Tourisme, gestion sociale de l'eau et changement climatique dans un territoire de haute altitude : le massif de l'Everest au Népal

Marie Faulon et Isabelle Sacareau

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/rga/6759>

DOI : 10.4000/rga.6759

ISSN : 1760-7426

Traduction(s) :

Tourism, Social Management of Water and Climate Change in an Area of High Altitude: the Everest Massif in Nepal - URL : <https://journals.openedition.org/rga/6779> [en]

Éditeur :

Association pour la diffusion de la recherche alpine, UGA Éditions/Université Grenoble Alpes

Référence électronique

Marie Faulon et Isabelle Sacareau, « Tourisme, gestion sociale de l'eau et changement climatique dans un territoire de haute altitude : le massif de l'Everest au Népal », *Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine* [En ligne], 108-1 | 2020, mis en ligne le 03 avril 2020, consulté le 08 décembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/rga/6759> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rga.6759>

Ce document a été généré automatiquement le 8 décembre 2022.

Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International
- CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Tourisme, gestion sociale de l'eau et changement climatique dans un territoire de haute altitude : le massif de l'Everest au Népal

Marie Faulon et Isabelle Sacareau

Introduction

- ¹ La question des effets du réchauffement climatique sur les environnements de montagne préoccupe les chercheurs depuis le début des années 1990 (Beniston *et al.*, 1997 ; Becker et Bugmann, 2001). Elle s'est étendue au champ du tourisme aux débuts des années 2000 (Perry, 2000 ; Elsasser et Bürki, 2002 ; Dubois et Ceron, 2006) avec une attention plus particulière donnée à l'eau. Composante essentielle de l'attractivité touristique des paysages montagnards (glaciers, neige, sources, torrents, cascades), elle est le support de nombreuses pratiques (thermalisme, ski, sports d'eau vive) qui peuvent être affectées par le changement climatique (Abegg *et al.*, 1997). Les pressions exercées sur l'eau par le tourisme et leur concurrence avec les usages domestiques et agricoles peuvent s'avérer problématiques en cas de raréfaction de la ressource sous l'effet du changement climatique (Gössling *et al.*, 2012). Jusqu'à présent, les recherches ont surtout concerné les effets du changement climatique sur la variabilité et la diminution de l'enneigement dans les stations de sports d'hiver de la zone tempérée (König et Abegg, 1997 ; Elsasser et Bürki, 2002 ; Loubier, 2007 ; Richard *et al.*, 2010 ; Gonseth, 2013). En revanche, dans les montagnes des pays pauvres de la zone tropicale, dépourvues de stations de ski, où le tourisme s'exerce de façon itinérante et plus diffuse, la question de la disponibilité en eau pour les besoins du tourisme n'est guère traitée, bien qu'elle y soit pourtant tout aussi cruciale. C'est le cas au Népal, dans la région du Solu-Khumbu, où la présence de l'Everest a favorisé le développement du trekking, forme de tourisme pédestre itinérant pratiquée dans des espaces naturels d'accès difficile (Sacareau, 1997). Localisé dans la partie orientale de l'Himalaya

népalais, le massif de l'Everest reçoit en été de fortes précipitations de mousson, d'environ 3000 mm par an dans les moyennes montagnes du Haut Solu, à moins de 900 mm dans les hautes montagnes du Khumbu (Smadja *et al.*, 2015). L'eau de fonte de la neige et des glaciers, combinée à celle des pluies de mousson, alimente les rivières, dont les débits connaissent une forte amplitude entre l'étiage de l'hiver et les hautes eaux de l'été. L'eau des torrents est captée par les villageois pour leurs usages domestiques et agricoles. Or, la croissance du tourisme a généré des besoins importants en eau et en énergie, notamment hydroélectrique. De nouveaux usages de l'eau sont apparus qui posent la question de la disponibilité d'une ressource, indispensable au fonctionnement actuel du tourisme, que le changement climatique pourrait impacter à terme.

- 2 Si cette partie de l'Himalaya est devenue un laboratoire à ciel ouvert de recherches sur la fonte des glaciers (Bajracharya et Mool, 2009 ; Shrestha et Aryal, 2011 ; Garrard *et al.*, 2016), la relation eau-tourisme-changement climatique est encore peu étudiée. Les travaux se sont surtout focalisés sur les impacts du tourisme sur l'environnement du Khumbu, principalement la forêt (Byers, 1987 ; Byers, 1997 ; Byers, 2005 ; M.N. Sherpa, 2013). Depuis une dizaine d'années cependant, des équipes pluridisciplinaires françaises et népalaises mènent des recherches conjointes autour de cette relation (Wagnon *et al.*, 2008 ; Aubriot *et al.* 2012 ; Faulon, 2015 ; Puschiasis, 2015 ; Savéan *et al.*, 2015 ; Smadja *et al.*, 2015 ; Jacquemet, 2018). Malgré huit ans de recherches fondamentales en hydrologie et glaciologie, beaucoup d'incertitudes demeurent sur des effets avérés du changement climatique. Toutefois, les populations enquêtées font état d'hivers moins rigoureux, de chutes de neige moins fréquentes et moins abondantes, qui couvrent le sol moins longtemps, d'un dégel plus précoce des torrents, et de précipitations inhabituelles en septembre et octobre, moment où débute la saison touristique (Smadja *et al.*, 2015).
- 3 Dans la continuité de ces travaux, cet article se propose d'interroger la disponibilité en eau pour les besoins du tourisme en faisant l'hypothèse que les difficultés d'approvisionnement constatées sur le terrain, relèvent moins actuellement des effets du changement climatique que de la gestion sociale de l'eau. Ce concept, élaboré initialement par des agronomes pour étudier les cultures irriguées (Sabatier et Ruf, 1995), intègre aux modalités techniques d'exploitation et de gestion de la ressource en eau, celles de son partage par les sociétés locales. Il se révèle largement transposable aux usages de l'eau que nous avons pu repérer. Cette gestion sociale de l'eau a été approchée par des observations et entretiens sur « la distribution pratique de l'eau » c'est-à-dire les systèmes socio-techniques (Akrich, 1989) matérialisés par les tuyaux, les pompes, les citernes ou les turbines déployées pour la captation et l'utilisation de l'eau des torrents. Ils matérialisent des modes d'organisation collective et des choix qui s'avèrent être de bons révélateurs des inégalités socio-spatiales observées sur le terrain concernant l'accès à cette ressource et son partage par les acteurs locaux. Nous montrerons ainsi que l'eau est devenue une ressource cruciale pour l'économie touristique (alimentation en eau et en énergie des hébergements touristiques, maraîchage à destination du marché touristique). Nous tenterons ensuite d'évaluer les pressions que le tourisme exerce sur l'eau dans le contexte encore très incertain des effets du changement climatique dans la région. Enfin, le traitement de nos enquêtes de terrain nous permettra d'identifier la nature des disparités d'accès des populations à la ressource, mises en regard avec l'analyse des modes d'organisation et de gestion des réseaux d'adduction d'eau et d'électricité.

Terrain et méthodologie

- 4 Nos analyses sont issues d'un programme pluridisciplinaire de recherches mené durant cinq ans dans le Haut-Solu-Khumbu, associant chercheurs en sciences sociales, hydrologie et glaciologie¹. Le terrain d'étude se situe entre 2900 et 3800 m d'altitude en amont du bassin de la Dudh Koshi, rivière qui prend sa source au nord dans le massif de l'Everest. Il comprend du nord au sud trois sous-ensembles, le Khumbu, le Pharak et le Haut-Solu, tous inscrits dans le périmètre du Parc National de Sagarmatha et de sa zone tampon (figure 1). Ses 7000 habitants appartiennent à l'ethnie sherpa, dominante dans le Khumbu, à laquelle se mêlent d'autres groupes ethniques (Raï, Magar, Tamang et Bahun-Chhetri), surtout présents dans le Pharak et le Haut-Solu. S'y ajoutent plus de 43 000 touristes accompagnés de leurs guides et porteurs, répartis en deux grandes saisons touristiques : l'automne (d'octobre à début décembre) et le printemps (de mars à début mai).

Figure 1 : Carte de localisation des villages enquêtés

Auteurs : Olivier Pissoat, Véronique André-Lamat, Marie Faulon.
Réalisé avec : QGIS, Adobe Illustrator.

- 5 Les résultats se fondent sur une enquête systématique de terrain, menée selon un échantillonnage aléatoire auprès de 366 unités d'habitation (dont 144 lodges), et sur les travaux des doctorants et étudiants de master encadrés au sein du programme. Les villages enquêtés ont été choisis en fonction de leur fréquentation touristique. Ainsi, les villages les plus touristiques situés sur le chemin de trek menant au camp de base de l'Everest (Lukla, Phakding et Monjo dans le Pharak, Namche, Khunde et Thame dans le Khumbu) ont tous été enquêtés, ainsi que Kharikhola, village moins touristique de

moyenne montagne du Haut-Solu, qui vit encore largement de l'agriculture. S'y ajoutent des enquêtes plus ponctuelles dans des hameaux situés sur des versants d'altitude à l'écart du chemin principal. Les questionnaires et entretiens réalisés auprès des habitants (exploitants agricoles, propriétaires, locataires ou gérants de lodges et de *tea-shop*², boutiquiers) ont porté sur les modalités d'accès à l'eau pendant et hors saison touristique, sur les consommations d'électricité, l'équipement des maisons et les problèmes de disponibilité en eau et en électricité identifiés par les usagers. Ces enquêtes ont été complétées par des entretiens auprès des comités de gestion de l'eau et des opérateurs des micro-centrales hydroélectriques et par la réalisation de transects des rivières où se localisent les infrastructures liées à l'eau.

La place de l'eau dans le fonctionnement touristique du Khumbu

Un territoire de haute altitude structuré par la pratique du trekking

- 6 Portant les plus hauts sommets de la planète, le massif de l'Everest est le haut-lieu mondial du trekking, pratique qui a fait naître de nombreux lodges le long du chemin qui mène de Lukla (2860 m) au camp de base de l'Everest (5364 m). Phakding et les villages voisins du Pharak sont des étapes obligées à l'aller comme au retour avant l'entrée dans le Parc National de Sagarmatha et l'arrivée à Namche Bazar, capitale touristique du Pays Sherpa à 3440 m. Puis, les villages de Khumjung et Khunde servent d'étapes d'acclimatation pour les trekkers, avant leur montée vers le camp de base de l'Everest et le belvédère du Kala Pattar (fig. 1). La saisonnalité de ce tourisme est commandée par le régime des précipitations. En été, les pluies de mousson rendent les chemins peu praticables et les nuages obstruent la vue sur les montagnes, tandis qu'en hiver, les chutes de neige peuvent bloquer la progression des trekkers en altitude. La saison de trekking se déroule donc surtout en automne et au printemps (fig. 2).

Figure 2 : Diagramme du débit de la Dudh Koshi à la station météorologique de Phakding au regard de la fréquentation touristique du Sagarmatha National Park

Source : ANR Paprika et ANR Preshine.

Auteure : Marie Faulon.

Réalisé avec R et Adobe Illustrator.

Une évolution des pratiques engendrant de nouveaux besoins en eau et en électricité

- 7 L'essor du trekking et l'évolution des besoins des habitants comme des visiteurs ont engendré des besoins accrus en eau au sein d'une population peu nombreuse qui la limitait jusque-là aux usages domestiques et agricoles (Müller, 2016 ; Aubriot et *al.*, 2019). La pression touristique sur la ressource est restée modérée, tant que les trekkers et leurs porteurs campaient et se contentaient de prélever l'eau des torrents pour boire, se laver et préparer la nourriture acheminée avec eux depuis Katmandou (Sacareau, 1997). Mais depuis les années 1980, l'accueil dans les lodges est devenu la règle, et l'eau un bien marchand (André-Lamat, 2017) : de la tasse de thé (environ 0,50 € à Phakding) à la douche chaude (entre 3 et 6 € en 2015), tout se facture au prix fort et augmente avec l'altitude. La construction d'un lodge s'avère ainsi un investissement rentable, qui explique leur prolifération le long de l'itinéraire de trek où se concentre désormais l'essentiel des services pour les touristes (Nepal, 2005). À Sano Gumela, village implanté à l'écart du chemin de trek, par exemple, les maisons sont plus petites et plus éparées que celles de Phakding, village étiré le long du chemin principal qui compte une trentaine de lodges en 2015 (fig. 3).

Figure 3 : Le village rue de Phakding sur la rive gauche de la Dudh Koshi face au village dispersé de Sano Gumela sur la rive droite

Auteure des photos : Marie Faulon.
Réalisé avec Adobe Photoshop et Illustrator.

- 8 L'eau courante consommée par les touristes provient du réseau domestique qui alimente les lodges. Elle se rajoute donc à celle des habitants. Il est cependant difficile de l'évaluer précisément en l'absence de compteurs³, tout comme de la distinguer de celle des habitants qui résident dans ces lodges. Toutefois, selon des enquêtes menées auprès des touristes en 2014-2015, un touriste consommerait autour de 40 l/jour contre 20 l/jour et par individu dans une famille de paysans (Jacquemet, 2016). À ces consommations domestiques s'ajoute l'arrosage des légumes de plein champ et des serres. Ces dernières se sont multipliées dans le Pharak (54 en 2015 couvrant près de 6000 m²) pour fournir en aliments frais les restaurants des lodges. Leur consommation est difficile à estimer, mais un cycle complet de production de tomates sur 12 mois et sur 200 m² de serres s'élèverait à 16 800 litres, soit un équivalent théorique de 46 l/jour. Les enquêtes ne montrent cependant pas de difficultés d'approvisionnement sauf ponctuelles (Abadia, 2016).
- 9 L'eau intervient également à travers l'exploitation de sa force motrice pour produire de l'électricité. Elle a permis aux tenanciers des lodges de s'équiper en appareils ménagers (chauffe-eau électrique, bouilloire, *toaster*, four, réfrigérateur, voire machine à laver), ce qui a permis une montée en gamme des établissements, devenue indispensable pour attirer une clientèle plus exigeante. Depuis le kérosène pour les lampes et les poêles à bois pour le chauffage jusqu'à la généralisation de l'éclairage électrique et des appareils numériques (photos, téléphones, tablettes et GPS), les besoins énergétiques des lodges ont changé et la recharge des batteries est désormais facturée par les hôteliers⁴. L'accès aux aménités permises par l'hydroélectricité bénéficie aussi aux habitants (Puschiasis, 2015 ; Jacquemet, 2018) : 86 % des villageois enquêtés disposent d'un téléphone

portable, 74 % d'un téléviseur et 25 % d'un ordinateur avec accès à Internet. Au vu de cette nouvelle demande de confort, l'investissement dans des équipements utilisant l'eau et l'électricité (prises électriques et salles de bain privées dans les chambres avec eau chaude) devient nécessaire pour améliorer la qualité des lodges dans un marché très compétitif. Or, quand la haute saison touristique coïncide avec la période d'étiage et que tous les lodges consomment l'électricité en même temps, des coupures de courant surviennent du fait de surtensions sur le réseau. Se pose alors la question des effets encore incertains du réchauffement climatique sur le débit des torrents dont dépend l'efficacité des centrales hydroélectriques qu'ils alimentent.

Une alimentation en eau abondante mais susceptible d'être impactée par le changement climatique

- 10 Les données actuellement disponibles sont encore trop partielles pour évaluer de façon précise les effets du changement climatique sur l'alimentation en eau du bassin-versant de la Dudh Koshi. D'importantes marges d'erreur subsistent que les chercheurs tentent cependant de réduire (Wagnon *et al.*, 2008 ; Guinot *et al.*, 2015 ; Savéan *et al.*, 2015 ; Eeckman *et al.*, 2017 ; Mimeau, 2018). Alors que la fonte des glaciers, symbole du changement climatique, focalise l'attention des scientifiques (Bajracharya et Mool, 2009 ; Shrestha et Aryal, 2011 ; Garrard *et al.*, 2016), il n'est pas certain, hormis les risques de GLOF (Glacier Lake Outburst Flood)⁵, que cette dernière affecte, à court ou moyen terme, les modes de subsistance des habitants, dont la majorité vit à des altitudes beaucoup plus basses. En revanche, l'économie touristique de la région dépend directement de la disponibilité en eau des affluents de la Dudh Koshi, sur lesquels sont installés les villages. La plupart d'entre eux ne sont alimentés que par les précipitations neigeuses et pluvieuses (fig. 2). Les habitants sont donc davantage préoccupés par la variabilité saisonnière des précipitations qui pèse sur leurs récoltes et leur fourniture en énergie, que par la fonte des glaciers (P. Y. Sherpa, 2014 ; Puschiasis, 2015 ; Smadja *et al.*, 2015). On estime en effet que les précipitations pluvieuses et nivales comptent pour 72 % du débit de la Dudh Koshi contre 29 % issu de la fonte glaciaire. Or, de ces précipitations dépend le débit des torrents en haute saison touristique à l'automne et au printemps (fig. 2). Si une diminution du couvert neigeux venait à se confirmer, alors que sa fonte vient pallier en partie les faibles précipitations de la fin d'hiver et de début de printemps, les tensions saisonnières qui se manifestent déjà dans l'approvisionnement des villages pourraient s'accroître. Mais ces dernières, en l'état de nos connaissances, ne peuvent pas être attribuées au seul changement climatique. Elles s'expliquent avant tout par l'inégale efficacité des systèmes d'adduction d'eau et d'électricité et par les inégalités au sein même de la société, que révèlent les modes de gestion de la ressource en eau.

Quand la gestion sociale de l'eau renforce la vulnérabilité du système touristique au changement climatique

- 11 Comparé aux autres régions montagneuses du Népal, le Haut Solu-Khumbu est privilégié quant aux services d'eau et d'électricité : tous les foyers enquêtés, sauf un, possèdent l'électricité en continu. De même, toutes les maisons ont un point d'eau en

intérieur ou en extérieur. Pour autant, tous les habitants ne disposent pas d'une alimentation suffisante pour répondre à leurs besoins, car il existe des disparités tant sociales que spatiales dans l'accès à la ressource en eau.

De fortes disparités socio-spatiales dans l'accès à l'eau

- 12 Afin d'évaluer ces disparités constatées de manière empirique sur le terrain, nous avons traité statistiquement nos enquêtes à partir d'arbres de régression construits sous R selon un principe de partitionnement récursif : son but est de créer des groupes d'individus aussi homogènes que possible par rapport à la variable que l'arbre cherche à prédire (Breiman *et al.*, 1984). Une succession de questions binaires (oui/non) relatives à des variables explicatives définies comme pertinentes sont posées à la cohorte. La variable explicative la plus pertinente pour diviser la cohorte en deux sous-groupes distincts et homogènes est sélectionnée, puis le processus est répété jusqu'à ce que l'arbre atteigne sa taille optimale, c'est à dire lorsque les divisions ne permettent plus d'obtenir des groupes suffisamment homogènes et distincts. L'homogénéité des sous-groupes est déterminée par un ajustement à une constante qui est ici la moyenne (notée *m*). Le premier arbre cherche à déterminer les inégalités concernant le niveau d'équipement électrique des foyers (téléphone portable, télévision, radio, grille-pain, four, chauffe-eau etc.) et le second leur niveau d'équipement sanitaire (fig. 4). Les variables explicatives retenues ici sont la localisation, la nature de l'unité d'habitation ou type de bâti (lodge, *tea-shop* ou maison) qui renvoie à leur fonction économique (tourisme, commerce ou agriculture), la centrale électrique à laquelle les unités d'habitation enquêtées sont reliées, le nombre de lits dont disposent les lodges, le groupe ethnique des occupants, la propriété ou non de l'habitation.

Figure 4 : Arbres de régression sur l'équipement électrique et sanitaires des foyers dans le Solukhumbu

Source : Base de données Preshine.

Auteurs : Grégoire Le Campion et Marie Faulon.

Réalisé avec Baobard sous R(App UMR Passages) et Adobe Illustrator.

- 13 Prenons d'abord l'arbre sur l'équipement électrique. La première feuille établit une moyenne de 5,53 appareils électriques par foyers. La première division sépare les maisons et *tea-shop* d'un côté et les lodges de l'autre. Ces derniers sont en moyenne mieux équipés ($m = 8,7$) que les maisons et *tea-shops* ($m = 3,37$). Pour le sous-ensemble de gauche, la variable spatiale (village) est ensuite déterminante. Les foyers les moins bien équipés ($m = 1,05$) sont ainsi localisés dans des villages de la vallée de la Bothe Koshi (Marlung, Tarnegge et Yillajung) ou dans le Pharak (Chermading) (fig. 1). À l'opposé, la première sous-division est spatiale puisqu'elle renvoie aux centrales auxquelles les individus sont reliés. Se distinguent alors deux espaces comportant les lodges les mieux dotés : le Khumbu (centrale de Thame) et Lukla (centrale de Bom). Il apparaît que les gros lodges du Khumbu sont en moyenne deux fois mieux équipés que ceux du Pharak, hormis Lukla. Quant aux lodges du Haut-Solu ou de la vallée de la Bothe Koshi, ils sont parfois moins bien équipés ($m = 2,35$) que certaines maisons ou *tea-shops* du Pharak et du Khumbu ($m = 5,62$). Ainsi, un Sherpa, vivant à Namche, ayant un lodge d'un peu plus de 24 lits possède en moyenne 14 objets électriques contre un seul pour un individu de Yillajung qui ne vit pas dans un lodge. Ce premier arbre fait donc surtout apparaître des inégalités entre villages d'une part, et entre les propriétaires de lodges et les autres d'autre part. La présence d'individus dans les groupes intermédiaires faibles résidant à Lukla, Namche, Monjo, témoigne d'écarts d'équipement au sein d'un même village.
- 14 Le second arbre concerne le niveau d'équipements sanitaires (évier, toilettes à chasse d'eau, douche, baignoire). Les deux variables qui expliquent l'inégal niveau d'équipement des foyers sont d'abord le type de bâtiment puis la localisation du village.

Seuls deux niveaux de partition sont nécessaires pour former des groupes homogènes, ce qui laisse à penser que le groupe de départ est plus homogène que pour l'arbre précédent. Près de la moitié de la cohorte, soit 175 individus, ne dispose que d'un équipement sanitaire voire d'aucun, tandis que près d'un tiers des individus (111) les possède quasiment tous. Les villages du Pharak se répartissent en majorité dans les deux groupes intermédiaires et les moyennes peu éloignées entre les deux groupes ($m = 2,09$ et $m = 2,62$) témoignent d'inégalités peu marquées, que ce soit entre les villages ou entre les lodges et les maisons. Les villages du Khumbu et du Haut-Solu se répartissent davantage dans les deux groupes aux extrêmes : les inégalités plus fortes au sein des villages sont ici liées à la possession d'un lodge.

- 15 Cette analyse montre que les deux variables les plus significatives sont la localisation géographique des villages et la fonction économique de l'unité d'habitation. Elles suggèrent l'existence de disparités spatiales au sein de la vallée avec une forte opposition entre le haut et le bas, mais aussi d'inégalités socio-économiques au sein d'un même village, les lodges étant généralement mieux équipés que les maisons d'agriculteurs. Pour les expliquer, il convient maintenant d'examiner la façon dont les villages sont raccordés à l'eau courante et à l'électricité, et la manière dont cette ressource est gérée par les acteurs sociaux.

Des réseaux d'adduction d'eau et d'électricité fragmentés et d'efficacité inégale

- 16 En l'absence d'aménagement par l'État, les villageois du Haut Solu-Khumbu ont dû s'organiser individuellement ou collectivement, avec l'aide de différents donateurs, pour construire leurs propres infrastructures d'adduction d'eau et d'électricité. Il faut ici distinguer le réseau électrique du réseau d'adduction d'eau car ils fonctionnent avec des logiques de financement et d'aménagement différentes. Mais ils ont en commun leur extrême fragmentation.

Figure 5 : Carte de la fragmentation des territoires de l'hydroélectricité dans le Solu Khumbu

Source : Base de données ANR Preshine.

Auteurs : Olivier Pissot et Marie Faulon.

Réalisé avec Qgis et Adobe Illustrator.

- 17 La fourniture d'énergie repose sur la micro-hydro-électricité, une technologie relativement maîtrisable par les villageois, s'ils parviennent à trouver les financements et l'aide technique nécessaires. Les centrales sont établies sur les petits torrents affluents des rivières principales (Duh Koshi, Bothe Koshi), ces dernières n'étant pas aménagées du fait de leur encaissement, de leur turbidité et des grandes variations de leur débit. On constate de fortes discontinuités spatiales dans le réseau électrique (fig. 5). 17 centrales, dont dix ont moins de quinze ans, produisent entre 1 kW et plus de 960 kW pour 17 bassins de consommation de taille variable. La plus ancienne et la plus efficiente est celle de Thame, gérée par la Khumbu Bijuli Company. Édifiée avec l'aide de l'Autriche et de l'ONG EcoHimal ; elle dessert toutes les maisons des villages les plus touristiques du Khumbu (Namche, Khumjung et Kunde), mais pas les hameaux les plus septentrionaux de la Bothe Koshi. La fourniture d'électricité est de plus très inégale d'une maison à l'autre, car les propriétaires des plus gros lodges, les mieux équipés en appareils électriques, s'accaparent l'essentiel de la fourniture énergétique (Jacquemet, 2018). Dans le Pharak, la situation est plus diverse. Certains gros propriétaires de lodges ont construit leur propre microcentrale privée comme le *Summit Home* à Monjo. Les autres ont bénéficié de financements internationaux (ONG ou anciens touristes) ou de fonds de l'État. Ce ne sont pas forcément les rivières aux meilleurs débits qui sont les mieux équipées. Monjo, par exemple, dispose d'une rivière au débit plus important que celles du Pharak, grâce à son vaste bassin versant et son alimentation glaciaire. Pourtant, elle n'est pas équipée d'une centrale performante. Au contraire, c'est l'une de celles qui dessert le plus petit nombre de foyers et qui a le moins bon rendement de production électrique. En outre, les centrales qui alimentent certains villages

touristiques sont plus puissantes, alors que leur bassin de consommation est plus réduit. Ainsi les centrales de Chuserma et Tok Tok, dont la puissance installée est équivalente à celle de Kharikhola, ont entre 4 et 8 fois moins de foyers à alimenter que cette dernière. Il y a donc beaucoup plus d'électricité disponible par habitant, ce qui leur permet de s'équiper davantage. En l'absence d'un aménagement concerté des centrales hydroélectriques à l'échelle de la vallée (Faulon, 2015), les acteurs locaux se livrent une compétition parfois féroce pour attirer les financeurs dans leur village, comme ce fut le cas entre Monjo et Lukla en 2008 (Sherpa, 2013). Les Sherpa enrichis par le tourisme ont su mobiliser des réseaux relationnels à l'échelle internationale pour financer les centrales, grâce à leur activité professionnelle dans le trekking (Jacquemet, 2018) et au soutien de leur diaspora (Puschiasis, 2017). À l'inverse, les habitants de Kharikhola moins investis dans le tourisme, n'ont pas le même accès à ces réseaux, ce qui se traduit par des financements plutôt nationaux, moins généreux que ceux des ONG.

- 18 Les systèmes d'adduction d'eau aménagés par les villageois sont quant à eux beaucoup plus rudimentaires et encore plus fractionnés (André-Lamat, 2017). L'eau provient soit de fontaines publiques, soit des torrents proches. Dans la plupart des cas, elle est conduite dans les maisons par de simples tuyaux qu'achètent et posent librement les individus. C'est alors le chacun pour soi qui domine. Dans d'autres cas, les habitants ont mis en place un réseau collectif à l'échelle de leur village ou d'un quartier géré par un comité de l'eau. Les problèmes d'alimentation évoqués par les enquêtés sont moins liés aux consommations des touristes, qu'aux conditions climatiques (variations du débit des torrents, gel des canalisations) et surtout à une mauvaise gestion (tuyaux percés, bouchés ou déplacés). Celle-ci entraîne de nombreux gaspillages (robinets ouverts en permanence, fuites), d'autant que l'eau est gratuite, hormis le paiement des tuyaux, des citernes ou de la redevance aux comités de gestion de l'eau. Les habitants ne voient pas de nécessité à économiser une eau, qui pour l'instant ne leur manque pas, sauf ponctuellement, quand il gèle en hiver.
- 19 Ces systèmes techniques d'adduction de l'eau révèlent des modes de gestion de la ressource plus ou moins collectifs. À Sano Gumela (fig. 2), le système d'adduction est collectif ; il a été en partie financé par la redistribution des recettes des entrées du Parc National à la vallée et par une contribution personnelle des habitants, notamment sous forme de journées de travail au moment de sa construction. À Phakding (fig. 2), au contraire, il n'a pas été question de financer un système collectif pour l'ensemble du village. Les propriétaires des gros lodges ont installé leur propre système d'adduction d'eau privé, parfois partagé avec quelques voisins. À l'inverse, sur la rive droite où est installée une majorité de locataires non-sherpa, un système d'adduction d'eau collectif a été organisé, car les habitants n'avaient pas les moyens d'avoir un système individuel. La coexistence de ces trois systèmes renvoie au clivage existant dans ce village entre les habitants « historiques », les Sherpas, généralement propriétaires de leur terre et surtout possédant les plus grands lodges, et les nouveaux arrivants, récemment installés, locataires de petits lodges ou commerces, moins bien considérés que les premiers (Jacquemet, 2018 ; Sacareau, 2018).

Conclusion

- 20 En deux décennies, l'eau est devenue une ressource capitale pour pérenniser le système touristique local, auquel la plupart des habitants participent à des degrés divers. La pression sur la ressource en eau demeure cependant modérée, l'eau courante prélevée dans les torrents suffisant pour l'instant aux besoins domestiques et agricoles. Elle porte surtout sur la production d'électricité du fait de la discordance entre la saison touristique et le régime hydrologique des torrents sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir la responsabilité du changement climatique à ce stade. De plus, cette pression doit être relativisée car les infrastructures techniques permettant de l'exploiter ne sont pas optimisées. Le manque de planification et de gouvernance territoriale à l'échelle de la vallée a abouti au morcellement des réseaux techniques et à une compétition entre villages pour attirer les financements de donateurs et d'ONG, ainsi qu'entre groupes sociaux pour s'approprier et gérer la ressource en eau. La forte dépendance entre eau et tourisme, associée aux incertitudes sur la façon dont le débit des torrents pourrait être affecté par l'évolution du climat, accroît la vulnérabilité des habitants : non seulement des plus pauvres qui dépendent encore de l'agriculture, mais aussi de ceux qui ont beaucoup investi dans l'accueil des touristes et l'équipement électrique de leurs lodges. Dans l'éventualité d'une pénurie d'eau, liée à une demande croissante à court terme et/ou aux effets du changement climatique à plus long terme, ce serait l'ensemble du fonctionnement du territoire touristique et de sa gestion, que les acteurs locaux devraient alors repenser.

BIBLIOGRAPHIE

- Abadia C., 2016.- « De la pioche au piolet : dynamiques agraires et diversification des pratiques maraîchères dans le Pharak, Népal », mémoire présenté pour l'obtention du titre d'ingénieur en agro-développement international, ISTOM.
- Abegg B., Koenig U., Burki R., Elsasser H., 1997.- « Évaluation de l'impact du climat sur le tourisme », *Die Erde*, n°128, consulté en avril 2019. <http://www.digizeitschriften.de/dms/img/?PID=GDZPPN003001474>
- Akrich M., 1989.- « La construction d'un système socio-technique : esquisse pour une anthropologie des techniques », *Anthropologie et sociétés*, vol. 13, n° 2, p. 31-54.
- André-Lamat V., 2017.- « De l'eau source à l'eau ressource : production d'un capital environnemental ou d'un commun. L'exemple de l'eau domestique au Pharak (Népal) », *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, Dossier n° 8-3 25, consulté en avril 2019. <http://journals.openedition.org/developpementdurable/11869>
- Aubriot O., Faulon M., Sacareau I., Puschiasis O., Jacquemet E., Smadja J., André-Lamat V., Abadia C., Muller A., 2019.- "Reconfiguration of the Water-Energy-Food Nexus in the Everest tourist region of Solu-Khumbu, Nepal", *Mountain Research and Development*, vol. 39, n° 1, Feb 2019 : 1-13. <http://dx.doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-17-00080.1>

Aubriot O., Smadja J., Arnaud Y., Chevallier P., Delclaux F., Laj P., Neppel L., Puschiasis O., Savéan M., Seidel J.L., 2012.- "The impact of climate change on water availability for population in Eastern Nepal ; a methodological approach taking into account the various origins of water", *Hydro Nepal : Journal of Water, Energy and Environment*, Dossier n° 11-1, visited April 2019, <https://www.nepjol.info/index.php/HN/article/view/7197>

Bajracharya S.R., Mool P., 2009.- "Glaciers, Glacial Lakes, and Glacial Lake Outburst Floods in the Mount Everest Region, Nepal", *Annals of Glaciology*, Dossier n° 50-53, consulté en avril 2019. <https://www.cambridge.org/core/journals/annals-of-glaciology/article/glaciers-glacial-lakes-and-glacial-lake-outburst-floods-in-the-mount-everest-region-nepal/B21B3A9582C1DB75ACB2784D498DD8C5>

Becker A., Bugmann H., 2001.- *Changements globaux et régions de montagne. The Mountain Research Initiative*, Rapport IGBP 49, Stockholm.

Beniston M., Diaz H.F., Bradley R.S., 1997.- "Climatic Change at High Elevation Sites : an Overview", *Climatic Change*, Dossier n°36-3, consulté en avril 2019. <https://doi.org/10.1023/A:1005380714349>

Breiman L., Friedman J., Olshen O., Stone C., 1984.- *Classification and regression trees*, Wadsworth & Brooks.

Byers A.C., 2005.- "Contemporary human impacts on alpine landscapes in the Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Khumbu, Nepal", *Annals of the Association of American Geographers*, Dossier n°95-1, consulté en avril 2019. <http://www.jstor.org/stable/3694034>.

Byers A.C., 1997.- "Landscape change in the Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Nepal", *Himalayan Research Bulletin*, Dossier n°17-2, consulté en avril 2019. <https://digitalcommons.macalester.edu/himalaya/vol17/iss2/16/>

Byers A.C., 1987.- *A Geoecological Study of Landscape and Man-accelerated Soil Loss : The Case of the Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Khumbu, Nepal*, University of Colorado, Boulder.

Dubois G., Ceron J.-P., 2006.- *Adaptation au changement climatique et développement durable du tourisme*, Marseille, TEC.

Eeckman J., 2017.- « Caractérisation des systèmes hydro-climatiques à l'échelle locale dans l'Himalaya népalais », thèse d'hydrologie de l'Université Montpellier 2.

Eeckman J., Chevallier P., Boone A., Neppel L., Rouw A., Delclaux F., Koirala D., 2017.- "A non-deterministic representation of spatial variability of precipitation in the Everest region", *Hydrology and Earth System Sciences*, Dossier n°21-9, consulté en avril 2019. <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/21/4879/2017/>

Elsasser H., Bürki R., 2002- "Climate Change as a threat to tourism in the Alps", *Climate Research*, Dossier 20-3, visited April 2019. <https://www.int-res.com/abstracts/cr/v20/n3/p253-257/>

Faulon M., 2015.- « Hydroélectricité et adduction d'eau dans le Haut Pharak. Techniques, enjeux fonciers et relation de pouvoir autour de la ressource », mémoire de recherche de l'Université Bordeaux-Montaigne.

Garrard R., Kohler T., Price M.F., Byers A.C., Sherpa A.R., Maharjan G.R., 2016- "Land Use and Land Cover Change in Sagarmatha National Park, a World Heritage Site in the Himalayas of Eastern Nepal", *Mountain Research and Development*, Dossier n°36-3, consulté en avril 2019. <https://bioone.org/journals/Mountain-Research-and-Development/volume-36/issue-3/MRD-JOURNAL-D-15-00005.1/Land-Use-and-Land-Cover-Change-in-Sagarmatha-National-Park/10.1659/MRD-JOURNAL-D-15-00005.1.full>

- Gonseth, 2013.- "Impact of snow variability on the Swiss winter tourism sector : implications in an era of climate change", *Climatic Change*, Dossier n°119-2, consulté en avril 2019. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0718-3>
- Gössling S., Peeters P., Hall CM., Ceron JP., Dubois G., Lehmann LV., Scott D., 2012.- "Tourism and water use : Supply, demand, and security. An international review", *Tourism Management*, Dossier n°33-1, consulté en avril 2019. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261517711000793>
- Guinot V., Savéan M., Jourde H., Neppel L., 2015- "Conceptual rainfall-runoff model with a two-parameter, infinite characteristic time transfer function", *Hydrological Processes*, Dossier n°29-22, consulté en avril 2019. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hyp.10523>
- Jacquemet E., 2018.- *La société sherpa à l'ère du « Yak Donald's » : lutte des places pour l'accès aux ressources dans la région touristique de l'Everest (Népal)*, Université Bordeaux Montaigne.
- Jacquemet E., 2016.- « Eau, hydroélectricité et tourisme dans la région de l'Everest : ou l'art sherpa de mettre la fée des glaciers en bouteille », Doctoriales de l'eau, Montpellier. consulté en avril 2019. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01387458/document>.
- Koenig U., Abegg B., 1997.- « Impact du changement climatique sur le tourisme d'hiver dans les Alpes suisses », *Journal of Sustainable Tourism*, Dossier 5-1, consulté en avril 2019. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09669589708667275>
- Loubier JC., 2007.- « Changement climatique et domaines skiables : simulation en Savoie et Haute-Savoie à l'horizon 2015 », *Mappemonde*, Dossier n° 85-1, consulté en avril 2019. <https://mappemonde-archives.mgm.fr/num13/articles/art07103.html>.
- Mimeau L., 2018.- « Quantification des contributions aux écoulements dans un bassin englacé par modélisation glacio-hydrologique : Application à un sous-bassin de la Dudh Koshi (Népal, Himalaya) », thèse d'hydrologie de l'Université Grenoble-Alpes.
- Müller A., 2016.- « Gestion. Des animaux de bât et des systèmes fourragers dans une aire de montagne touristique et. Protégée. Le cas de la vallée du Pharak, Népal », Mémoire présenté pour l'obtention du titre d'ingénieur en agro-développement international, ISTOM.
- Nepal S., 2005.- "Tourism and Remote Mountain Settlements : Spatial and Temporal Development of Tourist Infrastructure in the Mt Everest Region, Nepal", in *Tourism Geography*, vol. 7, N° 2, pp. 205-227.
- Perry A.H., 2000- « Impact du changement climatique sur le tourisme », in Parry M.L. (éd.), *Évaluation des effets potentiels et des adaptations sur le changement climatique en Europe*, Rapport ACACIA, Jackson Environment Institute, Norwich et EU Publications, Bruxelles, pp. 217-226.
- Puschiasis O., 2017.- « Mobilités spatiales des Sherpa du Khumbu à New-York : vers une gestion des ressources en eau et en sol multilocalisée ? », Centre d'Études Himalayennes, Rapport de recherche post-doctoral non publié.
- Puschiasis O., 2015.- « Des enjeux planétaires aux perceptions locales du changement climatique : pratiques et discours au fil de l'eau chez les Sherpa du Khumbu (région de l'Everest, Népal) », thèse de géographie de l'Université Paris Ouest Nanterre La Défense.
- Richard D., Georges-Marcelpoil E., Boudières V., 2010.- « Changement climatique et développement des territoires de montagnes : quelles connaissances pour quelles pistes d'action ? » *Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine*, Dossier 98-4, consulté en avril 2019. <https://journals-openedition-org.inshs.bib.cnrs.fr/rga/1322>
- Sabatier JL., Ruf T., 1995.- « La gestion sociale de l'eau », *Inforés'eau*, 1995, n° 6, p. 9-11.

Sacareau I., 2018.- « Qui habite le Khumbu ? (Co-)habiter dans la mobilité touristique : pratiques touristiques itinérantes et mobilités habitantes dans la région de l'Everest », in *Mondes du Tourisme* dossier n° 14, consulté en avril 2019. <http://journals.openedition.org/tourisme/1523>; DOI : 10.4000/tourisme.1523

Sacareau I., 1997.- *Porteurs de l'Himalaya : le trekking au Népal*, Belin, Paris.

Savéan M., 2014.- *Modélisation hydrologique distribuée et perception de la variabilité hydro-climatique par la population du bassin versant de la Dudh Koshi (Népal)*, thèse d'hydrologie de l'Université Montpellier 2.

Savéan M., Delclaux F., Chevallier P., Wagnon P., Gonga-Saholiariliva N., Sharma R., Neppel L., Arnaud Y., 2015.- "Water budget on the Dudh Koshi River (Nepal) : Uncertainties on precipitation", *Journal of Hydrology*, Dossier n° 531, consulté en avril 2019. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169415008082>

Sherpa M.N., 2013.- "Conservation governance and management of Sagarmatha (Mt Everest) National Park, Buffer Zone, and Buffer Zone community forest user groups in Pharak, Nepal", University of Massachusetts at Amherst, Amherst.

Sherpa P.Y., 2014.- "Climate Change, Perceptions, and Social Heterogeneity in Pharak, Mount Everest Region of Nepal", *Human Organization*, Dossier n° 73-2.

Shrestha AB., Aryal R., 2011.- "Climate change in Nepal and its impact on Himalayan glaciers", *Regional Environmental Change*, Dossier n°11-1, consulté en avril 2019. <https://doi.org/10.1007/s10113-010-0174-9>

Smadja J., Aubriot O., Puschiasis O., Duplan T., Grimaldi J., Hugonnet M., Buchheit P., 2015.- « Changement climatique et ressource en eau en Himalaya. Enquêtes auprès de villageois dans quatre unités géographiques du bassin de la Koshi, Népal », *Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine*, Dossier n°103-2, consulté en avril 2019. <http://journals.openedition.org/rga/2850>

Wagnon P., Arnaud Y., Chevallier P., 2008- « La source himalayenne se tarit », | *larecherche.fr* », *La Recherche*, Dossier n° 48, consulté en avril 2019. <http://www.larecherche.fr/savoirs/dossier-special/source-himalayenne-se-tarit-01-07-2008-89249>

NOTES

1.

ANR-13-SENV-0005-03/ Preshine (Pressions sur la ressource en eau et en sol dans l'Himalaya du Népal) mené de 2014 à 2018, projet suite de l'ANR 09_CEP_0005_04/ Paprika (Réponses de la cryosphère aux pressions anthropiques dans l'Hindu-Kush-Himalaya : impact sur la ressource en eau et l'adaptation socio-économique au Népal) mené de 2010 à 2013.

2.

Terme anglais employé localement par les Népalais pour désigner de modestes haltes sur le chemin fournissant aux porteurs du thé, de la nourriture et parfois un hébergement sommaire.

3.

Le Water Ressource Act de 1992 garantit en effet la gratuité de l'eau au Népal, dont l'accès pour les usages domestiques et agricoles est libre. Seule son exploitation à des fins commerciales (eau minérale en bouteille, hydroélectricité) requiert l'obtention d'une licence (Faulon, 2015).

4.

Le réseau mobile est apparu en 2000 dans l'ensemble du Khumbu et le réseau internet couvre désormais l'ensemble du chemin qui mène au camp de base de l'Everest (Jacquemet, 2018).

5.

Le GLOF du Dig Tsho, survenu en 1985 en amont des villages de la Bothe Koshi, n'a heureusement concerné que peu d'habitations mais a détruit des chemins, des ponts, et la première centrale hydroélectrique construite alors dans la région.

RÉSUMÉS

Cet article s'attache à étudier la relation eau-tourisme-changement climatique dans le contexte d'une région touristique de haute altitude, le massif de l'Everest au Népal. Drainé par la vallée de la Dudh Koshi et de ses affluents, cette région est fréquentée chaque année par des dizaines de milliers de randonneurs. Nous y questionnons la disponibilité de l'eau pour les besoins du tourisme, en faisant l'hypothèse que les difficultés d'approvisionnement constatées sur le terrain pourraient relever davantage de la gestion sociale de la ressource que des effets encore incertains du changement climatique. Nous montrons que l'évolution de la pratique du trekking engendre de nouveaux besoins en eau et en électricité qui exercent une pression sur cette ressource, liée à la discordance entre la saison touristique et le régime hydrologique des cours d'eau. Mais cette pression doit être relativisée au regard de la manière dont les habitants organisent et aménagent les infrastructures de captation et de prélèvement de l'eau des torrents. Nos analyses montrent de fortes inégalités dans l'accès à l'eau à deux échelles, entre villages et à l'intérieur des villages, ainsi qu'une forte fragmentation territoriale des réseaux. Elles témoignent d'une gestion sociale de l'eau complexe et d'un manque de concertation à l'échelle de la vallée qui menacent la durabilité de ces infrastructures et donc la pérennité du système touristique.

This paper deals with the relationship between water, tourism and climate change in the touristy highland region of the Everest in Nepal. Tens of thousands of trekkers visit yearly this valley drained by the Dudh Koshi and its tributaries. We question water availability for tourism needs, assuming that the observed supply difficulties might be caused by the social management of the resource rather than the iffy effects of climate change. We show that the evolution regarding the way people trek brings new needs in water and electricity. It results in a new pressure on water resources since the touristy season and the hydrologic regime are misaligned. However, the pressure must be put into perspective with regard to the way inhabitants organize and plan the infrastructures for collecting and withdrawing water from the rivers. Our analyses show strong inequalities in the access of water at two distinct scales, between villages and within villages, as well as a high territorial fragmentation of water and electricity networks. They bear witness to a complex social management of water and a lack of coordination at the valley scale, which threatens the sustainability of the infrastructures as well as the tourist economy.

INDEX

Mots-clés : Népal, Everest, changement climatique, eau, tourisme

Keywords : Nepal, Everest, climate change, water, tourism

AUTEURS

MARIE FAULON

Université Bordeaux-Montaigne, UMR 5319 Passages
marie.faulon@u-bordeaux-montaigne.fr

ISABELLE SACAREAU

Université Bordeaux-Montaigne, UMR 5319 Passages.
isabelle.sacareau@u-bordeaux-montaigne.fr