Télédétection, 2006, vol. 6, n° 2, p. 73-85
© 2006 CONTEMPORARY PUBLISHING INTERNATIONAL
Publié sous l'enseigne *Éditions Scientifiques GB*

STRUCTURE DU PAYSAGE ET INTERRELATIONS ENTRE LES RANDONNEURS ET L'OURS GRIZZLI AU PARC NATIONAL DU CANADA KLUANE (YUKON, CANADA)

Mélanie DESROCHERS[1,2], Jean-Marie M. DUBOIS[2] et Léo PROVENCHER[2]

[1] Centre d'étude de la forêt (CEF),
C.P. 8888, succ. Centre-ville, Montréal, Québec, Canada, H3C 3P8.
Courriel : desrochers.melanie@uqam.ca

[2] Centre d'applications et de recherches en télédétection (CARTEL) et
Département de géomatique appliquée,
Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada J1K 2R1.
Courriel : jean-marie.dubois@USherbrooke.ca ; leo.provencher@USherbrooke.ca

Soumis le 27 octobre 2004 ; révisé le 27 avril 2005 ; accepté le 18 octobre 2006

Au Parc national du Canada Kluane (Yukon), le Grizzli (Ursus arctos) se retrouve à la tête de la chaîne alimentaire nordique et il est un bon indicateur de l'intégrité écologique de cet écosystème. C'est dans une optique de survie de l'espèce et de sécurité envers les humains qu'une étude sur son habitat est réalisée à l'aide de la télédétection et de la géomatique. Grâce à ces outils, on démontre qu'il existe une relation directe entre les caractéristiques biophysiques du milieu et la répartition des observations d'ours dans la vallée de la rivière Slims. Cette relation varie au cours de la période estivale, en fonction des habitudes alimentaires changeantes des ours. En termes d'abondance de nourriture pour les grizzlis, la forêt ouverte d'épinettes, les dépôts alluviaux et la prairie alpine sont les milieux les plus prisés. Près de 60 % des observations d'ours se font dans ces habitats. Les données recueillies sur le terrain sont la biomasse présente en termes d'abondance de nourriture pour l'ours, la catégorie de couvert végétal, la catégorie de formations meubles et les observations d'ours par les visiteurs sur 10 ans. En combinant ces données dans un système d'information géographique et en utilisant la télédétection, il est possible de réaliser une gestion intégrée plus efficace du territoire et surtout de l'espèce vulnérable qu'est le Grizzli.

Mots clés : télédétection, SIG, analyse multifactorielle, ours, grizzli, *Ursus arctos*, Parc national du Canada Kluane, Yukon, habitat, visiteurs, parc, conservation, paysage.

LANDSCAPE ANALYSIS OF HUMAN-GRIZZLY BEAR INTER-RELATION (KLUANE CANADA NATIONAL PARK, YUKON)

In Kluane Canada National Park (Yukon), the Grizzly bear (*Ursus arctos*) is at the top of the Nordic food chain and an excellent indicator of the ecological integrity of this ecosystem. A study on its habitat was realized, taking into account the survival of this specie as well as human safety in the Park. This study shows the direct relation between the biophysical characteristics of the environment and the distribution of bear sightings in the Slims river valley. This relation varies during the summer season, associated with the bear's changing diet. As for food abundance, the open spruce forest, the alluvial deposits and the alpine prairie are the most important habitats for grizzlies. Almost 60 % of the sightings occur in these four preferred habitats. Field data collected are bear food biomass, vegetation cover, geomorphological landforms and bear sightings by hikers over 10 years. The use of a Geographic Information System enables the possibility of realizing a useful and integrated management of the environment, and mostly the threatened Grizzly bear.

Key words : Remote sensing, GIS, multifactor analysis, grizzly, bear, *Ursus arctos*, Kluane, Yukon, habitat, visitors, park, conservation, landscape.

1. INTRODUCTION

Le Parc national du Canada Kluane (figure 1) est l'un des rares refuges encore existants pour le Grizzli (*Ursus arctos*). Se retrouvant à la tête de la chaîne alimentaire nordique, le Grizzli est un bon indicateur de l'intégrité écologique de l'écosystème dans lequel il vit. Le Grizzli est une espèce menacée aux États-Unis (excluant l'Alaska) depuis 1975 et il possède un statut d'espèce préoccupante au Canada (COSEPAC, 2002). En effet, le Grizzli occupe présentement moins de la moitié du territoire qu'il occupait jadis (Agee *et a*l., 1989).

Au pays des ours, il est impératif de tenir compte des effets qu'a l'humain sur le milieu, tout en assurant la sécurité de ce dernier. Par de meilleures connaissances du milieu, du comportement de l'espèce, des réactions de l'humain en situation conflictuelle et de l'historique des conflits, les gestionnaires peuvent aspirer à une compréhension globale de la situation. C'est donc dans une optique de survie de l'espèce et de sécurité envers les visiteurs des parcs nationaux canadiens qu'une étude portant sur leur interrelation s'avère pertinente.Les apports de la télédétection et de la géomatique devraient permettre de mieux saisir les variables qui entrent en jeu dans la répartition du Grizzli dans les endroits fréquentés par les humains.

Même si la majorité du temps le Grizzli a tendance à fuir lorsqu'il détecte la présence des humains (Herrero, 1985), plusieurs facteurs peuvent expliquer la réponse comportementale de l'ours à la présence humaine : l'historique et la nature des interactions en un site précis, l'accessibilité à la nourriture dite d'humains, la taille et les caractéristiques de la population ani-

male, ainsi que l'importance de la présence d'habitats naturels et de nourriture pour l'ours (Mattson, 1990). Considérant que le taux de mortalité des ours causé par la présence humaine est directement associé au nombre de rencontres entre humains et Grizzli (Mattson and Herrero, 1996), il s'avère important de bien saisir leur interrelation.

Pour ce faire, il s'avère pertinent de mettre en lien les caractéristiques biophysiques du milieu parcouru par le Grizzli, l'abondance de nourriture (principalement végétale) dans le secteur d'étude, ainsi que la fréquence des observations d'ours faites par les visiteurs à l'intérieur du Parc. Bien que ces observations puissent être imprécises et parfois erronées, leur nombre élevé permet de compenser pour leurs lacunes. En ce sens, les études antérieures ont souligné que, malgré certaines limites, les données d'observations constituent une source d'information utile et de grande valeur pour les espèces fauniques menacées (Agee *et al.*, 1989 ; Stoms *et al.*, 1993).

Cartographier un phénomène aussi dynamique que la possibilité d'interrelations entre humains et grizzlis exige une approche multidisciplinaire. La télédétection s'est montrée un outil précis et utile pour aider à décrire quantitativement, cartographier et évaluer l'habitat du Grizzli selon un approche écosystémique (Craighead *et al.*, 1985).

Ainsi, cette étude vise à intégrer, au moyen d'une approche multifactorielle, les composantes biophysiques du milieu naturel à celles de l'habitat préférentiel du Grizzli et aux observations d'ours faites par les visiteurs dans un système d'information géographique (SIG) afin d'en dégager des cartes de probabilité de présence d'ours.

2. SITE D'ÉTUDE

Le Parc national du Canada Kluane est situé au sud-ouest du territoire du Yukon (60° N, 138° O) (figure 1). Site du patrimoine mondial de l'UNESCO, le Parc a été créé en 1972. Il couvre une superficie d'environ 22 000 km² et s'avère représentatif de la région naturelle de la Chaîne côtière du Nord (partie des montagnes Rocheuses). Le Parc englobe le plus haut sommet du Canada, le mont Logan à 5 959 m d'altitude, les plus grands champs de glace en dehors des zones polaires au monde (plus de 4 000 glaciers) et la plus grande biodiversité au nord du 60e parallèle (224 espèces d'animaux vertébrés et 814 espèces de plantes vasculaires). On dénombre plus de 70 000 visiteurs-jours annuellement dans ce parc (Jackson, 1998).

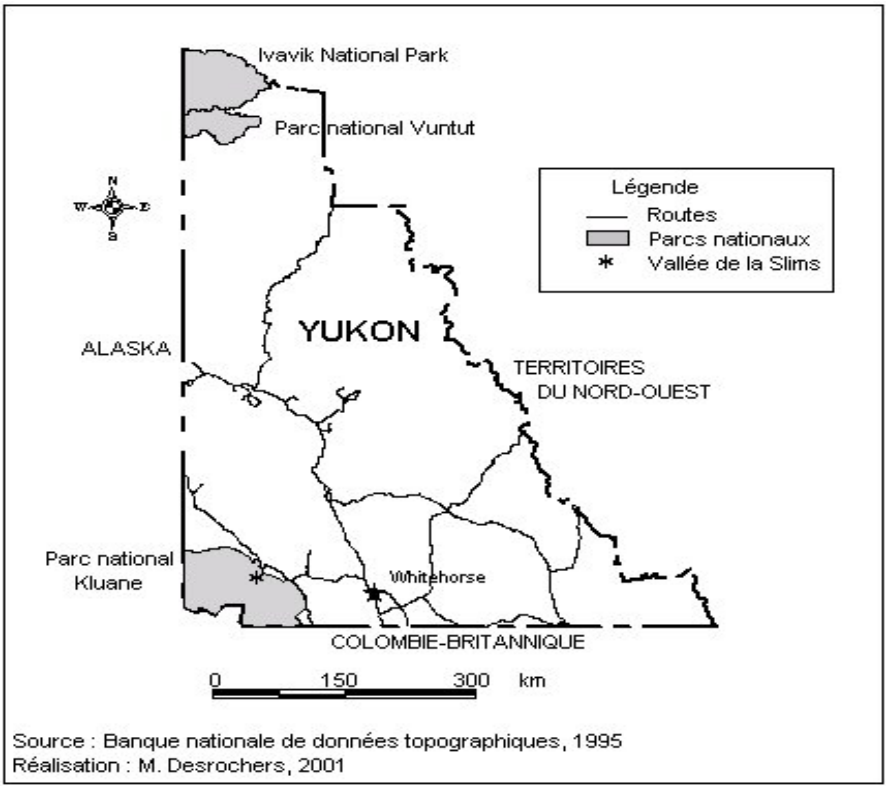


FIGURE 1 : Localisation du bassin de la rivière Slims (*) dans le Parc national du Canada Kluane (Yukon). *Location of Slims river valley (*) in Kluane Canada National Park (Yukon)*

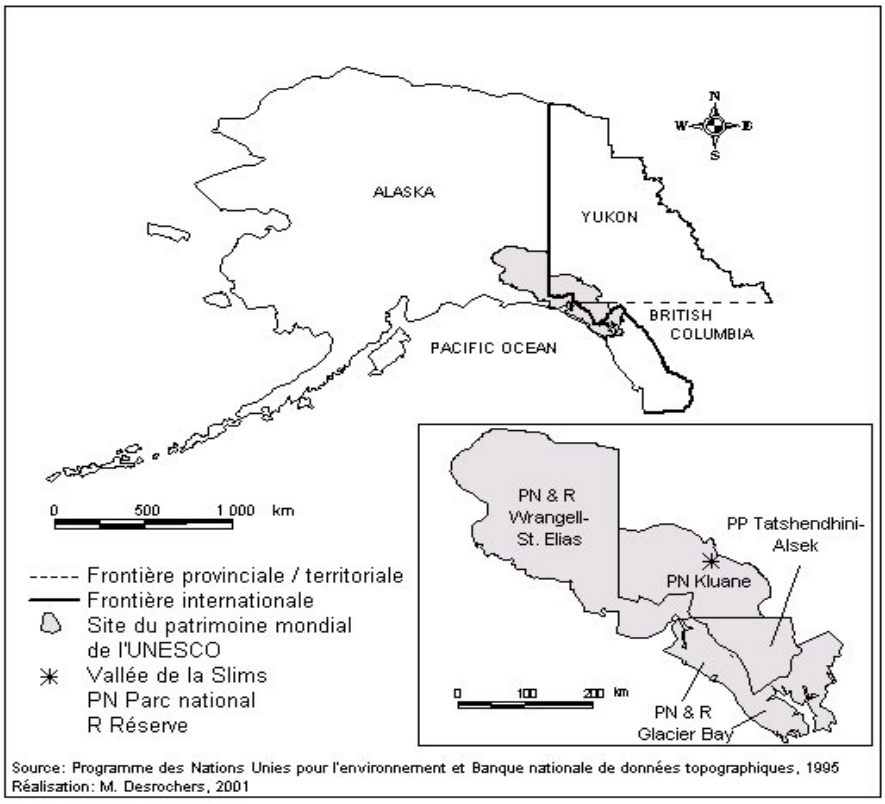


FIGURE 2 : Localisation du site du patrimoine mondial de l'UNESCO. *Location of the UNESCO World Heritage Site*

Avec ses voisins, les Parcs nationaux du Canada Wrangell, St. Elias et Glacier Bay (Alaska) ainsi que le Parc provincial Tatshenshini-Alsek (Colombie-Britannique), le Parc national du Canada Kluane fait partie de la plus grande aire protégée internationale (Canada et USA) au monde, qui couvre plus de 98 000 km^2 (figure 2). Plus précisément, le territoire couvert par cette étude (498 km^2) est localisé dans la vallée de la rivière Slims (60° 50' N, 138° 40' O), dans la partie nord et végétalisée du Parc (figure 1). La vallée de la rivière Slims est une vallée glaciaire typique (figure 3). Son chenal est de type anastomosé et les formations fluvioglaciaires sont souvent recouvertes de dépôts éoliens très fins. Le nombre d'observation de grizzlis est très important étant donné la géomorphologie de la vallée. Près de 35 % des observations d'ours du Parc ont été effectuées dans cette vallée entre 1988 et 1998 (Desrochers, 1998).



Modifiée de Krebs et al. (2000)

FIGURE 3 : Composé coloré du site d'étude (image TM de Landsat). *Colour composite of the study site (Landsat TM image)*

3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1. Identification des caractéristiques biophysiques du milieu

La diète alimentaire est le facteur le plus déterminant en relation avec les déplacements des ours dans l'espace (Servheen, 1983 ; Mace and Waller, 1996 ; Hamilton, 1987 ; Kansa and Riddell, 1993 ; Wellwood and MacHutchon, 1999 ; Mano, 1994 ; Nomura and Higashi, 2000). En ce sens, la quête de nourriture est l'activité principale de la saison estivale (Wellwood and MacHutchon, 1999). En effet, la disponibilité de la nourriture semble être le facteur le plus déterminant pour la survie de la population nordique de grizzlis (Reynolds, 1979, 1980 ; Quimby, 1974 ; Larsen and Markel, 1989).

L'ours est un omnivore opportuniste (Hamer, 1985). Par contre, à Kluane, le Grizzli se comporte plutôt comme un herbivore, puisque plus de 80 % de sa diète se compose de végétaux (Pearson, 1975). Huit espèces végétales dominantes dans la diète du Grizzli ont été identifiées comme étant indicatrices d'un excellent habitat pour les ours du Parc, dont *Arctostaphylos uva-ursi, A. rubra, Shepherdia canadensis* et *Oxytropis campestris*. Toutefois, l'identification des espèces présentes ne s'est pas limitée à celles-ci. Une vingtaine d'espèces importantes ont été retenues afin de couvrir l'ensemble de la diète de l'ours.

Mentionnons que la diète de l'ours change au cours de la saison végétative, en fonction de la pousse de certaines plantes ou de la croissance des baies par exemple. En ce sens, il est possible de grouper certaines espèces préférées par l'ours en fonction des saisons (Hamer and Herrero, 1983 ; Herrero, 1985 ; Mattson *et al.*, 1991). Pour ce faire, et compte tenu de la relation entre la végétation et certaines caractéristiques du milieu, deux autres caractéristiques biophysiques ont été choisies comme étant significatives : la topographie (altitude, pentes et orientation de ces pentes) ainsi que la géomorphologie et les formations meubles.

3.2. Acquisition des données

Les travaux sur le terrain ont été effectués à l'été 2000. Les objectifs étaient d'échantillonner la végétation présente, la biomasse reliée à la nourriture disponible pour les ours et les associations végétales présentes afin de réaliser la classification dirigée d'une image satellitaire. En effet, il est démontré que, dans une problématique d'habitat de l'ours, il est plus pertinent de chercher à identifier les principales catégories de végétation que d'inventorier au niveau de l'espèce végétale (Manley *et al.*, 1992). Aussi, les observations sur la

géomorphologie et les formations meubles du secteur à l'étude ont été notées, dont la catégorie de dépôts et la structure du paysage.

L'échantillonnage de la végétation a été effectué à partir de 13 transects disposés à 5 km de distance à partir de la rivière et dont la longueur varie entre de 55 et 1 725 m. Ces transects couvrent les zones homogènes identifiées auparavant par photo-interprétation au 1 : 50 000 (1977), partant près de la rivière pour remonter les versants, jusqu'à un obstacle majeur ou jusqu'à la limite de la végétation. Pour plus de détails, consulter (Desrochers *et al*., 2002)

En ce qui a trait à la collecte des données relatives à la classification de l'image satellitaire, une autre fiche a été complétée à chaque site (de 250 m) et à certains endroits stratégiques ou représentatifs (i.e. à l'intérieur d'une zone de végétation homogène). À noter que les zones homogènes furent choisies, au préalable, à partir de la photo-interprétation et de la consultation de divers documents relatifs à la couverture végétale du Parc.

3.3. Classification de l'image satellitaire

Quatre images TM de Landsat-5 (orbite 60, image 18, bandes 1 à 5 et 7, résolution spatiale de 25 m), acquises les 6 et 8 septembre 1996, couvrent le Parc. Les images TM sont reconnues comme étant un outil qui permet de cartographier efficacement les habitats fauniques de grande superficie (Lyon, 1983). Ces images ont été préalablement orthorectifiées par une entreprise privée et le logiciel utilisé pour la classification est PCI 6.0 ®.

L'image satellitaire a d'abord été réduite pour se limiter au secteur d'étude. Par la suite, plusieurs combinaisons de bandes ont été testées afin de mieux cerner les caractéristiques du paysage. Avec une classification par maximum de vraisemblance des bandes 3, 4 et 7, un masque a été créé, comprenant uniquement les pixels associés au milieu végétal et laissant de côté le milieu minéral ainsi que les zones englacées (Giugni *et al.*, 1998). La classification par maximum de vraisemblance de la végétation a été effectuée sur ce masque avec les bandes 3 et 4, à partir de sites d'entraînement recensés lors de la campagne sur le terrain. Les effets de l'atmosphère et du relief ont été négligés, étant donné l'utilisation d'une seule image et l'objectif du travail. Les classes de végétation retenues (ci-après nommées milieu naturel) sont celles utilisées par les gestionnaires, dans leur propre projet de classification de la végétation pour tout le Parc.

3.4. Création d'un modèle numérique d'altitude

Le modèle numérique d'altitude (MNA) a été créé à partir d'une base numérique de données topographiques (BNDT) datant de 1995 et du logiciel ArcView 3.2 ®. La vallée de la rivière Slims est couverte par trois fichiers numériques (115B15, 115B16 et 115G02) qui comprennent toutes les données topographiques, hydrographiques, d'occupation du sol, d'infrastructures, etc. Le MNA a été obtenu grâce à l'interpolation des courbes de niveau de la BNDT au 1 : 50 000, suivi d'un krigeage sphérique avec douze voisins. Il a ensuite été converti en format matriciel, avec une résolution spatiale de 25 m de côté. Le plus grand avantage du MNA est de pouvoir extraire rapidement les variables topographiques d'altitude, de pente et d'orientation de pente pour tout le secteur d'étude. Ceci a été réalisé avec le programme *Spatial Analyst* d'ArcView 3.2 ®.

3.5. Identification de la diète de l'ours

L'identification des espèces végétales consommées et l'importance de celles-ci pour la diète de l'ours en fonction de la saison (ou biomasse saisonnière-BS) ont été déterminées, entre autres, à partir d'analyses fécales réalisées dans le *Kluane Grizzly Bear Research Project* (les méthodes de collectes et d'analyses sont décrites dans McCann, 1997), de discussions avec les biologistes du Parc (McLaughlin, 2000) et d'études antérieures (McLaughlin, 1981 ; Wellwood and MacHutchon, 1999). Les algorithmes de biomasse de nourriture disponible en fonction des différentes saisons ont été adaptés de McCormick (1999). Les valeurs sont associées à une échelle relative entre 1 = 0,2 (peu important) et 5 = 1,0 (très important) en ce qui a trait à l'importance de l'espèce végétale pour la diète de l'ours en fonction de la saison.

La biomasse saisonnière est calculée pour chacune des espèces trouvées en abondance dans la vallée. Les saisons utilisées sont les mêmes que celles prônées par le *Kluane Grizzly Bear Research Project*, soit le printemps (1er mai au 14 juin), le début de l'été (15 juin au 14 juillet), la fin de l'été (15 juillet au 31 août) et l'automne (1er septembre au 14 octobre). Après quoi, les ours se dirigent vers leur antre pour y passer l'hiver.

Le pourcentage de recouvrement de chaque espèce végétale est compilé et la moyenne est calculée pour chaque milieu naturel. L'abondance relative (AR) est un estimé de la quantité de nourriture disponible dans un milieu par rapport à tous les autres milieux. La moyenne d'abondance de chacune des espèces dans chacun des milieux naturels a été normalisée. Pour ce faire, toutes les moyennes ont été divisées par la valeur maximale d'abondance du milieu naturel pour chacune des espèces végétales, ce qui donne une valeur d'AR qui varie entre 0 et 1 pour chacune des espèces importantes pour la diète de l'ours.

La biomasse du milieu naturel (BMN) est un estimé de la quantité de nourriture disponible dans chacun des milieux ainsi que de l'importance de chacune des espèces végétales pour la diète des ours. Les BMN sont calculées pour le printemps, le début de l'été, la fin de l'été et l'automne, en faisant la somme des multiplications des valeurs de BS par leur AR respectives, pour chacun des milieux naturels, au moyen de l'équation suivante :

$$BMN_{jk} = \sum_{i=1}^{9} (BS_{ik} * AR_{ij})$$

où BS est la biomasse saisonnière ; AR est l'abondance relative ; *i* représente les espèces végétales importantes pour la diète des ours (n = 12) ; *j* représente les milieux naturels (n = 8) et *k* représente les saisons reliées à la diète des ours (n = 4).
Les valeurs de BMN sont classées par ordre d'importance, de 1 à 8, pour chacune des saisons. Le milieu non végétal est considéré comme sans nourriture et sa valeur est donc de zéro.

La couche matricielle représentant les classes de végétation, obtenues par classification de l'image satellitaire à partir de relevés sur le terrain, a été associée à la couche matricielle des formations meubles (modifiée de Gray, 1985 ; Muller, 1958, 1967 ; Rampton, 1981) à l'aide de la fonction *Tabulate areas* dans ArcView 3.2 ®. Ainsi, les caractéristiques géomorphologiques sont associées à chacune des classes de végétation. Le même procédé est utilisé pour faire ressortir les caractéristiques d'altitude, de pentes et d'orientation de ces pentes.

3.6. Identification des habitats préférentiels

La biomasse des milieux naturels (BMN) calculée, l'ordre d'importance de chacun de ces milieux est identifié pour chacune des saisons. Ceci permet de donner une valeur numérique relative aux différents milieux (entre 1 et 8), en termes d'habitats préférentiels. Une carte est réalisée pour chacune des saisons. Cette dernière se veut une reclassification de l'image du milieu naturel au moyen d'une méthode booléenne, à partir d'ArcView 3.2 ® (avec les valeurs obtenues de BMN).

À partir des milieux naturels, des caractéristiques topographiques et des habitats préférentiels de l'ours pour chacune des saisons, il s'avère intéressant de leur superposer les observations d'ours faites par les visiteurs. En effectuant un tableau croisé (*Tabulate areas* dans ArcView 3.2 ®), on obtient le nombre total d'observations d'ours par classe pour chacune des saisons. Un test du chi-carré est ensuite appliqué sur les valeurs afin de déterminer si les valeurs observées sont différentes des valeurs théoriques (ou dispersées aléatoirement); le tout est basé sur la superficie de chacune des classes (milieux naturels, caractéristiques topographiques et habitats préférentiels). Cette étape est aussi réalisée pour l'ensemble de la saison estivale, alors que les classes d'habitats préférentiels sont couplées au nombre total d'observations d'ours.

4. RÉSULTATS

4.1. Végétation

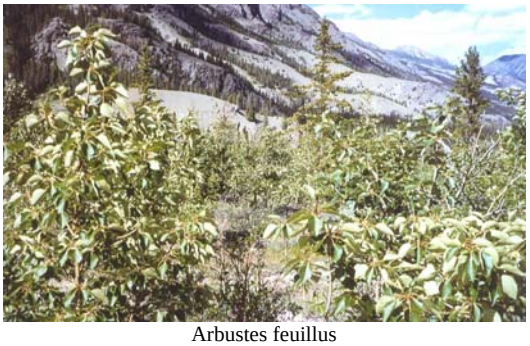
La classification de la végétation par maximum de vraisemblance, avec les bandes 3 et 4 de TM (sur le masque végétal) a obtenu un taux de réussite (ou coefficient de Kappa) de 86 %. Les classes de végétation et leur superficie sont décrites sur le tableau 1, les photographies de ces milieux sont présentées à la figure 4, alors que l'image classifiée est présentée à la figure 5. Sur le tableau 1, on remarque que près de 57 % de l'image n'est pas recouverte de végétation. Les trois classes les plus présentes sur l'ensemble du territoire sont la végétation éparse sur dépôts alluviaux (13 %), la forêt ouverte d'épinettes (10 %) et les arbustes feuillus (9 %).

TABLEAU 1 :Répartition des classes de végétation de l'image TM de Landsat classifiée. *Vegetation class distribution, Landsat TM classified image*

Classe de végétation	Description	Superficie de l'image	
		m^2	%
NV	Non végétalisé	281,5	56,5
VÉ	Végétation éparse sur dépôts alluviaux	66,3	13,3
MA	Marais	8,5	1,7
PH	Prairie herbeuse	9,0	1,8
AF	Arbustes feuillus	45,8	9,2
FOÉ	Forêt ouverte d'épinettes	48,9	9,8
PA	Prairie alpine	24,5	4,9
TR	Toundra rocheuse	13,5	2,7
Total		498	100



Végétation éparse sur dépôts alluviaux



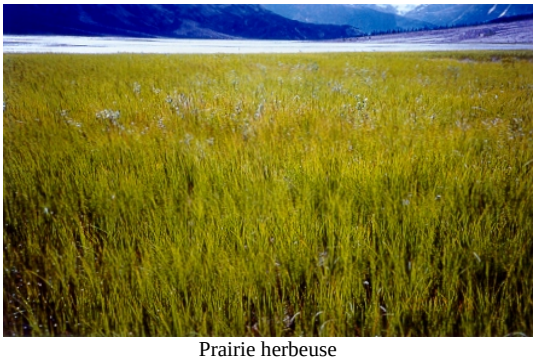
Arbustes feuillus



Marais



Forêt ouverte d'épinettes



Prairie herbeuse



Prairie alpine



Toundra rocheuse

FIGURE 4 : Classes de milieux végétaux utilisées pour la classification de l'image. *Vegetation classes used for the image classification*

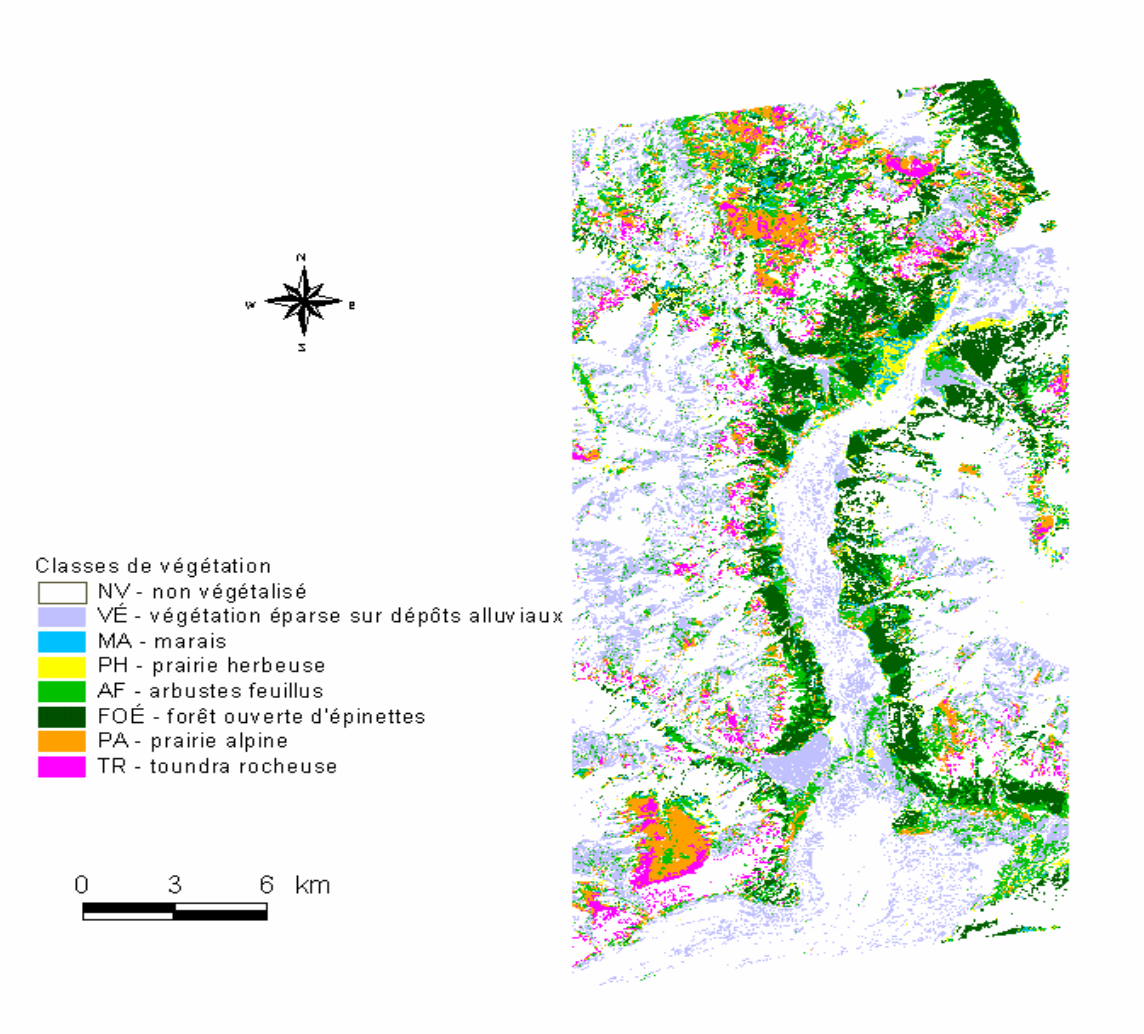


FIGURE 5 : Classification des milieux végétaux par maximum de vraisemblance à partir de l'image TM de Landsat. *Maximum likelihood classification of the vegetation using the Landsat TM image*

Lors de l'échantillonnage de la végétation en général et plus particulièrement des espèces végétales significatives pour la diète des ours, 69 espèces ont été recensées sur 26 transects, 141 sites d'échantillonnage et 731 quadrats (1 m^2). Des 20 espèces choisies comme importantes pour la diète des ours, 12 se sont avérées significativement présentes dans la vallée de la rivière Slims ($\alpha = 0{,}05$).

On remarque que plus de la moitié des espèces identifiées (57 %) se retrouvent dans deux milieux : la forêt ouverte d'épinettes et la prairie alpine (figure 6). Ces deux milieux sont donc les plus critiques en termes d'abondance de nourriture pour les ours. Cette constatation devient importante pour la gestion des milieux significatifs à la survie de l'ours, ainsi qu'à la gestion judicieuse des accès aux visiteurs. On note que les espèces dont les valeurs de biomasse saisonnière sont les plus fortes (en additionnant toutes les saisons) sont *Arctostaphylos uva-ursi* (baie), *Shepherdia canadensis* (baie), *Oxytropis campestris* (fleur) et la famille des Poacées (fleur).

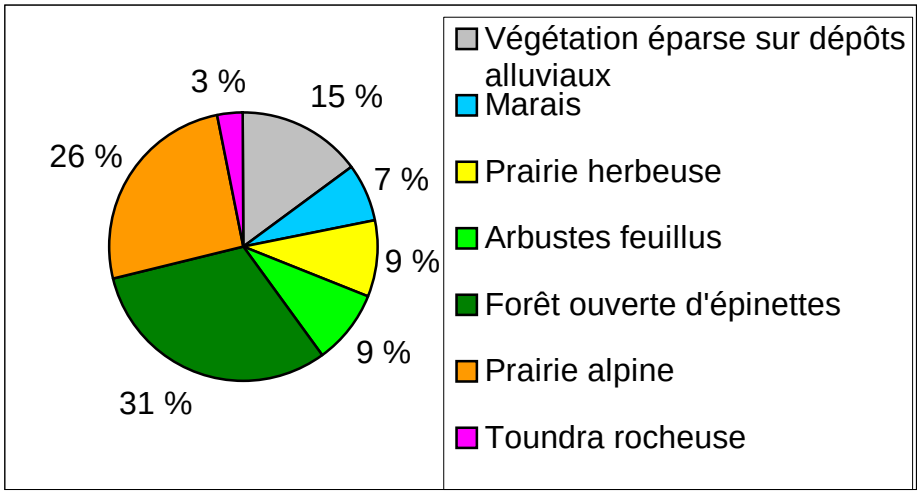


FIGURE 6 :Répartition des milieux végétaux significativement présents en fonction des classes de végétation de l'image TM de Landsat. *Distribution of plant species significantly present by vegetation classes from the Landsat TM image*

En termes d'abondance relative, ce sont les espèces de la famille des Poacées ($\sum$ AR = 3,7), les *Carex* spp. ($\sum$ AR = 3,2), *Shepherdia canadensis* ($\sum$ AR = 3,1) et *Arctostaphylos uva-ursi* ($\sum$ AR = 2,9) qui sont les plus présentes. Toujours en termes d'abondance, on remarque que les milieux où les espèces significatives sont les plus présentes sont, dans l'ordre, la forêt ouverte d'épinettes ($\sum$ AR = 5,0), la prairie alpine ($\sum$ AR = 4,9), les zones de végétation éparse sur dépôts alluviaux ($\sum$ AR = 4,6) et les zones d'arbustes feuillus ($\sum$ AR = 4,6).

4.2. Observations d'ours faites par les visiteurs

Sur dix ans de compilation d'observations d'ours faites par les visiteurs, 1 004 sont situées à l'intérieur de la zone d'étude. En moyenne, un groupe de randonneurs voit 1,6 ours par observation (ou fiche remplie), pour un total de 1 613 ours vus sur une période de 10 ans. Si l'on considère que la saison estivale compte 167 jours, on peut dire qu'environ un ours par jour est observé dans la vallée de la rivière Slims depuis 10 ans. Les observations sont les plus fréquentes vers la fin de l'été, moment même où il y a évidemment plus de visiteurs dans le Parc. En effet, il existe une relation entre le nombre de visiteurs dans la vallée de la rivière Slims et le nombre d'observations d'ours ($r^2 = 0,48$, $P < 0,038$, $\alpha = 0,05$) (figure 7)

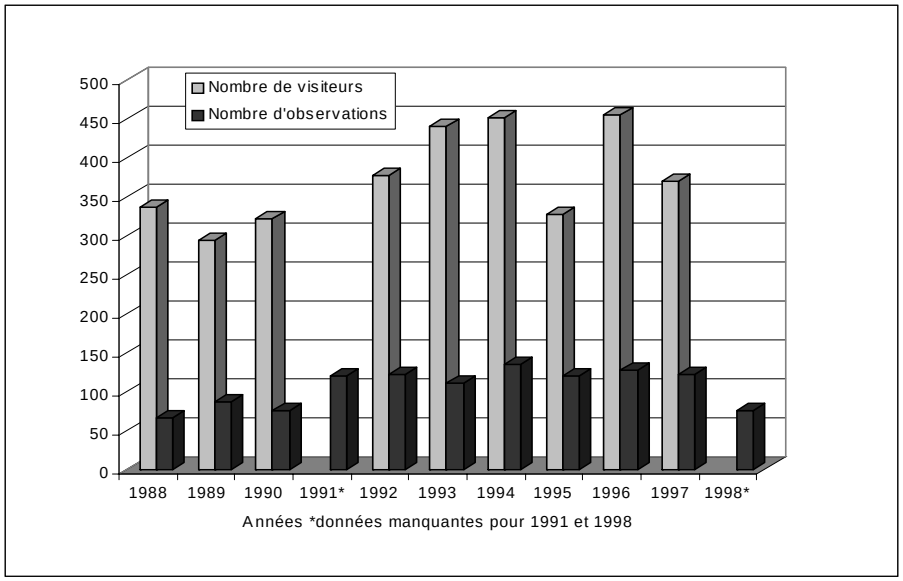


FIGURE 7 : Nombre de visiteurs et d'observations d'ours dans la vallée de la rivière Slims (1988-1998)**.** *Number of visitors and grizzly bear sightings in the Slims River Valley (1988-1998)*

Tel que démontré par Desrochers (1998), les observations sont réparties de façon agrégée dans l'espace ; elles ne se présentent pas de façon aléatoire. Chacun des milieux naturels est combiné à la valeur de biomasse du milieu naturel, et ce pour chaque saison. Les rangs vont de 1 (peu important) à 8 (très important). Le milieu non végétalisé est considéré comme n'ayant aucune nourriture disponible. Sa valeur est donc de 0 (tableau 2).

TABLEAU 2 : Habitats préférentiels pour l'ours en fonction du milieu naturel et de l'abondance de nourriture importante à sa diète, pour chacune des saisons végétatives. *Preferred grizzly bear habitat, by environment and abundance of food important in its diet, for each season*

Milieu naturel	Printemps		Début d'été		Fin d'été		Automne	
	BMN	rang	BMN	rang	BMN	rang	BMN	rang
AF	2,463	8	2,001	5	2,842	6	2,427	7
VÉ	2,041	5	2,439	7	3,042	8	2,362	6
FOÉ	2,315	7	2,229	6	2,938	7	2,468	8
MA	0,698	2	0,608	2	0,542	2	0,519	2
NV	0	1	0	1	0	1	0	1
PA	2,262	6	2,624	8	2,764	5	2,142	5
PH	1,700	3	1,625	3	2,163	4	1,928	4
TR	1,753	4	2,105	4	2,111	3	1,604	3

AF = Arbustes feuillus ; VÉ = Végétation éparse sur dépôts alluviaux ; FOÉ = Forêt ouverte d'épinettes ; MA = Marais ; NV = Non végétalisé ; PA = Prairie alpine ; PH = Prairie herbeuse ; TR = Toundra rocheuse. Les valeurs en grisé représentent les habitats les plus prisés par l'ours. BMN = Biomasse du milieu

4.3. Habitats préférentiels

Sur le tableau 2, on note que le milieu naturel de forêt ouverte d'épinettes représente l'habitat le plus prisé, étant donné son premier rang pour l'automne et son deuxième rang tant pour le printemps que pour la fin de l'été. Rappelons que ce milieu couvre une superficie de près de 10 % de l'image et 23 % de la superficie du milieu végétalisé.

Au deuxième rang en termes de milieu prisé, on retrouve à égalité les milieux de végétation éparse sur dépôts alluviaux et d'arbustes feuillus. Le premier couvre une superficie de 13 % de l'image (31 % du milieu végétalisé). Il représente le milieu le plus prisé à la fin de l'été, mais il est aussi au deuxième rang pour le début de l'été et au troisième rang pour l'automne. Bien que le milieu d'arbustes feuillus ne couvre que 9 % du territoire à l'étude (21 % du territoire végétalisé), il demeure un milieu prisé, surtout au printemps.

Finalement, notons l'importance du milieu alpin. En effet, la prairie alpine se classe quatrième en termes d'habitat préférentiel pour les ours, toutes saisons confondues. Cette classe recouvre 5 % de l'image (11 % du milieu végétalisé).

Ces quatre classes représentent les milieux les plus prisés par l'ours, de façon générale pour la saison estivale.

En termes de superficie pour les deux classes générales d'habitats peu prisés et très prisés par l'ours, on note que 63 % du territoire (312 km2) est peu favorable à la présence de l'ours. À noter qu'une grande partie de ce territoire est difficilement accessible à l'humain.

5. DISCUSSION

5.1. Biomasse importante pour la diète de l'ours

Les résultats obtenus, par rapport aux espèces végétales importantes pour la diète de l'ours, montrent que quelques espèces que l'on croyait importantes ne sont pas ressorties dans la liste des 12 espèces les plus abondantes (sur une liste préliminaire de 20 espèces). En effet, les espèces *Hedysarum alpinum* et *Equisetum arvense*, deux des plantes prisées par le Grizzli au Parc national du Canada Kluane, n'ont pas obtenu un pourcentage de présence supérieur à 5 % dans la vallée de la Slims. Pourtant, des analyses fécales antérieures (Pearson, 1975 ; McLaughlin, 1981) suggèrent que le Grizzli favorise ces espèces pour sa diète, soit la racine d'*Hedysarum alpinum* au printemps et au début de l'été et le feuillage d'*Equisetum arvense* tout au cours de la saison estivale (figure 8). Il faut mentionner que ces deux espèces sont souvent plus prisées lors des années où l'abondance des baies est moins importante, comme le souligne McLaughlin (1981). Il faut également mentionner la faible importance en termes de présence des espèces *Vaccinium* spp., *Ribes* spp. et *Viburnum edule*, qui sont beaucoup plus présentes dans les autres vallées du Parc. Le microclimat semi-aride de la vallée à l'étude, ainsi que le silt lœssique qui se dépose en surface font que ces espèces ne s'y retrouvent pas en abondance.



Hedysarum alpinum



Equisetum arvense

FIGURE 8 : Photographies d'Hedysarum alpinum et d'Equisetum arvense, les espèces les plus prisées par le Grizzli. *Photographs of Hedysarum alpinum and Equisetum arvense*

Une attention particulière est de mise pour les espèces *Salix arctica* et *S. reticulata*, que l'on retrouve uniquement en zones de prairie alpine et de toundra rocheuse. Ces dernières ont été recensées et mises à part du reste des individus *Salix* spp. étant donné leur abondance dans ces milieux, alors que les autres espèces de la même famille sont presque absentes. Toutefois, il n'est pas prouvé (par analyses fécales) que ces espèces font partie de la diète de l'ours, puisque aucun échantillon fécal n'a été prélevé à de telles altitudes (supérieures à 1 300 m). Mais, les biologistes croient que ces espèces sont consommées au même titre que les plantes herbacées de la zone alpine (McLaughlin, 2000). Pour ces raisons, il a été convenu de garder ces espèces dans la liste des espèces prisées par l'ours.

Les espèces significatives pour l'ours avec les plus fortes biomasses saisonnières sont donc *Arctostaphylos uva-ursi*, *Shepherdia canadensis* et *Oxytropis campestris*, les deux premières étant prisées pour leurs baies dès la fin de l'été et la dernière pour ses fleurs qui sortent au début de l'été. En effet, dès que les baies sont mûres, elles deviennent rapidement la source de nourriture la plus importante. Même que *Shepherdia canadensis* est la baie qui rapporte le plus d'énergie aux ours de toutes les plantes du Parc (McCormick, 1999).

5.2. Habitats préférentiels

Comme l'ont mentionné Pearson (1975), McLaughlin (1981) et plusieurs autres chercheurs, les déplacements des ours sont conditionnés par l'abondance de nourriture. Les conclusions de cette étude abondent dans le même sens. En effet, les classes d'habitats préférentiels sont choisies par les ours, non pas de façon proportionnelle à leur superficie, mais bien en fonction de la quantité de nourriture disponible. Ainsi, les observations d'ours sont beaucoup plus nombreuses que prévues dans certaines classes de milieux naturels.

5.3. Limites de l'étude

La technique de réalité de terrain s'est avérée très efficace pour effectuer la classification dirigée de la végétation, comme le démontrent les résultats. La classe de végétation éparse sur dépôts alluviaux demeure parfois arbitraire, étant donné la très petite différence spectrale entre le gravier et le substratum rocheux. Cette perte d'information, et donc cette source d'erreur, est toutefois jugée minime. En effet, sachant que l'image a été acquise au début septembre 1996, quelques différences peuvent découler du temps qui s'est passé entre l'acquisition de l'image et la réalisation de la classification dirigée. De plus, l'état de la végétation n'est pas le même en septembre qu'en juillet, moment où l'échantillonnage de la végétation a été fait. Bien que peu de changements sont survenus dans le couvert végétal de la vallée sur une période de cinq ans (aucun feu de forêt majeur, aucune épidémie, etc.), des différences telles la variabilité du niveau d'eau dans les marais doivent être prises en compte. Aussi, certaines classes ont été moins recensées que d'autres, particulièrement les classes de toundra rocheuse et de prairie alpine, étant donné la difficulté d'accès aux altitudes élevées.

Une certaine erreur peut être associée à la résolution spatiale de l'image TM qui est limitée à 25 m, ce qui ne permet pas de faire ressortir certaines composantes du milieu de plus petite taille qui pourraient être pertinentes à l'habitat de l'ours, tels les couloirs d'avalanche ou les talus d'éboulis. L'utilisation d'un capteur à résolution plus fine permettrait de combler cette lacune.

Si le projet était à refaire, il faudrait s'assurer que toutes les analyses fécales proviennent bel et bien du site d'étude et de toutes les classes de végétation. Dans le cas présent, les valeurs de biomasse saisonnière de chacune des espèces végétales importantes à la diète de l'ours ont dû être comparées de façon relative, en combinant les résultats de plusieurs études réalisées à l'intérieur du Parc. Les résultats auraient été plus précis

avec le contenu exact des échantillons collectés seulement dans la vallée à l'étude. Toutefois, ceci exige un temps important de collecte, ainsi qu'un budget important pour les analyses.

Il est certain qu'un des biais les plus évidents du projet de recherche demeure la validité de la donnée d'observation d'ours par les visiteurs. Comme le mentionnent Stoms *et al.* (1993), il existe une erreur reliée à la tendance qu'ont les données d'observation d'espèces rares d'être localisées aux endroits les plus accessibles aux observateurs. Par contre, en vérifiant la localisation des observations, comme il a été fait ici, on diminue l'importance de ce biais. Aussi, puisque aucun sentier balisé ne parcoure la vallée, les observations ne se font pas toutes à partir du même tracé, ce qui diminue le biais.

La grande quantité d'informations disponibles ne peut être négligée. Tout comme le mentionnent Palma *et al.* (1999), on ne peut qu'être d'accord pour dire que l'utilisation de données d'observations par les visiteurs mérite sa place dans le processus de gestion et de conservation d'une espèce menacée. Comme le soulignent Agassiz *et al.* (1994), l'utilisation d'informations qui viennent du public est une façon économique d'obtenir de l'information sur la répartition d'une espèce.

Un autre facteur doit être pris en considération, en termes d'habitats préférentiels pour l'ours, par rapport aux visiteurs : les contraintes physiques du paysage. D'après Nadeau (1987), il existe trois facteurs très importants qui augmentent les probabilités de confrontations entre grizzlis et randonneurs sur les sentiers. Il s'agit des sentiers avec une faible visibilité ou ceux qui passent près des ruisseaux bruyants ou qui traversent les zones d'habitats préférentiels. Toutefois, le Grizzli étant ce qu'il est, même si ces trois conditions ne sont pas réunies, le risque de confrontation n'est pas nul pour autant.

En effet, les facteurs comme la visibilité, la direction des vents dominants et la proximité des cours d'eau peuvent avoir une certaine influence sur la probabilité d'une rencontre avec un ours. En ce sens, un milieu comme la prairie alpine offre une toute autre visibilité qu'un milieu plus dense comme la forêt ouverte d'épinettes. Ceci est à considérer lors de l'évaluation qualitative des habitats préférentiels. Si un ours est présent en milieu de prairie alpine, le randonneur a beaucoup plus de possibilité de l'apercevoir à distance que lorsque ce même randonneur traverse la forêt ouverte d'épinettes. En effet, Nadeau (1987) avance même que la visibilité des sentiers est sans doute responsable directement de plusieurs interactions entre humains et grizzlis.

Aussi, lorsque les tronçons de parcours ou de sentiers longent les cours d'eau bruyants, il est nécessaire de rappeler aux randonneurs l'importance d'être plus vigilants car les bruits qu'ils font eux-mêmes ne portent pas autant. Ainsi, la possibilité de surprendre un ours s'accroît.

Le Grizzli ayant un odorat très développé, il peut quitter les lieux longtemps d'avance lorsqu'il sent la présence d'humains. Toutefois, les vents forts peuvent repousser les odeurs corporelles des randonneurs, sans que ces dernières n'atteignent l'ours, intensifiant ainsi la possibilité de rencontres fortuites.

Il serait intéressant de combiner une analyse de la visibilité (3D) des zones plus à risque d'observation d'ours et ainsi prendre en compte ce facteur si important dans l'interrelation visiteur-grizzli.

6. CONCLUSION

Les résultats de cette étude démontrent bien qu'il existe une relation directe entre les caractéristiques biophysiques du milieu et la répartition des observations d'ours dans la vallée de la rivière Slims au Parc national du Canada Kluane. De plus, cette relation s'avère changeante en fonction des saisons, ce qui reflète les habitudes alimentaires différentes des ours au cours de la période estivale.

Bien que ces conclusions peuvent aider à mieux cerner les périodes et les endroits les plus critiques en termes d'habitat préférentiel et de probabilité de rencontre d'ours, il est important de rappeler que ce constat ne peut être utile que s'il est combiné à une campagne d'information et d'éducation orientée en fonction des visiteurs. Favoriser les groupes de six personnes ou plus (Jope, 1985), être bruyant, surtout lorsque la visibilité est moindre, lorsque le sentier longe un cours d'eau ou lorsque les vents sont très forts (Nadeau, 1987) et rebrousser chemin lorsqu'un ours se trouve sur le sentier, sont toutes des recommandations qui doivent être clairement indiquées à tous les randonneurs. Mais surtout, il importe de faire réaliser aux visiteurs que les sanctuaires sauvages comme le Parc national du Canada Kluane sont avant tout créés pour assurer la survie des espèces et des écosystèmes qu'on y trouve.

Cette étude a permis de prouver à quel point l'analyse multifactorielle réalisée avec un SIG, combinée à l'utilisation de la télédétection, donne une meilleure compréhension de l'habitat du Grizzli, ou de tout autre mammifère à grand domaine vital. Cette approche holistique permet de colliger des données multisources de façon très efficace et rapide. De son côté, la télédétection permet d'obtenir des informations spatiales à jour du milieu, à condition que la réalité de terrain soit faite en parallèle. Bref, l'approche est intéressante, efficace et utile en termes de conservation.

Remerciements

Cette recherche a été financée par Parcs Canada dans le cadre d'une entente de recherche avec l'Université de Sherbrooke. Nous remercions Dwayne West et Tom Elliot, du Parc national Kluane, ainsi que Ramona Maraj, de l'University of Calgary, pour son aide sur le terrain. Nous remercions également Jean Poitevin, de Parcs Canada à

Gatineau, pour ses conseils qui ont permis d'améliorer le texte original ainsi que le regretté Ferdinand Bonn qui a été un des lecteurs critiques du manuscrit.

Références

Agassiz, D. J. L., Nasg, D. R., Godfray, H. C. J. and Lawton, J. H. (1994) Estimating the spread of small invading organisms using information from the public. Global Ecology and Biogeography Letters, no 4, p. 1-8.

Agee, J. K., Stitt, S. C. F., Nyquist, M. and Root, R. (1989) A geographic analysis of historical grizzly bear sightings in the North Cascades. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 55, p. 1637-1642.

Clark, J. D., Clapp, D. K., Smith, K. G. and Ederington, B. (1994) Black bear habitat use in relation to food availability in the interior highlands of Arkansas. International Conference on Bear Research and Management, 9th Edition, Missoula (MT), International Association for Bear Research and Management (IBA), [s.l.], p. 309-318.

COSEPAC (2002) Évaluation des espèces au Canada, gouvernement du Canada. http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct1/searchdetail_f.cfm?id=639&StartRow=1&boxStatus=All&boxTaxonomic=All&location=All&change=All&board=All&commonName=grizzli&scienceName=&returnFlag=0&Page=1.

Craighead, J. J., Craighead, F. L. and Craighead, D. J. (1985) Using satellites to evaluate ecosystems as grizzly bear habitat. P. 101-112, *in* Contreras, G. P. and Evans, K. E. (réd.) Proceedings–Grizzly Bear Habitat Symposium, Missoula (Montana), April 30–May 2, 1985, Intermountain Research Station, Ogden (UT), 251 p.

Desrochers, M. (1998) Analyse spatiale des observations d'*Ursus arctos* sur le réseau de sentiers pédestres du Parc national Kluane, Yukon. Rapport de baccalauréat, Département de géographie, Université de Montréal, 24 p.

Desrochers, M., Provencher, L. et Dubois, J.-M.M. (2002) Relation entre les caractéristiques du milieu et les observations de grizzlis (*Ursus arctos*), Parc national Kluane, Yukon. Département de géographie et télédétection, Université de Sherbrooke, Bulletin de recherche nº 165-166, 72 p.

Giugni, L. P., Gray, J. T. et Cavayas, F. (1998) Utilisation de la télédétection pour la cartographie des dépôts glaciaires sur l'île Akpatok, baie d'Ungava, T.N.O. Journal canadien de télédétection, vol. 24, nº 4, p. 402-414.

Gray, B. J. (1985) Kluane National Park resource description and analysis. Parks Canada Report, Ottawa, 2 vol., 259 p.

Hamer, J. D. W. (1985) Feeding ecology for grizzly bears in the Cascade and Panther valleys of Banff National Park, Alberta. Ph.D. Thesis, University of Calgary, Calgary, 247 p.

Hamer, J. D. W. and Herrero, S. (1983) Movements, food, and habitat of grizzly bears in the Cascade and Panther valleys of Banff National Park. *In* Hamer, D. and Herrero, S. (réd.) Ecological Studies of the Grizzly Bear in Banff National Park. University of Calgary, Calgary, 110 p.

Hamilton, A. N. (1987) Classification of coastal grizzly bear habitat for forestry interpretations and the role of food in habitat use by coastal grizzly bears. M.Sc. Thesis, University of British Columbia, Vancouver, 86 p.

Herrero, S. (1985) Bear attacks - their causes and avoidance. Winchester Press, Piscataway (NJ), 287 p.

Jackson, S. (1998) Slims River/Sheep Bullion Plateau & Chilkoot trail visitor use assessment - Research Projects. Centre for Tourism Policy and Research, Simon Fraser University, Burnaby, 78 p.

Jope, K. (1985) Implications of grizzly bear habituation to hikers. Wildlife Society Bulletin, nº 13, p. 32-37.

Kansa, J. L. and Riddell, R. N. (1993) Grizzly bear habitat model for the four contiguous mountain national parks, 2nd iteration. Parks Canada Service, Technical Report, Calgary, 109 p.

Krebs, C. J., Boutin, S. A., Boonstra, R. and Kenney, A. J. (2001) Ecosystem dynamics of the boreal forest : the Kluane project. Oxford University Press, New York, 511 p. et CD-ROM.

Larsen, D. G. and Markel, R. L. (1989) A preliminary estimate of grizzly bear abundance in the Southwest Yukon. Yukon Renewable Resources, Fish and Wildlife Branch, Big Game Section, Whitehorse, 52 p.

Lyon, J. G. (1983) Landsat-derived land-cover classification for locating potential kestrel nesting habitat. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 49, nº 2, p. 245-250.

Mace, R.D. and Waller, J.S. (1996) Grizzly bear distribution and human conflicts in Jewel Basin hiking area, Swan Mountains, Montana. Wildlife Society Bulletin, vol. 24, nº 3, p. 461-467.

Manley, T. L., Ake, K. and Mace, R. D. (1992) Mapping grizzly bear habitat using Landsat TM satellite imagery. *In* Proceedings of the 4th Forest Service Remote Sensing Applications Conference, Orlando (FL), American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda (MD), p. 231-240.

Mano, T. (1994) Home range and habitat use of brown bears in the southwestern Oshima Peninsula, Hokkaido. *In* International Conference on Bear Research and Management, 9th Edition, Missoula (Montana), International Association for Bear Research and Management (IBA), [s.l.], p. 319-325.

Mattson, D. J. (1990) Human impacts in bear habitat use. *In* International Conference on Bear Resource Management, 8th Edition, Victoria (BC), International Association for Bear Research and Management (IBA), [s.l.], p. 33-56.

Mattson, D. J., Gillin, C. M., Benson, S. A. and Knight, R. R. (1991) Bear feeding activity at alpine aggregation sites in the Yellowstone ecosystem. Canadian Journal of Zoology, vol. 69, p. 2430-2435.

Mattson, D. J. and Herrero, S. (1996) Science and management of Rocky Mountain grizzly bears. Conservation Biology, vol. 10, nº 4, p. 1014-1025.

McCann, R. K. (1997) Kluane National Park Grizzly Bear Research Project : Year End Report 1996. Centre for Applied Conservation Biology, University of British Columbia, Vancouver, 76 p.

McCormick, J. E. (1999) A food-based habitat-selection model for the grizzly bears in Kluane National Park, Yukon. M.Sc. Thesis, University of British Columbia, Vancouver, 50 p.

McLaughlin, K. (1981) Slims River Grizzly Study, Kluane National Park. Progress Report Year 2 Kluane National Park (Yukon), 25 p.

McLaughlin, K. (2000) Communication personnelle. Parc national Kluane, Haines Junction, Yukon Y0B 1L0 ; kevin_mclaughlin@pch.gc.ca

Muller, J. E. (1958) Kluane Lake Map-Area, Yukon Territory. Geological Survey of Canada, Paper 58-9, Report and Map 19-1958, Ottawa, 9 p.

Muller, J. E. (1967) Kluane Lake Map-Area, Yukon Territory. Geological Survey of Canada, Memoir 340, Ottawa, 137 p.

Nadeau, S. M. (1987) Habitats, trails and campgrounds situations associated with grizzly-human confrontations in Glacier National Park, Montana. M. Sc. Thesis, University of Montana, Missoula, 90 p.

Nomura, F. and Higashi, S. (2000) Effects of food distribution on the habitat usage of a female brown bear in a beech-forest of North Japan. Ecological Research, vol. 15, p. 209-217.

Palma, L., Beja, P. and Rodrigues, M. (1999) The use of sighting data to analyse Iberian lynx habitat and distribution. Journal of Applied Ecology, nº 36, p. 821-824.

Pearson, A. M. (1975) The northern interior grizzly bear *Ursus arctos L.* Canadian Wildlife Service Report Series nº 34, Ottawa, 84 p.

Quimby, R. (1974) Grizzly Bear. Chapter 2, *in* Jakimchuk, R. D. (ed.) Mammal studies in Northeastern Alaska with emphasis within the Conning River drainage. Canadian Arctic Gas Study Limited Report Series, vol. 24, 298 p.

Rampton, V. N. (1981) Surficial materials and landforms of Kluane National Park, Yukon Territory. Geological Survey of Canada, Paper 79-24, Ottawa, 37 p.

Reynolds, H. V. (1979) Population biology, movements, distribution and habitat utilization of a grizzly bear population in the National Petroleum Reserve in Alaska. Chapter 5, *in* United States Department of the Interior (réd.), Studies of selected wildlife and fish and their use of habitats on and adjacent to the National Petroleum Reserve in Alaska 1977-1978, vol. 1, work group 3, field study 3.

Reynolds, H. V. (1980) North slope grizzly bear studies. Alaska Department of Fish and Game. Federal Aid in Wildlife Restoration Program Report, Project W-17-11, Job 4.14-4.15R, Juneau, 75 p.

Servheen, C. (1983) Grizzly bear food habits, movements and habitat selection in the Mission Mountains, Montana. Journal of Wildlife Management, vol. 47, nº 4, p. 1026-1035.

Stoms, D. M., Davis, F. W., Cogan, C. B., Painho, M. O., Duncan, B. W., Scepan, J. and Scott, J. M. (1993) Geographic analysis of California Condor sighting data. Conservation Biology, nº 7, p. 148-159.

Wellwood, D. W. and MacHutchon, G. A. (1999) Risk assessment of bear-human conflict at campsites on the Alsek river, Tatshenshini-Alsek Park, BC. Parks Canada Report, Vancouver, 60 p.