



DES OASIS

au sommet des Andes



FONDS FRANÇAIS POUR
L'ENVIRONNEMENT MONDIAL



Institut de Recherche
pour le Développement
FRANCE

PRÉAMBULE

A l'heure où le monde connaît des changements globaux dont la vitesse et l'ampleur sont sans précédent, anticiper le devenir conjoint des systèmes naturels et des sociétés humaines est devenu essentiel pour y faire face et s'y adapter.

Dans ce contexte, l'élaboration de scénarios d'évolution de la biodiversité – démarche scientifique en plein essor – représente une voie prometteuse pour définir des trajectoires futures plausibles, fournir des outils d'aide à la décision pour anticiper les impacts des changements globaux et offrir des outils de dialogue entre acteurs et décideurs aux intérêts parfois divergents.

En 2013, nos institutions – l'Institut de recherche pour le développement (IRD), le Fond français pour l'environnement mondial (FFEM) et la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB) – se sont associées pour accompagner le programme de recherche Bio_THAW (BIOdiversity in Tropical High Andean Wetlands) dans le cadre de l'appel à projets « Modélisation et scénarios de la biodiversité » de la FRB. L'objectif de ce projet était de caractériser la vulnérabilité des tourbières des hautes Andes tropicales dépendantes de l'eau des glaciers des montagnes qui ont vu près de la moitié de leurs volumes disparaître en un demi-siècle. Un véritable défi scientifique et sociétal lorsque l'on sait que les Andes abritent une exceptionnelle biodiversité et accueillent une population de plusieurs millions d'habitants dépendant étroitement des services fournis par ces écosystèmes.

C'est justement cette proximité entre questionnement scientifique sur le devenir de la biodiversité et le devenir des sociétés qui nous a mobilisés. Ce partenariat est en effet porté par une volonté commune d'encourager la diffusion des résultats de recherche produits auprès des populations

locales et des décideurs gouvernementaux ou non gouvernementaux. La protection des écosystèmes et leur utilisation durable passent en effet par une meilleure gouvernance intégrant les préoccupations relatives à la biodiversité dans les politiques et les pratiques sectorielles comme l'agriculture ou l'usage de la ressource en eau. Elle passe aussi par le transfert, l'application et l'appropriation des connaissances scientifiques et donc la sensibilisation accrue et l'accompagnement des changements de comportement des populations.

Les scientifiques du projet Bio_THAW ont proposé aux acteurs locaux, de l'agriculteur au responsable politique, des outils d'aide à la décision : guides des plantes des tourbières, carte de vulnérabilité indiquant le statut de conservation de plus de 1 500 zones humides, publications scientifiques traduites en espagnol sont autant d'outils qui permettront de définir les priorités de protection de ces écosystèmes, en concertation avec les populations locales.

Au-delà de cette sensibilisation majeure dans cette région particulière du globe, les connaissances issues de ce projet vont pouvoir circuler à travers le monde grâce au talent photographique d'Olivier Dangles. Les magnifiques photos prises sur le terrain par ce chercheur ont donné lieu à l'exposition des « Oasis au sommet des Andes », et à ce catalogue que nous sommes très heureux de vous présenter ici.

**FONDATION POUR LA RECHERCHE SUR LA BIODIVERSITÉ
FOND FRANÇAIS POUR L'ENVIRONNEMENT MONDIAL
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT**







INTRODUCTION

La cordillère des Andes, dont le nom issu du quechua « andi » signifie « haute crête », est une chaîne de montagnes de plus de 7 000 kilomètres de long et de 200 à 700 kilomètres de large. Au cours de plusieurs dizaines de millions d'années, des processus géologiques ont contribué à la formation de massifs dont la diversité d'altitudes est impressionnante, allant du niveau de la mer jusqu'à 7 000 mètres, et à des conditions climatiques variées, parfois extrêmes. Ainsi s'explique **l'extraordinaire biodiversité des Andes.**

Par la spécificité des espèces végétales qu'elles hébergent, les zones tropicales des Andes sont dites « alpines », à l'image des Alpes en France. Toutefois, contrairement aux montagnes européennes, les différences journalières des températures dépassent celles mesurées entre les mois de l'année. Comme si, du lever du soleil à son coucher, toutes les saisons s'écoulaient.

Des zones humides, perchées entre 3 500 et 4 800 mètres d'altitude et isolées dans un paysage agricole au nord (Colombie, Equateur) ou désertique plus au sud (Pérou, Bolivie), abritent une multitude d'espèces. Ces **oasis** andines, semblables à des tourbières, jouent un rôle crucial dans le captage

de l'eau des glaciers qui alimentent les métropoles situées en aval. L'eau qui arrive dans une tourbière pendant la saison humide ou de dégel des glaciers peut être stockée pendant plusieurs mois puis libérée pendant la saison sèche. Les plantes des tourbières remplissent de nombreuses fonctions essentielles : elles retiennent et purifient l'eau, nourrissent les herbivores sauvages et domestiques, et piègent le CO₂.

A 3 900 mètres d'altitude, le sommet du volcan *Sincholagua* (photographie pages 10-11) surplombe une tourbière située dans une réserve de faune acquise par le gouvernement équatorien. Là, dans un air visiblement chargé en humidité, des tourbières de six mètres d'épaisseur sont le fruit d'une lente accumulation de tourbe commencée sept à huit millénaires auparavant. Les vaches, qui peuvent grimper jusqu'à plus de 4 500 mètres, parsèment ce paysage qui cache aussi des canaux souterrains construits par l'Homme. De fait, une partie de l'eau qui devrait s'écouler vers l'Amazonie est renvoyée par ces grands canaux vers le Pacifique pour alimenter la capitale, Quito, pour près de 40 % de ses besoins.

Aux pressions multiples liées aux nouvelles pratiques agricoles et à l'urbanisation s'ajoutent également les changements climatiques, qui se

traduisent par un **retrait des glaciers dans le monde entier**. Dans les Andes, depuis les années 1970, les glaciers reculent et disparaissent à un rythme jamais observé depuis le Petit Age Glaciaire. Or, d'après le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), la planète devrait se réchauffer selon une amplitude comprise entre 1,5 et 4,5°C d'ici à la fin du siècle par rapport à 1990.

La dégradation des écosystèmes va de pair avec celle des services qu'ils assurent : régulation des crues et de l'érosion des sols, approvisionnement en eau, en nourriture, en fourrages et en bien d'autres ressources, et enfin services culturels à travers la spiritualité et le tourisme. En ce moment même, les oasis andines et leurs équilibres fragiles font face à des perturbations rapides, profondes et probablement irrémédiables. C'est pourquoi leur maintien préoccupe les gouvernements des pays qui bénéficient de leur présence.







Une diversité d'ethnies

En Équateur, dans la réserve écologique de l'*Antisana* toute proche de Quito, les *chagras* sont des paysans éleveurs. Autrefois employés dans de grands élevages de bétails pour surveiller les brebis et les vaches, certains de ces paysans jouent désormais un rôle de garde du parc naturel auprès du ministère de l'Environnement, assurant le respect de l'intégrité écologique des oasis et de leur précieuse biodiversité. Afin de rester libres de leurs mouvements et guider aisément leurs chevaux, les *chagras* préfèrent utiliser des ponchos. Chaud et pratique, le poncho est le vêtement idéal pour cette région d'altitude au climat humide et froid. Les Amérindiens représentent environ la moitié de la population péruvienne et bolivienne. En Amérique du Sud, une personne sur dix est indienne, avec plus de 400 groupes ethniques. Les Quechuas et les Aymaras sont les plus nombreux, avec respectivement 11 millions et 1,6 million de personnes. Autrefois intégrés à l'empire inca, ces peuples en portent aujourd'hui l'héritage.



Traditions

Ce camélidé broute un coussin d'*Azorella*, une plante pouvant abriter plusieurs autres espèces végétales. L'*Azorella* est une espèce « ingénieuse », car elle contribue à la création de son propre écosystème, celui des tourbières. Contrairement aux vaches, dont le poids élevé et les sabots dégradent le sol, les lamas et les alpagas n'endommagent pas ces écosystèmes.

Ces camélidés sont très robustes, à l'instar de leurs cousins sauvages, vigognes et guanacos. Des pompons, clochettes ou colliers en tissu permettent aux bergers de les reconnaître. Leur laine constitue un véritable trésor. Autrefois réservée aux souverains incas, la laine d'alpaga est aujourd'hui appréciée dans le monde entier pour sa douceur et sa résistance.



Tisser la terre-mère

Cet enfant appartient à une communauté indienne de la région de Chopcca au Pérou, près de la ville de Huancavelica, au sud-est de Lima à 4 500 mètres d'altitude. Les paysans agriculteurs y cultivent essentiellement des pommes de terre et autres tubercules. L'*aguayo*, le tissu traditionnel que l'enfant porte, reflète la diversité de sa culture locale. Chaque groupe ethnique développe son propre style et ses symboles. Un tissu peut être lu comme une histoire qui raconte la place des humains dans le monde et leurs relations avec la Terre-Mère (*Pachamama*).



Précieuses tourbières

En Bolivie, dans la Cordillère royale à l'est de La Paz, de nombreuses tourbières sont alimentées par des ruisseaux d'origine glaciaire (en arrière-plan). Au fond, le sommet du *Condoriri* (tête de condor) culmine à 5 648 mètres d'altitude. Les tourbières se caractérisent par un sol saturé d'eau stagnante. Elles privent ainsi d'oxygène les bactéries et champignons responsables de la décomposition et du recyclage de la matière organique. Dans ces conditions asphyxiantes, la litière végétale se minéralise très lentement. Elle s'accumule progressivement, formant un dépôt de matière organique mal décomposée que l'on appelle la tourbe. Ces écosystèmes stockent le carbone de l'atmosphère et produisent des fourrages pour les troupeaux. Ils purifient l'eau à l'instar d'un rein, transforment les pluies irrégulières en un flux continu, ralentissent le passage de l'eau venue des glaciers et alimentent les cours d'eau à la saison sèche. Avec la disparition des glaciers, favoriser le développement des tourbières de haute altitude, par exemple en créant des zones d'eau stagnante, permettrait d'améliorer la régulation de l'approvisionnement en eau vers les régions en aval.

Esprits des montagnes

Le Cotopaxi, dont le nom signifierait « col de lune », culmine à près de 6 000 mètres d'altitude sur la bordure Ouest de la Cordillère royale, en Équateur. Ce volcan, actif et explosif, est situé à seulement 50 km au sud-est de Quito. L'épaisseur de glace au sommet du volcan est estimée à 80 mètres, ce qui représente un énorme volume d'eau. En cas d'éruption, une partie de la glace fondrait et dévalerait sous forme de coulées de boue vers la zone résidentielle de *Los Chillos*, vallée située au sud de Quito. Une fois l'alerte déclenchée, les habitants n'auraient qu'une vingtaine de minutes pour gagner les zones sécurisées. Le Cotopaxi a été équipé de dispositifs de surveillance dans le cadre d'une collaboration entre l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et l'École Polytechnique Nationale (EPN) à Quito.

Une telle influence sur le quotidien des habitants explique en partie pourquoi les hautes altitudes sont associées, dans la mythologie des populations andines, à la puissance des dieux. Chaque montagne correspond à un *Apu*, un esprit qui ordonne la disposition des éléments naturels, donne naissance aux rivières et répartit ainsi dans l'espace les animaux, les végétaux, les villages et les champs. Les relations entre les Hommes et les esprits sont au cœur des récits transmis oralement de génération en génération.





La nature à la loupe

Les mains emmitouffées dans des gants épais, Rosa Isela Meneses, directrice de l'Herbier National de Bolivie, s'efforce d'identifier les graminées trouvées dans les coussins des tourbières de la Cordillère royale, à proximité de La Paz. C'est un travail minutieux souvent réalisé dans le froid, à des températures pouvant atteindre -10°C . Nombre de ces plantes sont difficiles à différencier les unes des autres. Les écologues sont particulièrement intéressés à comprendre la façon dont les plantes des tourbières interagissent entre elles pour faire face aux stress environnementaux, comme le froid, le manque de nutriments ou la salinité. Les coussins d'*Azorella*, par exemple, sont des formes végétales dites « nurses » qui permettent la survie d'une grande diversité d'autres plantes, y compris des arbustes. À l'heure où les températures augmentent rapidement, ces espèces vont devoir s'adapter et pousser à de plus hautes altitudes pour survivre. Cette adaptation va prendre du temps et fragiliser leur rôle de plantes nurses pour la migration des autres végétaux à de plus hautes altitudes.



Les couleurs de l'eau

Les glaciers du volcan Antisana, en Equateur, jouent un rôle majeur dans le maintien de la biodiversité aquatique des oasis andins. Leurs eaux laiteuses (à gauche de l'image), peu minéralisées et chargées en argiles glaciaires, hébergent une faune aquatique endémique. Lorsque ce type de ruisseau se mélange à des cours d'eau provenant de tourbières (à droite), chargés en matière organique (d'où leur couleur sombre), ils augmentent l'hétérogénéité des conditions environnementales et favorisent une grande diversité d'espèces, notamment des invertébrés aquatiques. Ces ruisseaux sont également fréquentés par des oiseaux tels que les sarcelles andines ou les ibis à face noire.



Au pays des ours

En Équateur, à 4 400 mètres d'altitude, cette petite famille d'ours se trouve à quelques mètres seulement du photographe qui les suit depuis plus d'une heure. L'ours andin, ou ours à lunettes (*Tremarctos ornatus*), est le seul ours présent en Amérique du Sud. Vivant depuis le Venezuela jusqu'à la frontière entre la Bolivie et l'Argentine, il se nourrit de plantes, de fruits et parfois de petits mammifères. Contrairement à ses cousins des zones tempérées, il n'hiberne pas. Plus gros que la femelle, le mâle peut peser jusqu'à 180 kg. Cette espèce, la seule représentante actuelle d'une lignée d'ours à face courte, a divergé, il y a 13 millions d'années, de celle des *Ursinae* qui regroupe la plupart des ours actuels.

Emblématique des oasis d'altitude andines, l'ours andin est inscrit sur la liste des espèces vulnérables à protéger, principalement menacé par les changements d'usage des terres et la chasse. Parce qu'il occupe un territoire relativement grand de plusieurs dizaines d'hectares, l'ours andin représente une espèce dite « parapluie », dont la conservation bénéficie à d'autres espèces qui partagent son habitat.



Étape cruciale

Les flamants des Andes (*Phoenicoparrus andinus*) fréquentent régulièrement les lagunes de l'altiplano bolivien en y séjournant quelques mois au cours de leur migration. Dans les Andes arides, ils circulent d'oasis en oasis, pouvant parcourir plus de 1 000 kilomètres par jour. Dans ce salar (lac salé) au sud de la Bolivie à 4 800 mètres d'altitude, ils filtrent l'eau à la recherche de minuscules organismes : algues et plancton. Mais le développement d'infrastructures, l'utilisation et la pollution des eaux associés à l'exploitation minière en font une espèce en danger d'extinction. Cette espèce occupe aujourd'hui une dizaine de sites en Bolivie, au Pérou et au Chili, avec quelques dizaines de milliers d'individus tout au plus. En outre, les changements climatiques modifient le volume et la salinité des lagunes qui, dans certaines régions des Andes, ont déjà totalement disparu. Emblématique des menaces qui pèsent sur les oasis andines, le lac Titicaca a perdu environ un dixième de sa surface entre 2002 et 2010, à cause de la demande en eau pour les villes et pour l'agriculture.

Kaléidoscope végétal

Les plantes bénéficient de l'eau et des sels minéraux apportés par la montagne. À partir d'une certaine altitude, les arbres laissent place à des formes de végétation plus adaptées aux conditions extrêmes de température, de radiations solaires et de vent. Les touffes d'herbes côtoient des plantes en coussins, de spectaculaires rosettes géantes et des balais de sorcière (en haut à gauche), tandis que les arbustes se mêlent aux plantes à fleurs et aux fougères. Tous ces végétaux forment de petits groupes disséminés qui se nichent près des cours d'eau ou entre les rochers à l'abri des vents froids. Dans les tourbières du volcan Antisana, il est possible de trouver jusqu'à 250 espèces végétales sur une superficie de quelques centaines de km².

Les plantes de haute altitude vivent dans des conditions à la limite de l'habitable, ce qui les rend particulièrement vulnérables aux changements climatiques.

Au sommet des Andes comme ailleurs sur notre planète, ces espèces ont trois options face au changement de leurs conditions de vie : s'adapter, migrer, ou s'éteindre.

Les plantes des régions montagneuses peuvent migrer de quelques dizaines de mètres pour trouver des conditions favorables au sein de « refuges climatiques ». Cependant, la vitesse des changements actuels semble excéder les capacités des espèces à y faire face : les chercheurs parlent alors de « dette climatique ».





Manger et être mangé

Les animaux qui vivent dans les hautes Andes tropicales doivent adopter des stratégies efficaces pour s'alimenter. Les espèces « spécialistes » dépendent d'une quantité limitée de ressources spécifiques. Au contraire, les espèces « généralistes », à l'instar de la buse tricolore qui se nourrit ici d'un lapin, profitent de nombreuses ressources et sont généralement moins vulnérables aux changements de l'environnement. Bien que plus résistantes, il s'agit parfois également d'espèces « clé de voûte » dont la disparition peut entraîner celle d'autres espèces. Certains animaux présentent des comportements indispensables à leur survie, comme les lézards terricoles du genre *Liolaemus*, qui défendent leur terrier avec agressivité, ou le renard des Andes, un chasseur solitaire qui, à plus de 5 000 mètres d'altitude, conserve sa chaleur et son énergie en exposant le moins possible son corps à l'air lorsqu'il se repose. A l'image de ce synallaxe flammé, posé sur du fil de fer, de nombreuses espèces doivent également s'adapter à la présence de l'Homme et à son impact sur leurs habitats.



Grenouilles magiques

Les grenouilles sont utilisées par les Amérindiens lors de rituels de fécondité ou de rites magiques pour faire venir la pluie en période de sécheresse. En infusion ou directement sur la peau, elles servent aussi à soigner des maladies ou leurs symptômes : anémies, inflammations et fièvres.

Présentes jusqu'à la limite des glaciers, à plus de 5 000 mètres d'altitude, les grenouilles des Andes constituent de bons bio-indicateurs des changements globaux : modifications des habitats, changements climatiques et émergence de champignons pathogènes tels que *Batrachochytrium dendrobatidis*. Fait dramatique, le taux de disparition des espèces de grenouilles est si rapide que les scientifiques ne sont pas en mesure de les décrire lorsqu'elles sont encore vivantes. En Equateur, cette grenouille arlequin (*Atelopus bomolochos*), considérée comme disparue depuis 2002, fut redécouverte en 2015.



L'enfant et le lama

Les éleveurs amérindiens font paître des troupeaux de lamas et d'alpagas dans les zones humides qui parsèment les Andes. Cet enfant de la communauté de Simiatug, petit village perdu au centre des Andes équatoriennes, chevauche un lama. Ces camélidés ne sont pourtant pas des bêtes de charge car ils ne portent généralement pas plus de 20 kg.

Cette limitation explique le succès des ânes et des chevaux qui tendent, dans certaines régions, à les remplacer.

En arrière-plan de la photo, la zone herbacée est striée de lignes vertes qui correspondent aux voies de passage du bétail : la frontière agricole est toute proche. Les conditions difficiles, froid et manque d'oxygène, n'ont pas empêché les Hommes de s'installer ici il y a environ 11 000 ans. Il existe un fragile équilibre entre préservation de la biodiversité et activités humaines. Les éleveurs d'alpagas jouent un rôle crucial : par exemple, ils créent des canaux d'irrigation au cœur des tourbières pour favoriser ces habitats utiles à leurs bêtes.



Villages perchés

En Bolivie, à la frontière avec le Chili dans le parc national du Sajama, la région est aride et il y a peu de terres productives en dehors des tourbières. En arrière-plan, les volcans Parinacota (6 348 m) et Pomerape (6 240 m), actifs, donnent naissance à des sources d'eau chaude. Des villages temporaires se forment aux alentours, les habitants se déplaçant pendant l'année ou pour des périodes plus longues. Ces derniers vivent principalement de la culture du quinoa et de l'élevage de camélidés, dont on voit à gauche un enclos constitué de branches de *Polylepis*, une plante capable de se développer à plus de 4 500 mètres d'altitude. La pauvreté et les conditions de vie difficiles poussent les habitants à désertir leurs villages et à partir chercher du travail en ville ou dans les compagnies minières. Deux millions de personnes résident dans la capitale bolivienne et sa banlieue, formant l'agglomération d'El Alto-La Paz, à plus de 3 600 mètres d'altitude. Un chiffre qui pourrait doubler d'ici à 2050.

Sillons à l'horizon

Les espèces cultivées font également partie de la biodiversité des hautes Andes : on parle d'« agro-biodiversité ». En Équateur, au Pérou et en Bolivie, il existe plus de 4 000 variétés de pommes de terre qui poussent entre 2 500 et 5 000 mètres d'altitude. Ces variétés dépendent, tout comme les espèces sauvages, de la bonne santé des écosystèmes, puisque les communautés d'agriculteurs utilisent les tourbières pour irriguer leurs champs.

Cependant, les nouvelles pratiques agricoles bouleversent cette dynamique : de grandes cultures comme les pommes de terre s'étendent toujours plus haut en altitude, où l'eau abonde, où les conditions climatiques limitent la présence d'insectes ravageurs et où les sols fertiles sont garants d'excellents rendements. En Équateur, vers 3 800 mètres d'altitude, les prairies humides d'altitude (au premier plan) laissent rapidement place à un paysage fortement marqué par l'Homme. À droite, en hauteur, une plantation de pins surplombe un champ de pommes de terre. Plus bas, une vache pâture à proximité d'un champ de fèves. Ce patchwork de cultures est parsemé de routes permettant l'accès aux champs et aux villages. De fait, les oasis andines sont coincées entre deux menaces, l'agriculture en aval et la diminution à long terme des apports d'eau liée à la fonte des glaciers en amont.





Des lamas aux vaches

L'élevage de petits troupeaux de lamas et d'alpagas permet de produire de la laine et de la viande dans les zones montagneuses où il est difficile de cultiver des plantes. Dans les Andes centrales d'Équateur, près d'une plantation de pins, des enfants entourent une vache, fierté de la famille. Depuis une vingtaine d'années, les bovins ont pris une grande importance dans cette région dont ils ont modifié l'économie. Ces changements d'usage des terres, qui améliorent temporairement les conditions de vie des habitants, constituent également des menaces pour les oasis d'altitude. En effet, les bovins, plus lourds que les camélidés, compactent le sol. Ils réduisent ainsi l'infiltration de l'eau et favorisent le ruissellement, source d'érosion. La dégradation des sols a lieu à l'échelle planétaire et fait partie des causes principales de l'extinction des espèces animales et végétales. Cette menace pèse aussi sur la sécurité alimentaire des Hommes dont l'avenir dépend étroitement de ce bien commun que constituent les sols.



Mines toxiques

Si les couleurs flamboyantes confèrent à cette image une certaine beauté, elles sont pourtant le fruit de lourdes pollutions par les mines. L'exploitation minière constitue l'une des principales activités économiques des hauts plateaux de la Bolivie et du Pérou. Etain, argent, plomb et zinc sont exploités par des coopératives publiques ou privées, parfois étrangères. Les éléments servant à extraire ces métaux, comme le mercure, sont relâchés dans les rivières et polluent les écosystèmes. Combinés à l'acidité de l'eau, ces composés peuvent devenir toxiques pour la santé des communautés animales et humaines. Les mines impactent non seulement la qualité mais également la quantité des ressources en eau, utilisées abondamment pour le traitement du minerai. Le lac de Milluni, dans la vallée du Huayna Potosí, que l'on voit en arrière-plan, alimente en eau la ville de La Paz. La contamination en métaux lourds fait donc peser une forte menace sur une ressource vitale pour tous et constitue un problème environnemental majeur dans les Andes tropicales. Un temps limitée à la Bolivie et au Pérou, cette menace s'étend désormais vers l'Equateur et la Colombie.

Fonte des glaces

En Équateur, à 5 200 mètres d'altitude, le glacier Crespo du volcan Antisana, qui alimente en eau les tourbières d'altitude, subit un fort retrait depuis la fin des années 1970. À sa surface, la formation de nombreux ruisseaux traduit la fonte en cours. La couche superficielle de glace est recouverte de fines particules rouges apportées par les vents. La coloration rougeâtre de ces particules diminue le pouvoir réfléchissant du glacier qui capture alors une plus grande quantité d'énergie solaire, et fond plus vite. En Bolivie, certains glaciers reçoivent des suies issues de brûlages pour l'agriculture en aval, leur conférant une teinte grisâtre, voire noirâtre, par endroits.

Les changements climatiques modifient l'extension et l'épaisseur des glaciers. Au cours de ces cinquante dernières années, les glaciers de la Cordillère royale en Bolivie ont perdu près de la moitié de leur volume. Un phénomène qui devrait s'intensifier dans les prochaines décennies. Or, les personnes qui en bénéficient, parfois à des centaines de kilomètres en aval, n'ont pas toujours conscience de leur importance. Dans la capitale bolivienne, les glaciers andins assurent plus du quart de l'approvisionnement en eau pendant la saison sèche. Plus généralement, la moitié de la population mondiale dépend directement ou indirectement de l'eau des montagnes.





Anticiper le futur

Anticiper les conséquences de la diminution de la surface en glace sur la disponibilité en eau pour les zones humides d'altitude et les populations humaines nécessite le développement de méthodes permettant de suivre l'évolution des glaciers. Pour cela, les glaciologues s'appuient de plus en plus sur les images satellites haute définition. Toutefois, ces techniques nécessitent des mesures de terrain pour validation.

Luis Maisincho, chercheur glaciologue équatorien, utilise de longues barres plantées dans le glacier de l'Antisana afin de mesurer les changements d'épaisseur de glace. Entourés de dangereuses crevasses, les chercheurs assurent leur sécurité en s'attachant entre eux par une corde. D'après leurs résultats, le recul des glaciers va réduire les écoulements d'eau vers les tourbières à long terme. Les conditions environnementales seront plus homogènes, diminuant localement la diversité animale et végétale, avec de probables conséquences sur le fonctionnement de ces zones humides et sur les services qu'elles rendent aux populations humaines.



En conclusion...

Dans la lumière du soir, à environ 5 100 mètres d'altitude et à 25 km de La Paz, Jorge Molina, un étudiant bolivien, s'éloigne d'une tourbière. Le paysage semble lunaire, malgré la présence de routes construites par les entreprises minières. Portant sur son dos des piquets qui permettent de suivre l'évolution de mares et un filet pour échantillonner la biodiversité aquatique dans les zones humides, il vient de parcourir cinq cents mètres de dénivelé, à une altitude où l'oxygène se fait rare. En étudiant les tourbières des hautes Andes tropicales, les chercheurs explorent des pistes qui permettraient de mieux faire face à l'avenir. L'exploitation des mines et les changements de pratiques agricoles risquent de continuer à fragmenter les écosystèmes. Les scientifiques soulignent également un paradoxe : même si à court terme, avec la fonte des glaces, les tourbières seront davantage alimentées en eau, à plus long terme, l'eau venue des glaciers finira par disparaître. Ce paradoxe pourrait retarder la prise de conscience des populations locales.



LE PROJET BIO_THAW

Cinq grandes menaces pèsent sur la biodiversité de notre planète : la destruction et la dégradation des habitats, les changements climatiques, la pollution, les espèces invasives et la surexploitation des ressources naturelles. Bien que perchées à plus de 3 500 mètres d'altitude, les zones humides des Andes sont affectées par ces menaces, tout comme les services écosystémiques qu'elles assurent : séquestration du carbone atmosphérique du fait de leur grande capacité à produire de la matière organique à partir du CO₂, régulation de la ressource en eau, pâturage pour les camélidés. L'équipe du projet Bio_THAW (2013-2017) s'est donc fixée la mission de comprendre et d'anticiper les conséquences des principales menaces qui pèsent sur les zones humides des hautes Andes tropicales. Objectif : fournir aux acteurs locaux, agriculteurs ou décideurs politiques, des outils d'aide à la décision.

Les chercheurs de l'IRD, Olivier Dangles (derrière l'appareil) et Fabien Anthelme, ainsi que leurs collègues sud-américains dont Rosa Isela Meneses, directrice de l'Herbier national de Bolivie, ont formé de nombreux étudiants

en master ou en thèse tels que Jorge Molina, Susi Loza Herrera, Estefanía Quenta, Karina Gonzales et Sophie Cauvy-Fraunié aussi présents sur la photographie. Leur travail a fait l'objet de nombreuses publications dont certaines, disponibles gratuitement en espagnol, sont destinées aux populations et aux scientifiques des pays concernés. Ils ont aussi produit des guides des espèces de plantes des tourbières ou encore une carte digitale de vulnérabilité qui indique le statut de conservation de plus de 1 500 tourbières de la Cordillère Royale. Ces outils permettront de définir les priorités de protection de ces écosystèmes fragiles, en concertation avec les populations locales. Au-delà des hautes Andes tropicales, le cadre méthodologique conçu lors du projet pourrait s'appliquer à d'autres régions montagneuses dans le monde.

En outre, le projet Bio_THAW aura permis de mieux comprendre le fonctionnement des communautés aquatiques, particulièrement fragiles : de nombreuses espèces aquatiques, moins étudiées que les organismes terrestres mais non moins menacées, disparaissent avant même d'avoir été décrites.

« Aller en voiture sur la lune, c'est un peu l'impression que j'avais alors que notre équipe tentait de rejoindre les tourbières au pied du Huaina Potosi, à plus de 5 000 mètres d'altitude. Bloqués par un précipice, c'est en marchant que nous avons couvert les derniers kilomètres, le pas alourdi par le manque d'oxygène. »

OLIVIER DANGLES, ÉCOLOGUE ET PHOTOGRAPHE





Le photographe, **Olivier Dangles**, est écologue, directeur de recherche à l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et actuellement basé au Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive à Montpellier. Depuis plus de dix ans, Olivier s'appuie sur son talent photographique pour communiquer les résultats des recherches scientifiques. Il a publié 120 articles scientifiques et quatre livres de vulgarisation combinant textes scientifiques et photographies.

Coordinatrice éditoriale et rédactrice : Nastasia Michaels (FRB)

Partenaires et contributeurs principaux : Julie de Bouville (FRB), Anne-Marie Le Bastard (FRB), Olivier Dangles (IRD), Marie-Lise Sabrié (IRD), Constance Corbier-Barthaux (FFEM)

Photographies : Olivier Dangles (sauf page 21 : © Tropical Herping)

Graphiste : Laurence Salaün

LES HAUTES ANDES TROPICALES s'étendent de l'Équateur à la Bolivie à 4 000 mètres d'altitude. Elles abritent des tourbières où l'Homme et la nature interagissent depuis des siècles. Véritables oasis pour la biodiversité, elles accueillent des populations qui y élèvent des lamas et des alpagas. Ces précieux écosystèmes ont aussi une exceptionnelle capacité de rétention d'eau. Ils participent à l'approvisionnement de millions d'habitants dans les métropoles.

Depuis quelques années, les camélidés laissent place aux bovins, à l'exploitation minière et aux nouvelles activités agricoles, sources de dégradations. La hausse des températures et la fonte des glaciers perturbent le cycle de l'eau. De plus en plus fragmentées, ces oasis subissent la double menace de nouvelles formes d'activités humaines et du changement climatique.

L'exposition, Des oasis au sommet des Andes, fruit d'un travail de recherche interdisciplinaire, illustre les liens forts qui unissent la nature et les êtres humains. La gestion durable et la conservation de ces oasis posent un immense défi que les chercheurs tentent de relever en scénarisant les futurs possibles.

Une exposition issue d'un partenariat entre la Fondation pour la recherche sur la biodiversité, le Fonds français pour l'environnement mondial et l'Institut de recherche pour le développement.

