



Générateur hypoxique

Simulation Entraînement en Haute Altitude



Kevin ESTABLET

Masseur Kinésithérapeute

Ostéopathe

Piton Saint Leu

Kiné Sport

Président Run Alti Cryo



Intervenant

Simulation Entraînement en Haute Altitude



Kevin ESTABLET

Masseur Kinésithérapeute
Saint-Leu

Président SAS Run Alti Cryo

Président asso Run Touch

Fondateur asso Réathlétiseurs
de la Reunion

La Team !



Masseur-Kinesitherapeute - Ostéopathe formé en Kiné du sport
Licence en STAPS mention entraînement sportif
CCS réathlétiseur CREPS réseau grand INSEP

2002-2006

Entraîneur et préparateur physique de l'équipe du KITURO (division 1 Belge)

2010 Création du cabinet « Kiné Sport Lyon »

2013 Création du cabinet « Ti'Cab Saint-Leu » à La Réunion

2014 -2017 Référent thérapeutique « Team Redbull Eyeswears DOM TOM »

2014 à ce jour, Masseur-kinésithérapeute de l'équipe belge de Rugby à 7
« Belgium Barbarians » dans le suivi des tournois internationaux

2016 Création de la SAS « Run Alti Cryo » (Centre de cryothérapie corps entier
et d'entraînement en simulation d'altitude)

2018 à ce jour : Manager de la Team « Run Alti Cryo »
Entraîneur et President de l'Association sportive Run Touch

2019 Création du Centre pluridisciplinaire « CORPUS » sur la commune
de Saint-Leu (Centre paramédical - préparation physique - récupération -
bien-être).

Coordonnées

Ti Cab Saint-Leu - Run Alti Cryo - Centre Corpus - Asso Run Touch

L'Hypoxie Normobare Contrôlée

Qu'est ce que l'hypoxie ?

L'hypoxie est définie par la diminution de la quantité d'oxygène distribuée par le sang aux tissus.

Ne pas confondre

Hypoxie « chronique », pathologique, avec **hypoxie « aigüe »**, provoquée et sur un instant précis.

Hypoxie « chronique » pathologique :

L'hypoxie métabolique peut être générée par différents types de pathologies :

- Anémie
- Altération de l'hémoglobine
- Intoxication par le monoxyde de carbone (CO)
- Pneumopathie chronique
- Cardiopathie congénitale
- Insuffisance cardiaque

L'hypoxie « aigüe »

Provoquée par l'altitude: (**hypobare** en milieu naturel et **normobare** en altitude simulée)

Il est aussi possible chez le sujet sain (et à l'exclusion des catégories décrites avant) de provoquer cet état hypoxique par une exposition à l'altitude.

La baisse d'oxygène au niveau des tissus implique de multiples adaptations de l'organisme.

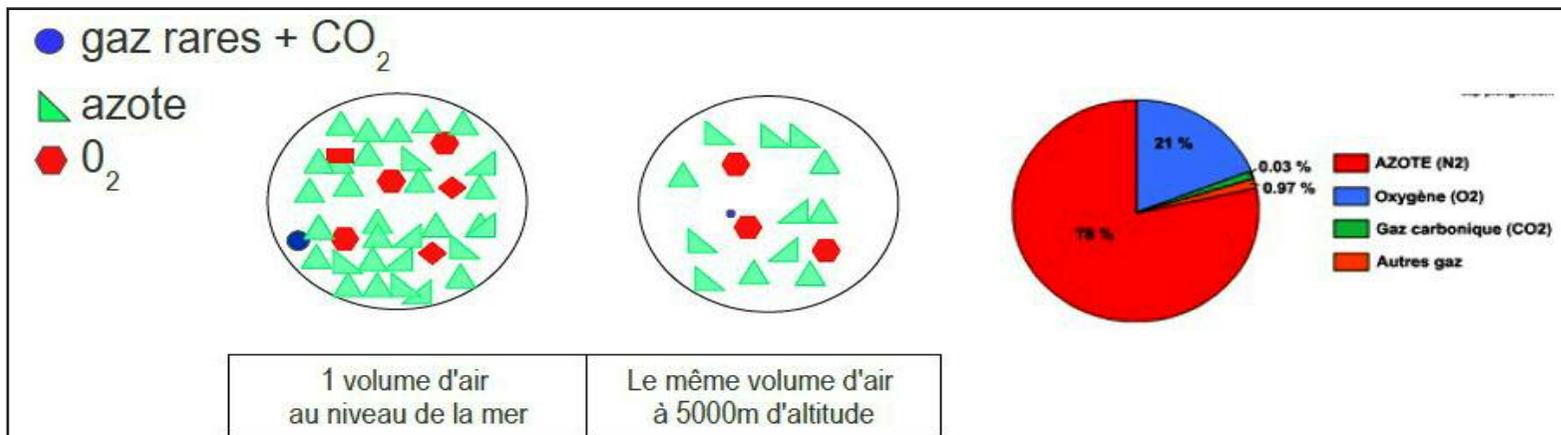
Présentation

Définition :

Quelle que soit l'altitude, les concentrations des différents gaz composant un litre d'air restent les mêmes.

C'est la quantité de molécules constituant ce litre d'air qui diminue, en conséquence de la pression atmosphérique qui est plus basse.

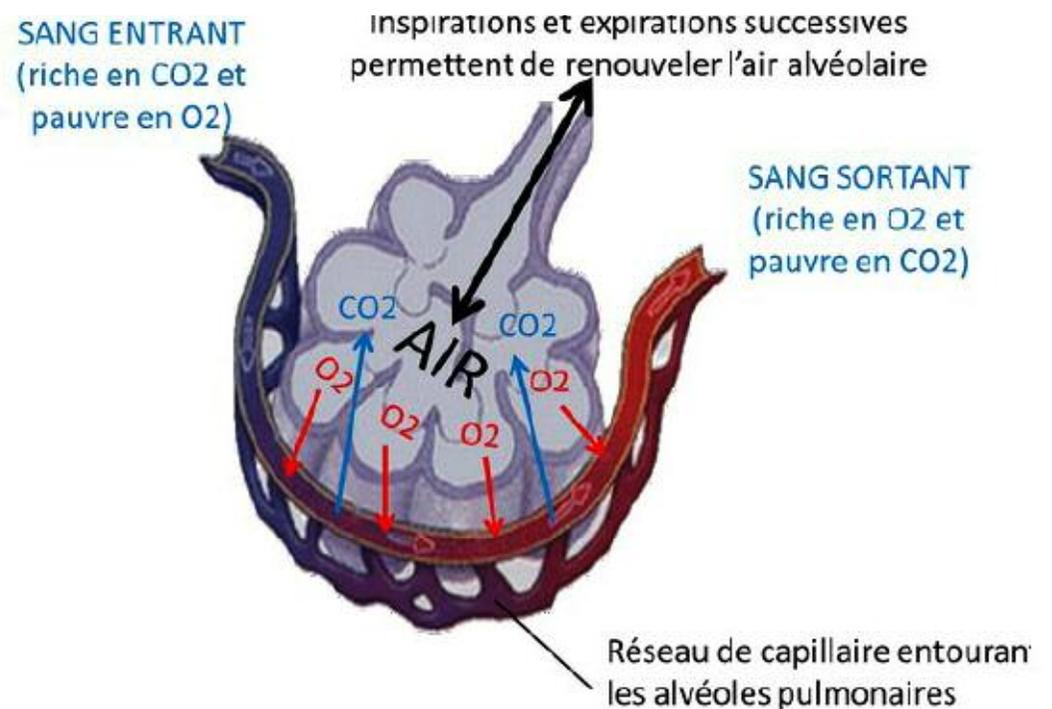
Donc lorsque nous montons en altitude, pour un même volume d'air inspiré, la quantité d'oxygène arrivant à nos poumons diminue.



Rôle des alvéoles pulmonaires

Les alvéoles pulmonaires sont irriguées par des micro-vaisseaux sanguins dans lesquels circulent les globules rouges, responsables du captage et du transport de l'oxygène.

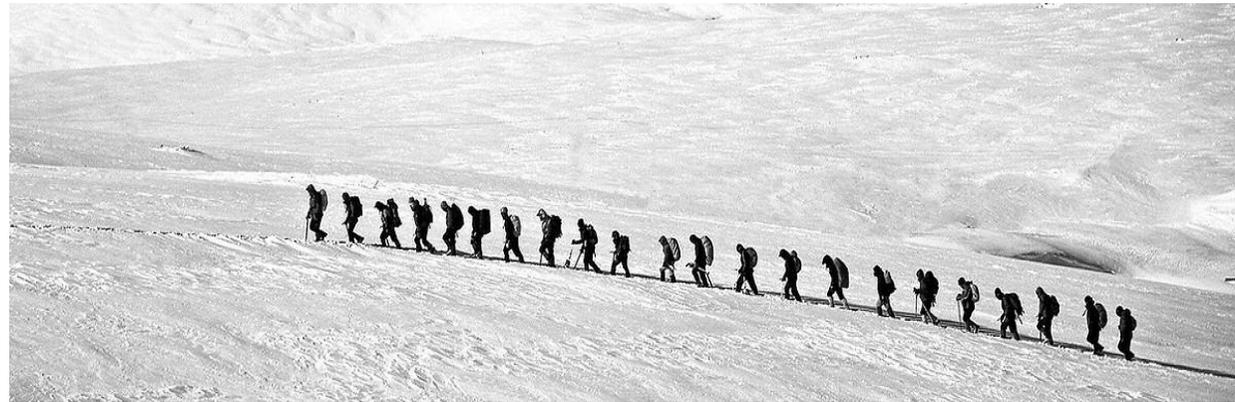
S'il y a moins d'oxygène dans les alvéoles, les globules rouges en captent moins et la distribution à nos organes est donc réduite: c'est l'**hypoxie**.



Principe :

En altitude, lorsque l'air se raréfie, le corps, étant en hypoxie réagit par des mécanismes régulateurs à tous les niveaux : cellule, organe, muscle...

Les conséquences de cette phase d'adaptation sont favorables sur la performance et facilite la répétition d'efforts intenses.



Les mêmes causes produisent les mêmes effets

Chez Run Alti Cryo nous sommes au niveau de la mer, nous n'allons pas jouer avec la pression atmosphérique, nous utilisons un appareil « **Générateur d'hypoxie** » qui filtre les molécules d'oxygène et peut reproduire les conditions d'altitude en diminuant le pourcentage d'O².

S'entraîner dans ces conditions, reproduit les mêmes améliorations physiologiques que si vous le faisiez en altitude.

Indications Hypoxie Normobare contrôlée



Performance dans le sport :

- Augmente le VO2 max
- Améliore la récupération entre les sessions d'entraînement
- Augmente la résistance, l'endurance, la vitesse
- Maintien la forme physique pendant une période de blessure et facilite la guérison
- Meilleur contrôle du souffle
- Diminue la fréquence cardiaque pour un même effort
- Augmente le pouvoir tampon



Simulation d'altitude :

- Méthode pratique et sécurisante pour tester les réactions du corps face au manque d'oxygène en altitude
- Pré-acclimatation à la haute altitude en toute sécurité ce qui va permettre de mieux gérer les risques liés à la haute altitude.

Bien être:

Pour le bien de tous, sportif ou non :

- Développe le souffle
- Augmente l'énergie
- Améliore la qualité du sommeil et réduit la fatigue
- Diminue le stress de la vie quotidienne





L'entraînement en altitude

Lors des Jeux Olympiques de Mexico en **1968**, ville située à 2200 m d'altitude, on craignait des répercussions négatives sur les performances des athlètes.

Mais pour ceux s'étant préparés en altitude c'est le contraire qui s'est produit et plusieurs records du monde ont été battus en athlétisme : Bob Beamon dépassa de 55 cm que le précédent record de saut en longueur

Ces jeux mis en parallèle des performances des athlètes d'endurance Kenyans et Éthiopiens qui s'entraînent depuis toujours sur les hauts plateaux (1500 m à 3500 m d'altitude) ont stimulé la recherche scientifique sur le sujet



Effets sur l'organisme :

Amélioration des capacités respiratoires, Amélioration de la VO₂max de 5 à 8 %

En développant les capacités cardiaques et pulmonaires (hyperventilation et effet bronchodilatateur), un meilleur contrôle du souffle, diminue la fréquence cardiaque pour un même effort

Meilleure récupération par l'amélioration du pouvoir tampon de 10 à 18 %

Le pouvoir tampon permet de réguler le pH sanguin qui est modifié après une activité physique intense.

Cette augmentation du pouvoir-tampon générée par l'hypoxie permet une récupération rapide entre les efforts et constitue une adaptation physiologique particulièrement intéressante pour les sports continus ou intermittents, reposant sur des efforts de haute intensité.



Amélioration du pouvoir de locomotion de 3 à 10 %

Au niveau vasculaire : multiplication des vaisseaux capillaires au niveau musculaire d'où une meilleure irrigation

Au niveau cellulaire : hausse de la myoglobine, et augmentation de l'activité mitochondriale

Meilleur acclimatation :

Méthode pratique et sécurisante pour tester les réactions du corps face au manque d'oxygène en altitude

Pré-acclimater à la haute altitude en toute sécurité ce qui va lui permettre de mieux gérer les risques liés à la haute altitude



Réduit la fatigue, meilleure gestion du stress:

Avec l'hypoxie en entraînement vous aurez une meilleure qualité de sommeil et on peut observer une diminution du stress, trac avant compétition.

Amélioration du transport de l'oxygène si hypoxie passive en tente

La production d'EPO (enzyme messagère qui stimule la production de globules rouges par la moelle osseuse) est augmentée ce qui augmente le taux d'hématocrite et la concentration du transporteur de l'oxygène dans le sang (hémoglobine).



Protocoles d'entraînements

Protocoles d'entraînements:

Depuis les années 1970, les sportifs de haut niveau sont donc envoyés en altitude avant les compétitions dans des centres spécifiques (**Font-Romeu** pour la France, **Iten au Kenya**...).

Les athlètes se préparent selon les méthodes **LHTH Living high, Training high** (dormir et s'entraîner en altitude) ou **LHTL Living high, Training low** (dormir en altitude et s'entraîner en basse altitude).



Aujourd'hui il existe 3 méthodes d'entraînement en altitude

LHTH

Living high, Training high

Dormir
et s'entraîner en altitude

LHTL

Living high, Training low

Dormir en altitude
et s'entraîner en basse altitude

LLTH

Living low, Training high

Dormir en basse altitude
et s'entraîner en altitude

Live High, Train High

LHTH : le stage complet en altitude

Méthode utilisée dès années 70 aux années 90/2000 car remis en question par des travaux scientifiques :

“Living hightraining low” altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. Stray-Gundersen, James, Robert F. Chapman, and Benjamin D. Levine. J Appl Physiol 91: 1113–1120, 2001.)

Trop de sollicitations, d'adaptations pour le corps ce qui rend les entrainements moins pertinents, même si les athlètes augmentent leur capacités cardiaque et respiratoire, les effets secondaires liés à l'altitude sont trop importants (migraines, amaigrissement, perturbation du sommeil) et provoquent des temps de récupération plus important.

Les intensités des entrainements sont diminuées et les athlètes perdent en masse musculaire et en technique.



Live High, Train Low

LHTL : la méthode référante

Méthode principalement utilisée depuis les recherches scientifiques effectuées dans les années 90 citées précédemment. C'est à **Prémanon**, dans le Jura, que le premier centre d'entraînement des sportifs de haut niveau est apparu en France.

Des **chambres hypoxiques** ont été installées, permettant les phases de repos en «altitude», tout en conservant les entraînements à basse altitude (Prémanon se situant entre 700 m et 1400 m).

Leur intensité et fréquence restent donc inchangées.



Centre d'entraînement national



Sur ce modèle, les tentes hypoxiques se sont démocratisées et ce mode d'entraînement, réservé aux élites, a pu être ouvert à un plus grand nombre de sportif. Ces tentes permettent de recréer les conditions d'altitude à la maison.

La phase aiguë : celle ci dure 1 semaine

Capacité cardio respiratoire :

Le débit cardiaque et la ventilation sont augmentés. Au repos, ces augmentations permettent de remonter en partie la SaO₂ (saturation artérielle en oxygène: la normale = à 98% au repos).

Il en découle des adaptations physiologiques (développement de vaisseaux capillaires plus profond dans les organes, dilatation des alvéoles pulmonaires, échanges gazeux plus fluides) qui permettent de retrouver une ventilation et une fréquence cardiaque normale avec une SaO₂ normale.

Cependant, cette adaptation est limitée pour des sportifs d'endurance présentant un volume respiratoire déjà important au niveau de la mer.



Pouvoir tampon :

L'exposition à l'hypoxie induit une hyperventilation qui est un indicateur de l'acclimatation à l'hypoxie. Plus l'augmentation de la ventilation est marquée, meilleure sera l'acclimatation ventilatoire à l'hypoxie.

Cette hyperventilation se fait pour limiter la baisse de PaO₂, c'est à dire compenser le manque d'oxygène, mais elle entraîne une augmentation de l'élimination du CO₂ par les poumons.

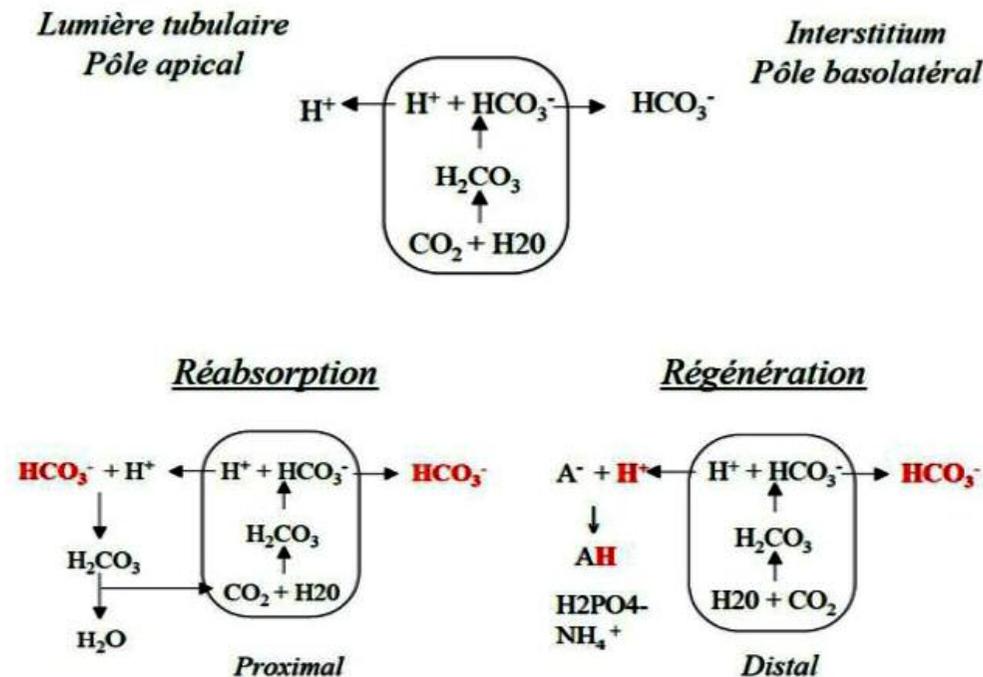
Cela diminue la réserve alcaline (les bicarbonates HCO₃⁻ notamment) du sang et des muscles.



Les **Bicarbonates** ont un rôle majeur dans la régulation du pH, ils constituent le principal «tampon» de l'organisme. L'ion bicarbonate HCO_3^- se combine à l'ion H^+ (issu de l'oxydation incomplète des glucides et des lipides lors de la production d'énergie par les cellules musculaires entre autres). Leur assemblage va donner de l'eau (H_2O) et du CO_2 , éliminés dans un premier temps par voie respiratoire, mais ce sont principalement les reins qui régulent leur concentration en favorisant leur régénération ("recyclage": retour dans la circulation sanguine) ou leur réabsorption ("élimination" par les urines)



Cette adaptation rénale permet au métabolisme de réguler plus facilement et rapidement son pH et permet un temps de récupération beaucoup plus rapide (élimination des acides) après l'effort.



L'acclimatation: du 8ème jour à 3 semaines

Le corps a compris que l'hypoxie n'était pas transitoire mais va perdurer et s'y adapte en conséquence. Cela commence au 8^e jour généralement et dure 2 semaines. Elle se traduit par une lente et progressive augmentation de la masse totale d'hémoglobine (transporteur de l'oxygène).

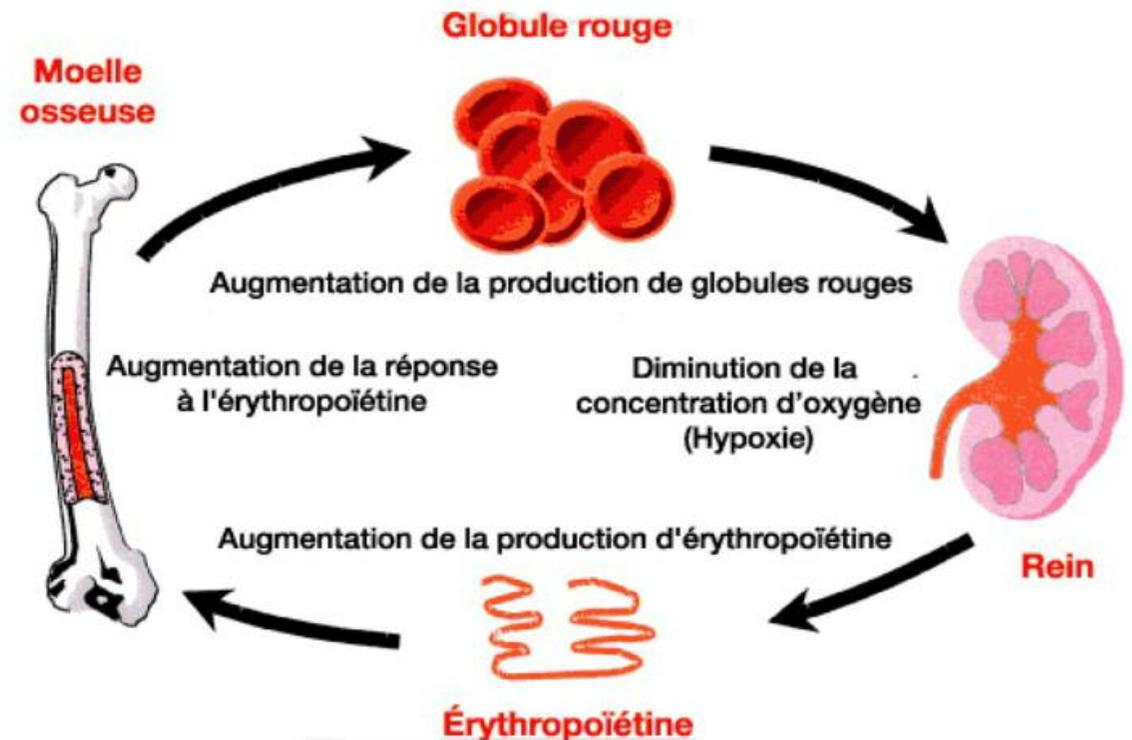
Parallèlement la viscosité (hématocrite) du sang augmente du à une déshydratation et à l'augmentation de la masse totale des globules rouges, due à l'érythropoïèse.

De nombreuses cellules de l'organisme possèdent un détecteur cellulaire d'O₂ appelé « Hypoxia Inducible Factor 1 (HIF-1).

Celui-ci repère l'état d'hypoxie et stimule la production d'érythropoïétine (EPO) sécrétée par les cellules péri-tubulaires rénales, qui stimule à son tour la fabrication de globules rouges au niveau de la moelle osseuse.

A l'arrêt complet de celle-ci, les bénéfices de la phase aiguë perdurent pendant 1 mois environ et ceux de la phase d'acclimatation pendant 3 mois (durée de vie d'un globule rouge).

NB : attention ce type d'entraînement reste concerné par les effets secondaires liés à l'altitude: migraines, perturbation du sommeil, amaigrissement..)



Live low, Train high:

Cette méthode procure les mêmes effets et développe les mêmes adaptations (bénéfiques) que la phase aigüe de la méthode LHTL sans les effets secondaires liés à l'altitude (capacité cardio respiratoire et pouvoir-tampon). Suite aux travaux de Hans Hoppeler, on comprend que s'entraîner en altitude en endurance tout en dormant en plaine comporte des avantages car ce protocole permet d'augmenter la concentration en myoglobine intramusculaire (transporteur de l'oxygène dans le muscle).

Une large étude parue en 2007 (Dufour et Coll.) a montré une amélioration significative de la $VO_2\max$ (+5 %) et surtout du temps limite à $VO_2\max$ (+35 %) pour 2 entraînements par semaine pendant 6 semaines en plus de l'entraînement ordinaire. Cette méthode doit s'intégrer dans votre planning d'entraînement la disponibilité doit être de 2 à 3 séances de 45minutes à 1h par semaine pendant 1 mois à 6 semaines minimum.

Cette méthode est possible toute l'année, après le premier bloc d'un mois, les séances peuvent ensuite être espacées afin de garder les bénéfices de ce type d'entraînement.

A l'arrêt complet de celle ci, les bénéfices perdurent 1 mois environ.



Indication en Kinésithérapie

- **1-Pouvoir tampon et régulation du PH :**
favorise la récupération et diminution de l'inflammation
- **2-Maintien des capacités aérobie du patient**
en diminuant la charge mécanique
- **3-Travail de réadaptation cardio respiratoire plus facile**
pour les patients sédentaires ou déconditionnés

Bibliographie / sources :

- Frédéric Gazeau Dr en Sciences du Sport (Genève) “L’altitude simulée pour combattre les effets du stress sur le métabolisme” présentation du Lundi 3 Octobre 2011
- Haider T, Casucci G, Linser T, Faulhaber M, Gatterer H, Ott G, Linser A, Ehrenbourg I, Tkatchouk E, Burtscher M, Bernardi L. Interval hypoxic training improves cardiovascular and respiratory control in patients with mild chronic obstructive pulmonary disease. *J Hypertens*. 2009 Aug;27(8):1648-54. doi: 10.1097/HJH.0b013e32832c0018.
- Lyaminaa NP, Lyaminaa SV, Senchiknin VN, Mallet RT, Downey HF, Manukhinac EB. Normobaric hypoxia conditioning reduces blood pressure and normalizes nitric oxide synthesis in patients with arterial hypertension, *Journal of Hypertension*. 2011;29:2265- 2272.
- Lizamore CA, Kathiravel Y, Elliot J, Hellemans J, Hamlin MJ. The effects of short-term intermittent hypoxic exposure on heart rate variability in a sedentary population. *Physiol Int*. 2016 Mar;103(1):75-85. doi:10.1556/036. 103.2016.1.7.
- Shatilo VB, Korkushko OV, Ischuk VA, Downey HF, Serebrovscaya TV. Effects of intermittent hypoxia training on exercise performance, heodynamics and ventilation in healthy senior men. *High Alt Med Biol*. 2008;9:43-52.
- Vogtel M, Michels A. Role of intermittent hypoxia in the treatment of bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*. 2010 Jun;10(3):206-13. doi:10.1097/ACI.0b013e32833903a6.
- Annales de Biologie Clinique. Volume 58, Numéro 6, 705-10, Novembre - Décembre 2000, J. Rossert, L. Barousse-Nicolet, Service de néphrologie B, Assistance publique, Hôpital Tenon
- <http://www.cuen.fr/lmd/spip.php?rubrique118>: “ROLE du REIN dans le METABOLISM ACIDO-BASIQUE (maj mars 2016) II Rôle du rein dans l’équilibre acide-base” CUEN (Collège Unniversitaire Enseignants Néphrologie)
- “Lutter contre l’apparition de l’acidose musculaire à l’exercice aérobie” par Claire Thomas-Junius, Maître de Conférences-HDR, Université Evry Val d’Essonne, UFR SFA, Département STAPS, Evry - INSEP, Mission Recherche, Laboratoire de Biomécanique et Physiologie, Paris
- Stray-Gundersen, James, Robert F. Chapman, and Benjamin D. Levine. “Living high-training low” altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. *J Appl Physiol* 91: 1113–1120, 2001.
- <http://clarissenenard.unblog.fr/2017/02/21/lentrainement-en-hypoxie-les-interets-de-lamethode->
- Enjeux de l’entraînement de type « Vivre en haut - s’entraîner en bas ». L’exemple de l’étude multicentrique de Prémamanon. Groupe français de recherche sur l’entraînement en hypoxie sous l’égide du Comité International Olympique et du Ministère des Sport - <http://docplayer.fr/23945123-Pourquoi-s-entraîner-en-hypoxie.html>
- <http://www.metabclean.com/fr/pages/>
- <https://www.lamedecinedusport.com/dossiers/entrainement-en-hypoxie-le-point-sur-la-methode-vivre-enhaute-altitude-sentraîner-en-basse-altitude-partie-3-la-methode-lhtl/>