

Plan de gestion pour la Zone spécialement protégée de l'Antarctique n°175

ZONES GÉOTHERMIQUES DE HAUTE ALTITUDE DE LA RÉGION DE LA MER DE ROSS (parties des sommets du Mont Erebus, sur l'île Ross, du Mont Melbourne et du Mont Rittman, au Nord de Terre Victoria)

Introduction

Il existe quelques sites isolés en Antarctique où la température de la surface du sol est plus élevée que la température de l'air ambiant en raison de l'activité géothermique. Des émissions de vapeur de fumerolles (brèches dans la croûte terrestre qui émettent de la vapeur et des gaz) se condensent pour former un approvisionnement en eau relativement régulier, lequel, avec les températures chaudes du sol, fournit un environnement propice à un assemblage unique et varié d'organismes. Ces sites sont rares et sont peu étendus: ils ne couvrent pas plus de quelques hectares sur le continent antarctique et les îles circumpolaires (ou les sites maritimes). La communauté biologique présente sur les sites continentaux géothermiques se situent en haute altitude et se distingue nettement des autres communautés présentes sur les sites géothermiques maritimes en raison des différences qui existent dans l'environnement abiotique.

Il existe trois sites géothermiques de haute altitude dans la région de la mer de Ross, qui abritent des communautés biologiques uniques. Il s'agit du sommet du Mont Erebus, sur l'île Ross, du Mont Melbourne et du Mont Rittman, au nord de Terre Victoria. Le seul autre site de haute altitude connu où l'on a constaté des activités fumaroliques se trouve sur le Mont Berlin, Terre Marie Byrd, Antarctique occidentale, bien qu'aucune recherche biologique n'ait été menée sur ce site.

Les sites géothermiques sont sensibles à l'introduction de nouvelles espèces, en particulier par vecteurs humains, car ils présentent un environnement où peuvent se développer des organismes typiques de régions plus tempérées. Ces sites autrefois isolés sont aujourd'hui l'objet de visites plus fréquentes menées à des fins scientifiques et récréatives et qui nécessitent un soutien logistique. Des espèces venant d'autres sites antarctiques, et localement non indigènes des sites géothermiques, ou des espèces venant d'autres régions que l'Antarctique, pourraient être introduites accidentellement dans la zone lors d'activités humaines. Les sites géothermiques de haute altitude sont également sensibles aux dommages physiques qui pourraient être causés au substrat par le piétinement ou par échantillonnage, car des perturbations de la structure du sol peuvent affecter l'emplacement et le débit des émissions de vapeur dans lesquelles vivent les communautés biologiques. La fragilité et la faible étendue de ces communautés biologiques accentuent la nécessité de les protéger.

La raison principale justifiant la désignation des sites géothermiques de haute altitude de la région de la mer de Ross comme Zone spécialement protégée de l'Antarctique tient à la volonté de protéger leurs valeurs écologiques remarquables, en particulier les communautés biologiques uniques présentes dans cet environnement où les facteurs sélectifs sont uniques et résultent de l'assemblage d'organismes qu'on ne trouve nulle part ailleurs dans le monde. Les communautés biologiques sont extrêmement sensibles à l'introduction d'espèces végétales, animales et de micro-organismes non indigènes ou de terre non-stérilisée provenant d'autres régions d'Antarctique ou de régions extérieures à l'Antarctique, ainsi qu'aux perturbations physiques liées au piétinement ou au suréchantillonnage causés par l'homme. Si la protection des valeurs écologiques remarquables (particulièrement les communautés biologiques) des sites géothermiques de haute altitude constitue la raison principale de leur désignation, la protection de leurs autres valeurs scientifiques, telles que la microbiologie, la botanique, la biologie terrestre, la géomorphologie et la géologie, n'en est pas moins importante.

La zone comprend trois sites géothermiques de haute altitude; la Tramway Ridge, au sommet du Mont Erebus (77° 31'S; 167° 06'E), trois emplacements d'activité géothermique au sommet du Mont Melbourne (74° 21'S; 164° 42'E), et le sommet du Mont Rittman (73° 28'S; 165° 37'E) (Carte A).

La Tramway Ridge, sur le Mont Erebus, était, à l'origine, désignée par la Recommandation XIII-8 (1985) comme Site présentant un intérêt scientifique particulier (SISP) n°11 sur proposition de la Nouvelle-Zélande en raison du fait que la zone abrite un écosystème inhabituel d'une valeur scientifique exceptionnelle pour les botanistes et les microbiologistes. Le plan de gestion a été examiné et adopté par la Mesure 2 (1995) et la Mesure 3 (1997). Le site a été redésigné Zone spécialement protégée de l'Antarctique (ZSPA) n°130 par la Décision 1 (2002). Le plan de gestion a été révisé et adopté par la Mesure 1 (2002). Il a été réexaminé et adopté sans aucune modification lors du Xe CPE (2007).

À l'origine, le sommet du Mont Melbourne a été désigné par la Recommandation XVI-5 (1987) comme SISP n°24 sur proposition de la Nouvelle-Zélande et de l'Italie en raison du fait que la zone comporte des sols géothermiques qui abritent une communauté biologique unique et variée. Au sein du SISP n°24, la crête Cryptogam a été désignée comme Zone spécialement protégée (ZSP) n°22 par la Recommandation XVI-8 (1991). Le SISP n°24 et la ZSP n°22 ont été redésignés comme ZSPA n°118a et 118b respectivement par la Décision 1 (2002). Un plan de Gestion fusionné désignant les deux zones comme ZSPA n°118 a été adopté par la Mesure 2 (2003), avec des Zones interdites et des Zones restreintes imposant des conditions d'accès plus strictes que dans l'ancienne ZSP n°22. Un plan de gestion révisé a été adopté par la Mesure 5 (2008).

Le Mont Rittmann a été découvert lors de la 4^{ème} expédition italienne menée la saison 1988/89. Lors de la 6^{ème} expédition italienne menée durant la saison 1991/92, des fumerolles et des sols réchauffés par l'activité géothermique ont été découverts dans un petit cratère volcanique. Le site n'a fait l'objet d'aucune désignation de protection précédemment.

Le Mont Erebus et le Mont Melbourne sont visités chaque année par des scientifiques de nombreuses disciplines ainsi qu'à des fins de gestion (par exemple concernant les bornes, les relais radio et les cabanes de terrain). Depuis sa découverte, le nombre de visites au Mont Rittman ne cesse de croître.

La Tramway Ridge, sur le Mont Erebus, se situe dans l'Environnement S - Géologique de McMurdo - Terre Victoria du Sud, d'après les Analyses des domaines environnementaux pour l'Antarctique (Résolution 3 (2008)) et dans la Région 9 - Terre Victoria du Sud, d'après les Régions de conservation biogéographiques de l'Antarctique (Résolution 6 (2012)). L'Environnement S comprend d'autres zones protégées : les ZSPA n°105, 116, 121, 122, 123, 124, 131, 137, 138, 154, 155, 156, 157, 158, 161 et 172 ainsi que la ZGSA n° 2.

Les Monts Melbourne et Rittman se situent tous deux dans l'Environnement U - Géologique du nord de Terre Victoria, d'après les Analyses des domaines environnementaux pour l'Antarctique, et dans la Région 8 - Nord de Terre Victoria, d'après par les Régions de conservation biogéographiques de l'Antarctique. L'Environnement U comprend d'autres zones protégées : les ZSPA n°106, 165 et 173.

Il s'agit ici de la seule ZSPA ou ZGSA désignée dans la région de la mer de Ross pour protéger des environnements géothermiques. Dans le système des zones protégées qui protègent un environnement géothermique, il n'existe qu'une seule autre ZSPA : la ZSPA n°140, Parties de l'île de la Déception, îles Shetland du Sud. Cependant, la ZSPA n°140 protège des communautés biologiques de l'Antarctique maritime qui diffèrent significativement des communautés biologiques de haute altitude.

La désignation de ces sites comme zone protégée renforce le système des zones protégées de l'Antarctique car la zone: (i) comprend les emplacements connus de sols antarctiques de haute altitude chauffés par l'activité géothermique résultant des caractéristiques physiques et chimiques de la zone, abrite des communautés biologiques qui sont uniques sur le plan régional et mondial, et (ii) est sensible aux perturbations humaines, particulièrement à l'introduction potentielle d'espèces non indigènes provenant de régions antarctiques biologiques distinctes ou de régions extérieures à l'Antarctique ou d'emplacements géothermiques différents sur un site spécifique, ainsi qu'aux dégâts causés par le piétinement et le suréchantillonnage. La taille de chaque site de la zone est suffisante pour assurer une protection appropriée des valeurs identifiées.

1. Description des valeurs à protéger

La région de la mer de Ross comporte de vastes zones volcaniques datant du Quaternaire et du Néogène supérieur. Toutefois, l'activité géothermique n'a jusqu'à présent pu être confirmée que sur trois sites : les Monts Erebus, Melbourne et Rittman. Des fumerolles (des brèches dans le sol dégageant de la vapeur) et un sol brûlant sont la manifestation en surface de l'activité géothermique des sites. Des tours de glace ou des pics de glace creux (des cheminées) peuvent se former autour des fumerolles en raison de la condensation et du gel de la vapeur d'eau et atteindre plusieurs mètres de diamètre et de hauteur. Des hummocks de glace et de neige sont également présents sur les sols chauffés par l'activité géothermique. D'autres zones de sols chauffés sont généralement libres de glace durant l'été et conservent une température en surface supérieure aux températures de l'air ambiant.

La plupart des zones de fumerolles et de sol chaud se situent sur ou à côté des caldeiras des sommets de chaque volcan, même si les zones d'activité de surface s'étendent en aval du versant nord-ouest du Mont Melbourne. Bien que ces zones dans la région de la mer de Ross soient isolées de la haute altitude des sommets volcaniques, l'environnement abrite des communautés biologiques constamment approvisionnées en eau (provenant de la vapeur condensée et de la fonte des neiges) et qui bénéficient de températures adaptées à leur développement ainsi que d'un abri (sous la glace et les hummocks de neige) les protégeant des conditions extrêmes. Au vu de l'isolation extrême et de l'ensemble des pressions de sélection naturelle, certains chercheurs pensent que ces habitats pourraient abriter certaines des premières formes de vie de la planète, dont bon nombre n'ont pas encore été décrites.

Les communautés végétales des sites géothermiques continentaux de haute altitude diffèrent fortement des autres sites géothermiques maritimes antarctiques et subantarctiques. Les communautés de la région de la mer de Ross sont dominées par les algues et par une faible diversité d'espèces par rapport à ce que l'on trouve dans les sites antarctiques maritimes. Ces derniers sont dominés par des bryophytes et par une forte diversité d'espèces de plusieurs groupes. Dans les sites géothermiques de la région de la mer de Ross, il n'y a pas de trace de diatomée ; par ailleurs, seule une forme de ce qui pourrait être un lichen, une sorte de croûte noirâtre non identifiée, a été découverte sur le Mont Melbourne. Douze espèces de bryophytes, d'algues et de protozoaires présentes dans ces zones n'ont jamais été observées ailleurs en Antarctique (Annexe 1, Tableau 1). Bien que ces zones soient situées dans la même région géographique, les communautés végétales des trois sites diffèrent ; cinq des douze espèces de bryophytes, d'algues et de protozoaires qui n'ont jamais été observées ailleurs en Antarctique n'étant présentes que sur un seul site dans la région de la mer de Ross (Annexe 1, Tableau 1).

Les particularités des micro-organismes présents dans ces communautés n'ont été que peu déterminées, voire pas déterminées. Toutefois, des études récentes ont commencé à dévoiler la présence de communautés microbiennes uniques et variées. Des études menées sur des extrémophiles (des organismes qui se développent dans les environnements physiques ou géochimiques extrêmes) sont primordiales pour comprendre l'évolution de la vie des premiers habitants de la Terre qui ont peut-être évolués dans des habitats extrêmes. Tous les micro-organismes identifiés sur ces sites ne sont pas des thermophiles (des organismes dont le taux de croissance est optimal lorsque les températures sont élevées, généralement comprises entre 45° et 122°C). Certains se développent de manière optimale à des températures mésophiles (températures modérées généralement comprises entre 20°C et 45°C). Cela met en lumière la vulnérabilité de ces communautés biologiques face aux perturbations physiques du substrat telles que le piétinement ou l'échantillonnage.

Alors que les conditions environnementales (par ex. l'approvisionnement régulier en eau libre, des températures propices au développement et une protection physique ou un abri contre le climat extrême) des trois sites géothermiques de haute altitude isolés dans la région de la mer de Ross paraissent semblables, les communautés biologiques diffèrent d'un site à l'autre. Cela pourrait s'expliquer par des différences de la composition physico-chimique des sols (par ex. le pH, la teneur en nutriments, la taille des grains de substrat, le taux d'humidité) qui pourraient influencer le développement d'assemblage d'espèces unique sur chaque site.

Autre hypothèse: ces environnements pourraient avoir été colonisés occasionnellement par des propagules viables disséminés par les vents à partir d'autres sites antarctiques ou d'îles circumpolaires, ou d'autres continents. Si elle reste rare, la dissémination peut toutefois donner lieu à la colonisation des sols par des propagules viables de quelques espèces disséminées sur chaque site. Ainsi, plusieurs souches isolées de *B. fumarioli* du Mont Rittman ont montré des similitudes notables avec des souches provenant des îles Candlemas, dans l'archipel Sandwich du Sud, alors que 5 600 km séparent les deux sites. L'hypothèse d'une colonisation à partir d'une source commune, et plus probablement à partir d'une dissémination par les vents de spores libérées, ou d'une contamination humaine potentielle a été avancée. Plus simplement, ces différences pourraient être simplement dues à des facteurs stochastiques.

Une augmentation de l'activité humaine dans les trois sites de la zone souligne la nécessité de mettre en place des mesures de protection appropriées afin de réduire l'introduction éventuelle de nouveaux organismes par vecteur humain.

Les communautés biologiques très inhabituelles des trois sites ont une valeur scientifique inestimable. Ces zones donnent un aperçu de la biogéographie et de la dispersion ainsi que de la physiologie des organismes en Antarctique évoluant dans des conditions inhabituelles. L'étendue géographique limitée des écosystèmes de la zone et la vulnérabilité des sites face à l'introduction d'espèces non indigènes provenant de régions biologiques antarctiques distinctes, de régions extérieures à l'Antarctique ou d'emplacements géothermiques différents sur un site spécifique ainsi qu'à la perturbation du sol est telle que la mise en place d'une gestion appropriée de ces sites est indispensable pour en assurer la protection à long terme.

2. Buts et objectifs

La gestion des zones géothermiques de haute altitude de la région de la mer de Ross vise à :

- Éviter toute détérioration ou tout risque de détérioration des valeurs de la zone en y évitant toute perturbation humaine inutile ;
- Éviter ou limiter l'introduction dans la zone de plantes, d'animaux, de micro-organismes et de terre non stérilisée non-indigènes provenant de régions biologiques antarctiques distinctes, de régions extérieures à l'Antarctique ou d'emplacements géothermiques différents sur un site spécifique;
- Préserver sur chacun des trois sites de la zone une partie de l'écosystème naturel en la désignant Zone interdite et en faisant une zone de référence pour les études scientifiques futures;
- Permettre des recherches scientifiques dans la zone, à condition qu'elles soient non seulement indispensables et ne puissent être satisfaites ailleurs mais également ne mettent pas en péril le système écologique naturel, et en particulier les communautés biologiques et la géologie des trois sites de la zone;
- Assurer que les communautés biologique et la géologie ne soient pas affectées par le suréchantillonnage ou la perturbation des sols dans la zone;
- Permettre des visites pour des raisons de gestion à l'appui des buts poursuivis par le plan de gestion.

3. Activités de gestion

Les activités de gestion ci-après seront réalisées pour protéger les valeurs de la zone :

- Des informations concernant l'emplacement des trois sites de la zone, indiquant les restrictions spécifiques qui s'y appliquent, seront mises en évidence et une copie du présent plan de gestion sera transmise aux stations des Programmes antarctiques nationaux et aux abris de recherche, de gestion ou de terrain situés à proximité des trois sites de la zone.
- Des panneaux ou des bornes indiquant l'emplacement des trois sites de la zone et affichant clairement les restrictions d'accès devront être placés dans des lieux appropriés aux limites de chaque site [et des Zones interdites] afin d'éviter toute entrée accidentelle.

- Les balises, panneaux ou autres structures érigés dans la zone à des fins scientifiques, de gestion ou de communication essentielles devront être solidement fixés, maintenus en bon état et retirés lorsqu'ils ne seront plus nécessaires.
- Des visites seront effectuées selon les besoins (au moins une fois tous les cinq ans) pour s'assurer que la zone répond toujours aux buts pour lesquels elle a été désignée et pour s'assurer que les activités de gestion sont appropriées;
- Les directeurs des programmes antarctiques nationaux en cours dans la région conduiront, des consultations entre eux pour veiller à ce que les activités de gestion susmentionnées soient mises en œuvre. Ils sont particulièrement encouragés à se consulter les uns les autres afin d'éviter tout échantillonnage excessif de matériaux biologiques ou pédologiques dans la zone. En outre, ils sont invités à envisager la mise en œuvre conjointe des lignes directrices visant à limiter l'introduction et la dispersion d'espèces non indigènes dans la zone et entre les trois sites de la zone.

4. Durée de désignation

La zone est désignée pour une durée indéterminée.

5. Cartes

Carte A: Emplacement des sites géothermiques de haute altitude dans la région de la mer de Ross Datum horizontal: WGS84, Projection stéréographique polaire antarctique. Source des données : Base Vector Data, Antarctic Digital Database Version 6.

Carte A1: ZSPA n°175 Tramway Ridge, Mont Erebus, carte topographique Datum horizontal: WGS72, Projection Camp Area. Datum vertical: Niveau moyen de la mer. Sources de données - données d'études: *Department of Survey and Land Information (DOSLI) Survey Plan 37/142 (Plan sourced from Land Information New Zealand (LINZ)); Contours and geothermally heated area: Données fournies par l'Université de Canterbury; Main map and inset overview diagram imagery: Digital Globe World View-2 Satellite* (résolution 0.5 m). Date d'imagerie: 23 janvier 2011. Imagerie fournie par le *Polar Geospatial Centre, Department of Earth Sciences, University of Minnesota*; Encart photographie du site: photographie terrestre du terrain chauffé par l'activité géothermique de la Tramway Ridge prise bas du versant face au nord. Image prise le 26 novembre 2010. Image fournie par l'Université de Waikato.

Carte A2: ZSPA n°175 crête Cryptogam et Versant géothermique, Mont Melbourne, carte topographique Datum horizontal: WGS84, Projection UTM Zone 58S Datum vertical: WGS84. Sources de données - Contours et zones protégées dérivées des données collectées durant l'étude de terrain menée le 17 novembre 2012 par LINZ; *Main map and inset overview diagram imagery: imagerie satellite DigitalGlobe GeoEye* (résolution 0,5 m) Date d'imagerie: 14 novembre 2011. Imagerie fournie par le *Polar Geospatial Centre, Department of Earth Sciences, University of Minnesota*; Encart photographie du site: photographie terrestre prise face au nord-est avec la crête Cryptogam à l'avant-plan. Image prise le 17 novembre 2012. Image fournie par Antarctica New Zealand.

Carte A2/1: ZSPA n°175 Versant nord-occidental, Mont Melbourne, carte topographique Datum horizontal: WGS84, Projection UTM Zone 58S Datum vertical: WGS84. Sources de données - *Main map and inset overview diagram imagery: Digital Globe World View-2 Satellite* (résolution 0,5 m)). Date d'imagerie: 14 novembre 2011. Imagerie fournie par le *Polar Geospatial Centre, Department of Earth Sciences, University of Minnesota*; Encart photographie du site: photographie terrestre du terrain chauffé par l'activité géothermique du versant nord-occidental prise face à l'est. Image prise en 2002. Image fournie par R. Bargagli et le PNRA (Programme national italien pour la recherche antarctique).

Carte A3: ZSPA n°175 Mont Rittman, carte topographique Datum horizontal: WGS72, Projection UTM Zone 58S Datum vertical: WGS84 ; Datum vertical : Sources de données - Contours et zones protégées dérivées des

données collectées durant l'étude de terrain menée le 16 novembre 2012 par LINZ; *Main map: DigitalGlobe World View-1 satellite imagery* (résolution 0,5 m). Date d'imagerie: 3 mars 2009. Imagerie fournie par le *Polar Geospatial Centre, Department of Earth Sciences, University of Minnesota*; Encart photographie du site: photographie terrestre prise face au nord en direction du reste de la caldeira du Mont Rittman. Image prise le 16 novembre 2012. Image fournie par Antarctica New Zealand.

6. Description de la zone

6(i) Coordonnées géographiques, bornage et particularités naturelles

Cette ZSPA est composée de trois sites qui comprennent la Tramway Ridge, Sommet du Mont Erebus, trois endroits au sommet du Mont Melbourne et le sommet du Mont Rittman.

Crête Tramway, Mont Erebus

Description du site :

Le Mont Erebus, (77° 31'S, 167° 06'E) est le volcan le plus grand et le plus actif d'Antarctique et se situe sur l'île Ross (Carte A). Il culmine à une altitude de 3 794 mètres au-dessus du niveau de la mer. C'est un stratovolcan unique avec un lac de lave convectif de phonolite anorthose dans le cratère principal. Le type de roche prédominant, et le seul qui soit présent près du sommet, est la phonolite anorthose.

Les versants abrupts du cratère principal s'adoucissent en un vaste plateau à une altitude d'environ 3 200 – 3 500 mètres au-dessus du niveau de la mer, sauf sur les versants sud-occidentaux où la pente externe conserve un très fort dénivelé. La Tramway Ridge s'élève à environ 3 450 mètres au-dessus du niveau de la mer sur le versant nord-occidental du cratère principal (Carte 1; Encart 1). Le site est situé le long de cette crête à environ 1,5 kilomètre du cratère principal. C'est la zone la plus étendue de terrain chauffé par l'activité géothermique sur le sommet du Mont Erebus, même si les endroits où le sol est chauffé sont nombreux au sommet.

Le site se situe dans son ensemble sur une pente douce d'environ 5% avec une grande surface de terre libre de glace en forme de terrasses dont la hauteur verticale est d'environ 0,5 mètre et dont les flancs, plus abrupts, peuvent atteindre 30% de dénivelé. Les flancs abrupts en terrasses sont colonisés par la majorité de la végétation visible, et c'est depuis ces flancs que l'on peut apercevoir les émissions de vapeur. La végétation visible couvre environ 16 % du site. Des hummocks de glace de taille basse, d'environ 1 m de hauteur et formés là où la vapeur a gelé, sont répartis partout sur le site. Les températures du sol peuvent atteindre 75°C à 4 cm de profondeur.

Limites: La limite du site désigné est définie par un rectangle de 200 m sur 200,8 m, qui englobe la majorité des sols chauffés par l'activité géothermique situés au bas de la Tramway Ridge. La limite occidentale du site s'étend de l'extrémité de la limite nord-ouest aux coordonnées 77° 31' 01.853" S; 167° 06' 21.251" E (Point A) au sud jusqu'à l'extrémité de la limite sud-ouest à 77° 31' 08.327" S; 167° 06' 20.686" E (Point E). La limite s'étend alors vers l'est jusqu'à l'extrémité de la limite sud-est à 77° 31' 08.448" S; 167° 06' 50.521" E (Point D). Ensuite, la limite s'étend vers le nord jusqu'à l'extrémité de la limite nord-est à 77° 31' 01.976" S; 167° 06' 51.074" E (Point B) (Carte A1).

Le site est divisé en deux parties plus ou moins égales, la moitié nord étant déclarée Zone interdite (Carte A1). Les limites de la Zone interdite sont décrites à la section 6(v).

Les limites du site (indiquées par des bornes à chaque extrémité), la Zone interdite et les caractéristiques principales sont indiquées sur la Carte A1. Les points de démarcation de la zone et de la Zone interdite sont indiqués par une borne (Carte A1; Points A-F) et par une borne supplémentaire (Point H) situé le long de la limite sud de la Zone interdite. Deux bornes (G et H) ont été placées à l'écart afin que les personnes travaillant à l'intérieur de la ZSPA puissent distinguer la limite sud de la Zone interdite et éviter d'entrer dans la zone (Map A1; Tableau de coordonnées de la limite de la ZSPA). En insérant des drapeaux de bambou dans

chaque borne, les limites du site et de la Zone interdite sont visibles pour les personnes travaillant dans la ZSPA.

Mont Melbourne

Description du site : Le Mont Melbourne (74° 21' S 164° 42' E) est un stratovolcan situé au nord de Terre Victoria, entre la baie Wood et la baie Terra Nova, sur la côte occidentale de la mer de Ross, et à environ 10 kilomètres à l'est du Glacier Campbell (Carte A). Il culmine à une altitude de 2 733 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Le Mont Melbourne fait partie de la chaîne volcanique McMurdo qui est une ligne de volcans dormants et éteints qui s'étend le long de la côte de Terre Victoria. On pense que la région du Mont Melbourne date de la fin du Quaternaire et que l'éruption la plus récente a eu lieu il y a à peine 150 ans. Parmi les roches volcaniques, on trouve de la trachyte et de la trachyandésite sur la montagne même, et du basalte à sa base.

Le Mont Melbourne est un cône volcanique à angle faible presque parfait avec des zones étendues de sol chaud, de fumerolles et de tours de glace remarquables autour du cratère sommital et sur certaines parties supérieures de la montagne. La caldeira du sommet fait environ un kilomètre de diamètre et forme le névé d'un glacier en mouvement se dirigeant vers l'ouest. Plusieurs cônes de basalte et des monticules plus petits sont présents près de la base et sur les flancs de la montagne. Le terrain chauffé par l'activité géothermique se distingue par des sols vaporeux libres de neige ou par des fumerolles et des tours ou des pics de glace qui peuvent atteindre un mètre de hauteur. Les températures du sol chauffé atteignent jusqu'à 50°C à quelques centimètres de profondeur.

Limites: Le site est constitué de trois endroits, deux sur le cratère principal du sommet (Carte A2) et un troisième sur le versant nord-ouest de la montagne (Carte A2/1). Sur le bord sud-est du cratère principal du sommet du Mont Melbourne, il y a deux endroits désignés adjacents.

Le premier, la crête Cryptogam, est une crête en forme de croissant constituée de zones de sols non chauffés couverts de neige, de sols chauffés par l'activité géothermique et libres de neige et de hummocks de glace qui couvrent les émissions de vapeur qui s'étendent sur 40 m dans toutes les directions à partir de la ligne de crête.

La limite occidentale du site s'étend à partir de l'extrémité de la limite nord-ouest aux coordonnées 74° 21' 20.389" S; 164° 41' 31.652" E (Point 1A) vers le sud, sur environ 50 m, jusqu'à l'extrémité de la limite sud-ouest à 74° 21' 22.096" S; 164° 41' 32.551" E (Point 1N). La limite s'étend alors vers l'est en suivant la forme de croissant de la crête Cryptogam jusqu'aux points non bornés à 74° 21' 21.383" S; 164° 41' 38.254" E (Point 1M); 74° 21' 20.840" S; 164° 41' 45.230" E (Point 1L); 74° 21' 21.220" S; 164° 41' 49.934" E (Point 1K); 74° 21' 21.815" S; 164° 41' 54.574" E (Point 1J); 74° 21' 22.588" S; 164° 41' 58.044" E (Point 1I) puis jusqu'à l'extrémité de la limite sud-est à 74° 21' 24.103" S; 164° 42' 00.579" E (Point 1H). La limite s'étend ensuite vers le nord à l'extrémité de la limite nord-est à 74° 21' 23.355" S; 164° 42' 07.010" E (Point 1G). La limite nord s'étend alors vers l'ouest en suivant la forme de croissant de la crête Cryptogam en passant par les points non bornés à 74° 21' 21.523" S; 164° 42' 03.989" E (Point 1F); 74° 21' 20.117" S; 164° 41' 57.869" E (Point 1E); 74° 21' 19.307" S; 164° 41' 51.137" E (Point 1D); 74° 21' 19.153" S; 164° 41' 45.329" E (Point 1C); 74° 21' 19.650" S; 164° 41' 37.695" E (Point 1B) jusqu'à l'extrémité de la limite nord-est (Point 1A) (Carte A2). Les limites nord et sud se situent toutes deux sous la crête libre de glace.

La crête Cryptogam est divisée en deux parties, la partie occidentale étant une Zone interdite (Carte A2). Les limites de la Zone interdite sont décrites à la section 6(v).

Le deuxième endroit (Versant géothermique), sur le bord sud-est du cratère principal du sommet du Mont Melbourne, est adjacent à la crête Cryptogam et est un versant qui s'étend jusqu'au bord oriental du cratère sommital (Carte A2; Encart 2). L'activité géothermique est clairement visible sur le versant de la colline, car des crevasses et des tours de glaces s'étendent sur le bord abrupt de la caldeira, d'environ 50 m de large (Carte A2). La limite nord du site s'étend à partir de l'extrémité de la limite nord-ouest aux coordonnées 74° 21' 13.740" S; 164° 42' 01.816" E (Point 2A) vers le sud sur environ 50 m jusqu'à l'extrémité de la limite sud-

ouest à 74° 21' 15.620" S; 164° 42' 03.474" E (Point 2D). La limite s'étend ensuite à l'est en remontant le versant jusqu'à l'extrémité de la limite sud-est aux coordonnées 74° 21' 14.567" S; 164° 42' 12.729" E (Point 2C), puis vers le nord jusqu'à l'extrémité de la limite nord-est à 74° 21' 12.865" S; 164° 42' 08.972" E (Point 2B) (Carte A2).

Le troisième endroit (Versant nord-ouest) se trouve sur les versants nord-ouest du volcan (Carte A2/1) à environ 1,5 km au nord-ouest de la crête Cryptogam. L'activité géothermique est clairement visible car une ligne de tours de glace et de petites parcelles de terre nue s'étend du nord-ouest vers le sud-est le long du bord d'une falaise escarpée. Les limites de l'endroit n'ont pas été établies sur le terrain mais obtenues via imagerie satellite. La limite nord du site s'étend à partir de l'extrémité de la limite nord-ouest aux coordonnées 74° 21' 00" S; 164° 39' 02" E (Point 3A) pour descendre le long du versant vers le sud sur environ 50 m jusqu'à l'extrémité de la limite sud-ouest à 74° 21' 11" S; 164° 39' 02" E (Point 3D). La limite s'étend ensuite à l'est jusqu'à l'extrémité de la limite sud-est aux coordonnées 74° 21' 11" S; 164° 42' 05" E (Point 3C), puis remonte le versant vers le nord jusqu'à l'extrémité de la limite nord-est à 74° 21' 00" S; 164° 40' 05" E (Point 3B) (Carte A2).

Mount Rittmann

Description du site : Le Mont Rittman (73° 28'S, 165° 37'E) est situé dans la chaîne Mountaineer sur le côté gauche du glacier Aviator, entre le glacier Pilot et le sommet du glacier Icebreaker au nord de la Terre Victoria (Carte A3). Il culmine à une altitude de 2600 mètres au-dessus du niveau de la mer et se trouve à 103 kilomètres environ au nord du Mont Melbourne et à environ 50 km de la côte.

Des fumerolles et un sol chaud sont présents sur un seul affleurement au sommet du Mont Rittman dans une caldeira mineure à 2 000 mètres environ au-dessus du niveau de la mer. Le site est entièrement entouré de glace bleue (Carte A3; Encart). Le site est formé d'une pente abrupte instable et accidentée de 300 mètres de large environ et de 80 mètres de haut (Carte A3). Le sol est formé de roches pyroclastiques et de débris volcaniques dans une matrice sablonneuse.

Deux zones libres de glace adjacentes sont situées au centre du site. Les zones d'hummocks de glace et de tours de glace généralement situées sur les bords des zones libres de glace et le long du bord de la caldeira sont dominées par des sols libres de glace chauffés par l'activité géothermique et des fumerolles. Le sol situé autour des fumerolles est couvert d'une efflorescence blanchâtre et des parcelles de mousses sont visibles sur la surface du sol de ces zones. La température du sol en surface varie entre 50 et 63°C à 10 centimètres de profondeur. Le côté occidental du site est couvert de glace, mais l'activité géothermique est rendue visible le long du bord de la caldeira par la présence de tours de glace et de vapeurs se dégageant du sol.

Limites: Le site comprend la totalité de la caldeira visible du Mont Rittman. L'extrémité de la limite la plus à l'ouest se trouve sur le bord occidental de la caldeira à 73° 28' 18.797"S; 165° 36' 43.851"E (Point A). La limite suit ensuite le bord de la caldeira vers l'est jusqu'aux points non bornés à 73° 28' 16.818" S; 165° 36' 54.698" E (Point B); 73° 28' 16.290" S; 165° 37' 00.144" E (Point C); 73° 28' 16.405" S; 165° 37' 04.438" E (Point D); 73° 28' 17.655" S; 165° 37' 12.235" E (Point E); 73° 28' 18.024" S; 165° 37' 14.468" E (Point F); 73° 28' 19.823" S; 165° 37' 16.943" E (Point G); 73° 28' 20.628" S; 165° 37' 20.089" E (Point H); 73° 28' 21.530" S; 165° 37' 21.567" E (Point I) jusqu'à l'extrémité de la limite la plus à l'ouest à 73° 28' 22.015" S; 165° 37' 23.817" E (Point J).

La limite descend ensuite le versant vers le sud jusqu'à l'extrémité de la limite sud-est à 73° 28' 23.436" S; 165° 37' 20.540" E (Point K). Ensuite, elle poursuit au fond de la pente escarpée sous la caldeira et les zones libres de glace jusqu'aux points non bornés à 73° 28' 22.414" S; 165° 37' 17.302" E (Point L); 73° 28' 20.945" S; 165° 37' 13.936" E (Point M); 73° 28' 19.430" S; 165° 37' 08.865" E (Point N); 73° 28' 18.558" S; 165° 37' 03.457" E (Point O); 73° 28' 18.722" S; 165° 37' 56.296" E (Point P); 73° 28' 19.778" S; 165° 36' 50.065" E (Point Q), puis remonte le versant jusqu'à l'extrémité de la limite la plus à l'ouest (Point A).

La zone orientale libre de glace est déclarée Zone interdite (Carte A3). Les limites de la Zone interdite sont décrites dans la section 6(v).

6(ii) Accès à la zone

Les conditions d'accès applicables à tous les sites sont décrites à la section 7(ii). Les conditions d'accès spécifiques à chaque site sont décrites ci-après.

Tramway Ridge, Mont Erebus

- Au vu de l'altitude élevée de la Tramway Ridge, les hélicoptères ne doivent pas être trop chargés.
- Un site a été désigné pour l'atterrissage d'hélicoptères à environ 250 m au nord-ouest du site à 77° 31' 00" S; 167° 05' 48" E, sur lequel l'hélicoptère peut atterrir à proximité des cabanes Erebus supérieure (77° 30' 37.857"S; 167° 08' 48.5736"E) ou inférieure (77° 31' 32.6172"S; 167° 08' 12.8688"E) (Carte A1; Encart 1) du Programme antarctique des États-Unis (USAP).
- Lors des déplacements entre les cabanes supérieures et inférieures, il est vivement conseillé d'emprunter l'itinéraire désigné pour les motoneiges et, dans la mesure du possible, de rester à 200 m de la limite du site (Carte A1; Encart 1)/
- L'accès au site se fait principalement à la Borne D (Carte A1; Encart 2).

Mont Melbourne

- Un site a été désigné pour l'atterrissage d'hélicoptères à environ 40 m de la crête Cryptogam à 74° 21' 24.6" S; 164° 41' 56.0" E. Un site d'atterrissage alternatif se trouve au sommet du Mont Melbourne à 74° 20' 57.7"S; 164° 41' 28.9"E (Carte A2 et A2/1; Encart 1).

Mount Rittmann

- Le site est un versant abrupt instable entouré de glace bleue. Les hélicoptères ne sont autorisés à atterrir qu'aux endroits sûrs, sur la glace bleue. Par mesure de sécurité, si un hélicoptère atterrit face à un versant, il doit, dans la mesure du possible, atterrir à au moins 100 m de la limite des sites. Par mesure de sécurité, si un hélicoptère atterrit au-dessus d'un versant, il doit, dans la mesure du possible, atterrir à au moins 25 m de la limite du site (bord de la caldeira) Carte A3).

6(iii) Emplacement de structures à l'intérieur de la zone et à proximité

Crête Tramway, Mont Erebus

- Il existe sept bornes de démarcation définissant les extrémités de la limite ainsi que la limite sud de la Zone interdite (Carte A1; Tableau des coordonnées de la limite de la ZSPA). Un drapeau de bornage, attaché à un piquet, peut être fixé sur les bornes afin d'indiquer la zone et d'éviter toute entrée accidentelle dans la zone ou dans la Zone interdite.
- Il y a trois bornes adjacentes au site (Carte 1; Tableau des coordonnées des bornes).
- Les cabanes Erebus supérieures et inférieures se situent respectivement à environ 1 km au nord-est (3400 m au-dessus du niveau de la mer) et au sud-est (3612 m au-dessus du niveau de la mer) du site (Carte A1; Encart).

Mont Melbourne

- Il existe deux bornes. La borne MM01 est une borne métallique fixée dans la roche et est adjacente à l'Emplacement 2. La borne MM02 est un tube métallique fixé dans un socle en béton et est adjacente à l'Emplacement 1 (Tableau des coordonnées des bornes; Carte A2).
- Les Programmes nationaux en activité dans la zone entretiennent un certain nombre d'installations (stations météorologiques, antenne radio, et expérimentations scientifiques) sur le plus haut sommet du Mont Melbourne (Carte A2; Encart 1).

Mount Rittmann

- Deux bornes sont présentes le long de la limite nord-est au-dessus du bord de la caldeira (Carte A3; Tableau de coordonnées des bornes). Les deux bornes sont des indicateurs métalliques fixés dans la roche.

6(iv) Emplacement d'autres zones protégées à proximité

Tramway Ridge, Mont Erebus

Les zones protégées les plus proches de la Tramway Ridge, Mont Erebus, se trouvent sur l'île Ross (Carte A), il s'agit de :

- ZSPA n° 116 : Vallée New College, plage Caughley, cap Bird, à 37 km au nord nord-ouest.
- ZSPA n°156 : Baie Lewis, Mont Erebus, île Ross, à 14 km au nord.
- ZSPA n°124 : Cap Crozier, île Ross, à 54 km à l'est.
- ZSPA n°122 : Hauteurs Arrival, Péninsule de Pointe Hut, île Ross et ZSPA n°158: Pointe Hut; île Ross se trouvent respectivement à 35 km et à 38 km au sud.
- ZSPA n°155 : Cap Evans, île Ross, à 21 km au sud-ouest.
- ZSPA n°121 : Cap Royds, île Ross et ZSPA no 157: la Baie Lewis, Cap Royds, île Ross sont à 23 km à l'ouest.

Mont Melbourne

Les zones protégées les plus proches de Mont Melbourne se trouvent à la baie Terra Nova :

- ZSPA n°161 : Baie Terra Nova, mer de Ross, à 45 km au sud-est.
- ZSPA n°165 : Pointe Edmonson, Baie Wood, mer de Ross, à 22 km à l'est.
- ZSPA n°173 : Cap Washington et Baie Silverfish, au nord de la baie Terra Nova, mer de Ross, à 34 km au sud.

Mount Rittmann

Le Mont Rittman se trouve à 103 km au nord du Mont Melbourne. Il n'y a pas de zone protégée dans un rayon de 100 km à partir de Mont Rittman (Carte A).

6(v) Zones spéciales à l'intérieur de la zone

L'accès à la Zone interdite de chacun des trois sites de la zone restera strictement interdit jusqu'au moment où une révision du plan de gestion sera convenue pour en permettre l'accès.

Tramway Ridge, Mont Erebus

La moitié nord du site (Carte A1) est déclarée Zone interdite afin de préserver une partie du site à titre de site de référence pour de futures études scientifiques, alors que la moitié sud de celui-ci (semblable du point de vue biologique, des caractéristiques et du caractère) reste ouverte à la recherche scientifique.

La limite sud de la Zone interdite est définie par une ligne partant du 77° 31' 05.103" S; 167° 06' 20.968" E (Point F) au 77° 31' 05.224" S; 167° 06' 50.792" E (Point C) qui coupe la zone en deux. Les trois autres limites de la Zone interdite sont définies par les limites de la zone, la limite partant du Point C (77° 31' 05.224"S; 167° 06' 50.792"E "E) au Point B (77° 31' 01.967"S; 167° 06' 51.074"E); la limite nord partant du Point B au Point A (77° 31' 01.853"S; 167° 06' 21.251"E); et la limite occidentale reliant le Point a au Point F.

La limite sud de la Zone interdite est plus ou moins visible au sol en suivant l'extension vers l'ouest de la ligne de crête sud de la partie inférieure de la Tramway ridge. Les bornes (G, H et C) rendent clairement visible la limite coupant la zone en deux.

Sommet du Mont Melbourne

Sur les 100 m les plus à l'ouest de la crête Cryptogam (Emplacement 1: Carte A2) s'étend une Zone interdite, ainsi désignée afin de protéger la parcelle la plus étendue de végétation et de préserver une partie du site à titre de site de référence pour de futures études scientifiques, le reste de la crête Cryptogam et les emplacements 2 et 3 restant ouverts à la recherche scientifique.

La limite occidentale du site s'étend de l'extrémité de la limite nord-ouest aux coordonnées 74° 21' 20.389" S; 164° 41' 31.652" E (Point 1A) vers le sud sur environ 50 m jusqu'à l'extrémité de la limite sud-ouest à 74° 21' 22.096" S; 164° 41' 32.551" E (Point 1N). La limite s'étend ensuite à l'est en suivant la forme de croissant de la crête Cryptogam jusqu'aux points non bornés à 74° 21' 20.840" S; 164° 41' 45.230" E (Point 1L), puis vers le nord jusqu'à l'extrémité de la limite nord-est à 74° 21' 19.153" S; 164° 41' 45.329" E (Point 1C) (Carte A2).

La Zone interdite est clairement identifiable grâce à la variation de la pente de la crête, qui s'adoucit au fur et à mesure qu'elle monte.

Mount Rittmann

Sur les trois endroits du site chauffés par l'activité géothermique (Carte A3), celui se trouvant le plus à l'est est déclaré Zone interdite afin de préserver une partie du site à titre de site de référence pour de futures études scientifiques, alors que le reste du site (semblable du point de vue biologique, des caractéristiques et du caractère) reste ouvert à la recherche scientifique.

La limite occidentale du site s'étend de l'extrémité nord-ouest de la limite au bord de la caldeira aux coordonnées 73° 28' 17.655" S; 165° 37' 12.235" E (Point E) vers le sud et descend la pente escarpée sur environ 80 m jusqu'à l'extrémité sud-ouest de la limite à 73° 28' 19.430" S; 165° 37' 08.865" E (Point N). La limite s'étend alors vers l'est en suivant le fond du versant jusqu'à l'extrémité sud-est de la limite à 73° 28' 20.945" S; 165° 37' 13.936" E (Point M). Ensuite, la limite remonte le versant vers le nord à l'extrémité nord-est de la limite à 73° 28' 19.823" S; 165° 37' 16.943" E (Point G) (Carte A3).

7. Critères de délivrance de permis d'accès

TOUTES LES DISPOSITIONS RELATIVES AUX PERMIS D'ACCÈS S'APPLIQUENT AUX TROIS SITES

7(i) Conditions générales pour l'obtention d'un permis

L'accès aux trois sites de la zone est interdit sauf sur délivrance d'un permis par une autorité nationale compétente. Les critères de délivrance de permis d'accès à la zone sont les suivants :

- le permis est délivré pour des raisons scientifiques impérieuses qui ne peuvent être satisfaites ailleurs ou pour des raisons essentielles à la gestion de la zone ;
- les actions autorisées ne porteront pas atteinte aux communautés biologiques ni aux valeurs écologiques et scientifiques de la zone;
- les activités autorisées sont conformes au présent plan de gestion ;
- l'accès aux Zones interdites doit être interdit ;
- toutes les activités de gestion visent la réalisation des buts et objectifs du présent plan de gestion ;
- le permis, ou une copie, doit être emmené dans la zone, ainsi qu'une copie de toutes les cartes pertinentes du Plan de gestion.

7(ii) Accès à la zone et déplacements à l'intérieur de celle-ci

- L'accès au sommet de chaque volcan se fait généralement en hélicoptère.
- L'atterrissage des hélicoptères sur les trois sites de la zone est strictement interdit.
- Les hélicoptères doivent atterrir sur les sites d'atterrissage désignés à l'extérieur des trois sites de la zone (cf. section 6(ii) ou les cartes A1, A2 et A3).

- Les hélicoptères peuvent atterrir ailleurs que sur les sites d'atterrissage désignés uniquement qu'en cas d'urgence.
- Il faut éviter le survol ou le survol des hélicoptères au-dessus des zones libres de glace des trois sites de la zone, sauf pour des raisons scientifiques ou de gestion essentielles, auquel cas les hélicoptères doivent impérativement voler à au moins 50 mètres au-dessus de la surface du sol.
- L'usage de grenades fumigènes pour hélicoptères est interdit à l'intérieur des trois sites de la zone.
- L'usage de véhicules (par ex. de motoneiges) est interdit à l'intérieur des trois sites de la zone.
- Seules les personnes expressément autorisées et munies d'un permis sont autorisées à entrer dans la zone.
- Les déplacements à l'intérieur des trois sites de la zone doivent se faire à pied.
- Les titulaires d'un permis doivent être conscients que le fait de marcher dans la zone peut compacter le sol, altérer les gradients des températures (ce qui peut changer les taux d'émission de vapeur), et briser de fines couches de glace qui peuvent se former sur un sol géothermique, et, par conséquent, causer des dommages au sol et au biote qui se trouve en dessous. La présence de surfaces de glace ou de neige ne garantit pas la présence d'un sentier: tous les efforts raisonnables doivent donc être entrepris pour limiter les effets liés à la marche. La circulation piétonne doit être maintenue au minimum absolu nécessaire en accord avec les objectifs de toute activité autorisée.
- Les titulaires d'un permis doivent, en outre, éviter de marcher dans les zones de végétation ou sur le sol humide qui se trouvent sur les terrains libres de glace ou sur les terrains parsemés de hummocks de glace et doivent également, dans la mesure du possible, éviter de marcher sur les sols géothermiques chauds.
- Les titulaires d'un permis sont fortement encouragés à recenser les données GPS de tous les déplacements effectués dans la zone et de les soumettre à l'autorité nationale compétente par le biais du rapport de visite (cf. section 7(x)).
- Les titulaires d'un permis ne doivent intervenir (forer, échantillonner, endommager) sur aucune structure de glace, à moins qu'un permis les autorise à le faire.

7(iii) Activités pouvant être menées dans la zone

Les activités qui peuvent être menées à l'intérieur de la zone sont les suivantes :

- Les études scientifiques essentielles qui ne peuvent être satisfaites ailleurs et qui ne mettent pas en péril les communautés biologiques et les valeurs scientifiques ou écologiques de la zone;
- Les activités de gestion essentielles, y compris celles de suivi et d'inspection.

7(iv) Installation, modification ou enlèvement de structures

- Aucune nouvelle structure (par ex. des panneaux ou des bornes) ne doit être érigée dans la zone et aucun équipement scientifique ne doit y être installé, sauf pour des activités scientifiques ou de gestion essentielles dont la durée est prédéfinie, conformément à un permis.
- Les balises, structures ou équipement scientifique installés dans la zone doivent être clairement signalés par pays, nom du responsable principal ou de l'agence de recherche, année d'installation et date prévue de l'enlèvement.
- Tous ces éléments doivent être stérilisés avant leur installation afin de s'assurer qu'ils ne contiennent pas d'organisme, de propagule et de terre non-stérilisée et doivent être formés de matériaux résistants aux conditions environnementales et présentant un risque minimal de contamination ou de dommage pour les valeurs de la zone.
- L'enlèvement de matériel ou de structure spécifique pour lequel le permis est arrivé à expiration sera à la charge de l'autorité qui a délivré le permis original et constituera l'une des conditions de la délivrance de ce permis.

7(v) Emplacement des camps

- Il est interdit de camper dans la zone.
- Le campement nécessaire au travail sur la Tramway Ridge, Mont Erebus, doit être installé près des cabanes Erebus supérieure (77° 30' 37.857"S; 167° 08' 48.5736"E) ou inférieure (77° 31' 32.6172"S; 167° 08' 12.8688"E) existantes (Cartes A1; Encart 1).

- Il est déconseillé de camper dans un rayon de 100 m des trois emplacements de Mont Melbourne et de Mont Rittman.
- Il n'est autorisé de camper que sur un sol couvert de glace.

7(vi) Restrictions relatives aux matériaux et organismes pouvant être introduits dans la Zone

Pour éviter de compromettre les valeurs écologiques, et en particulier les communautés biologiques uniques, pour lesquelles la zone est protégée, les restrictions suivantes sont appliquées à toutes les activités entreprises dans la zone :

- Il est interdit d'introduire délibérément tout animal, forme végétale, micro-organisme ou terre non-stérilisée dans la zone.
- Afin d'assurer le respect des valeurs écologiques de la zone, des précautions particulières doivent être prises contre l'introduction accidentelle de végétaux, d'animaux, de micro-organismes ou de terre non-stérilisée provenant d'autres sites antarctiques, y compris de sites ou d'endroits compris dans la zone, de stations, de régions extérieures à l'Antarctique, de l'un des trois sites ou entre les trois sites de la zone, et ce conformément aux mesures décrites à la section 7(x).
- Tout le matériel d'échantillonnage et les balises introduits dans la zone doivent être nettoyés et stérilisés.
- Dans la mesure du possible, les chaussures et autres équipements utilisés ou introduits dans la zone (y compris les sacs et les sacs à dos) doivent être minutieusement nettoyés avant d'entrer dans la zone.
- Les visiteurs se déplaçant entre les trois sites de la zone veilleront particulièrement à ce que les matériels et équipements utilisés sur un site soient nettoyés ou stérilisés avant de se déplacer vers un autre site, ce afin d'éviter d'introduire des espèces dans ces sites similaires sur les plans physique et climatique, mais différents biologiquement. En outre, la diversité microbienne pouvant varier sur de courtes distances, les visiteurs se déplaçant d'un site géothermique à l'autre devront prendre les mêmes précautions.
- Aucun carburant ni aliment ne doit être amené dans la zone.
- Aucun équipement ni matériel ne doit être stocké dans la zone.
- Tous les autres produits chimiques, y compris les radionucléides ou les isotopes stables, qui peuvent être introduits à des fins de gestion ou à des fins scientifiques précisées dans un permis, seront enlevés de la zone au plus tard avant la fin de l'activité pour laquelle le permis a été délivré.
- Tous les matériaux ne peuvent être introduits dans la zone que pour une période déterminée et doivent être enlevés de la zone au plus tard à la fin de ladite période.
- D'autres mesures visant à réduire le risque de transfert d'espèces non indigènes peuvent être trouvées dans le Manuel sur les espèces non indigènes du CPE (Édition 2011) et dans la Liste de vérification pour les gestionnaires de la chaîne d'approvisionnement des programmes antarctiques nationaux du COMNAP/SCAR.

7(vii) Prélèvement de végétaux, capture d'animaux ou perturbations nuisibles de la faune et la flore

- Le prélèvement de végétaux et la capture d'animaux ou perturbations nuisibles à la faune et la flore sont interdits sur ces sites, sauf sur délivrance d'un permis conforme à l'Annexe II au Protocole au Traité sur l'Antarctique relatif à la protection de l'environnement.

7(viii) Collecte ou enlèvement de matériaux non introduits dans la zone par le titulaire du permis

- Des matériaux peuvent être ramassés ou enlevés de la zone uniquement avec un permis et ils doivent être limités au minimum nécessaire pour répondre à des besoins scientifiques ou des besoins de gestion. Un permis ne sera pas délivré s'il y a lieu de croire que l'échantillonnage envisagé impliquerait de prélever, d'enlever ou d'endommager de telles quantités de sol, de sédiments, de faune et de flore que la distribution ou l'abondance à l'intérieur de la zone en serait gravement affectée.
- Les débris d'origine humaine qui risquent de porter atteinte aux valeurs de la zone et qui n'ont pas été introduits dans la zone par le détenteur du permis ou pour lesquels aucune autre autorisation n'a été donnée, peuvent être enlevés de n'importe quelle partie de la zone à moins que l'impact de leur

enlèvement ne risque d'être plus élevé que si les matériaux étaient laissés sur place; si tel est le cas, l'autorité compétente doit en être notifiée.

7(ix) Élimination des déchets

- Tous les déchets, y compris les déchets humains, seront enlevés de la zone.

7(x) Mesures nécessaires pour faire en sorte que les buts et objectifs du plan de gestion continuent à être atteints

Des permis d'accès à la zone peuvent être délivrés pour:

- mener des activités de suivi et d'inspection de la zone, qui peuvent inclure le prélèvement d'un petit nombre d'échantillons ou de données à des fins d'analyses ou d'audit;
- ériger ou entretenir des panneaux, structures ou équipements scientifiques; ou
- mener des activités de gestion.

Afin de maintenir les valeurs écologiques et scientifiques dérivées de l'isolement de la zone et de l'impact relativement faible de l'homme sur celle-ci, les visiteurs devront prendre des précautions particulières contre les introductions, en particulier lorsqu'ils visiteront plusieurs des trois sites de la zone sur la même saison. Une préoccupation particulière entoure les introductions venant:

- des zones thermiques, antarctiques et non antarctiques ;
- des zones géothermiques de sites situés à la même altitude qui ne sont pas compris dans la zone;
- des déplacements entre les trois sites de la zone;
- des sols de tout autre site antarctique, y compris des sites situés à proximité des stations ; et
- des sols des régions situées en dehors de l'Antarctique.

À cet égard, les visiteurs devront prendre les mesures suivantes afin de limiter le risque d'introductions :

- Tout matériel d'échantillonnage ou de bornage introduit dans la zone devra être stérilisé et maintenu en conditions stériles avant utilisation à l'intérieur de la zone. Dans la mesure du possible, les chaussures et autres équipements utilisés ou introduits dans la zone (y compris les sacs et les sacs à dos) doivent être minutieusement nettoyés ou stérilisés et maintenus en conditions stériles avant d'entrer dans la zone;
- La stérilisation doit être effectuée par une méthode reconnue, telle que les UV, l'autoclave ou le lavage des surfaces avec de l'éthanol en solution aqueuse à 70 %.
- Le port de vêtements protecteurs stériles est exigé. Les vêtements protecteurs seront adaptés pour pouvoir travailler à des températures de -20°C ou inférieures et comprendront, au minimum, des combinaisons stériles couvrant bras, jambes et corps et des gants stériles pouvant être enfilés par-dessus les gants classiques. Les protections stériles jetables pour les pieds ne sont pas adaptées à la surface de scories et ne doivent pas être utilisées. En lieu et place, toutes les chaussures doivent être soigneusement brossées pour enlever les particules du sol et lavées avec une solution d'éthanol à 70%.
- L'intérieur et l'extérieur des hélicoptères doivent être nettoyés, dans la mesure du possible, avant de se rendre dans la zone ou d'en partir, et avant chaque déplacement entre les trois sites de la zone.

7(xi) Rapports de visites

Le titulaire principal du permis délivré sera tenu de soumettre à l'autorité nationale compétente un rapport pour chaque visite de la zone dans les plus brefs délais et, au plus tard, dans les six mois suivants la fin de la visite. Ces rapports doivent contenir, le cas échéant, les catégories d'informations mentionnées dans le formulaire de rapport de visite repris dans le Guide révisé pour l'élaboration des plans de gestion des zones spécialement protégées de l'Antarctique, présenté à l'Annexe II de la Résolution 2 (2011) et disponible sur le site du Secrétariat du Traité sur l'Antarctique (www.ats.aq) et, dans la mesure du possible, les données GPS de tous les déplacements à l'intérieur de la zone. Le rapport doit spécifier lequel des trois sites de la zone a été visité.

Le cas échéant, l'autorité nationale doit envoyer une copie du rapport de visite à la Partie qui a proposé le plan de gestion pour qu'elle puisse l'utiliser à des fins de bonne gestion de la zone ou d'examen du plan de gestion.

8. Bibliographie

- Allan, R.N., Lebbe, L., Heyrman, J., De Vos, P., Buchanan, C.J. et Logan, N.A. 2005. *Brevibacillus levickii* sp. nov. and *Aneurinibacillus terranovens* sp. nov., two new thermoacidophiles isolated from geothermal soils of northern Victoria Land, Antarctica. *Revue internationale de microbiologie systématique et évolutive* 55 : 1039-1050.
- Armienti, P. et Tripodo, A. 1991. Petrography and chemistry of lavas and comagmatic xenoliths of Mount Rittmann, a volcano discovered during the IV Italian expedition in northern Victoria Land (Antarctica). *Memorie della Società Geologica Italiana* 46 : 427-451.
- Bargagli, R., Broady, P.A. and Walton, D.W.H. 1996. Preliminary investigation of the thermal biosystem of Mount Rittmann fumaroles (northern Victoria Land, Antarctica). *Science en Antarctique* 8(2) : 121-126.
- Bargagli, R., Skotnicki, M.L., Marri, L., Pepi, M., Mackenzie, A. et Agnarelli, C. 2004. New record of moss and thermophilic bacteria species and physicochemical properties of geothermal soils on the north-west slope of Mt. Melbourne (Antarctica). *Polar Biology* 27: 423-431.
- Bonaccorso, A., Maione, M., Pertusati, P.C., Privitera, E. et Ricci, C.A. 1991. Fumarolic activity at Mount Rittmann volcano (northern Victoria Land, Antarctica). *Memorie della Società Geologica Italiana* 46 : 453-456.
- Broady, P.A. 1984. Taxonomic and ecological investigations of algae on steam-warmed soil on Mt. Erebus, Ross Island, Antarctica. *Phycologia* 23: 257-271.
- Broady, P.A. 1993. Soils heated by volcanism. Pages 413-432 in E.I. Friedmann (ed.), *Antarctic microbiology*. New York, Wiley-Liss.
- Broady, P.A., Given, D., Greenfield, L.G. et Thompson, K. 1987. The biota and environment of fumaroles on Mt. Melbourne, northern Victoria Land. *Polar Biology* 7: 97-113.
- Greenfield, L.G. 1983. Thermophilic fungi and actinomycetes from Mt. Erebus and a fungus pathogenic to *Bryum antarcticum* at Cape Bird. *New Zealand Antarctic Record* 4(3): 10-11.
- Hudson, J.A. et Daniel, R.M. 1988. Enumeration of thermophilic heterotrophs in geothermally heated soils from Mount Erebus, Ross Island, Antarctica. *Applied and Environmental Microbiology* 54: 622-624.
- Hudson, J.A., Daniel, R.M. et Morgan, H.W. 1988. Isolation of a strain of *Bacillus schlegelii* from geothermally heated Antarctic soil. *FEMS Microbiology* 51(1): 57-60.
- Hudson, J.A., Daniel, R.M. et Morgan, H.W. 1989. Acidophilic and thermophilic *Bacillus* strains from geothermally heated Antarctic soil. *Littérature de microbiologie FEMS* 60: 279-282.
- Imperio, T., Viti, C. And Marri, L. 2008. *Alicyclobacillus pohliae* sp. Nov., a Thermophilic, endospore forming bacterium isolated from geothermal soil of the north west slope of Mount Melbourne (Antarctica). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 58: 221-225.
- Janetschek, H. 1963. On the terrestrial fauna of the Ross Sea area, Antarctica. *Insectes pacifiques* 5 : 305-311.
- LeMasurier, W.E. et Wade, F.A. 1968. Fumarolic activity in Marie Byrd Land, Antarctica. *Science* 162 : 352.
- Lesser, M.O., Barry, T.M et Banaszak, A.T. 2002. Effects of UV radiation on a chlorophyte alga (*Scenedesmus* sp.) isolated from the fumarole fields of Mt. Erebus, Antarctica. *Journal of Phycology* 38: 473-481.

- Logan, N.A., Lebbe, L., Hoste, B., Goris, J., Forsyth, G., Heyndrickx, M., Murray, B.L., Syme, N., Wynn-Williams, D.D. et De Vos, P. 2000. Aerobic endospore-forming bacteria from geothermal environments in northern Victoria Land, Antarctica, and Candlemas Island, South Sandwich archipelago, with the proposal of *Bacillus fumarioli* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 50: 1741-1753.
- Logan, N. et Allan, R.N. 2008. Aerobic endospore forming bacteria from Antarctic geothermal soils. Pages 155-175. Dans: Dion, P. et Nautiyal, C.S. (Eds.). *Microbiology of Extreme Soils*. Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Lyon, G.L. et Giggenbach, W.F. 1974. Geothermal activity in Victoria Land, Antarctica. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 17(3): 511-521.
- Melick, D., Broady, P.A. et Rowan, K.S. 1991. Morphological and physiological characteristics of a non-heterocystous strain of *Mastigocladus laminosus* Cohn from fumarolic soils on Mount Erebus, Antarctica. *Polar Biology* 11:81-89.
- Nathan, S. et Schulte, F.J., 1967. Recent thermal and volcanic activity on Mount Melbourne, northern Victoria Land, Antarctica. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 10: 422-430.
- Nicolaus, B., Marsiglia, F., Esposito, E., Tricone, A., Lama, L., Sharp, R., Di Prisco, G. et Gambacorta, A. 1991. Isolation of five strains of thermophilic eubacteria in Antarctica. *Polar Biology* 11: 425-429.
- Nicolaus, B., Lama, L., Esposito, E., Manca, M.C., Di Prisco, G. et Gambacorta, A. 1996. *Bacillus thermoantarcticus* sp. nov. from Mount Melbourne, Antarctica: a novel thermophilic species. *Polar Biology* 16: 101-104.
- Nicolaus, B., Improta, R., Manca, M.C., Lama, L., Esposito, E. et Gambacorta, A. 1998. Alicyclobacilli from an unexplored geothermal soil in Antarctica: Mount Rittmann. *Polar Biology* 19: 133-141.
- Nicolaus, B., Lama, L., Esposito, E., Bellitti, M.R., Improta, R., Panico, A. et Gambacorta, A. 2000. Extremophiles in Antarctica. *Italian Journal of Zoology* 1: 169-174.
- Nicolaus, B., Manca, M.C., Lama, L., Esposito, E. et Gambacorta, A. 2001. Lipid modulation by environmental stresses in two models of extremophiles isolated from Antarctica. *Polar Biology* 24: 1-8.
- Nicolaus, B., Lama, L. et Gambacorta, A. 2002. Thermophilic *Bacillus* isolates from Antarctic environments. Pages 47-63 in Berkeley, R., Heyndrickx, M., Logan, N. et De Vos, P. (eds.), *Applications and systematic of Bacillus and relatives*. Balckwell Publishing.
- Pepi, M., Agnorelli, C. et Bargagli, R. 2005. Iron demand by Thermophilic and mesophilic bacteria isolated from an Antarctic geothermal soil. *Biometals* 18(5): 529-536.
- Poli, A., Esposito, E., Lama, L., Orlando, P., Nicolaus, G., deAppolonia, F., Gambacorta, A. et Nicolaus, B. 2006. *Anoxybacillus amylolyticus* sp. nov., a thermophilic amylase producing bacterium isolated from Mount Rittmann (Antarctica). *Microbiologie systématique et appliquée* 29 : 300-307.
- Skotnicki, M.L., Selkirk, P.M., Broady, P., Adam, K.D. et Ninham, J.A. 2001. Dispersal of the moss *Campylopus pyriformis* on geothermal ground near the summits of Mount Erebus and Mount Melbourne, Victoria Land, Antarctica. *Antarctic Science* 13(3): 280-285.
- Skotnicki, M.L., Bargagli, R. et Ninham, J.A. 2002. Genetic diversity in the moss *Pohlia nutans* on geothermal ground of Mount Rittmann, Victoria Land, Antarctica. *Polar Biology* 25: 771-777.

Soo, R.M., Wood, S.A., Grzymski, J.J., McDonald, I.R. et Cary, S.C. 2009. Microbial biodiversity of thermophilic communities in hot mineral soils of Tramway Ridge, Mount Erebus, Antarctica. *Microbiologie environnementale* 11(3) : 715-728.

Smith, G.H. 1992. Distribution and ecology of the testate rhizopod fauna of the continental Antarctic zone. *Polar Biology* 12: 629-634.

Ugolini, F.A. et Starkey, R.L. 1966. Soils and micro-organism from Mt. Erebus, Antarctica. *Nature* 211 : 440-441.

Vickers, C.J. 2012. Investigating the physiological and metabolic requirements of the Tramway Ridge microbial community, Mount Erebus, Antarctica. MSc thesis, University of Waikato, New Zealand.

ANNEXE 1 : Description spécifique des communautés biologiques de chaque site géothermique.

Tramway Ridge, Mont Erebus

Située à 1,5 km au nord-ouest du cratère principal du Mont Erebus, on trouve une zone géothermique légèrement pentue et libre de glace connue sous le nom de Tramway Ridge (Carte A1). Les températures du sol enregistrées à 4 cm de profondeur atteignent jusqu'à 75°C. Les lithosols du site chauffés par la vapeur fournissent un habitat inhabituel d'une étendue limitée. La chaleur géothermique, les sols acides et l'approvisionnement régulier inhabituel d'humidité dû à la condensation de la vapeur créent des conditions très différentes des autres sols antarctiques.

La végétation n'est composée que d'une seule espèce de bryophyte et d'une variété d'algue qui diffèrent de celles qu'on retrouve dans d'autres sites géothermiques de haute altitude. De nombreux champignons ont également été signalés mais aucune étude détaillée n'a été menée. La variété unique de mousse *Campylopus pyriformis* est inhabituelle, en ceci qu'elle ne semble pas produire de feuilles et qu'elle demeure à un stade protonématal (une chaîne de cellules en forme de filament). *C. pyriformis* est largement connue dans les régions tempérées nord et sud du monde, dont l'Australie, l'Afrique du Sud et la Nouvelle-Zélande. Cette espèce n'a été recensée à aucun autre endroit de l'Antarctique continental hormis au Mont Melbourne, où elle se présente sous la forme de petits coussins de gamétophytes feuillés adultes atteignant jusqu'à 4 cm² et formant des populations couvrant des aires allant jusqu'à 200 cm², avec une couverture végétale de près de 70%.

La présence de la végétation dépend de la température de surface des zones. Le sol le plus chaud, de 35°C environ à 60°C, est colonisé par des enchevêtrements de cyanobactéries bleu-vert foncés et rougeâtres-marrons, tandis que les surfaces plus froides de 10 à 30 °C environ sont dominées par des croûtes vertes de chlorophytes coccoïdes et de mousse protonème. Le sol nu, dépourvu de toute végétation macroscopiquement visible, a une température comprise entre 0 et 20 °C. La présence d'une cyanobactérie thermophile est particulièrement remarquable car il s'agit d'une variété inhabituelle de la cyanobactérie des sources d'eau chaude, *Mastigocladus laminosus*, qui est courante dans le reste du monde. La présence de micro-invertébrés dans les sols demeure incertaine. Une étude antérieure a établi la présence de protozoaires rhizopodes et de rotifères bdelloïdes, bien qu'aucune étude ultérieure ne l'ait confirmée.

Lors d'études antérieures portant sur les communautés bactériennes présentes sur Tramway Ridge, on est parvenu, grâce à des techniques de culture classiques, à cultiver un nombre limité de nouvelles bactéries thermophiles du genre *Clostridia* et *Bacillus*. Les trois espèces de bactéries découvertes au Mont Erebus (*Bacillus schlegelii*, *Alicyclobacillus acidocaldarius* (anciennement *Bacillus acidocaldarius*) et *Thermoanaerobacter thermohydrosulfuricus* (anciennement *Clostridium thermohydrosulfuricum*)) n'ont pas été décelées dans les échantillons prélevés aux Monts Melbourne et Rittman (Tableau 2). Certaines souches halophiles (organismes vivant dans de fortes concentrations en sel) ont également été isolées à partir d'échantillons de sols provenant de la Tramway Ridge et ont des caractéristiques phénotypiques des *Micrococcus*.

De nouvelles techniques (des méthodes indépendantes de culture fondée sur la génétique) ont été utilisées sur ce site pour définir la diversité microbienne. Des analyses montrent une claire délimitation dans la structure des communautés bactériennes et cyanobactérienne entre les communautés vivant près des fumerolles et celles vivant plus loin. La température du sol, le pH, la teneur en carbone et le taux d'humidité des sites aux températures les plus élevées proches des fumerolles diffèrent fortement des sites éloignés des fumerolles, propices à des organismes aux caractéristiques physiologiques uniques. Une analyse phylogénétique a identifié la présence et la ramification exceptionnellement profonde de séquences de bactéries qui mutaient en des souches microbiennes connues, laissant penser que les sols de la Tramway Ridge constituent un habitat unique et atypique pour la vie microbienne et comporte plusieurs groupes bactériens qu'il reste encore à décrire. La diversité des archées semble faible avec une homologie de séquences élevée et des souches d'archées de subsurface profonde et distante connues, ce qui semble indiquer que les espèces présentes sur la Tramway Ridge sont issues d'anciennes lignées.

Mont Melbourne:

L'activité géothermique sur le Mont Melbourne se concentre dans deux zones: au bord du cratère principal du sommet, et sur le versant nord-occidental de la montagne. Sur le cratère principal du sommet, il y a deux endroits à l'intérieur de la zone. Sur le bord sud du cratère principal du sommet du Mont Melbourne, on trouve une crête en forme de croissant et libre de glace, connue sous le nom de crête Cryptogam (Emplacement 1: Carte A2). Les sols chauds s'étendent à cet endroit sur environ 110 mètres de la crête. Les zones de sols chauffés par l'activité géothermique sont caractérisées par des zones libres et des hummocks de glace et de neige qui peuvent atteindre 1 m de hauteur. À côté de la crête Cryptogam, on trouve un versant (dénommé le Versant géothermique) qui mène au bord oriental du cratère sommital (Emplacement 2: Carte A2). Le terrain se distingue par des crevasses et des tours de glace qui s'étendent jusqu'au bord escarpé de la caldeira. Sur les versants nord-occidentaux du volcan, on trouve une ligne de tours de glace s'étendant du nord-ouest au sud-est et de petites parcelles de terre nue qui occupent un tiers de l'endroit sur ce site (Carte A2/1).

Les températures du sol à ces endroits sont généralement comprises entre 30 et 50°C à plusieurs centimètres de profondeur. La survie de la végétation n'est possible que par la présence de petites gouttes d'eau formées par la condensation de la vapeur, qui favorisent l'humidité des sols et constituent une source d'eau pour la végétation.

Ces zones géothermiques favorisent un assemblage biologique d'espèces unique qui diffère par rapport aux deux autres sites géothermiques de haute altitude situés dans la région de la mer de Ross. Le biote comprend (i) des algues (11 espèces) dans les croûtes et les tapis qui recouvrent le petit substrat, (ii) des bryophytes (deux espèces de mousses et une d'hépatique), et (iii) un protozoaire. Beaucoup de ces espèces ne sont pas d'origine locale et auraient probablement été disséminées par les vents à partir d'endroits extérieurs à l'Antarctique. On a pu observer une association de lichens composant des croûtes noires sur de petites surfaces de sol chaud. Les parties du sol les plus chaudes de la crête Cryptogam présentent des parcelles vert-jaunâtre de mousse *Campylopus pyriformis*, ainsi que d'hépatique *Cephaloziella varians* et de croûtes d'algues tirant sur le marron. La présence inhabituelle de tourbe peu profonde apporte la preuve d'une croissance de bryophytes sur plusieurs décennies au moins. Les sporophytes *C. pyriformis* n'ont pas encore été observés au Mont Melbourne, ce qui indique qu'ils se reproduisent de manière asexuée par la dissémination des propagules végétatives. Une analyse génétique de la population a montré qu'une seule colonisation a probablement eu lieu et a été suivie de plusieurs mutations. Après comparaison avec des échantillons de *C. pyriformis* prélevés au Mont Erebus, à 350 kilomètres au sud du Mont Melbourne, on a découvert des éléments prouvant que les deux populations étaient étroitement liées et se sont disséminées entre les zones de sols chauds. Seuls des parcelles de mousse sporadiques ont été observées sur le Versant géothermique (Emplacement 2). Le protozoaire amiboïde *Corythion dubium* a été observé sous forme de coquilles vides dans les substrats minéraux et parmi les bryophytes. Ces espèces ne sont pas courantes en Antarctique continentale et n'ont été observées que sur un seul autre site sur la Terre Victoria. De nombreux champignons ont également été signalés mais aucune étude détaillée n'a été menée.

La description du biote de Mont Melbourne se concentre principalement sur la crête Cryptogam (Emplacement 1). Des recherches plus récentes menées sur le biote du versant nord-occidental (Emplacement 3) n'ont montré aucune différence notable parmi la flore alguaire qui, de manière générale, est moins développée que celle de la crête Cryptogam. Cependant, une troisième espèce de bryophyte *Pohlia nutans* a été observée à cet endroit, une espèce proche des populations découvertes au Mont Rittman et absente de la crête Cryptogam. En outre, différentes populations de bactéries ont été identifiées dans deux zones distinctes d'activité géothermique sur le Mont Melbourne, alors qu'elles ne sont distantes que de quelques kilomètres.

Lors d'études microbiennes antérieures menées sur des échantillons prélevés à la crête Cryptogam (Emplacement 1), on a isolé de nouvelles espèces de bactéries thermophiles telles que *Bacillus thermoantarcticus* (désormais *thermantarcticus*), *Bacillus* (désormais *Alicyclobacillus*) *acidocaldarius* et *Bacillus fumarioli*. Des études ultérieures menées sur les sols du versant nord-occidental (Emplacement 3) ont permis d'identifier des souches thermophiles de *Alicyclobacillus* sp. et trois bactéries mésophiles, *Micrococcus* sp., *Paenibacillus validus* et *Paenibacillus apiaries*. Deux nouvelles espèces supplémentaires ont été identifiées récemment sur le versant nord-occidental, *Alicyclobacillus pohliae* sp. nov et *Brevibacillus levickii*, dont aucune n'a été observée sur la crête Cryptogam alors que, durant la même étude, une nouvelle espèce du

genre *Aneurinibacillus* a été isolée de la crête Cryptogam, et pas du versant nord-occidental. Le nom *Aneurinibacillus terranovensensis* sp. nov. a été proposé (Tableau 2).

Au vu de la présence unique de certaines espèces à certains endroits du Mont Melbourne, les études se sont concentrées sur le métabolisme des différentes espèces et sur les caractéristiques pédologiques, et ont envisagé que les caractéristiques physico-chimiques des sols chauffés par l'activité géothermique influencent la colonisation et la dissémination des micro-organismes et des mousses sur ce site.

Mount Rittmann

Alors que la répartition des centres volcaniques de la région a été observée durant plusieurs expéditions menées au nord de Terre Victoria, le Mont Rittman n'a été découvert qu'à la fin des années 1980. À l'est du front du glacier Aviator, un petit cratère du Mont Rittman est visible, sous la forme d'un affleurement en forme de croissant sur un versant accidenté, instable et escarpé, pratiquement vertical, (d'environ 300 m de large sur 80 m de haut) et entouré de glace bleue (Carte A3). Les températures du sol enregistrées à 10 cm de profondeur oscillent entre 50 et 63°C.

Comme sur Tramway Ridge, le Mont Erebus et les trois sites du Mont Melbourne, le biote est composé de bryophytes et d'un large éventail d'algues et de protozoaires qui diffèrent de ceux trouvés sur les sites géothermiques de haute altitude, et également d'autres communautés végétales de zones de plus basse altitude (Tableau 1). Une seule espèce de bryophyte, *Pohlia nutans*, est présente en colonies éparses de petites pousses, de un à 2 mm de long, entre lesquelles on distingue le sol. Il s'agit d'une espèce cosmopolite, présente en Europe, en Asie, en Afrique, en Australasie et dans un certain nombre d'endroits en Antarctique, dont le Mont Melbourne, mais pas au Mont Erebus. Les sporophytes n'ont pas encore été observés et il semble que *P. nutans* se reproduise de manière asexuée. Une analyse génétique a montré que la population présente au Mont Rittman jouit d'une faible diversité génétique et semble être issue d'une seule immigration qui a été suivie par des mutations, comme cela a été le cas pour le *C. pyriformis* sur le Mont Melbourne. Un large éventail d'algues a été mis en culture et identifié, alors que des observations directes d'échantillons originaux au microscope n'avaient révélé que la présence de quelques algues. Lors de l'observation des cultures dans le but de trouver des algues, deux protozoaires ont été découverts, un petit rhizopode nu, de forme kystique, et un flagellé ressemblant à *Bodo* sp., ; ils n'ont pas été découverts sur le Mont Melbourne ni sur le Mont Erebus.

Des études microbiennes menées sur des échantillons prélevés sur le Mont Rittman ont isolé des souches thermophiles acidophiles (organismes supportant les conditions acides) appartenant au genre *Alicyclobacillus* et au genre thermophile *Anoxybacillus*. Les liens génétiques entre les souches isolées d'*Alicyclobacillus* laissent penser que les souches peuvent être liées à l'espèce *A. acidocaldarius* ou être suffisamment différentes pour former une nouvelle sous-espèce, pour laquelle le nom *Alicyclobacillus acidocaldarius* subspp. *rittmannii* a été proposé. Les caractéristiques de la souche isolée d'*Anoxybacillus* constituent une nouvelle espèce pour laquelle le nom *Anoxybacillus amylolyticus* sp. nov. a été proposé. Deux espèces de bactéries, *Aneurinibacillus terranovensensis* et *Bacillus fumarioli*, ont été isolées à partir d'échantillons prélevés sur la crête Cryptogam sur le Mont Melbourne et le Mont Rittman, mais n'ont pu être isolées du versant nord-ouest du Mont Melbourne, alors que les deux sites du Mont Melbourne sont à 1,5 km de distance et que le Mont Melbourne et le Mont Rittman sont à environ 103 km de distance.

Tableau 1: Flore et faune du sol fumarolique sur les sites géothermiques de haute altitude dans la région de la mer de Ross.

Taxon	Mont Erebus ^a	Mont Melbourne ^b	Mont Rittmann ^c
Bryophytes			
<i>Campylopus pyriformis</i> [†] (Moss)	+	+	
<i>Pohlia nutans</i> (Mousse)		+	+
<i>Cephaloziella exiliflora</i> [‡] (Hépatique)		+	
Algues - Cyanobactérie			
<i>Aphanocapsa elachista</i> [†]	+	+	
<i>Gloeocapsa magma</i> [‡]		+	
<i>Phormidium fragile</i>	+	+	
<i>cf. Phormidium fragile</i>			+
<i>Tolypothrix bouteillei</i> [‡]		+	
<i>Mastigocladus laminosus</i> [†]	+	+	+
<i>M. laminosus</i> non-hétérocystique	+		
<i>Stigonema ocellatum</i> ^{†‡}		+	
<i>Nostoc sp.</i>			+
Algue - Chlorophyte			
<i>Bracteacoccus cf. mineur</i>	+		
<i>Chlorella emersonii</i> [†]	+	+	
<i>Chlorella emersonii</i> [†]	+		
<i>Chlorella cf. protothecoides</i>			+
<i>Chlorella reisiigii</i>	+		
<i>Chlorella cf. reisiigii</i>			+
<i>Chlorella cf. reniformis</i> [†]		+	+
<i>Chlorella saccharophila</i> ^{†‡}	+		
<i>Coccomyxa curvata</i> [‡]	+		
<i>Coccomyxa gloeobotrydiformis</i>	+	+	
<i>Coccomyxa cf. gloeobotrydiformis</i>			+
<i>Coenocystis oleifera</i>	+	+	
<i>Coenocystis cf. oleifera</i>			+
<i>Oocystis minuta</i>	+		
<i>cf. Oocystis minuta</i>			+
<i>Pseudococcomyxa simplex</i>	+	+	
<i>cf. Pseudococcomyxa simplex</i>			+
<i>Scotiellopsis terrestris</i> [†]	+		
<i>Scotiellopsis cf. terrestris</i>			+
<i>cf. Lyngbya sp.</i> ^{†‡}			+
<i>Scenedesmus sp.</i> [‡]	+		
Protozoaire			
<i>Corythion dubium</i> [‡]		+	
Petit rhizopode nu de formation kystique			+
Flagelle <i>cf. Bodo sp.</i>			+

Taxon	Mont Erebus ^a	Mont Melbourne ^b	Mont Rittmann ^c
Protozoaire rhizopode	+		
Rotifère bdelloïde	+		
Champignon			
<i>Aspergillus sp.</i>	+	+	
<i>Chaetomium sp.</i>		+	
<i>Cryptococcus sp.</i>		+	
Dématiacée sp. inconnue	+		
<i>Malbranchea pulchella</i> var. <i>sulfurea</i>		+	
<i>Mucor sp.</i>	+		
<i>Myceliophthora thermophila</i>		+	
<i>Neurospora sp.</i>	+		
<i>Paecilomyces sp.</i>		+	
<i>Penicillium sp.</i>	+		
Champignon inconnu	+		
Actinomycètes			
<i>Streptomyces coelicolor</i> [†]	+	+	
<i>Thermoactinomyces vulgaris</i>	+		
<i>Thermomonospora sp.</i> [†]	+	+	

^a Broady, 1984; Ugolini et Starkey, 1966; Hudson et Daniel, 1988; Skotnicki *et al.*, 2001; Janetschek, 1963

^b Broady *et al.*, 1987; Nicolaus *et al.*, 1991; Lesser *et al.*, 2002

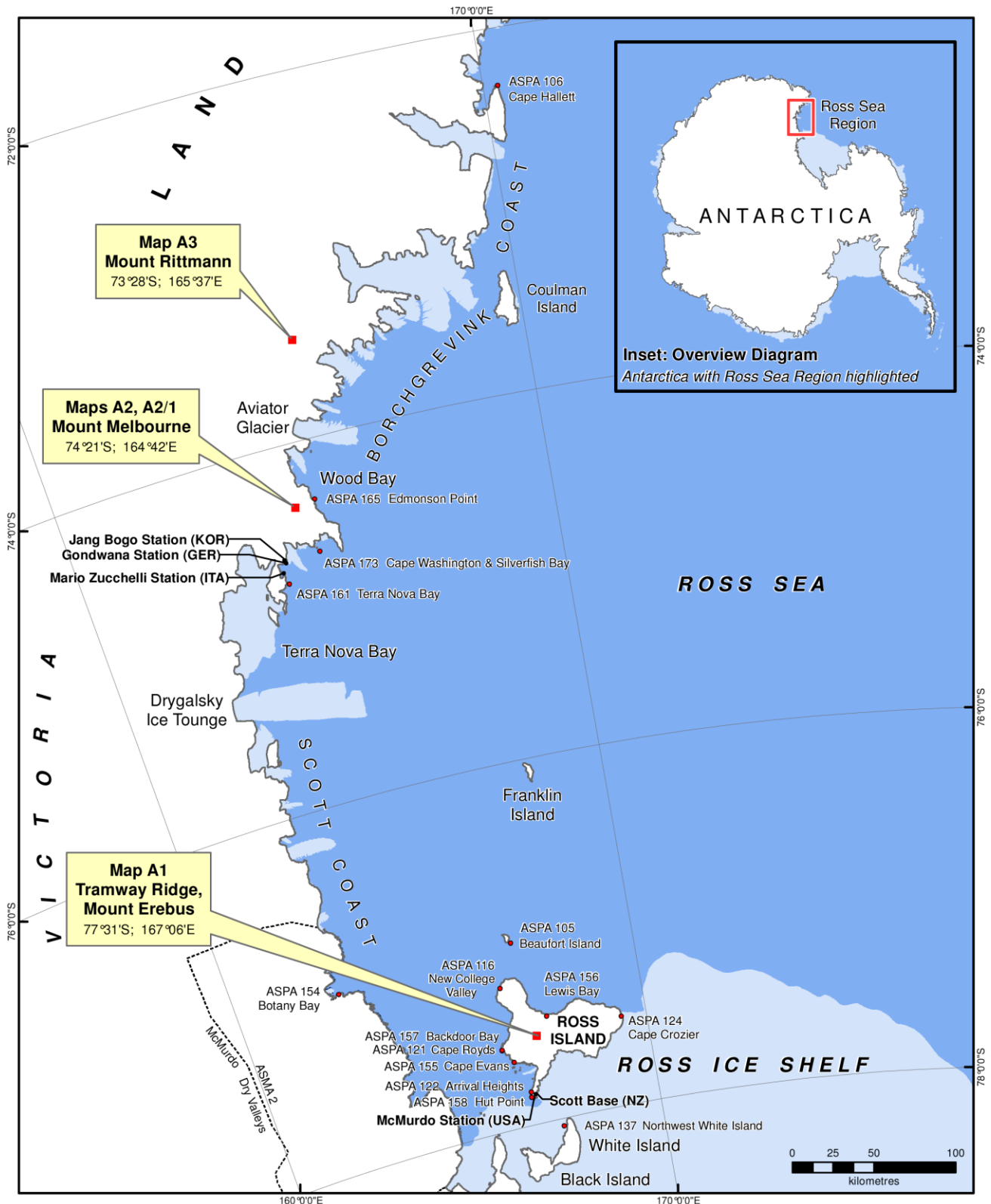
^c Skotnicki *et al.*, 2002; Bargagli *et al.*, 1996 (L'identification des espèces est expérimentale car les isolats n'ont pas été établis pour une étude plus détaillée).

Aucun autre recensement en Antarctique.

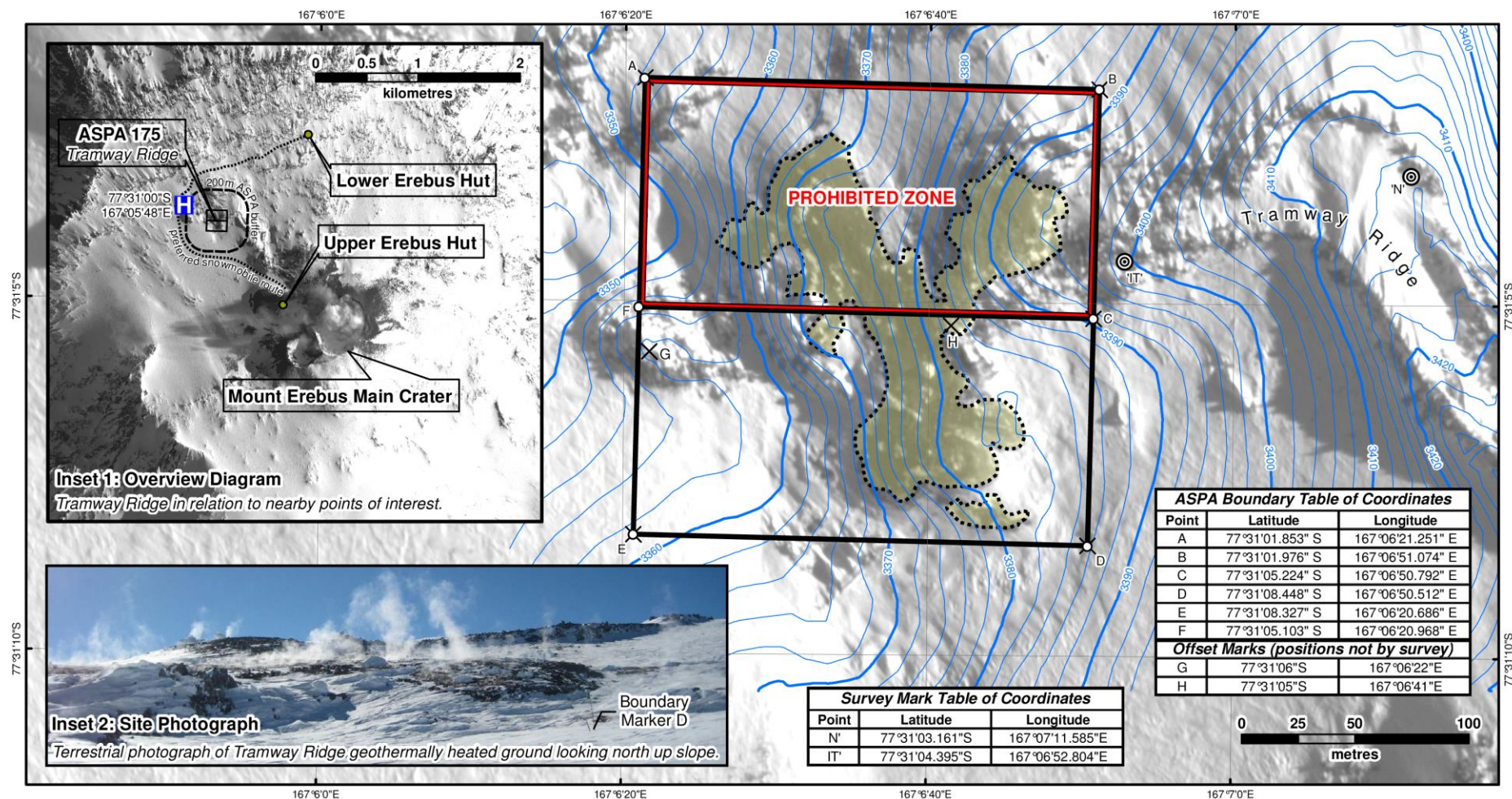
Aucun autre recensement sur Terre Victoria.

Tableau 2: Diversité bactérienne du sol fumarolique sur les sites géothermiques de haute altitude dans la région de la mer de Ross.

Espèces de genre	Mont Erebus	Mont Melbourne	Mont Rittman	Référence
+Bactérie thermophile				
Bacille				
- <i>Bacillus schlegelii</i>	+			Hudson et Daniel, 1988
- <i>Bacillus thermoantarcticus</i>		+		Hudson <i>et al.</i> , 1988
- <i>Bacillus fumarioli</i>		+	+	Nicolaus <i>et al.</i> , 1996 Logan <i>et al.</i> , 2000
Alicyclobacillus				
- <i>Alicyclobacillus acidocaldarius</i> (anciennement <i>Bacillus acidocaldarius</i>)	+			Hudson et Daniel, 1988
- <i>Alicyclobacillus acidocaldarius</i> subsp. <i>rittmannii</i>			+	Nicolaus <i>et al.</i> , 1998 ;
- <i>Alicyclobacillus sp.</i>		+	+	Pepi <i>et al.</i> , 2005 ; Bargagli <i>et al.</i> , 2004 Nicolaus <i>et al.</i> , 1998 ;
- <i>Alicyclobacillus pohliae</i>		+		Imperio <i>et al.</i> , 2008
Aneurinibacillus				
- <i>Aneurinibacillus terranovensis</i>		+	+	Allan <i>et al.</i> , 2005
Anoxybacillus				
- <i>Anoxybacillus amylolyticus</i>			+	Poli <i>et al.</i> , 2006
Brevibacillus				
- <i>Brevibacillus levickii</i>		+		Allan <i>et al.</i> , 2005
Thermoanaerobacter				
- <i>Thermoanaerobacter thermohydrosulfuricus</i> (anciennement <i>Clostridium thermohydrosulfuricum</i>)	+			Hudson et Daniel, 1988
Bactérie mésophile				
- <i>Micrococcus sp.</i>	+	+		Nicolaus <i>et al.</i> , 2000 ; Nicolaus <i>et al.</i> , 2001 ;
- <i>Paenibacillus validus</i>		+		Pepi <i>et al.</i> , 2005 ; Bargagli <i>et al.</i> , 2004
- <i>Paenibacillus apiarius</i>		+		Pepi <i>et al.</i> , 2005 ; Bargagli <i>et al.</i> , 2004



Map A - High Altitude Geothermal Sites of the Ross Sea Region
Location Diagram



Map A1 - ASPA 175: High Altitude Geothermal Sites of the Ross Sea Region
Tramway Ridge, Mount Erebus Topographical Map

Map Information:

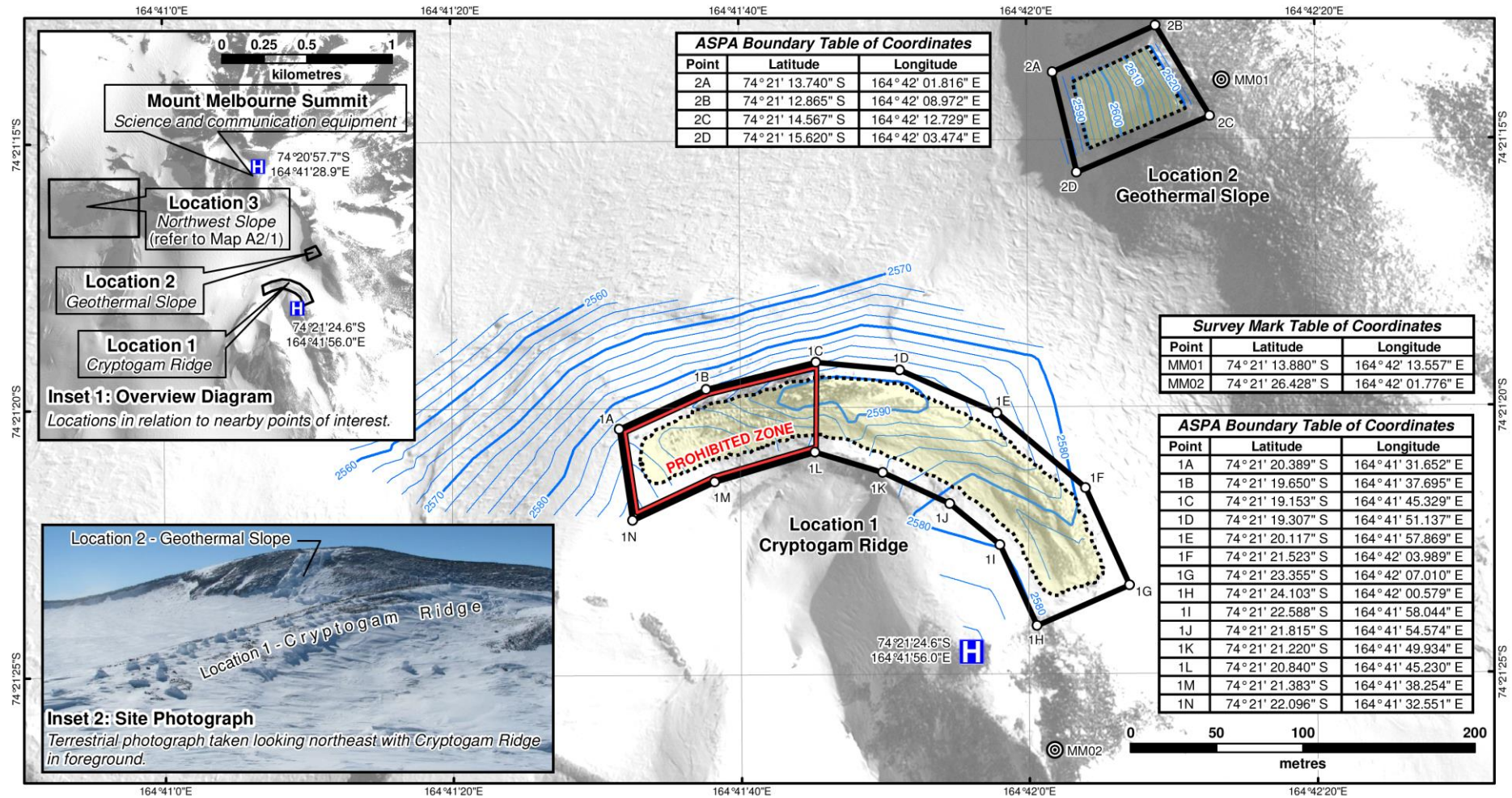
Version 1.7 - 9 May 2014 (final).
Horizontal Datum: WGS72, Camp Area Projection.
Vertical Datum: Mean Sea Level.
Satellite Imagery: orthorectified without ground-truthing.

Data Sources:

Survey Data: DOSLI Survey Plan 37/142.
Contours & Geothermally Heated Area: University of Canterbury.
Main Map & Overview Diagram Imagery: Digital Globe WorldView-2 Satellite (0.5 m resolution).
Site Photograph: University of Waikato.

- ⊙ Survey Mark
- ASPA Boundary Point
- × Boundary Marker (approx.)
- ▭ ASPA Boundary
- ▭ Prohibited Zone Boundary
- ~ 3420 ~ Contour ~ 10-metre interval
- ~ ~ ~ Contour ~ 2-metre interval
- H Helicopter Landing Site
- ⋯ Geothermally Heated Ground (approx. & subject to change)





Map A2 - ASPA 175: High Altitude Geothermal Sites of the Ross Sea Region
Cryptogam Ridge and Geothermal Slope, Mount Melbourne Topographical Map

Map Information:

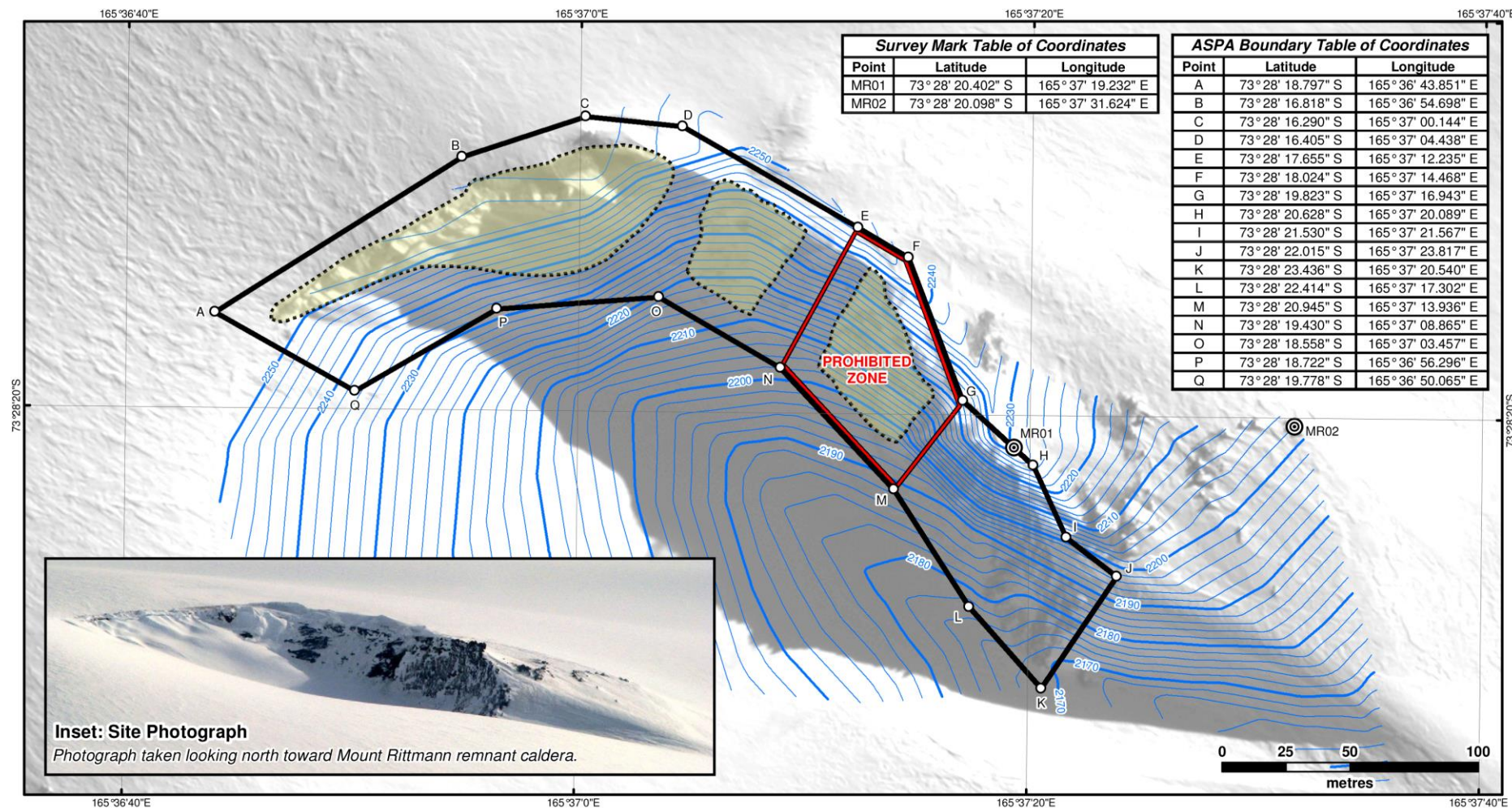
Version 1.6 - 9 May 2014 (final).
Horizontal Datum: WGS84, UTM Zone 58 Projection.
Vertical Datum: WGS84.
Satellite Imagery: orthorectified without ground-truthing.

Data Sources:

Survey Data: Obtained by field survey 17 November 2012.
Main Map & Overview Diagram Imagery: Digital Globe GeoEye Satellite (0.5 m resolution).
Site Photograph: Antarctica New Zealand.

- ⊙ Survey Mark
- ASPA Boundary Point (unmarked)
- ▭ ASPA Boundary
- ▭ Prohibited Zone Boundary
- ~2580~ Contour ~ 10-metre interval
- ~ Contour ~ 2-metre interval
- H Helicopter Landing Site
- Geothermally Heated Ground (approx. & subject to change)





Map A3 - ASPA 175: High Altitude Geothermal Sites of the Ross Sea Region
Mount Rittmann Topographical Map

Map Information:

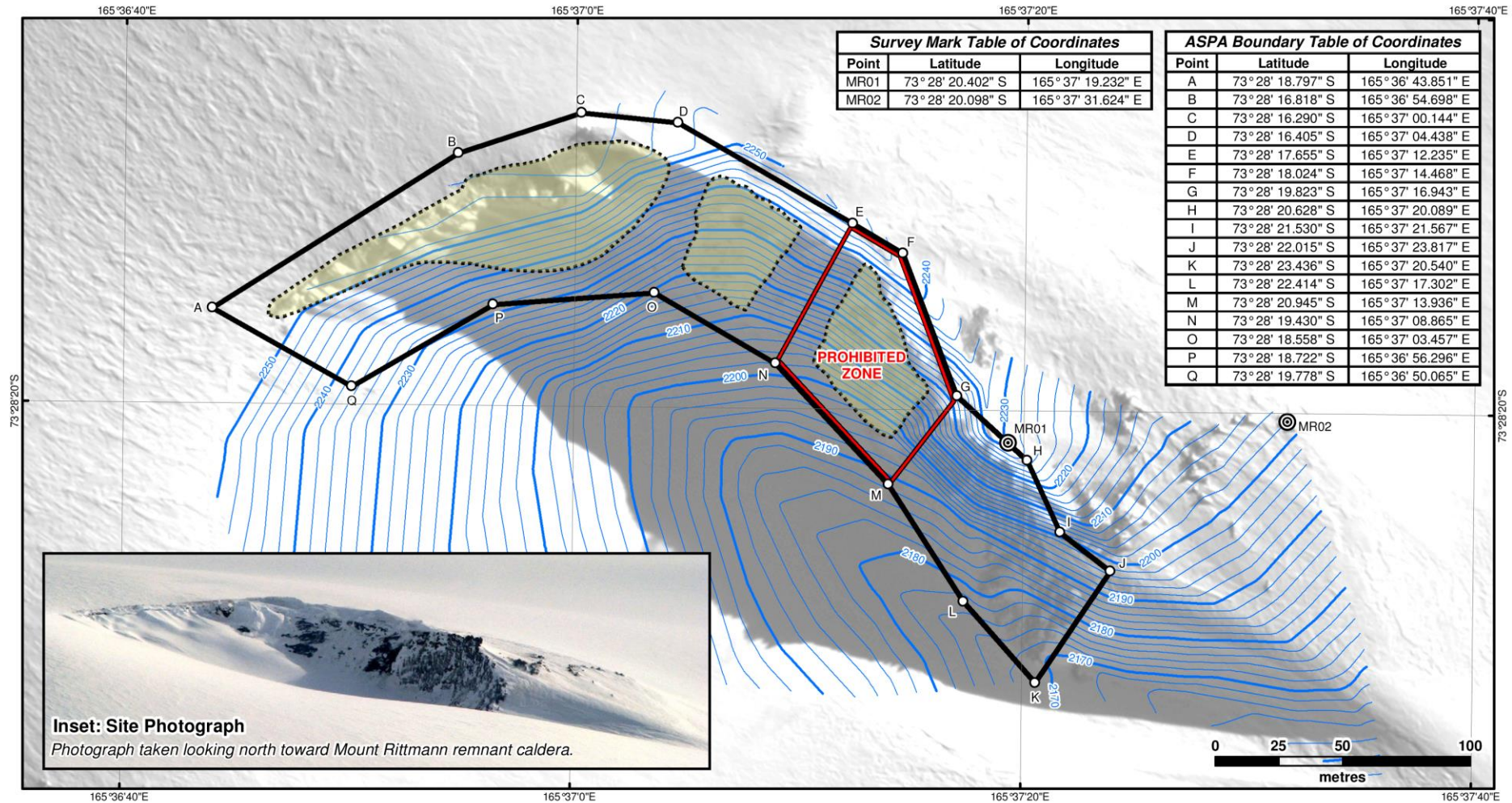
Version 1.5 - 9 May 2014 (final).
 Horizontal Datum: WGS84, UTM Zone 58 Projection.
 Vertical Datum: WGS84.
 Satellite Imagery: orthorectified with limited ground-truthing.

Data Sources:

Survey Data: Obtained by field survey 16 November 2012.
 Main Map & Overview Diagram Imagery: Digital Globe WorldView-1 Satellite (0.5 m resolution).
 Site Photograph: Antarctica New Zealand.

- ⊙ Survey Mark
- ASPA Boundary Point (unmarked)
- ▭ ASPA Boundary
- ▭ Prohibited Zone Boundary
- ~2170~ Contour ~ 10-metre interval
- ~ Contour ~ 2-metre interval
- Geothermally Heated Ground (approx. & subject to change)





Map A3 - ASPA 175: High Altitude Geothermal Sites of the Ross Sea Region
Mount Rittmann Topographical Map

Map Information:

Version 1.5 - 9 May 2014 (final).
 Horizontal Datum: WGS84, UTM Zone 58 Projection.
 Vertical Datum: WGS84.
 Satellite Imagery: orthorectified with limited ground-truthing.

Data Sources:

Survey Data: Obtained by field survey 16 November 2012.
 Main Map & Overview Diagram Imagery: Digital Globe WorldView-1 Satellite (0.5 m resolution).
 Site Photograph: Antarctica New Zealand.

- ⊙ Survey Mark
- ASPA Boundary Point (unmarked)
- ▭ ASPA Boundary
- ▭ Prohibited Zone Boundary
- ~2170~ Contour ~ 10-metre interval
- ~ Contour ~ 2-metre interval
- Geothermally Heated Ground (approx. & subject to change)

