



# Le diabétique en altitude : physiopathologie et conséquences pratiques

Rev Med Suisse 2007; 3: 1463-8

S. Thalmann  
B. Gojanovic  
F. R. Jornayvaz  
G. Gremion  
J. Philippe

## The diabetic patient at altitude : pathophysiology and practical implications

The prevalence of diabetes is constantly growing and an ever increasing number of diabetics travel to moderate (1500-2000 m, 5000-6500 ft) or high altitude (>2500 m, >8000 ft) for recreational purposes. Stays at moderate altitude are very well tolerated for a majority of diabetics, but can be limited by hypoxia or equipment failure due to freezing temperatures, or by the occurrence of altitude-specific pathologies, as acute mountain sickness, which can mimic hypoglycemia in the diabetic. Beyond 2500 m, freezing, remoteness, hypoxia-induced anorexia, side effects of medications and the higher incidence of mountain sickness can make diabetes control difficult. A well informed and prepared diabetic patient, with sufficient and adequately kept equipment, and a reasonably good fitness level, can enjoy and master mountaineering.

Le diabète est en augmentation constante et de plus en plus de diabétiques se rendent en moyenne (1500-2000 m) ou haute altitude (>2500 m) pour le tourisme. Les séjours en moyenne altitude sont très bien supportés par la majorité des diabétiques, mais peuvent cependant être limités par une défaillance du matériel, due à l'altitude et au froid, ou par l'apparition de maladies spécifiques à l'altitude, comme le mal des montagnes, qui peut mimer l'hypoglycémie chez le diabétique.

Au-delà de 2500 m, le froid, l'isolement, l'anorexie liée à l'hypoxie, les effets secondaires des médicaments et l'incidence augmentée des pathologies d'altitude peuvent rendre le contrôle du diabète difficile. Bien informé et bien préparé, avec du matériel en suffisance et bien conservé, le diabétique en bonne condition physique peut aussi profiter de la montagne.

## INTRODUCTION

La prévalence du diabète est en augmentation constante et atteindra 330 millions d'individus d'ici 2025.<sup>1</sup> Le diabète de type 1 (5-10% des diabétiques) touche une population jeune et plus encline à des activités en plein air, alors que le diabète de type 2 atteint l'adulte d'âge mûr. Dans nos sociétés, les voyages à visée touristique et/ou sportive sont fréquents en moyenne altitude (1500-2500 mètres : ski, randonnées) ou en

haute altitude (plus de 2500 mètres : alpinisme, trekking). Dès lors, le clinicien est de plus en plus confronté à des diabétiques qui se rendent en altitude avec des complications microvasculaires (polyneuropathie, néphropathie ou rétinopathie) et macrovasculaires (athérosclérose, maladie coronarienne, carotidienne ou périphérique).

Cette revue vise à rappeler quelques notions des problèmes spécifiques à la montagne et leurs implications chez le sujet diabétique.

## PHYSIOPATHOLOGIE DE LA MONTAGNE

Le séjour en altitude est conditionné par différentes adaptations physiologiques impératives, touchant plusieurs systèmes importants pour le sujet diabétique.

### Système nerveux central et ophtalmologie

Le mal aigu des montagnes (*Acute mountain sickness* – AMS), qui survient à partir de quatre heures et jusqu'à 96 heures après ascension, est lié à l'altération de la régulation du flux sanguin cérébral par l'hypoxie (pression partielle d'oxygène diminuée en altitude) et des modifications ventilatoires. Les symptômes comprennent des céphalées, insomnies, anorexie, nausées, vomissements et vertiges. La forme grave entraîne un œdème cérébral de haute altitude (*High altitude cerebral edema* – HACE), avec confusion, ataxie cérébelleuse et diminution de l'état de conscience allant jusqu'au coma. Les facteurs de risques sont un antécédent d'AMS, la vitesse d'ascension, un indice de masse corporelle (*Body mass index* –



BMI) élevé, une anamnèse de migraines, le froid, l'exercice, la fatigue et la déshydratation. Les sujets diabétiques ne semblent pas plus exposés, sauf en cas de surcharge pondérale.

Au niveau ophtalmologique, il existe une atteinte typique dénommée hémorragie rétinienne de haute altitude (HARH); on l'observe chez 4% des personnes à 4000 m, mais chez 75% au-delà de 5000 m.<sup>2</sup> Il s'agit d'une lésion transitoire dont les conséquences à long terme ne sont pas connues. Des atteintes minimales et asymptomatiques du champ de vision peuvent cependant persister à long terme.<sup>3</sup>

### Système cardiovasculaire et pulmonaire

L'hypoxie aiguë entraîne une augmentation du débit cardiaque par tachycardie liée à l'augmentation du tonus sympathique. Au niveau périphérique, le tonus sympathique et le froid contribuent à une vasoconstriction musculaire et cutanée. La capacité d'effort maximale (VO<sub>2</sub>max) est abaissée. La pression artérielle systémique varie peu en altitude, bien que des pics hypertensifs aient été observés et que la récupération postexercice semble plus lente.<sup>4</sup> La pression artérielle pulmonaire s'élève, pouvant mener à l'apparition rapide d'un œdème pulmonaire non cardiogène (perméabilité capillaire augmentée, en lien à une dysfonction endothéliale et une diminution du monoxyde d'azote – NO).<sup>5,6</sup> L'œdème pulmonaire de haute altitude (*High altitude pulmonary edema* – HAPE) nécessite une prise en charge rapide, avec oxygénation maximale, descente rapide et repos absolu.

### Métabolisme et système endocrinien

Sous stimulus hypoxique, le tonus sympathique s'élève par libération surrénalienne d'adrénaline et de noradrénaline et les hormones de contre-régulation (cortisol, glucagon et hormone de croissance) sont élevées, entraînant une résistance à l'insuline.<sup>7,8</sup>

Le métabolisme de base est augmenté par la demande ventilatoire, le tonus sympathique et la nécessité de faire face à la baisse de température. En altitude, on observe fréquemment aussi une anorexie dont les causes sont encore mal connues, bien qu'il semblerait que, en plus des symptômes dus à l'AMS, certaines hormones soient impliquées (ghrelin abaissée et leptine augmentée).<sup>9</sup> Une perte pondérale de un à deux kg par semaine est de règle. D'autre part, la diurèse est augmentée par l'alcalose respiratoire, entraînant une contraction du volume circulant. La déshydratation est aggravée par la ventilation augmentée et la sécheresse de l'air, rendant une compensation hydrique impérative. Ceci est particulièrement important chez le patient diabétique mal contrôlé, qui est polyurique et déshydraté par diurèse osmotique hyperglycémique.

### EXERCICE EN ALTITUDE ET BESOINS ÉNERGÉTIQUES

L'activité physique en montagne augmente le risque de survenue des pathologies décrites ci-dessus. Sur le plan métabolique, les besoins énergétiques sont caractérisés par une dépendance accrue aux hydrates de carbone

(HDC).<sup>10</sup> Il est très important de contrôler strictement les apports en HDC, surtout chez le diabétique. Un effort modéré (trekking) implique une consommation de 60 à 80 grammes de HDC par heure. Il conviendra alors de compenser cette perte énergétique par un apport externe d'HDC, déjà pendant l'effort à raison d'environ 20 à 30 grammes par demi-heure. Le **tableau 1** résume les différents aliments pouvant être utilisés, le choix sera guidé par la logistique du transport (faible encombrement) et la nécessité de consommation aisée (déballage et ingestion facile).

**Tableau 1. Contenu approximatif en hydrates de carbone d'aliments consommables pendant l'effort**

Aliments	Contenu en HDC [grammes]
Boissons énergétiques	60 à 80 g/litre
Jus de fruits	80 à 120 g/litre
Boissons sucrées (soft drinks)	80 à 120 g/litre
Banane	20 g
Pomme	10 g
Barre de céréales : (Balisto, Farmer)	14 à 18 g/barre
Gel énergétique : (Squeazy, Powergel)	15 à 30 g/portion
Sucre de raisin	5 g/tablette

### LE DIABÉTIQUE EN MONTAGNE

La montagne, surtout en dehors des stations touristiques, représente un lieu hostile pour des personnes souffrant d'une maladie chronique nécessitant un suivi régulier, tant par l'éloignement des structures de soins que par les conditions climatiques.<sup>11</sup>

#### Froid

La température chute de environ 2°C tous les 300 mètres au-dessus de 1500 mètres entraînant une vasoconstriction cutanée qui peut causer un retard d'absorption de l'insuline. Des études ont démontré que les injections à travers les habits ont une efficacité suffisante, à condition d'utiliser des aiguilles suffisamment longues (12 mm).<sup>12</sup> En présence de polyneuropathie périphérique, il conviendra d'être spécialement attentif à la protection des pieds et des mains pour éviter des gelures asymptomatiques.

Pour les insulines, les fabricants recommandent une conservation entre 2 et 8°C, en évitant le gel des réserves d'insuline, ce qui la rend inutilisable.

#### Matériel

Pour un séjour de longue durée, il conviendra<sup>3</sup> de prendre au moins trois fois la quantité nécessaire de médicaments, de stylos à insuline, de cartouches ou bandes-lettres, ainsi que suffisamment de HDC à absorption rapide. Lors d'utilisation de pompe à insuline, il est recommandé de prendre une pompe de rechange ainsi que



des stylos injectables en cas de défaillance de la pompe.

Il faudra s'enquérir des accès rapides à un transport vers un hôpital qualifié, le cas échéant. Le **tableau 2** détaille le matériel à prendre.

### Appareil à glycémie

Au-delà de 3000 m, l'utilisation des glucomètres n'a pas été validée et doit être considérée comme aléatoire (sous- et surestimation des glycémies). Lors d'une expédition au Kilimandjaro (5700 m),<sup>13</sup> les valeurs indiquées étaient faussées dans 60% des cas. Les appareils à glycémie qu'on trouve en Suisse utilisent deux réactions enzymatiques différentes: la glucose déhydrogénase et la glucose oxydase. Cette dernière varie avec la pression d'oxygène, d'où des mesures moins fiables dès 1500 m. De plus, le froid peut entraîner un dysfonctionnement des appareils. Les principaux fabricants recommandent une utilisation entre 5 °C et 45 °C. En altitude, on recommandera alors de les tenir près du corps, ce qui, d'après des expériences rapportées, permet une utilisation sans problème.

### Hypoglycémie

Il existe peu de données sur l'incidence des hypoglycémies. Sur la base de cas rapportés, elle ne semble pas différente d'un environnement habituel, bien que les symptômes de l'hypoglycémie puissent être confondus avec ceux de l'AMS ou de l'œdème cérébral. Le HACE, dans sa forme extrême, peut entraîner un état confusionnel ou une dysfonction motrice rendant la correction des hypoglycémies difficile. L'anorexie d'altitude expose le sujet à des

hypoglycémies en cas d'injection préprandiale. Plusieurs auteurs suggèrent de mettre la dose d'insuline en fin de repas (surtout pour les insulines rapides de type analogue) ou de fractionner (la moitié avant le repas et l'autre moitié à la fin, si nécessaire).<sup>14</sup> Le **tableau 3** résume les causes d'hypoglycémie en altitude.

**Tableau 3. Etiologies des hypoglycémies en altitude chez le diabétique**

Causes	Conséquences pratiques
Exercices physiques importants	– Diminuer intensité – Augmenter apport de sucres – Diminuer insuline basale et rapide (-20 à -50%)
Anorexie due à l'altitude/ apports alimentaires diminués	– Injection insuline en fin de repas ou partager en deux injections (1/2 dose pré- et 1/2 dose postprandiale)
Lectures d'hypoglycémies sans symptôme	– Possible erreur de mesure – Mauvaise fiabilité des appareils de mesure
Symptômes d'hypoglycémies sans hypoglycémie mesurée	– Penser au mal aigu des montagnes si autres symptômes évocateurs – Effets secondaires de l'acétazolamide

**Tableau 2. Matériel spécifique pour le diabétique en altitude**

Matériel	Quantité
Insuline	– Trois fois la quantité nécessaire, conservation entre 2-8°C
Aiguilles/lancettes/bandelettes	– Trois fois la quantité nécessaire, conservation à l'abri
Appareils à glycémie	– Deux différents avec piles de recharge pour chaque appareil – Utiliser appareil de mesure à glucose déhydrogénase
Stix urinaires à cétones et glucose	– Prévoir en quantité suffisante en cas de défaillance des appareils à glycémie
Hydrates de carbone à absorption rapide	– Prévoir minimum 50 g par jour pour les hypoglycémies
Glucagon kit	– Prévoir 2 à 3 kits de réserve – Instruction d'utilisation des accompagnants, obligatoire
Hydrates de carbone	– Remplacer l'équivalent de la consommation journalière (60 à 80 g/h d'effort)
Attestation du médecin	– Pour passage des frontières, voyage en avion et en cas d'hospitalisation

## LES MÉDICAMENTS DE LA MONTAGNE

Les pathologies typiques de la montagne, soit l'AMS, le HACE et le HAPE, peuvent être prévenues ou traitées par certains médicaments aux implications particulières chez le diabétique (**tableau 4**). Les corticoïdes, utilisés pour la prévention de l'œdème cérébral, créent une résistance à l'insuline génératrice d'hyperglycémies. L'acétazolamide, un diurétique inhibiteur de l'anhydrase carbonique, diminue la réabsorption des bicarbonates et la capacité tampon du sang, le sensibilisant à une acidocétose. L'effet diurétique peut aussi péjorer une contraction plasmatique préexistante dans un environnement où les pertes insensibles sont augmentées. Les paresthésies, un effet secondaire possible de l'acétazolamide, peuvent mimer une hypoglycémie. La nifédipine, un antihypertenseur utilisé pour la prévention du HAPE, peut péjorer une hypotension chez un diabétique polyurique. Une autre classe de médicaments, les inhibiteurs de la 5-phosphodiesterase (tadalafil et sildenafil), utilisés pour la prévention du HAPE, pourraient augmenter la glycémie.<sup>15</sup>

De plus, des vomissements associés à l'AMS/HACE peuvent entraîner une malabsorption des médicaments rendant l'efficacité du traitement p.o. incertain.

## COMPLICATIONS MACRO- ET MICRO-VASCULAIRES

En hypoxie, la réserve du flux coronarien est abaissée chez le cardiopathe ischémique<sup>16</sup> et il existe un risque accru d'événements aigus. La dysfonction endothéliale, caractéristique du syndrome métabolique, est aggravée par



**Tableau 4. Médicaments en montagne et implications chez le diabétique**

AMS: mal aigu des montagnes (*Acute mountain sickness*).

HACE: œdème cérébral de haute altitude (*High altitude cerebral edema*).

HAPE: œdème pulmonaire de haute altitude (*High altitude pulmonary edema*).

Indications	Médicaments	Posologie		Effets «indésirables» chez le diabétique
		Prophylaxie	Traitement	
<b>AMS &amp; HACE</b>	– AINS	Aucune	Doses habituelles	– Cave fonction rénale – Risque d'acidocétose – Paresthésies – Polyurie – Hyperglycémie – Troubles de l'humeur
	– Acétazolamide	125-250 mg 2x/j	125-250 mg 2x/j	
	– Dexaméthasone	8 mg 2x/j	4 mg 4x/j	
<b>HAPE</b>	– Dexaméthasone	8 mg 2x/j	Aucun (peut déclencher HAPE)	– cf. supra – Hyperglycémie – Hyperglycémie? – Hypotension – cf. supra
	– Tadalafil	10 mg 1x/j	Aucun	
	– Sildénafil	40 mg 3x/j	Aucun	
	– Nifédipine	20 mg 3x/j	20 mg 4x/j	
	– Acétazolamide	?	?	

l'hypoxie. Chez les diabétiques avec antécédents coronariens, la prudence doit donc être requise pour des séjours en haute altitude. Le patient hypertendu peut être sujet à de plus grandes variations liées à l'effort.<sup>4</sup>

A l'opposé, les patients souffrant d'un syndrome métabolique supportent bien un séjour de trois semaines à 1700 m, avec une diminution de la résistance à l'insuline (mesurée par le *Homeostasis model assessment* – HOMA) et une augmentation du HDL-cholestérol.<sup>17</sup> Au-delà de 4000 m, la résistance à l'insuline augmente pour des séjours courts (< 7 j) par activation sympathique.<sup>8</sup>

Au niveau des complications microvasculaires du diabète, il n'existe malheureusement que peu de données dans la littérature. La protéinurie semble se péjorer chez les diabétiques de type 2 vivant à 1700 m par rapport au niveau de la mer.<sup>18</sup> Concernant la rétinopathie diabétique, il n'y a pas de donnée si ce n'est que l'incidence du HARH n'est pas augmentée chez les diabétiques de type 1.<sup>19</sup> Cependant, les études rigoureuses manquent et les conséquences de cette pathologie bénigne pour le non diabétique sont inconnues chez le diabétique. En conséquence, la contre-indication est relative chez les patients avec une rétinopathie de fond, et formelle en présence de rétinopathie active.

## CONCLUSION

Les séjours jusqu'à 2000 m ne posent pas de problèmes pour les diabétiques et il est recommandé de bien conserver à l'abri, et en quantité suffisante, l'insuline et le matériel nécessaires. Il conviendra d'être prudent sur les doses d'insuline rapide et méfiant par rapport aux valeurs rapportées par les glucomètres.

Pour les séjours en plus haute altitude, lors d'expéditions longues, une planification sans faille est nécessaire, avec une attention particulière sur la quantité et la conservation des insulines, des appareils de mesures, la proximité des soins et l'accompagnement par des personnes instruites sur les mesures à prendre lors d'hypoglycémies. Un bilan de santé complet récent incluant les complications micro- et macrovasculaires du diabète est impératif.

Si ces précautions sont bien observées, le diabétique pourra profiter des joies du voyage et de la haute montagne, comme l'attestent les expéditions au Kilimandjaro (5700 m),<sup>13</sup> dans l'Himalaya (Cho Oyu, 8201 m)<sup>19</sup> ou en Amérique du Sud (Aconcagua, 6950 m).<sup>14</sup> ■

## Implications pratiques

- Les séjours en altitude entraînent des adaptations circulatoires et métaboliques perturbant le contrôle du diabète
- Le diabétique devra prévoir suffisamment d'insuline, d'aiguilles, de bandelettes et d'hydrates de carbone en réserve
- Le froid et l'altitude peuvent entraîner un dysfonctionnement des appareils et il faudra être méfiant par rapport aux mesures
- Les symptômes d'hypoglycémie en altitude peuvent se confondre avec un tableau clinique de maladie de montagne
- Chez le patient diabétique, avec complications micro- et macrovasculaires, un bilan complet doit être effectué avant le départ, spécialement un avis ophtalmologique

## Adresses

Drs Sébastien Thalmann, François R. Jornayvaz  
et Pr Jacques Philippe  
Service de diabétologie, endocrinologie et nutrition  
HUG, 1211 Genève 14  
Drs Boris Gojanovic et Gérald Gremion  
Unité de médecine du sport  
HOSR, 1005 Lausanne  
sebastien.thalmann@hcuge.ch  
francois.jornayvaz@hcuge.ch  
jacques.philippe@hcuge.ch  
boris.gojanovic@chuv.ch  
gerald.gremion@chuv.ch



## Bibliographie

- 1 IDF. Prevalence of obesity. [www.eatlas.idf.org/Obesity\\_and\\_type\\_2\\_diabetes/Prevalence\\_of\\_obesity/](http://www.eatlas.idf.org/Obesity_and_type_2_diabetes/Prevalence_of_obesity/)
- 2 Wiedman M, Tabin GC. High-altitude retinopathy and altitude illness. *Ophthalmology* 1999;106:1924-6.
- 3 \*\* Brubaker PL. Adventure travel and type 1 diabetes: The complicating effects of high altitude. *Diabetes care* 2005;28:2563-72.
- 4 \* Brion R. [The heart and the mountains]. *Arch Mal Cœur Vaiss* 2006;99:1121-5.
- 5 Scherrer U, Turini P, Thalman S, et al. Pulmonary hypertension in high-altitude dwellers: Novel mechanisms, unsuspected predisposing factors. *Adv Exp Med Biol* 2006;588:277-91.
- 6 \*\* Hackett PH, Roach RC. High-altitude illness. *N Engl J Med* 2001;345:107-14.
- 7 Barnholt KE, Hoffman AR, Rock PB, et al. Endocrine responses to acute and chronic high-altitude exposure (4,300 meters): Modulating effects of caloric restriction. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2006;290:E1078-88.
- 8 \* Larsen JJ, Hansen JM, Olsen NV, et al. The effect of altitude hypoxia on glucose homeostasis in men. *J Physiol* 1997;504 (Pt 1):241-9.
- 9 Tschoop M, Strasburger CJ, Hartmann G, et al. Raised leptin concentrations at high altitude associated with loss of appetite. *Lancet* 1998;352:1119-20.
- 10 Roberts AC, Butterfield GE, Cymerman A, et al. Acclimatization to 4,300 m altitude decreases reliance on fat as a substrate. *J Appl Physiol* 1996;81:1762-71.
- 11 \* Leal C. Going high with type 1 diabetes. *High Alt Med Biol* 2005;6:14-21.
- 12 Fleming DR, Jacober SJ, Vandenberg MA, et al. The safety of injecting insulin through clothing. *Diabetes care* 1997;20:244-7.
- 13 Moore K, Vizzard N, Coleman C, et al. Extreme altitude mountaineering and type 1 diabetes; the Diabetes federation of Ireland Kilimanjaro expedition. *Diabet Med* 2001;18:749-55.
- 14 Admetlla J, Leal C, Ricart A. Management of diabetes at high altitude. *Br J Sports Med* 2001;35:282-3.
- 15 \* Maggiorini M, Brunner-La Rocca HP, Peth S, et al. Both tadalafil and dexamethasone may reduce the incidence of high-altitude pulmonary edema: A randomized trial. *Ann Intern Med* 2006;145:497-506.
- 16 Wyss CA, Koepfli P, Fretz G, et al. Influence of altitude exposure on coronary flow reserve. *Circulation* 2003;108:1202-7.
- 17 Schobersberger W, Schmid P, Lechleitner M, et al. Austrian moderate altitude study 2000 (AMAS 2000). The effects of moderate altitude (1,700 m) on cardiovascular and metabolic variables in patients with metabolic syndrome. *Eur J Appl Physiol* 2003;88:506-14.
- 18 Sayarlioglu H, Erkoc R, Dogan E, et al. Nephropathy and retinopathy in type 2 diabetic patients living at moderately high altitude and sea level. *Ren Fail* 2005;27:67-71.
- 19 Pavan P, Sarto P, Merlo L, et al. Metabolic and cardiovascular parameters in type 1 diabetes at extreme altitude. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1283-9.

### Sites internet:

- [www.idea2000.org/](http://www.idea2000.org/)
- [www.usd.asso.fr/](http://www.usd.asso.fr/)
- [www.diabetes-sport.ch](http://www.diabetes-sport.ch)
- [www.runsweet.com](http://www.runsweet.com)

\* à lire

\*\* à lire absolument