureusement la création d'un répliquat n'était pas automatisée et demandait un certain temps.



La précision du modèle dépend de celle de l'estimation de la capacité de soutien et de la qualité de l'habitat.

Le regroupement des communes en secteurs de chasse conduit à une certaine perte de précision dans les résultats. En effet, il a fallu rassembler des communes plus ou moins semblables, ceci restant une appréciation en partie subjective. Il fallait que les secteurs créés soient les plus petits possibles pour qu'ils restent le plus homogènes possible et que l'on garde le maximum d'information.

En regroupant les communes, nous avons veillé à avoir des animaux tirés dans chaque secteur à chaque année de l'étude. Certains secteurs auront pu se voir attribuer soudainement un plus grand nombre de chevreuils par la simple adjonction d'une commune, toutefois cet effet a été compensé en partie par le fait que nous avons divisé le nombre de chevreuils par la taille du secteur.

Les variations entre les valeurs de capacité de soutien et de qualité du milieu pour un secteur donné peuvent s'expliquer d'une part par le fait que les données de la chasse sont un peu biaisées. En effet, nous avons posé comme hypothèse de départ que la chasse était constante dans tous les secteurs et qu'il n'y avait pas de préférence des chasseurs pour un endroit donné. Néanmoins, il est probable qu'il existe un biais dans la collecte de données, les chevreuils ne pouvant être tirés que dans des endroits accessibles à l'homme. Ceci concerne également les faons, ceux-ci ne pouvant être marqués que dans des endroits accessibles à l'homme. Il faut noter que les biais dans la collecte de données de la chasse et les biais dans la collecte de données de marquage de faons peuvent différer de l'un à l'autre.

N'oublions pas également que pour calculer les K_{relatif} de chaque secteur, nous avons posé comme hypothèse que le taux d'accroissement maximum était indépendant du milieu.

En ce qui concerne les valeurs de qualité d'habitat, elles décrivent simplement le degré de convenance du milieu pour l'espèce, en résumé, si le quadrat est favorable ou non à l'espèce. Si une barrière empêche celle-ci d'atteindre le quadrat, la valeur de qualité de l'habitat n'en tiendra pas compte : le quadrat pourra être très favorable, mais ne jamais contenir un individu de cette espèce, à cause d'une barrière située à quelque distance de là. La valeur de qualité de l'habitat ne tient pas compte non plus des effets de concurrence avec d'autres espèces, ou de perturbations momentanées qui pourraient déranger des espèces sensibles.

Il faut signaler que les SIG, bien que très précis, ont une certaine limite: on considérera que la propriété attribuée à un pixel de la carte est valable pour le quadrat entier. Par exemple, une variation



d'environnement comme un éboulis, pouvant empêcher la colonisation par une espèce, pourra ne pas être détectée par le programme.

Il faut noter que pour établir la carte de présence des faons, la précision des localisations n'était qu'au kilomètre près. Les pixels des cartes représentant des quadrats de 1 hectare, un certain biais s'introduit : une observation pouvant être placée dans un milieu avec une certaine qualité écogéographique que le pixel voisin ne possède pas. Le pixel voisin présente peut-être un milieu correspondant dans la réalité au milieu dans lequel le faon a été marqué. Mais à cause du manque de précision des localisations, l'individu observé se verra peut-être attribuer un milieu qu'il ne fréquente pas.

De plus, il ne faut pas oublier que pour élaborer cette carte, nous sommes partis du principe que ces données étaient suffisamment représentatives. La précision de la carte augmenterait certainement avec un plus grand nombre de données.

Les résultats de l'ENFA donnent une marginalité de 1.054 et une tolérance de 0.402. Or les résultats de l'ENFA sur les chevreuils, effectuée dans les *Mammifères de la Suisse* révèlent une marginalité de 0.36 et une tolérance de 1 (Hausser, 1995). La différence entre ces résultats est due en majeure partie au fait que les résultats issus de l'Atlas des mammifères de suisse concernent des valeurs de marginalité et de tolérance au niveau de la Suisse entière. Notre étude ne portait que sur le Valais et donc, nos résultats ne donnent des valeurs de marginalité et de tolérance qu'au niveau du Valais. Ainsi, on peut voir que le chevreuil est un animal qui possède une niche écologique très large et qui est peu marginal au niveau de la Suisse, mais que dans le Valais, où les variables géographiques diffèrent beaucoup de celles de la Suisse entière, notamment en ce qui concerne les altitudes et le recouvrement du sol, les chevreuils sont très marginaux et très spécialisés.

Une très légère différence entre ces résultats pourrait être due au fait que nous avons étudié l'habitat des faons et non des chevreuils adulte, comme dans *Mammifères de la Suisse* (Hausser, 1995). Il aurait toutefois été intéressant de récolter des données d'observation de chevreuils adultes et de comparer leur distribution avec celle des faons. Malheureusement ECOTEC n'a finalement pas pu nous fournir les informations promises, et nous nous sommes contentés de la distribution des faons pour effectuer notre travail.

Finalement, selon les résultats obtenus dans ce travail, on peut penser que la relation établie entre la qualité de l'habitat et la capacité de soutien d'un secteur permet de faire des prédictions à partir des variables environnementales observées en un lieu. Si l'on réussit par la suite à établir une



relation entre le nombre d'animaux tirés et le nombre d'animaux réels d'une population, on pourra estimer la capacité de soutien sur la base d'une observation écogéographique. Comme nous l'avons déjà mentionné, le comptage direct des chevreuils étant difficile, voire même impossible, le modèle établi dans ce travail permet pour l'instant, une estimation de la capacité de soutien relative d'un milieu. Cette capacité de soutien étant évaluée à partir de l'équation de la droite passant par r_{max} , il s'agit d'une valeur d'effectif minimale pouvant être attendue.

5. Remerciements

Nous remercions le service cantonal de la chasse et de la pêche à Sion, qui a mis à notre disposition les données de marquage des faons, ainsi que les données de la chasse.

Merci également à Alexandre Hirzel pour son assistance et sa grande disponibilité tout au long de ce travail.

6. Références

- Akçakaya, H. R., and Atwood, J. L. (1997). "A habitat-based metapopulation model of the California Gnatcatcher." *Conservation Biology*, 11(2), 422-434.
- Aulak, W., Babinska-Werka, J. (1990). "Preference of different habitats and age classes of forest by roe deer." *Acta theriol.* 35, 289-298.
- Boiseaubert, B., and Boutin, J. M. (1988). "Le Chevreuil", Hatier.
- ECOTEC. (1992). "Rapport de synthèse sur les battues réalisées de 1980 à 1991.", non publié .
- Hainard, R. (1962). "Le Chevreuil *Capreolus capreolus* Linné 1758." Mammifères sauvages d'Europe, E. D. Niestlé, ed., Neuchâtel, 57-68.
- Hausser, J. (1995). "Mammifères de la Suisse", Birkhäuser.
- Hediger, H. (1968). "Nos animaux sauvages", Le Bélier-Prisma.
- Hirzel, A. « Biomapper », Université de Lausanne, Laboratoire de Biologie de la Conservation, non publié.



- Latham, J., Staines, B.W., (1997). "Correlations of red (*Cervus elaphus*) and roe (*Capreolus capreolus*) deer densities in Scottish forests with environmental variables." *Journal of Zoology, London* 242, 681-704.
- Mabille, A. (1993). "Contribution à la gestion du chevreuil (*Capreolus capreolus*) dans le canton de vaud: recensement par transects linéaires et évaluation des effets de la fragmentation de l'habitat sur les populations." Diplôme, Université de Lausanne, IZEA, Lausanne.
- Mabille, A., and Neet, C. (1994). "Roe Deer Density Estimation by the Line Transect Method." *Proceedings of the 2nd European roe deer Meeting*, Brixen, South Tyrol/Italy.
- Monserud, R.A., and Leemans, R. (1992). "Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic." *Ecological Modelling* 62, 275-293.
- Motta, R. (1996). "Impact of wild ungulates on forest regeneration and tree composition of mountain forests in the Western Italian Alps." *Forest Ecology and Management* 88, 93-98.
- Perrin, N. (1984). "Contribution à l'écologie du genre *Cepaea* (Gastropoda): Approche descriptive et expérimentale de l'habitat et de la niche écologique." Thèse de doctorat, Lausanne.
- Tufto, J., Andersen, R., Linnell, J. (1996). "Habitat use and ecological correlates of home range size in a small cervid : the roe deer." *Journal of Animal Ecology* 65, 715-724.
- Van Hees, A. F. M., Kuiters, A. T., and Slim, P. A. (1996). "Growth and development of silver birch, pedunculate oak and beech as affected by deer browsing." *Forest Ecology and Management* 88, 55-63 .
- Vidal, F., Reudet, D. (1995). "Le « numérique » au service du chevreuil." *Pour la Science* 207, 24 .
- Wildman – module Valais (1999). "Etude du chevreuil, résumé de l'exercice 1997." Non publié.