



LA PRATIQUE DU SKI NORDIQUE EN ALTITUDE

Bien que, pour ce début de saison 2008-2009, l'enneigement est excellent à toute altitude sur chaque massif français, il arrive fréquemment que les skieurs sont obligés d'aller « chercher la neige » sur des sites de replis en altitude (Les Saisies, Bessans, Flaine, Méribel, Plateau de Beille, Font Romeu...), voir en haute altitude (glacier de Tignes, des Diablerets) pour effectuer leurs premières séances de ski. De plus, certaines épreuves majeures du calendrier national français (Championnat de France, Nordic Challenge..) ou populaires se déroulent souvent sur des sites d'altitude : Etoile des Saisies, Marathon de Bessans, Transpyrénéenne, Transcatalane, Marathon de la Clarée... La capacité maximale d'endurance est réduite en altitude à cause du phénomène d'hypoxie (diminution de la concentration d'oxygène dans le sang). Par conséquent, le skieur de fond doit modifier l'intensité d'entraînement, sa gestion d'effort, sa nutrition et son hydratation afin de limiter le plus possible cette réduction du niveau de performance.

1) Pourquoi la capacité d'endurance diminue en altitude ?

On entend souvent dire que l'oxygène (O_2) se raréfie en altitude. Ceci n'est que partiellement vrai. Le pourcentage d' O_2 dans l'atmosphère reste en fait constant quelque soit l'altitude (20,95 %). C'est seulement la pression partielle en O_2 (PpO_2) qui diminue du fait de la réduction de la pression barométrique (Pb). Au niveau de la mer, cette dernière est de 760 mmHg. A l'altitude de Font Romeu (1800 m), elle atteint la valeur de 596 mmHg tandis qu'au sommet du Mont Blanc (4810 m), elle n'est plus que de 430 mmHg. La diminution de la pression barométrique, et donc de la pression partielle en O_2 , conduit, par un phénomène de « cascades », à une diminution de l'apport en O_2 aux muscles ($\downarrow Pb \Rightarrow \downarrow Pp O_2 \Rightarrow \downarrow$ Pression alvéolaire $O_2 \Rightarrow \downarrow$ Pression artérielle en $O_2 \Rightarrow \downarrow$ % saturation artérielle en O_2 (SaO_2) $\Rightarrow \downarrow$ apport en O_2 aux muscles).

La conséquence ultime du phénomène d'hypoxie est la diminution de la consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}), puisque celle-ci dépend du débit cardiaque et de la différence artério-veineuse en O_2 . On estime à environ 9% la réduction de la VO_{2max} par chaque gain d'altitude de 1000 m. Plusieurs études ont montré que ce phénomène appelé « stress hypoxique » se manifeste chez les sujets entraînés dès environ 600 m.

Pour limiter ce phénomène d'hypoxie, l'organisme humain met en place des adaptations physiologiques (plus ou moins rapides) dès que la pression artérielle chute en dessous de sa valeur critique. Tout d'abord, la ventilation au repos, mais surtout à l'exercice, est rapidement accélérée pour contrecarrer la réduction de la SaO_2 afin de satisfaire la demande musculaire en O_2 . Ce surplus de travail des muscles respiratoires pour augmenter la fréquence respiratoire et le volume courant, permet d'expliquer en partie pourquoi, pour la même intensité relative, la FC est plus élevée à Bessans (1700 m) qu'à Prémamanon (1200 m).

Ensuite, la production des globules rouges par la moelle osseuse est stimulée par l'augmentation de la sécrétion d'érythropoïétine par le rein. Cette adaptation permet



Par Sébastien DUC – Coach WTS

E-mail : sebastien.duc@wts.fr

Site internet : www.wts.fr

aussi de s'opposer à la réduction de la SaO₂ mais son délai d'action est de plusieurs jours et nécessite un temps d'exposition à l'altitude supérieur à 48 h. L'augmentation des capacités de transport de l'O₂ par les globules rouges est l'objectif principal visé par les stages en altitude. Bien que ce ne soit pas le sujet de cet article, il est intéressant de noter que de nombreuses études ont montré que cette adaptation survient uniquement pour un séjour de 2 semaines minimum, à une altitude supérieure à 2100 m et chez les sujets non anémiques.

Ces adaptations à court et à long terme permettent de restaurer la VO_{2max} mais que partiellement. Même lorsqu'un sujet est acclimaté à l'altitude, sa VO_{2max} en altitude reste toujours inférieure à celle du niveau de la mer.

2) Comment doit-on skier en altitude ?

Pour limiter la fatigue et éviter le surentraînement, il est indispensable de modifier l'intensité, les temps de récupération et le volume lorsqu'on ski en altitude :

- Les zones de fréquences cardiaques d'entraînement doivent être abaissées (environ 5 %) étant donné que la VO_{2max} est diminuée en altitude. Par exemple, pour un skieur qui possède une FC_{max} de 190 bpm, sa zone de travail au seuil est estimée entre 92 et 96% FC_{max} soit entre 175 et 183 bpm à basse altitude (< 1200 m), alors il devra travailler son seuil en altitude (> 1600 m) entre 87 et 92% de sa FC_{max} soit entre 165 et 173 bpm.
- A l'inverse, les temps de récupération doivent être rallongés lors des séances type « intervalles training ». Plus l'intensité d'entraînement est élevée, plus le temps de récupération doit être augmenté pour faciliter l'élimination des déchets métaboliques accumulés (acide lactique) et pour recharger les stocks énergétiques (ATP, Phosphocréatine). Par exemple, pour des intervalles de Puissance Maximale Aérobie type 1min – 1min, la récupération peut atteindre jusqu'à 2 min entre chaque répétition.
- Le volume d'entraînement doit être réduit en altitude notamment lorsqu'on réalise un séjour en altitude. On préconise une diminution pouvant aller jusqu'à 25% lors des premiers jours de stage par rapport au volume habituel. Par exemple, un skieur doit réaliser des séances d'entraînement de 1H30 en altitude s'il s'entraîne d'habitude sur une durée de 2h.

Lorsque le skieur est acclimaté à l'altitude (généralement après 7 jours lors d'un stage) ou si il réside toute l'année en altitude, il peut utiliser des zones de FC plus élevées, réaliser un volume d'entraînement plus important et choisir des temps de récupération se rapprochant du ratio tps d'intervalle / tps récupération classique 1/1.

3) Comment optimiser l'entraînement en altitude ?

Pour limiter l'effet délétère de l'altitude sur la performance lors d'une compétition ou pour bénéficier de l'effet potentiel de l'entraînement en altitude lors d'un stage, il est primordial que le skieur porte une attention particulière à sa nutrition, son hydratation et sa tenue vestimentaire.

Le carburant utilisé en priorité par les muscles lors d'un effort en altitude est le glucose même si l'intensité relative de l'exercice est plus faible. Il est donc indispensable d'augmenter les apports en glucides avant l'effort (régime hyperglucidique), pendant l'effort (boisson énergétiques) et après l'effort (glucides à index glycémique élevé pour favoriser la reconstitution des réserves en glycogènes musculaires et hépatiques). Si cet apport glucidique est trop faible, le skieur s'expose à de sévères hypoglycémies. Tout effort inutile ou toute accélération brutale en altitude « se paient cash » à un moment



Par Sébastien DUC – Coach WTS

E-mail : sebastien.duc@wts.fr

Site internet : www.wts.fr

donné en altitude. Le marathon de Bessans n'est pas le plus dur au niveau du dénivelé mais pourtant cette épreuve est redoutée par de nombreux coureurs...

Il faut également boire d'avantage en altitude car les pertes urinaires sont majorées (+ 500 ml/j). De plus, l'augmentation de la ventilation conduit aussi à un accroissement des pertes hydriques puisqu'une petite quantité d'eau s'évapore à chaque fois qu'on expire. Pour rappel, la performance aérobie est diminuée de 20% lorsque les pertes hydriques atteignent 2% de la masse corporelle. C'est pourquoi on préconise, lorsqu'on ski en altitude, d'apporter quotidiennement par l'intermédiaire de l'hydratation et de l'alimentation (fruit, soupes...) 4 à 5 l de liquides. Comme pour le carburant glucidique, une bonne hydratation s'obtient par la stratégie AVANT, PENDANT et APRES l'effort.

Enfin, il est recommandé de consommer d'avantage d'anti-oxydants (vitamine A, C et E, sélénium...) lorsqu'on s'entraîne fréquemment en altitude pour combattre les radicaux libres. Ces molécules dérivées de l'oxygène libre dans le sang (non transporté par les globules rouges) sont notamment responsables en partie de la destruction des membranes cellulaires, du vieillissement. Ce processus appelé stress oxydatif est accentué en altitude du fait de l'élévation importante de la ventilation.

Pour terminer, il faut veiller à porter des lunettes solaires lorsqu'on ski en altitude pour se protéger des rayons UV (+ 4% / 300 m) et être suffisamment habillé pour lutter contre le froid. La température diminue en altitude d'environ 1°C / 150 m d'ascension. Il faut également faire très attention à bien se couvrir après l'effort pour éviter de tomber malade. Les infections du tractus respiratoires sont très courantes en altitude du fait de l'hyperréactivité bronchique. Cette réaction inflammatoire des bronches qui conduit à une rétraction des alvéoles pulmonaires est provoquée par l'inspiration d'un air trop sec (le taux d'humidité de l'air diminue en altitude). C'est pourquoi on tousse beaucoup après un effort en ski nordique, notamment en altitude.

Sachez que ce phénomène d'hyperréactivité bronchique est fréquemment observé chez les skieurs nordiques car ces athlètes ont l'habitude de ventiler beaucoup et à une fréquence très élevée. Or comme l'air ambiant est généralement très froid, l'air inspiré n'a pas le temps de se réchauffer et donc de s'humidifier lorsqu'il arrive dans les bronches. Les alvéoles sont donc moins remplies d'air ambiant (et donc d'oxygène), la performance aérobie de ces sujets dits « sensibles » est par conséquent diminuée. Ceci explique pourquoi de très nombreux skieurs nordiques de haut niveau possèdent une autorisation à usage thérapeutique (AUT) pour l'utilisation de « ventoline » (vasodilatateur des bronches)

Voici quelques conseils pratiques pour skier en altitude. Pour mettre toutes les chances de votre côté lors d'une compétition en altitude, hydratez vous fréquemment et suffisamment, mangez à intervalles réguliers des glucides rapides et portez une grande attention à votre gestion de l'effort car « le coup de bambou » vous guète derrière chaque sapin !



Par Sébastien DUC – Coach WTS

E-mail : sebastien.duc@wts.fr

Site internet : www.wts.fr