# Table des matières


## Première partie — Bases scientifiques ..... 13

**Chapitre 1 — Adaptations physiologiques à l'hypoxie ..... 15**

1. Définitions générales (LS)[1] ..... 15
2. Adaptations cardio-vasculaires à l'hypoxie (GM) ..... 21
3. Consommation d'oxygène (GM) ..... 26
4. Adaptations ventilatoires (GM) ..... 30
5. Adaptations hématologiques (GM) ..... 32
6. Adaptations musculaires (GM) ..... 38
7. Adaptations à l'hypoxie et stress oxydatif (V. Pialoux) ..... 47
8. Adaptations neuromusculaires (GM) ..... 50
9. Adaptations neurovégétatives et nerveuses à l'hypoxie (LS) ..... 52
10. Adaptations génétiques à l'hypoxie (GM) ..... 58
11. Adaptation du sommeil (GM) ..... 58
12. Synthèse des adaptations physiologiques à l'hypoxie aiguë et chronique (LS) ..... 59

## Deuxième partie — Performance et hypoxie ..... 61

**Chapitre 1 — Rappels sur les capacités de performance aérobie (LS) ..... 63**

1. Capacités cardio-vasculaires ..... 63
2. Capacités pulmonaires ..... 65
3. Capacités musculaires ..... 66
4. Contributions respectives des capacités cardio-vasculaires, pulmonaires et musculaires ..... 67
5. Aspects pratiques pour l'entraînement ..... 67

**Chapitre 2 — Capacités de performance en hypoxie (GM) ..... 71**

1. Pour les performances aérobies ..... 71
2. Pour les performances anaérobies ..... 73
3. Pour les activités intermittentes en altitude ..... 74


Contenu protégé par copyright

**Chapitre 3 — Fatigue et entraînement en hypoxie** ..... **77**
1. Approches scientifiques de la fatigue et du surentraînement (GM) ..... 77
2. Intérêt de la mesure de l'activité neurovégétative à partir de la variabilité cardiaque (LS) ..... 79

**Chapitre 4 — Nutrition et entraînement en hypoxie (LS)** ..... **81**
1. Le fer ..... 81
2. Le glycogène ..... 82
3. Les acides aminés ramifiés (AAR) ..... 82
4. Les antioxydants ..... 82
5. L'eau ..... 83
6. Les oméga-3 et les oméga-6 ..... 83
7. En pratique ..... 83

**Troisième partie — Méthodes d'entraînement en hypoxie** ..... **85**

**Chapitre 1 — Introduction (GM)** ..... **87**

**Chapitre 2 — Considérations éthiques sur l'utilisation des méthodes d'entraînement en hypoxie (GM)** ..... **89**
1. Les méthodes hypoxiques sont-elles dangereuses pour les athlètes ? ..... 90
2. Les méthodes hypoxiques induisent-elles automatiquement une amélioration de performance ? ... 90
3. Les méthodes hypoxiques sont-elles similaires aux méthodes sanguines dopantes ? ..... 90
4. Les méthodes hypoxiques sont-elles « artificielles » ? ..... 91
5. Les méthodes hypoxiques sont-elles « passives » ? ..... 91

**Chapitre 3 — Méthode « Vivre et s'entraîner en haut » (LHTH) (GM)** ..... **93**
1. Introduction ..... 93
2. Définition du LHTH ..... 94
3. Les différentes phases d'un stage en altitude « classique » (LHTH) ..... 94
4. Mécanismes physiologiques du LHTH ..... 96

**Chapitre 4 — Méthode « Vivre en haut et s'entraîner en bas » (LHTL) (LS)** ..... **99**
1. Introduction ..... 99
2. Bases scientifiques du LHTL ..... 100
3. Aspects pratiques du LHTL ..... 104

**Chapitre 5 — Méthode « Exposition intermittente hypoxique » (IHE) (GM)** ..... **107**
1. Définition ..... 107
2. Adaptations hématologiques IHE ..... 108
3. Performance IHE ..... 108

**Chapitre 6 — Méthode « Entraînement intermittent en hypoxie » (IHT) (GM)** ..... **111**
1. Introduction ..... 111
2. Adaptations hématologiques IHT ..... 112
3. Adaptations musculaires IHT ..... 112
4. Performance IHT ..... 113

Contenu protégé par copyright

5. Méthode originale d'entraînement intermittente hypoxique : s'entraîner avec une hypoventilation volontaire ..... 115
6. Résumé et propositions pour les athlètes ..... 115

**Chapitre 7 — Combinaison optimale : vivre en haut et s'entraîner en bas et en haut « Living High – Training Low & High, interspersed (LHTLHi) » ..... 117**

## Quatrième partie — S'entraîner en altitude : applications pratiques ..... 119

**Chapitre 1 — Quelques points fondamentaux (LS) ..... 121**

**Chapitre 2 — Adaptations de l'entraînement (LS) ..... 123**

1. Intensité de l'entraînement ..... 123
2. Volume d'entraînement ..... 125
3. Récupération ..... 126
4. Planification des stages en hypoxie ..... 126

**Chapitre 3 — Propositions pour une combinaison optimale de différentes méthodes hypoxiques dans la planification annuelle (GM) ..... 129**

1. Introduction ..... 129
2. Différents modèles de planification d'entraînement en altitude ..... 131
3. Comparaison des effets des méthodes hypoxiques ..... 134

**Chapitre 4 — Bons répondeurs et mauvais répondeurs à l'hypoxie (LS) ..... 135**

1. Différencier les bons et les mauvais répondeurs à l'hypoxie ..... 135
2. Test de sensibilité à l'hypoxie ..... 136

**Chapitre 5 — Évaluer les adaptations physiologiques au cours de l'entraînement en hypoxie ..... 139**

1. Introduction ..... 139
2. Suivi de $SaO_2$ nocturne (LS) ..... 140
3. Suivi de l'évolution des paramètres de variabilité de la fréquence cardiaque (LS) ..... 140
4. Suivi par des questionnaires (GM) ..... 142

**Chapitre 6 — Cas particuliers : sportifs jeunes et entraînement en hypoxie ..... 145**

**Chapitre 7 — Recommandations et erreurs à éviter (GM) ..... 147**

1. Avant le stage ..... 147
2. Maladie ..... 148
3. Fatigue musculaire plus importante ..... 148
4. Risque d'une perte de puissance musculaire ..... 148
5. Risque d'une diminution des qualités de vitesse/explosivité ..... 148
6. Dépense énergétique augmentée et sensation de faim pouvant être modifiée ..... 149
7. Déplétion plus importante en glycogène pouvant engendrer des risques d'hypoglycémies plus fréquentes ..... 149
8. Athlètes carencés en fer ..... 149

Contenu protégé par copyright

9. Déshydratation accrue ..... 149
10. Non respect d'une intensité modérée pendant la phase d'acclimatation ..... 149
11. Mauvaise appréciation de la fin de la phase d'acclimatation ..... 149
12. Choix inapproprié des délais de redescente ..... 150
13. Risque de surentraînement plus élevé ..... 150

**Cinquième partie — Exemples d'applications de l'entraînement en hypoxie par des entraîneurs et des sportifs de haut niveau ..... 151**

**Chapitre 1 — Entraîneurs ..... 153**

1. Patrick Dréano – entraîneur national de triathlon (GM) ..... 153
2. Franck Brocherie – préparateur physique en football (F. Brocherie) ..... 159
3. Jean-Raymond Peltier– Directeur des équipes de France d'aviron (LS) ..... 168

**Chapitre 2 — Athlètes ..... 171**

1. Paula Radcliffe (LS) ..... 171
2. Vincent Vittoz (LS) ..... 173

**Annexes ..... 177**

**Annexe 1 — Marqueurs du surentraînement (GM) ..... 179**

**Annexe 2 — Questionnaire de surentraînement de la SFMS (GM) ..... 181**

**Annexe 3 — Le *Daily Analysis of Life Demands of Athletes* (DALDA) (GM) ..... 185**

1. Partie A ..... 185
2. Partie B ..... 187

**Annexe 4 — Effets des différentes stratégies d'entraînement en altitude sur les facteurs de la performance aérobie (LS) ..... 191**

**Annexe 5 — Principales réponses physiologiques à l'hypoxie (GM) ..... 197**

**Annexe 6 — Les paramètres de contrôle de l'entraînement en hypoxie (GM) ..... 199**

**Annexe 7 — Synthèse des principaux effets physiologiques des différentes méthodes d'entraînement en hypoxie (GM) ..... 201**

Contenu protégé par copyright

**Annexe 8 — Principaux centres d'entraînement à travers le monde (altitude inférieure à 2 000 m) (GM)** ..... **203**

**Annexe 9 — Principaux centres d'entraînement (altitude supérieure à 2 000 m) (GM)** ..... **205**

**Annexe 10 — Matériel hypoxique – fournisseurs (GM)** ..... **207**

**Annexe 11 — Hypoxie sur Internet (GM)** ..... **209**

1. Centres et lieux d'entraînement ..... 209
2. Outils - Conseils ..... 210
3. Recherche ..... 210
4. Antidopage ..... 210

**Annexe 12 — Centres de consultation de médecine de montagne en France et Suisse romande (GM)** ..... **211**

**Bibliographie** ..... **215**

**Index** ..... **249**

**Table des matières** ..... **253**

Contenu protégé par copyright