

Pierre qu'on grimpe n'amasse pas mousse : conséquences de l'escalade sur la biodiversité associée aux parois rocheuses

André-Philippe Drapeau Picard

Volume 146, numéro 2, automne 2022

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1093576ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1093576ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

ISSN

0028-0798 (imprimé)

1929-3208 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Drapeau Picard, A.-P. (2022). Pierre qu'on grimpe n'amasse pas mousse : conséquences de l'escalade sur la biodiversité associée aux parois rocheuses. *Le Naturaliste canadien*, 146(2), 42–53. <https://doi.org/10.7202/1093576ar>

Résumé de l'article

L'escalade est un sport qui gagne en popularité depuis quelques décennies en Occident. Sa pratique à l'extérieur perturbe la biodiversité associée aux parois rocheuses et aux autres habitats à proximité. Ces habitats hébergent des assemblages d'espèces uniques, mais méconnus en raison de leur accès souvent difficile. Ainsi, la pratique de l'escalade pourrait menacer des populations d'espèces d'intérêt pour la conservation. Cette revue de littérature a pour objectif : 1) de brosser un portrait de la biodiversité associée aux parois, aux talus d'éboulis et aux blocs, en prenant l'Amérique du Nord comme étude de cas ; 2) de synthétiser les connaissances sur les conséquences écologiques de l'escalade ; 3) de documenter les mesures d'atténuation actuelles ; 4) d'identifier les lacunes dans les connaissances actuelles ; 5) de proposer des pistes pour les recherches et les efforts de conservation futurs.

Pierre qu'on grimpe n'amasse pas mousse : conséquences de l'escalade sur la biodiversité associée aux parois rocheuses

André-Philippe Drapeau Picard

Résumé

L'escalade est un sport qui gagne en popularité depuis quelques décennies en Occident. Sa pratique à l'extérieur perturbe la biodiversité associée aux parois rocheuses et aux autres habitats à proximité. Ces habitats hébergent des assemblages d'espèces uniques, mais méconnus en raison de leur accès souvent difficile. Ainsi, la pratique de l'escalade pourrait menacer des populations d'espèces d'intérêt pour la conservation. Cette revue de littérature a pour objectif : 1) de dresser un portrait de la biodiversité associée aux parois, aux talus d'éboulis et aux blocs, en prenant l'Amérique du Nord comme étude de cas ; 2) de synthétiser les connaissances sur les conséquences écologiques de l'escalade ; 3) de documenter les mesures d'atténuation actuelles ; 4) d'identifier les lacunes dans les connaissances actuelles ; 5) de proposer des pistes pour les recherches et les efforts de conservation futurs.

MOTS-CLÉS : conséquence écologique, diversité, écologie de falaise, gestion de la faune et de la flore, perturbation anthropique

Abstract

In recent decades, climbing has gained in popularity in western countries. Outdoor rock climbing affects the biodiversity associated with cliff faces and adjacent habitats. As these habitats host unique species assemblages that are largely undocumented, primarily because they are difficult to access, climbing could threaten populations of species of conservation interest. This literature review: 1) provides a portrait of the biodiversity associated with cliffs, screes and boulders, using North America as a case study; 2) summarizes the current knowledge about the ecological impacts of rock climbing; 3) documents current mitigation measures; 4) identifies knowledge gaps; 5) suggests avenues for research and conservation efforts.

KEYWORDS: cliff ecology, diversity, ecological impact, human disturbance, wildlife management

Introduction

L'escalade est un sport qui gagne en popularité depuis quelques décennies et son ajout comme discipline olympique aux Jeux de Tokyo 2020 devrait contribuer à maintenir cette tendance (Outdoor Foundation, 2021). L'escalade se pratique sur des parois subverticales rocheuses ou de glace, sur des falaises et sur de grosses pierres appelées « blocs ». Ces milieux, de même que les habitats qui leur sont fréquemment associés, comme les replats, les corniches, les surplombs, les anfractuosités et les talus d'éboulis, hébergent une biodiversité qui leur est propre (figure 1).

Difficiles d'accès, les parois rocheuses sont des habitats qui sont étudiés depuis peu et qui demeurent méconnus. Au moment où les biologistes commençaient à s'y intéresser, l'escalade se démocratisait. Le matériel spécialisé développé pour la pratique de ce sport a facilité l'étude des parois (Bogges, 2013). Ainsi, alors qu'on prenait la mesure de la vulnérabilité de la biodiversité associée aux parois, on a réalisé que le nombre croissant de grimpeurs représentait un enjeu pour la conservation des espèces qui les colonisent. À la suite de cette prise de conscience, les premières études ont été réalisées dans le but d'évaluer les répercussions écologiques de l'escalade (p. ex. : Nuzzo, 1995 ; 1996 ; Camp et Knight, 1998).

Le nombre d'adeptes de l'escalade augmente depuis des décennies (Attarian et Keith, 2008 ; Outdoor Foundation, 2021). Chaque année, de nouveaux centres d'escalade intérieurs ouvrent leurs portes et de nouveaux sites extérieurs sont aménagés. Au Canada, l'escalade est une activité bien établie. La Colombie-Britannique est la province où le plus grand nombre de voies est répertorié, suivie par le Québec, l'Ontario et l'Alberta (Mountain Project, 2022). Sa pratique est encadrée par des organisations provinciales. Au Québec, l'accès à la plupart des sites d'escalade majeurs est réservé aux membres de la Fédération québécoise de la montagne et de l'escalade (FQME). De 2009 à 2020, le nombre de membres de la FQME est passé de 1 579 à 6 006, ce qui représente une augmentation de 280 % (figure 2).

Étant donné l'engouement que connaît l'escalade et la pression qu'elle exerce sur la biodiversité, il est primordial d'identifier les sources de perturbations potentielles et d'évaluer les conséquences. Cette revue de littérature se veut une synthèse non exhaustive des connaissances des conséquences

André-Philippe Drapeau Picard est biologiste et préposé aux renseignements entomologiques à l'Insectarium de Montréal.

Andre-Philippe.DrapeauPicard@montreal.ca

écologiques de l'escalade, avec un intérêt particulier pour l'Amérique du Nord. Spécifiquement, elle vise à : 1) dresser un portrait de la biodiversité associée aux parois, aux talus d'éboulis et aux blocs, en prenant l'Amérique du Nord comme étude de cas ; 2) synthétiser les connaissances sur les

conséquences écologiques de l'escalade ; 3) documenter les mesures d'atténuation actuelles ; 4) identifier les lacunes dans les connaissances actuelles ; 5) proposer des pistes pour les recherches et les efforts de conservation futurs.

Méthodologie

La recherche de références a été réalisée en deux temps. D'abord, la littérature sur la biodiversité associée aux habitats rocheux a été explorée dans le moteur de recherche Google Scholar à l'aide de la combinaison des mots-clés suivants : *cliff habitat, cliff ecology, biodiversity, talus, scree, fauna, flora, bryophyte, lichen*. Ensuite, la même démarche a été utilisée pour trouver des références sur les conséquences de l'escalade avec les mots-clés suivants : *rock climbing, climbing impact, cliff habitat, cliff ecology, biodiversity, ecological impact, environmental impact*. Les résultats obtenus et leurs références ont été consultés. Des sites Web d'organisations dédiées à l'escalade ont aussi été consultés. Enfin, des membres de ces organisations ont été contactés pour obtenir des informations spécifiques.

Portrait de la biodiversité associée aux habitats rocheux

En milieu naturel, l'escalade se pratique essentiellement sur des escarpements rocheux et des blocs (tableau 1). Il est fréquent qu'un talus d'éboulis se forme à la base des escarpements sous l'action de processus géomorphologiques divers. Les parois, les blocs et les talus d'éboulis constituent 3 types d'habitats rocheux associés à des conditions environnementales différentes de celles du milieu environnant, ce qui se reflète dans les communautés d'espèces qu'ils hébergent. Ils peuvent être associés à des populations d'espèces rares, voire vulnérables, et à des populations reliques d'espèces hors de leur aire de répartition principale.

Les parois sont les sections les plus abruptes des escarpements (figure 1). Ce sont des habitats typiquement ouverts, avec un substrat organique mince ou absent (Larson et collab., 2000). Elles sont caractérisées par des variations microclimatiques extrêmes. Leur température peut changer rapidement au cours de la journée en fonction de leur exposition au soleil. Les parois sont en général exposées aux intempéries. Certaines sont couvertes de glace en hiver.

Les blocs utilisés pour l'escalade mesurent généralement moins de 5 m de hauteur (Attarian et Keith, 2008). Certains se trouvent à proximité des escarpements et des falaises desquels ils se sont détachés, tandis que les blocs erratiques peuvent avoir été déplacés par des glaciers sur des centaines, voire des milliers de kilomètres (Prest et collab., 2000). Les blocs peuvent se trouver en milieu ouvert ou sous un couvert forestier.

Les talus d'éboulis sont formés à la base des escarpements par l'accumulation de débris rocheux qui s'en détachent sous l'action de différents processus, dont la gélifraction. Leur température interne stable se distingue de celle du milieu environnant (Harris et Pedersen, 1998). La contribution des talus d'éboulis à la biodiversité locale a été documentée sur différents continents (Jurekova et collab., 2021 ; Ledesma et collab., 2020 ; Millar et collab., 2015 ; Růžička et Klimeš, 2005).

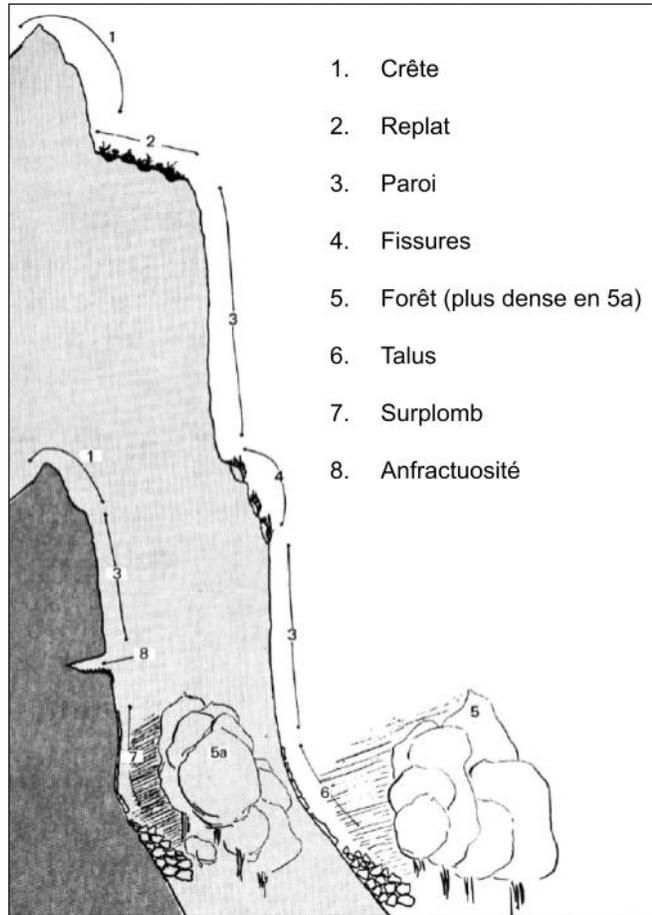


Figure 1. Schéma de deux escarpements rocheux et des habitats associés. Adapté de Schroeder (1977), avec la permission de l'éditeur.

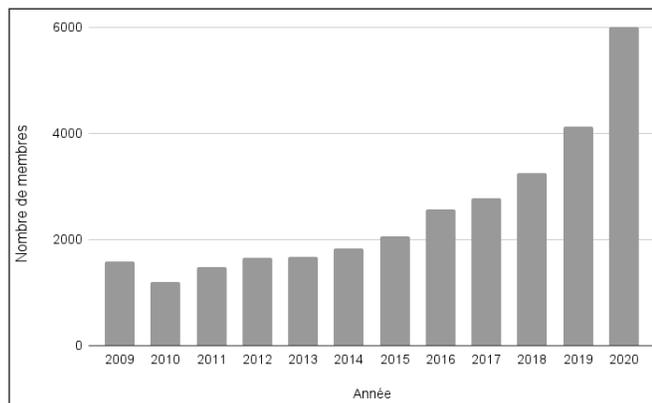


Figure 2. Nombre de membres de la Fédération québécoise de la montagne et de l'escalade. Données tirées des rapports annuels de l'organisme (FQME, 2021a).

Tableau 1. Définitions des termes associés à l'escalade. Tiré du site Web de la Fédération québécoise de la montagne et de l'escalade (FQME, 2021b).

Terme	Définition
Approche	Trajet à parcourir à pied entre le stationnement ou le campement et la paroi.
Escalade artificielle	Discipline où le grimpeur utilise différents équipements et artifices (pitons, coinces, cordes, étriers, etc.) comme points de contact intermédiaire avec le rocher pour s'élever et progresser vers le haut d'une paroi.
Escalade de bloc	Discipline où le grimpeur escalade de grosses roches (« blocs ») sur des voies de moins de 3 m de hauteur, sans corde.
Escalade en moulinette	Technique d'escalade dans laquelle le grimpeur est attaché à une extrémité de la corde qui coulisse dans un ancrage au sommet de la voie, l'autre extrémité étant contrôlée par un assureur généralement à la base de la paroi.
Escalade mixte	Discipline qui consiste à grimper des portions de glace et de rocher à l'aide d'équipement utilisé en escalade de glace (piolets, crampons, etc.) et à se protéger à l'aide des techniques spécifiques à l'escalade de glace ou de rocher, selon la surface gravie.
Escalade sportive	Discipline où le grimpeur installe des dégaines (2 mousquetons reliés par une sangle) qui lient sa corde à des ancrages permanents préalablement posés le long d'une voie.
Escalade traditionnelle	Discipline où le grimpeur installe des protections amovibles au cours de son ascension et s'élève au-dessus de ces dernières. Ces protections amovibles sont généralement retirées après le passage d'une cordée.
Magnésie	Poudre composée de carbonate de magnésium à laquelle est souvent ajouté du sulfate de magnésium, utilisée pour absorber la sueur des mains et faciliter leur adhérence sur les prises.
Rappel	Technique de descente contrôlée à l'aide d'une corde.
Relais	Système servant à assurer les grimpeurs dans leur ascension pour certaines techniques d'escalade et en rappel, généralement composé d'ancrages reliés par une sangle, une corde ou une chaîne.
Voie	Espace aménagé sur une paroi rocheuse pour la pratique de l'escalade.

Flore et lichens

Les habitats rocheux hébergent des assemblages d'espèces végétales uniques, déterminés par leur physicochimie et leur microclimat (Graham et Knight, 2004; Wiser, 1994). On y trouve des espèces rares ou endémiques, certaines disposant d'un statut de conservation (Morisset, 1971; 1979; Nuzzo, 1995; Wiser, 1994). Des populations reliques ou disjointes sont aussi associées à certaines parois (Hart et Shankman, 2005; Morisset, 1971; Walker, 1987). Des arbres réussissent parfois à prendre racine dans les anfractuosités, les crevasses, les surplombs et les replats.

Au Québec, 143 taxons de plantes vasculaires associés aux habitats rocheux sont d'intérêt pour la conservation, parmi lesquels 125 sont susceptibles d'être désignés vulnérables, 3 sont vulnérables et 15 sont menacés (CDPNQ, 2008). Certaines bryophytes rares y croissent également (Faubert, 2014). Des espèces spécialistes sont inféodées aux habitats calcaires à découvert, notamment les parois de roches carbonatées (Tardif et collab., 2005). La rareté des parois calcaires au Québec fait d'elles des points chauds de diversité de plantes rares dans cette province (Lavoie et Saint-Louis, 2008; Tardif et collab., 2005). L'arnica de Griscom (*Arnica griscomii* ssp. *griscomii*) est une plante herbacée menacée au Canada (COSEPAC, 2014). Cette espèce de la famille des astéracées est restreinte aux sols riches en calcium et se trouve sur les parois rocheuses et les talus d'éboulis. À la limite sud de son aire de répartition, dans le nord de la Virginie, le thuya occidental (*Thuja occidentalis*) est une espèce arborescente associée aux parois calcaires (Kincaid, 2016). En Alabama, des populations reliques de pruche du Canada (*Tsuga canadensis*) sont restreintes aux parois où règnent les conditions microclimatiques requises pour la régénération de l'espèce (Hart et Shankman, 2005).

Certains blocs erratiques ont été transportés sur de grandes distances par les glaciers (Prest et collab., 2000). Leur nature pétrographique et leur composition chimique peuvent donc différer de celles du milieu environnant. La physicochimie du substrat est un facteur déterminant pour plusieurs espèces, notamment des bryophytes et des lichens (Spitale et Nascimbene, 2012). Ainsi, certains blocs hébergent des assemblages d'espèces uniques et contribuent à la biodiversité locale. Par exemple, au parc du Bic, au Québec, le bryum nordique (*Bryum knowltonii*) et la houppie maritime (*Ulotia phyllantha*) sont des bryophytes rares qu'on trouve sur certains blocs (Faubert, 2014). De plus, par leur hauteur, ils permettent aux végétaux qui les colonisent d'éviter le broutage par les grands herbivores comme le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) (Rooney, 1997).

La diversité végétale associée aux parois rocheuses et aux talus d'éboulis demeure méconnue. Ces habitats représentent donc un potentiel de découverte élevé, comme en témoignent les résultats d'inventaires récents. Au parc du Bic, Anderson et Lendemer (2016) ont décrit une nouvelle espèce de lichen, *Aspicilia bicensis*, découverte sur la paroi d'une falaise adjacente à l'estuaire du Saint-Laurent. Brinker et Knudsen (2019) ont quant à eux décrit la première mention nord-américaine du lichen *Acarospora bullata* sur une paroi granitique (Mazinaw Cliff) des escarpements de la faille du Niagara, dans un parc au sud-est de l'Ontario. Ces découvertes récentes ont été faites dans des aires protégées où la conservation et la recherche sont favorisées.

Faune

Malgré l'obstacle que représentent les parois rocheuses verticales des falaises, des escarpements et des blocs pour plusieurs espèces animales, une faune diversifiée ne les utilise pas moins. Les vertébrés volants et les invertébrés ont

manifestement un accès privilégié à ces habitats. Les espèces de petite taille peuvent s'introduire dans les anfractuosités des parois et des talus. Selon les espèces, ces habitats représentent des sites d'alimentation, de reproduction, de repos et d'hibernation. Ils servent aussi de refuges pour échapper à un potentiel prédateur (Zani et collab., 2009). La présence de grimpeurs a un effet direct sur les espèces animales dont l'habitat inclut des sites d'escalade.

Mammifères

Les habitats rocheux sont fréquentés par une diversité de mammifères, en particulier les espèces qui sont des proies potentielles. Les chauves-souris, seuls mammifères volants, y ont un accès privilégié (Wilson, 2019). Des rongeurs et de grands mammifères sont également adaptés à ces habitats.

Plusieurs espèces de chauves-souris utilisent les parois rocheuses pour se reposer, hiberner et se reproduire (Loeb et Jodice, 2018; Wieser et collab., 2020). Dans l'ouest de l'Amérique du Nord, les parois font partie de l'habitat essentiel de la chauve-souris blonde (*Antrozous pallidus*), une espèce considérée menacée au Canada (ECCC, 2017a). De petits mammifères terrestres, en particulier des rongeurs, se déplacent facilement dans les habitats rocheux et profitent de leur hétérogénéité pour se nourrir, se reproduire et se protéger des intempéries et des prédateurs. Le campagnol des rochers (*Microtus chrotorrhinus*) est un rongeur présent dans le nord-est de l'Amérique du Nord. Il est associé aux talus d'éboulis, dans lesquels il se nourrit de mousses et de plantes herbacées (Naughton, 2016). Cette espèce est susceptible d'être désignée vulnérable au Québec (MFFP, 2021).

Les parois rocheuses sont fréquentées par de grands mammifères herbivores et carnivores. Les herbivores utilisent ces habitats pour se nourrir, échapper aux prédateurs ou encore se mettre à l'abri des intempéries et de la lumière du soleil. Certaines espèces ne s'éloignent guère de ces habitats. Des ongulés spécialistes des habitats rocheux possèdent des adaptations physiologiques qui leur permettent de grimper et de descendre rapidement les parois et les talus. Le mouflon canadien (*Ovis canadensis*) et la chèvre de montagne (*Oreamnos americanus*) y fuient à l'approche de prédateurs (Bleich, 1999; Côté et collab., 1997). Le cerf mulet (*Odocoileus hemionus*) et l'antilope d'Amérique (*Antilocapra americana*) évitent le soleil et la chaleur à l'abri de surplombs rocheux (Ward et Anderson, 1988). Finalement, certains prédateurs généralistes comme le cougar (*Puma concolor*), le coyote (*Canis latrans*) et les renards (*Vulpes* spp.) s'aventurent parfois dans ou à proximité de ces habitats à la recherche de proies, mais n'y sont pas intimement associés (Festa-Bianchet et collab., 2006; Wilson, 2019).

Oiseaux

Les parois rocheuses hébergent des communautés d'oiseaux particulièrement diversifiées (Matheson et Larson, 1998). Plusieurs espèces se perchent et nichent sur les parois des falaises pour être à l'abri des prédateurs et des intempéries et pour faciliter l'envol (Lambertucci et Ruggiero, 2013; Newton, 1979; Pennycuik et Scholey, 1984). Au sein de

l'avifaune associée aux habitats rocheux, les rapaces et les oiseaux marins ont été particulièrement étudiés (Larson et collab., 2000).

Au Québec, une trentaine d'espèces d'oiseaux y nichent (Bussière, 2010). Parmi elles se trouvent le faucon pèlerin (*Falco peregrinus*), inscrit au Registre canadien des espèces en péril (ECCC, 2017b), et l'aigle royal (*Aquila chrysaetos*), protégé en vertu de la *Loi sur les espèces menacées et vulnérables du Québec* (EROP, 2020). Des oiseaux marins comme des goélands et des cormorans nichent sur les falaises (Bussière, 2010).

Reptiles

Les habitats rocheux sont fréquentés par des reptiles comme des serpents et des lézards. Ils les utilisent comme hibernacles ou comme refuges pour échapper aux prédateurs. La température stable à l'intérieur des anfractuosités et des talus d'éboulis permet à ces animaux ectothermes d'y passer la saison froide, en particulier les individus à la limite nord de l'aire de répartition de leur espèce (Herrington, 1988).

En Amérique du Nord, des serpents comme le crotale de l'Ouest (*Crotalus oreganus*) et le massasauga (*Sistrurus catenatus*) hibernent dans les crevasses et les talus, où la température stable les protège des conditions létales pendant l'hiver (Gienger et Beck, 2011; Harvey et Weatherhead, 2006). Ces habitats sont d'autant plus utilisés lorsqu'ils sont orientés au sud et davantage exposés au soleil, ce qui est propice à la thermorégulation au printemps. L'aire de répartition du crotale de l'Ouest comprend l'ouest des États-Unis et le centre-sud de la Colombie-Britannique. Ce serpent est considéré comme menacé selon la *Loi sur les espèces en péril du Canada* (COSEPAC, 2015). Le massasauga est présent du nord du Mexique au sud de l'Ontario, en passant par le centre des États-Unis. Les populations de cette espèce en Ontario sont protégées par la même loi fédérale canadienne (COSEPAC, 2012). Le lézard à flancs maculés du Nord (*Uta stansburiana*), qui vit dans l'ouest des États-Unis et au nord du Mexique, fuit vers les falaises à l'approche de serpents prédateurs (Zani et collab., 2009).

Arthropodes

Les habitats des parois rocheuses et de leurs éboulis constituent des îlots de diversité pour certains groupes d'arthropodes (Růžička et Klimeš, 2005). Les conditions microclimatiques extrêmes à la surface des parois conviennent à certaines espèces thermophiles. À l'opposé, les températures fraîches et stables à l'intérieur des talus d'éboulis permettent d'héberger des populations reliques d'espèces arctiques (Růžička et Zacharda, 1994; Zacharda et collab., 2005).

Certains arthropodes utilisent les habitats rocheux pour chasser et se reproduire (Liczner et Colla, 2019; Orr et collab., 2016). Ces derniers peuvent aussi servir d'hibernacles, notamment pour des coccinelles (observation personnelle). Orr et collab. (2016) ont décrit une espèce d'abeille, *Anthophora pueblo*, qui niche dans les escarpements de grès du désert américain. Certains arthropodes profitent indirectement des microhabitats associés aux habitats rocheux par la disponibilité de leur plante hôte. Par exemple, *Erebia christi*,

un lépidoptère rare en Suisse et en Italie et classé vulnérable par l'Union internationale pour la conservation de la nature, est intimement associé aux parois sur lesquelles poussent ses plantes hôtes, *Festuca* spp. (Battisti et collab., 2021).

Koponen (1990) a documenté la présence de 39 espèces d'araignées à la base de falaises du parc national Forillon, au Québec. Parmi elles, 5 étaient des espèces subarctiques alpines, tandis que 5 autres étaient des espèces thermophiles se trouvant à la limite nord de leur aire de répartition. De même, des populations reliques d'araignées typiquement trouvées plus au nord ont été découvertes autour et à l'intérieur de talus d'éboulis en République tchèque (Růžička et Klimeš, 2005; Zacharda et collab., 2005).

Gastéropodes

Les communautés de gastéropodes associées aux habitats rocheux ont été étudiées en Allemagne (Lüth, 1993), aux États-Unis (Lawrey, 1980; Nekola, 1999; 2003; Nekola et Smith, 1999), en Suède (Baur et collab., 1995) et en Suisse (Schmera et collab., 2018). Elles sont particulièrement diversifiées et comprennent des espèces spécialistes, c'est-à-dire des escargots résistants à la dessiccation qui se nourrissent de lichens et de cyanobactéries croissant sur la pierre (Baur et collab., 1995; Fröberg et collab., 2011). Par exemple, du côté états-unien de l'escarpement du Niagara, Nekola (2003) a documenté la présence de 63 espèces sur les escarpements, ce qui représente la plus grande diversité parmi les 20 habitats échantillonnés. Treize des 82 espèces observées dans l'ensemble des 242 sites à l'étude et répartis dans les 20 habitats étaient associées aux escarpements. Du côté canadien de l'escarpement du Niagara, en Ontario, McMillan et collab. (2003) ont observé des escargots considérés rares pour la province, comme *Carychium nannodes* ou *Vallonia gracilicosta*.

Conséquences de l'escalade sur la biodiversité

En raison de la spécificité des sites où on la pratique, l'escalade a des conséquences qui lui sont propres. Comme les autres activités de plein air, elle est aussi associée à des perturbations d'ordre plus général comme le piétinement, la coupe de végétaux pour l'aménagement de sentiers, le dépôt de déchets et la présence de chiens (Apollo, 2021). Des préoccupations quant à la conservation du patrimoine géologique ont aussi été soulevées par certains auteurs (Ruban et Ermolaev, 2020). Cette section brosse un portrait des perturbations spécifiques à l'escalade et de leurs répercussions sur la biodiversité.

Nature spécifique des perturbations liées à l'escalade en milieu naturel

En milieu naturel, l'escalade se pratique sur des falaises, sur des escarpements ou sur des blocs. L'aménagement et l'utilisation des sites d'escalade perturbent ces habitats, ainsi que les milieux adjacents et les sentiers empruntés pour y accéder. L'ouverture de nouvelles voies consiste à aménager un segment de rocher pour le rendre praticable pour l'escalade. Cela implique

de dégager les prises possibles en y retirant la végétation, les lichens et l'humus (FQME, 2014). Le long des voies dédiées à l'escalade sportive et mixte, on perce des trous dans la roche pour y fixer des ancrages métalliques permanents dans lesquels les grimpeurs peuvent passer leur corde. La plupart des voies comprennent aussi à leur sommet un relais, composé d'anneaux métalliques, grâce auquel les grimpeurs peuvent descendre en rappel. Ces pratiques favorisent la sécurité des grimpeurs, mais affectent la roche et les espèces associées.

En ce qui concerne l'escalade de bloc, elle se fait sur des blocs plutôt que sur des parois de falaises ou d'escarpements. Comme pour l'escalade sportive et traditionnelle, les surfaces sont brossées pour en retirer la végétation, les lichens et l'humus. Par contre, on n'installe pas d'ancrages. Pour réduire les risques de blessure lors de chutes, les pierres, les arbres et les arbustes à proximité sont généralement retirés. Des matelas sont posés par terre, sous la personne qui grimpe. Les conséquences de l'escalade de bloc sont encore peu documentées (Bogges et collab., 2021).

L'intensité des répercussions de l'escalade varie selon le niveau de difficulté des voies, le style d'escalade et l'achalandage des sites (Schmera et collab., 2018). Les voies d'escalade traditionnelle n'ont pas d'ancrages permanents, à l'exception d'un relais dans certains cas. Les grimpeurs qui pratiquent ce style d'escalade insèrent plutôt des coinces dans des fissures et des crevasses lors de l'ascension. Ceux-ci agissent comme ancrages temporaires et sont retirés par la suite. L'insertion de coinces peut perturber les espèces végétales et animales qui occupent ces microhabitats. Par contre, l'escalade traditionnelle est moins populaire que l'escalade sportive et son incidence est donc vraisemblablement moindre. De même, indépendamment du style d'escalade, les voies plus difficiles sont généralement aménagées sur des parois présentant peu d'aspérités et qui sont ainsi peu propices à l'établissement d'espèces végétales (Kuntz et Larson, 2006).

La poudre de magnésie est utilisée par de nombreux grimpeurs pour augmenter l'adhérence de leurs mains aux prises. Des résidus, visibles à l'œil nu ou non, sont laissés sur les sites d'escalade, en particulier aux endroits servant de prises (figure 3). En raison de son pH élevé, la poudre de magnésie pourrait avoir un effet négatif sur la végétation (Hepenstrick et collab., 2020).

Finalement, la pratique de l'escalade a des conséquences indirectes sur les milieux à proximité des sites. Le piétinement à la base des parois, autour des blocs et sur les sentiers d'approche, constitue une perturbation considérable. Le piétinement est causé par les personnes qui demeurent à la base des parois pour assurer leur partenaire en train de grimper, par les déplacements des grimpeurs entre les voies et par le dépôt de matériel. Sur les sites où l'achalandage est élevé, la zone piétinée peut couvrir plusieurs mètres de largeur (figure 4). L'absence ou l'insuffisance de balises pour indiquer le sentier d'approche peut aboutir à un réseau de sentiers improvisés, ce qui augmente la superficie piétinée.

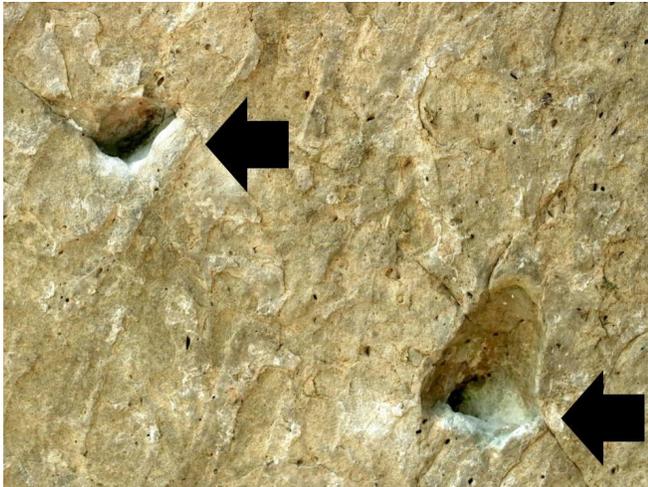


Photo : A.-P. Drapeau Picard

Figure 3. Traces de poudre de magnésie sur un bloc dans le Kamouraska, au Québec.

Conséquences pour la flore et les lichens

L'incidence de l'escalade sur la végétation a fait l'objet de plusieurs études dont les conclusions sont mitigées. Par exemple, Clark et Hessl (2015) ont mesuré une association faible, mais significative entre l'abondance et la diversité de plantes vasculaires et l'utilisation de parois pour l'escalade dans une étude réalisée sur une centaine de sites en Virginie-Occidentale. Dans une étude similaire réalisée du côté canadien de l'escarpement du Niagara, Kuntz et Larson (2006) concluent que les différences de végétation entre les parois utilisées pour l'escalade et celles qui ne le sont pas découlent d'une préférence pour les parois présentant moins de végétation lors de l'aménagement de nouvelles voies. Dans une revue de littérature incluant 13 études portant sur les conséquences de l'escalade sur la végétation, Holzschuh (2016) souligne des résultats contradictoires et conclut qu'il est impossible de généraliser à partir des connaissances actuelles.

Les populations peuvent être perturbées, voire décimées par l'ouverture de voies d'escalade. Associé aux roches acides, le lichen *Arctoparmelia centrifuga* dispose d'un statut de protection dans les États américains du Minnesota et de la Virginie, ainsi qu'en Alberta (NatureServe, 2021 ; Thomson, 1984). L'escalade a été ciblée comme un enjeu pour la conservation de l'espèce aux États-Unis en raison de sa faible capacité de dispersion et de sa croissance lente (Wetmore, 2002).

Les dommages causés à la végétation des sites d'escalade peuvent modifier la structure des populations. En Illinois, Nuzzo (1995) a comparé la croissance et la densité de population de *Solidago sciaphila*, une plante herbacée spécialiste des parois calcaires, entre des sites fréquentés par des grimpeurs, d'autres qui n'étaient plus fréquentés depuis 2 ans et d'autres encore où l'escalade n'avait jamais été pratiquée. L'auteur a observé une réduction de la croissance et de la densité sur les sites fréquentés. En revanche, les populations des sites préservés étaient comparables à celles des sites fermés

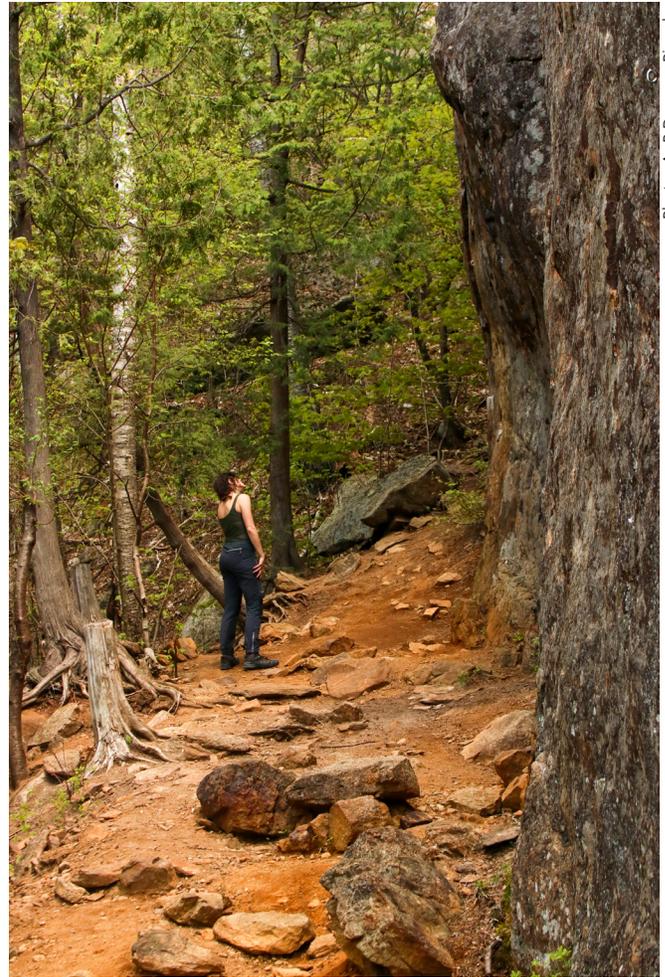


Photo : A.-P. Drapeau Picard

Figure 4. Piétinement du talus à la base d'une paroi aménagée pour l'escalade à la montagne d'Argent, à La Conception, au Québec. L'effet du piétinement se constate par l'absence de végétation sur une bande de quelques mètres de largeur le long de la base de la paroi.

à l'escalade depuis 2 ans. Ces résultats suggèrent que l'état des populations de certaines espèces résilientes peut être restauré relativement rapidement, après quelques années sans exposition aux grimpeurs. Kelly et Larson (1997) ont observé que les populations de *Thuja occidentalis* sur des parois de l'escarpement du Niagara ont des proportions plus faibles d'individus plus vieux et plus jeunes dans les sites où l'escalade est pratiquée. Les auteurs ont aussi noté un pourcentage élevé d'individus portant des marques de dommages, et soupçonnent que l'escalade pourrait nuire à la régénération des peuplements. En Allemagne, Vogler et Reish (2011) ont comparé des populations de *Draba aizoides*, une brassicacée rare et protégée dans certains pays d'Europe, sur des sites où se pratique l'escalade à d'autres non exposés à cette activité. Ils ont mesuré une taille et une abondance réduites des individus des populations des sites fréquentés par des grimpeurs.

Les grimpeurs recherchent les mêmes caractéristiques de parois qui sont spécifiques à certaines espèces végétales.

Les parois plus ensoleillées, par exemple, sont associées à des espèces végétales reliques. Elles sont aussi attrayantes pour les grimpeurs, puisqu'elles sèchent plus rapidement le matin ou après les précipitations, en plus d'être praticables pendant une plus longue période de l'année en raison des températures plus élevées (Müller et collab., 2004). Il peut donc y avoir conflit entre la valeur écologique d'une paroi et son intérêt comme site d'escalade.

L'incidence de la poudre de magnésie est peu documentée. Dans la seule étude sur le sujet publiée à ce jour, Hepenstrick et collab. (2020) montrent que cette substance peut nuire à la germination et à la croissance de certaines espèces de fougères et de mousses.

Lichens

Les parois aménagées pour l'escalade présentent une diversité et une abondance de lichens plus faibles que celles sans escalade (Adams et Zaniewski, 2012 ; Clark et Hessler, 2015 ; Covy et collab., 2019 ; Tessler et Clark, 2016). Les lichens foliacés et fruticuleux sont particulièrement affectés (Adams et Zaniewski, 2012). Le couvert de lichens est drastiquement réduit lors de l'aménagement de nouvelles voies et la diminution s'accroît en fonction de l'achalandage (Schweizer et collab., 2021).

Conséquences pour la faune

La présence de grimpeurs a un effet direct sur les espèces animales dont l'habitat inclut des sites d'escalade. La faune est aussi influencée indirectement par la modification des ressources alimentaires et la structure de l'habitat (McCaffrey et Galen, 2011 ; Pescott et collab., 2015). Par exemple, le piétinement de la végétation autour des sites d'escalade peut réduire l'abondance de ressources alimentaires et fragmenter l'habitat de certaines espèces (Rusterholz et collab., 2011). Nourrir la faune, directement ou en laissant des résidus alimentaires sur les sites, peut aussi avoir des conséquences (Apollo, 2021).

Mammifères

Les quelques études réalisées pour mesurer les répercussions de l'escalade sur les mammifères ont porté sur les chauves-souris. Au Colorado, Wilson (2019) a montré que les chauves-souris sont plus diversifiées et abondantes sur les parois qui ne sont pas utilisées pour l'escalade. L'escalade représente une source potentielle de dérangement et d'introduction du syndrome du museau blanc et a été identifiée comme activité susceptible de nuire à la chauve-souris blonde (*Antrozous pallidus*), une espèce menacée au Canada (ECCC, 2017a).

Oiseaux

La présence de grimpeurs modifie le comportement des oiseaux qui nichent sur les parois des falaises, ce qui pourrait nuire à l'alimentation des oisillons et augmenter le risque de prédation (Attarian et Keith, 2008). Ces perturbations contribuent à réduire le succès reproducteur de plusieurs espèces.

La présence de grimpeurs est associée à une réduction de la diversité aviaire, à une diminution de l'utilisation des escarpements par certaines espèces et à une augmentation de la présence d'espèces d'oiseaux généralistes et exotiques (Camp et Knight, 1998 ; Covy et collab. 2019). Ainsi, Brambilla et collab. (2004) ont observé un taux de reproduction plus faible chez les faucons pèlerins (*Falco peregrinus*) nichant sur des escarpements aussi occupés par des corbeaux (*Corvus corax*) ou fréquentés par des grimpeurs en comparaison avec des faucons exposés à aucune de ces deux perturbations. Les faucons exposés à la fois aux corbeaux et aux grimpeurs ont eu un taux de reproduction nul.

Invertébrés

L'influence de l'escalade sur les invertébrés est largement sous-documentée (Holzschuh, 2016). L'une des rares études a été réalisée par McMillan et collab. (2003) sur l'escarpement du Niagara, en Ontario. Les auteurs ont observé une densité et une diversité de gastéropodes plus basses sur les parois utilisées pour l'escalade. Ces résultats ont été corroborés par Schmera et collab. (2018) en Suisse.

L'influence de l'escalade sur les arthropodes n'a été documentée que par Covy et collab. (2019). Les auteurs ont comparé les arthropodes sur des sites peu et très achalandés et n'ont détecté aucun effet de l'achalandage sur la biomasse et la diversité de ces organismes. Par contre, leur dispositif expérimental n'incluait pas de sites témoins, c'est-à-dire des sites sans escalade. De plus, les arthropodes échantillonnés n'ont été identifiés qu'au niveau de l'ordre, ce qui fournit peu d'informations sur la composition des assemblages.

Exemples de mesures d'atténuation existantes

Les organisations qui encadrent l'escalade sont sensibles aux conséquences de cette discipline en milieu naturel et incitent leurs membres à s'adonner à leur passion tout en respectant l'environnement (Attarian et Keith, 2008). En Amérique du Nord, des mesures d'atténuation ont été mises en place dès les années 1970 par des organisations qui encadrent la pratique de l'escalade pour réduire l'achalandage sur les parois où nichent des rapaces (Pyke, 1997). Initialement marginales, ces mesures sont désormais largement répandues.

Dans certains parcs nationaux états-uniens, un permis est requis pour les grimpeurs qui bivouaquent à proximité des sites d'escalade. L'imposition d'un permis est un exemple de mesure permettant de restreindre l'accès à certains sites (Attarian et Keith, 2008). Au Québec, la plupart des sites d'escalade sont réservés aux membres de la FQME. Toutefois, les contrôles y sont rares et des grimpeurs non membres les fréquentent (observation personnelle).

Aujourd'hui, la plupart des documents de référence sur l'escalade comprennent une section dédiée aux conséquences environnementales de ce sport (Attarian et Keith, 2008). En collaboration avec des organismes de protection de la faune, des guides de bonnes pratiques ont été créés pour limiter les répercussions des grimpeurs sur certaines espèces protégées (Bussière, 2010 ; Hutson et Penney, 2017). Au Québec, par

exemple, l'accès à certaines voies d'escalade est interdit pendant la période de nidification du faucon pèlerin (Bussière, 2010).

Les mesures d'atténuation se reflètent dans le comportement des grimpeurs. Les résultats d'un sondage mené auprès de grimpeurs états-uniens et canadiens montrent que la majorité d'entre eux condamnent le fait de laisser les chiens sans laisse sur les sites d'escalade et le fait d'outrepasser les restrictions visant à protéger les rapaces qui y nichent (Carter et collab., 2020). Toutefois, les grimpeurs moins expérimentés sont moins sensibilisés aux conséquences environnementales de leur sport (Schwartz et collab., 2019).

Il arrive aussi que des restrictions d'accès soient imposées aux grimpeurs et aux organisations. Par exemple, des sites ont été complètement fermés à la suite d'une décision unilatérale des autorités. C'est le cas du mont Saint-Hilaire, au Québec, où, après des décennies d'utilisation par les grimpeurs, l'escalade a été interdite pour protéger la faune et la flore (Tison, 2018). De même, l'accès aux falaises a été interdit au parc national du Bic peu après sa création et le demeure à ce jour malgré des négociations avec une association locale de grimpeurs (Faubert, 2014; Sépaq, communication personnelle).

Discussion

Sans vouloir décourager la pratique de l'escalade, cette revue de littérature vise en premier lieu à mettre en lumière la grande valeur écologique des habitats que sont les falaises, les escarpements, les blocs et les talus d'éboulis. Ceux-ci hébergent des espèces rares ou endémiques, de même que des populations reliques, et représentent ainsi des îlots de biodiversité (Koponen, 1990; Morisset, 1979). Les récentes descriptions d'espèces témoignent du potentiel de découverte de ces habitats (Anderson et Lendemer, 2016; Brinker et Knudsen, 2019).

La popularité grandissante de l'escalade accroît l'achalandage aux sites existants et motive l'aménagement de nouveaux sites. L'augmentation rapide du nombre de grimpeurs (figure 2) représente un défi pour la croissance durable de l'escalade en milieu naturel. Dans les régions où les parois rocheuses sont rares, l'aménagement et l'utilisation des sites d'escalade peuvent entrer en conflit avec la conservation des espèces associées à ces habitats.

Les recherches réalisées pour documenter les conséquences de l'escalade montrent un effet généralement négatif sur les espèces spécialistes, mais positif sur certaines espèces généralistes (Brambilla et collab., 2004; Camp et Knight, 1998; Covy et collab., 2019). Certaines espèces retrouvent toutefois leur état initial quelques années seulement après l'arrêt de l'escalade, ce qui est encourageant pour la restauration (Nuzzo, 1995). Toutefois, les espèces à croissance plus lente, comme les lichens, ne sont probablement pas aussi résilientes.

Lacunes dans les connaissances actuelles

La majorité des études recensées portent sur la flore et, dans une moindre mesure, sur les oiseaux et les gastéropodes. Les conséquences de l'escalade demeurent sous-documentées pour plusieurs autres groupes d'organismes, notamment

les arthropodes, les amphibiens et les reptiles (Holzschuh, 2016). Les arthropodes constituent pourtant la vaste majorité des espèces animales terrestres. Ils comprennent d'ailleurs des groupes qui peuvent être utilisés avantageusement comme indicateurs écologiques, par exemple les araignées et les fourmis (Pétillon et collab., 2014). Les futures recherches devraient donc inclure certains groupes d'arthropodes.

Dans une synthèse récente, Boggess et collab. (2021) soulignent que la majorité des études sur les répercussions de l'escalade n'incluent pas de groupe témoin adéquat, ce qui mériterait d'être corrigé. Probablement par contrainte logistique, la plupart des auteurs ont comparé des sites d'escalades déjà aménagés à d'autres sites intacts. Schweizer et collab. (2021) sont probablement les seuls à avoir caractérisé des habitats rocheux avant et après utilisation par des grimpeurs. L'aménagement de nouvelles voies constituant l'une des principales perturbations associées à l'escalade, il est primordial de quantifier son incidence.

La majorité des études ont porté sur l'escalade d'escarpements rocheux. Peu ont porté sur l'escalade de blocs, et aucune sur l'escalade de glace. Les premières recherches sur l'incidence de la poudre de magnésie suggèrent que des organismes y sont sensibles, mais cela reste à démontrer, en particulier pour la flore et la faune gastéropode.

Pistes pour les efforts de conservation et les recherches

Bien que des changements dans le comportement des grimpeurs aient été observés à la suite des efforts de sensibilisation, l'effet réel des mesures d'atténuation sur la biodiversité n'a pas encore été mesuré (Carter et collab., 2020). Par exemple, si la situation du faucon pèlerin s'est améliorée au cours des dernières années en Amérique du Nord, il est impossible d'isoler l'effet des mesures relatives à l'escalade (EROP, 2018). Pour perfectionner les mesures d'atténuation, optimiser les efforts de conservation et justifier les restrictions d'accès à certains sites d'escalade, il est nécessaire de déterminer l'efficacité réelle des mesures qui sont mises en place. Pour ce faire, des suivis doivent être réalisés là où des mesures ont été instaurées, mais aussi sur des sites d'escalade sans mesure et sur des sites sans escalade, et ce pendant quelques années, selon les espèces.

Même si l'escalade a connu un essor au cours des dernières décennies, plusieurs régions conservent un pourcentage élevé d'habitats aux parois rocheuses intactes. Par contre, le nombre exact et les caractéristiques écologiques de ces sites sont souvent inconnus. À l'aide d'outils géomatiques, il serait pertinent de combiner les données d'imagerie satellitaire et de cartes topographiques pour inventorier les habitats rocheux dans une région donnée (deCastro-Arrazola et collab., 2021).

L'absence d'un groupe témoin adéquat est une lacune méthodologique majeure dans la plupart des études sur les conséquences de l'escalade (Boggess et collab., 2021). Les données prises avant toute perturbation, comparées

à celles d'inventaires réalisés après l'aménagement des voies et leur utilisation, permettraient de connaître ces conséquences. La réalisation d'un inventaire de biodiversité avant l'aménagement de nouvelles voies d'escalade devrait faire partie des bonnes pratiques. Des grimpeurs « éclairés » adéquatement formés pourraient participer à la réalisation de tels inventaires en utilisant des méthodes d'échantillonnage adaptées aux espèces visées. Des drones pourraient aussi être utilisés pour inventorier la végétation des escarpements, comme cela a été fait en Italie et en Chine (Strumia et collab., 2020; Zhou et collab., 2021). Ces données pourraient ensuite servir à identifier les sites à prioriser pour la conservation. Cette approche favoriserait un équilibre entre la conservation de la biodiversité et la pratique durable de l'escalade en milieu naturel. Les sites à haute valeur écologique, c'est-à-dire hébergeant des espèces protégées ou des assemblages d'espèces remarquables, devraient être préservés de l'escalade et de toute autre activité pouvant menacer leur intégrité.

Les parois rocheuses étant difficiles d'accès, les grimpeurs constituent des collaborateurs potentiels très utiles pour en documenter la biodiversité (Bogges, 2013). D'ailleurs, les techniques d'escalade ont récemment été utilisées à cette fin (Battisti et collab., 2021; Villarroel et collab., 2022). Des programmes existent pour documenter l'occupation par les oiseaux de proie, notamment le faucon pèlerin (Bussière, 2010). D'autres protocoles pourraient être élaborés en collaboration avec les associations d'escalade pour faire le suivi de taxons différents, en fonction des champs d'intérêt et des priorités locales. Finalement, l'utilisation de plateformes de science participative (p. ex. iNaturalist.org) pourrait être encouragée pour colliger les observations.

Conclusion

L'escalade constitue une perturbation pour plusieurs espèces associées aux habitats où on la pratique. Les données disponibles ne permettent pas de tirer des conclusions générales. Les organisations qui encadrent la pratique de ce sport sont néanmoins sensibles à ces perturbations et ont adopté des mesures pour les diminuer. L'augmentation rapide du nombre de grimpeurs représente un défi pour la croissance durable de l'escalade en milieu naturel. Les répercussions de cette activité demeurent à évaluer pour plusieurs taxons, notamment les arthropodes, les amphibiens et les reptiles. La réalisation d'un inventaire de biodiversité avant l'aménagement de nouvelles voies devrait faire partie des bonnes pratiques. Des suivis sont nécessaires pour évaluer l'effet des mesures d'atténuation. Une collaboration plus étroite entre les experts en conservation et les organisations qui encadrent la pratique de l'escalade permettrait le développement durable de cette discipline tout en contribuant à l'avancement des connaissances sur les habitats rocheux.

Remerciements

L'auteur remercie l'équipe éditoriale du *Naturaliste canadien* et 2 réviseurs pour leur contribution à la qualité de cette revue de littérature. L'auteur est aussi reconnaissant envers Denys Dubuc et Amélie Toupin, grimpeurs d'expérience, ainsi qu'à Constance Morel, dont les commentaires ont contribué à la qualité du manuscrit. ◀

Références

- ADAMS, M.D. et K. ZANIEWSKI, 2012. Effects of recreational rock climbing and environmental variation on a sandstone cliff-face lichen community. *Botany*, 90: 253-259. <https://doi.org/10.1139/b11-109>.
- ANDERSON, F. et J.C. LENDEMER, 2016. *Aspicilia bicensis* (Megasporaceae), a new sterile, pustulose lichen from eastern Canada. *The Bryologist*, 119: 8-15. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-119.1.008>.
- APOLLO, M., 2021. Environmental impacts of mountaineering: A conceptual framework. Springer, New York, 63 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-72667-6>.
- ATTARIAN, A. et J. KEITH, 2008. Climbing management: A guide to climbing issues and the development of a climbing management plan. The Access Fund, Boulder (CO). 76 p.
- BATTISTI, A., M. GABAGLIO, M. RUGHETTI, R. BIONDA, R. AMSTUTZ, G. DUSEJ et R. VODĀ, 2021. Use of the single rope access technique reveals habitat use patterns for the elusive *Erebia christi* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Journal of Insect Conservation*, 25: 77-87. <https://doi.org/10.1007/s10841-020-00284-6>.
- BAUR, B., L. FRÖBERG et A. BAUR, 1995. Species diversity and grazing damage in a calcicolous lichen community on top of stone walls in Öland, Sweden. *Annales Botanici Fennici*, 32: 239-250.
- BLEICH, V.C., 1999. Mountain sheep and coyotes: Patterns of predator evasion in a mountain ungulate. *Journal of Mammalogy*, 80: 283-289. <https://doi.org/10.2307/1383228>.
- BOGGESS, L.M., 2013. Cliff ecology of the Big South Fork National River and Recreation Area. Mémoire de maîtrise, Appalachian State University, Boone (NC), 62 p. Disponible en ligne à : https://libres.uncg.edu/ir/asu/f/Bogges,%20Laura_2013_Thesis.pdf.
- BOGGESS, L.M., G.R. HARRISON et G. BISHOP, 2021. Impacts of rock climbing on cliff vegetation: A methods review and best practices. *Applied Vegetation Science*, 24: e12583. <https://doi.org/10.1111/avsc.12583>.
- BRAMBILLA, M., D. RUBOLINI et F. GUIDALI, 2004. Rock climbing and raven *Corvus corax* occurrence depress breeding success of cliff-nesting peregrines *Falco peregrinus*. *Ardeola*, 51: 425-430.
- BRINKER, S.R. et K. KNUDSEN, 2019. The first confirmed report of *Acarospora bullata* from North America. *Opuscula Philolichenum*, 18: 11-16.
- BUSSIÈRE, F., 2010. Escalade et conservation. Guide de gestion des parois d'escalade pour la protection des oiseaux de proie. Regroupement Québec Oiseaux, Montréal, 25 p.
- CAMP, R.J. et R.L. KNIGHT, 1998. Rock climbing and cliff bird species diversity at Joshua Tree National Park, California. *Wildlife Society Bulletin*, 26: 892-898.
- CARTER, D.P., G. HUTSON, P. LAM, J. ROSE et N. FURMAN, 2020. The self-governance challenges facing climbers, with examples from Utah, Colorado, and Ontario. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 31: 100-323. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2020.100323>.
- [CDPNQ] CENTRE DE DONNÉES SUR LE PATRIMOINE NATUREL DU QUÉBEC, 2008. Les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec. 3^e édition. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 180 p. Disponible en ligne à : <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/1906122>.

- [CIO] COMITÉ INTERNATIONAL OLYMPIQUE, 2016. Le CIO approuve l'admission de cinq nouveaux sports au programme des Jeux olympiques de Tokyo 2020. Disponible en ligne à : <https://olympics.com/cio/news/le-cio-approuve-l-admission-de-cinq-nouveaux-sports-au-programme-des-jeux-olympiques-de-tokyo-2020>. [Visité le 2022-05-15].
- CLARK, P. et A. HESSL, 2015. The effects of rock climbing on cliff-face vegetation. *Applied Vegetation Science*, 18: 705-715. <https://doi.org/10.1111/avsc.12172>.
- [COSEPAC] COMITÉ SUR LA SITUATION DES ESPÈCES EN PÉRIL AU CANADA, 2012. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le massasauga (*Sistrurus catenatus*) au Canada. Ottawa, xv + 95 p.
- [COSEPAC] COMITÉ SUR LA SITUATION DES ESPÈCES EN PÉRIL AU CANADA, 2014. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'arnica de Griscom (*Arnica griscomii* ssp. *griscomii*) au Canada. Ottawa, x + 41 p.
- [COSEPAC] COMITÉ SUR LA SITUATION DES ESPÈCES EN PÉRIL AU CANADA, 2015. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le crotale de l'Ouest (*Crotalus oregonus*) au Canada. Ottawa, xiii + 49 p.
- CÔTÉ, S.D., A. PERACINO et G. SIMARD, 1997. Wolf, *Canis lupus*, predation and maternal defensive behavior in mountain goats, *Oreamnos americanus*. *The Canadian Field-Naturalist*, 111: 389-392.
- COVY, N., L. BENEDICT et W.H. KEELEY, 2019. Rock climbing activity and physical habitat attributes impact avian community diversity in cliff environments. *PLoS ONE*, 14: e0209557. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209557>.
- DECASTRO-ARRAZOLA, I., M. MARCH-SALAS et J. LORITE, 2021. Assessment of the potential risk of rock-climbing for cliff plant species and natural protected areas of Spain. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9: 611362. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.611362>.
- [ECCC] ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA, 2017a. Programme de rétablissement de la chauve-souris blonde (*Antrozous pallidus*) au Canada. Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril. Environnement et Changement climatique Canada, Ottawa, 2 parties, 16 p. + 56 p.
- [ECCC] ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA, 2017b. Plan de gestion du faucon pèlerin de la sous-espèce pealei (*Falco peregrinus pealei*) au Canada. Environnement et Changement climatique Canada, Ottawa, 4 p. + 38 p.
- [EROP] ÉQUIPE DE RÉTABLISSMENT DES OISEAUX DE PROIE DU QUÉBEC, 2018. Plan de rétablissement du faucon pèlerin (*Falco peregrinus anatum/tundrius*) au Québec – 2019-2029. Produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 58 p. Disponible en ligne à : <https://mffp.gouv.qc.ca/nos-publications/plan-retablissement-faucon-pelerin-2019-2029/>.
- [EROP] ÉQUIPE DE RÉTABLISSMENT DES OISEAUX DE PROIE DU QUÉBEC, 2020. Plan de rétablissement de l'aigle royal (*Aquila chrysaetos*) au Québec – 2020-2030. Produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 58 p.
- FAUBERT, J., 2014. Les bryophytes du parc du Bic, Québec, Canada. Rapport présenté à la direction du parc national du Bic, 8 p. + annexes.
- FESTA-BIANCHET, M., T. COULSON, J.-M. GAILLARD, J.T. HOGG et F. PELLETIER, 2006. Stochastic predation events and population persistence in bighorn sheep. *Proceedings of the Royal Society B*, 273: 1537-1543. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3467>.
- [FQME] FÉDÉRATION QUÉBÉCOISE DE LA MONTAGNE ET DE L'ESCALADE, 2014. Équipement et aménagement d'un site naturel d'escalade — Manuel de l'ouvreur-équipieur. 233 p. + annexes.
- [FQME] FÉDÉRATION QUÉBÉCOISE DE LA MONTAGNE ET DE L'ESCALADE, 2021a. Textes officiels de la FQME. Fédération québécoise de la montagne et de l'escalade, Montréal. Disponible en ligne à : <https://fqme.qc.ca/textes-officiels/>. [Visité le 2022-05-15].
- [FQME] FÉDÉRATION QUÉBÉCOISE DE LA MONTAGNE ET DE L'ESCALADE, 2021b. Lieux de pratique. Fédération québécoise de la montagne et de l'escalade, Montréal. Disponible en ligne à : <https://fqme.qc.ca/escalade/presentation/>. [Visité le 2022-05-15].
- FRÖBERG, L., P. STOLL, A. BAUR et B. BAUR, 2011. Snail herbivory decreases cyanobacterial abundance and lichen diversity along cracks of limestone pavements. *Ecosphere*, 2: 1-43. <https://doi.org/10.1890/ES10-00197.1>.
- GIENGER, C.M. et D.D. BECK, 2011. Northern Pacific rattlesnakes (*Crotalus oregonus*) use thermal and structural cues to choose overwintering hibernacula. *Canadian Journal of Zoology*, 89: 1084-1090. <https://doi.org/10.1139/z11-086>.
- GRAHAM, L. et R.L. KNIGHT, 2004. Multi-scale comparisons of cliff vegetation in Colorado. *Plant Ecology*, 170: 223-234. <https://doi.org/10.1023/B:VEGE.0000021675.32902.7f>.
- HARRIS, S.A. et D.E. PEDERSEN, 1998. Thermal regimes beneath coarse blocky materials. *Permafrost and Periglacial Processes*, 9: 107-120. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1530\(199804/06\)9:2<107::AID-PPP277>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1530(199804/06)9:2<107::AID-PPP277>3.0.CO;2-G).
- HART, J.L. et D. SHANKMAN, 2005. Disjunct eastern hemlock (*Tsuga canadensis*) stands at its southern range boundary. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 132: 602-612. [https://doi.org/10.3159/1095-5674\(2005\)132\[602:DEHTCS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3159/1095-5674(2005)132[602:DEHTCS]2.0.CO;2).
- HARVEY, D.S. et P.J. WEATHERHEAD, 2006. Hibernation site selection by eastern massasauga rattlesnakes (*Sistrurus catenatus catenatus*) near their northern range limit. *Journal of Herpetology*, 40: 66-73. <https://doi.org/10.1670/89-05A.1>.
- HEPENSTRICK, D., A. BERGAMINI et R. HOLDEREGGER, 2020. The distribution of climbing chalk on climbed boulders and its impact on rock-dwelling fern and moss species. *Ecology and Evolution*, 10: 11362-11371. <https://doi.org/10.1002/ece3.6773>.
- HERRINGTON, R.E., 1988. Talus use by amphibians and reptiles in the Pacific Northwest. Dans: SZARO, R.C., K.E. SEVERSON et D.R. PATTON (édit.). *Management of amphibians, reptiles, and small mammals in North America*. USDA Forest Service, Flagstaff (AZ), p. 216-221.
- HOLZSCHUH, A., 2016. Does rock climbing threaten cliff biodiversity? – A critical review. *Biological Conservation*, 204: 153-162. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.010>.
- HUTSON, G. et M. PENNEY, 2017. Ontario rock climbing management: Partnerships and strategies. Présentation faite à: Protected Areas Conference, Ontario, Canada.
- JUREKOVA, N., N. RASCHMANOVA, D. MIKLISOVA et L. KOVAC, 2021. Mesofauna at the soil-scrub interface in a deep karst environment. *Diversity*, 13: 242. <https://doi.org/10.3390/d13060242>.
- KELLY, P.E. et D.W. LARSON, 1997. Effects of rock climbing on populations of presettlement eastern white cedar (*Thuja occidentalis*) on cliffs of the Niagara Escarpment, Canada. *Conservation Biology*, 11: 1125-1132. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1997.96248.x>.
- KINCAID, J.A., 2016. Structure and dendroecology of *Thuja occidentalis* in disjunct stands south of its contiguous range in the central Appalachian Mountains, USA. *Forest Ecosystems*, 3: 25. <https://doi.org/10.1186/s40663-016-0085-4>.
- KOPONEN, S., 1990. Spiders (*Araneae*) on the cliffs of the Forillon National Park, Québec. *Le Naturaliste canadien*, 117: 161-165.
- KUNTZ, K.L. et D.W. LARSON, 2006. Influences of microhabitat constraints and rock-climbing disturbance on cliff-face vegetation communities. *Conservation Biology*, 20: 821-832. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00367.x>.
- LAMBERTUCCI, S.A. et A. RUGGIERO, 2013. Cliffs used as communal roosts by Andean condors protect the birds from weather and predators. *PLoS ONE*, 8: e67304. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067304>.
- LARSON, D.W., U. MATTHES et P.E. KELLY, 2000. *Cliff ecology: Pattern and process in cliff ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, xvi + 340 p.
- LAVOIE, C. et A. SAINT-LOUIS, 2008. Can a small park preserve its flora? A historical study of Bic National Park, Québec. *Botany*, 86: 26-35. <https://doi.org/10.1139/B07-106>.

- SCHWEIZER, A.-M., L. HÖSCHLER et M.J. STEINBAUER, 2021. The physical damage of climbing activity on sandstone lichen cover. *Sustainability*, 13: 13590. <https://doi.org/10.3390/su132413590>.
- SPITALE, D. et J. NASCIMBENE, 2012. Spatial structure, rock type, and local environmental conditions drive moss and lichen distribution on calcareous boulders. *Ecological Research*, 27: 633-638. <https://doi.org/10.1007/s11284-012-0935-7>.
- STRUMIA, S., M. BUONANNO, G. ARONNE, A. SANTO et A. SANTANGELO, 2020. Monitoring of plant species and communities on coastal cliffs: Is the use of unmanned aerial vehicles suitable? *Diversity*, 12: 149. <https://doi.org/10.3390/d12040149>.
- TARDIF, B., G. LAVOIE et Y. LACHANCE, 2005. Atlas de la biodiversité du Québec. Les espèces menacées ou vulnérables. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, Direction du développement durable, du patrimoine écologique et des parcs, Québec, 60 p. Disponible en ligne à : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/atlas-biodiversite-quebec-especes-menacees-vulnerables.pdf>.
- TESSLER, M. et T.A. CLARK, 2016. The impact of bouldering on rock-associated vegetation. *Biological Conservation*, 204: 426-433. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.004>.
- THOMSON, J.W., 1984. American Arctic Lichens. 1. The Macrolichens. Columbia University Press, New York, 504 p.
- TISON, M., 2018. Escalade au mont Saint-Hilaire : pas pour demain! La Presse. Disponible en ligne à : https://plus.lapresse.ca/screens/2474d7ba-8ea2-4e76-967c-e7128e4f3bef__7C__0.html. [Visité le 2022-05-15].
- VILLARROEL, A.E., K. MENEGOZ, C. LE QUESNE et R. MORENO-GONZALEZ, 2022. *Valeriana praecipitis* (Caprifoliaceae), a species new to science and endemic to central Chile. *PhytoKeys*, 189: 81-98. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.189.73959>.
- VIRTANEN, R. et J. OKSANEN, 2007. The effects of habitat connectivity on cryptogam richness in boulder metacommunity. *Biological Conservation*, 135: 415-422. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.10.013>.
- VOGLER, F. et C. REISCH, 2011. Genetic variation on the rocks – The impact of climbing on the population ecology of a typical cliff plant. *Journal of Applied Ecology*, 48: 899-905. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01992.x>.
- WALKER, G.L., 1987. Ecology and population biology of *Thuja occidentalis* L. in its southern disjunct range. Thèse de doctorat, University of Tennessee, Knoxville (TN), 320 p.
- WARD, J.P. et S.H. ANDERSON, 1988. Influences of cliffs on wildlife communities in southcentral Wyoming. *The Journal of Wildlife Management*, 52: 673-678. <https://doi.org/10.2307/3800930>.
- WETMORE, C., 2002. R9 species conservation assessment for *Arctoparmelia centrifuga* (L.) Hale in the Upper Great Lakes National Forests. Rapport remis au United States Forest Service, 11 p. Disponible en ligne à : <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/163583/ArctoparmeliaCentrifuga2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- WIESER, D., H. MIXANIG, K. KRAINER, A. BRUCKNER et G. REITER, 2020. The importance of inland cliffs and quarries for bats. *Acta Chiropterologica*, 22: 391-402. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2020.22.2.013>.
- WILSON, A.K., 2019. The impacts of rock climbing on the selection of roosts by bats and the influence of these mammals on the biodiversity and nutrient influx of cliff-face ecosystems. Thèse de doctorat, University of Northern Colorado, Greeley (CO), 156 p. Disponible en ligne à : <https://digscholarship.unco.edu/dissertations/647/>.
- WISER, S.K., 1994. High-elevation cliffs and outcrops of the southern Appalachians: Vascular plants and biogeography. *Castanea*, 59: 85-116.
- ZACHARDA, M., M. GUDE, S. KRAUS, C. HAUCK, R. MOLENDEN et V. RŮŽIČKA, 2005. The relict mite *Rhagidia gelida* (Acari, Rhagidiidae) as a biological cryoindicator of periglacial microclimate in European highland screes. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 37: 402-408. [https://doi.org/10.1657/1523-0430\(2005\)037\[0402:TRMRGA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1657/1523-0430(2005)037[0402:TRMRGA]2.0.CO;2).
- ZANI, P.A., T.D. JONES, R.A. NEUHAUS et J.E. MILGROM, 2009. Effect of refuge distance on escape behavior of side-blotched lizards (*Uta stansburiana*). *Canadian Journal of Zoology*, 87: 407-414. <https://doi.org/10.1139/Z09-029>.
- ZHOU, H., J. ZHU, J. LI, Y. XU, Q. LI, E. YAN, S. ZHAO, Y. XIONG et D. MO, 2021. Opening a new era of investigating unreachable cliff flora using smart UAVs. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 7: 638-648. <https://doi.org/10.1002/rse2.214>.

EN ACTION

POUR LA FAUNE EN DANGER



Grâce à la générosité de nos donateurs et aux contributions des chasseurs, des pêcheurs et des piégeurs, la Fondation de la faune soutient des projets de protection et de restauration d'habitats des espèces menacées et vulnérables du Québec.



Fondation
de la faune
du Québec

› **Faites un don:** www.fondationdelafaune.qc.ca



Yvan Bedard
PHOTONATURE
Ph.D. Prof. émérite
Neuville, Qc
Canada G0A 2R0
1-418-561-7046

yvan_bedard@hotmail.com
PHOTOS-LICENCES-COURS-CONSEILS
<http://yvanbedardphotonature.com>