

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG, SUISSE
FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE MÉDECINE

En collaboration avec la
HAUTE ÉCOLE FÉDÉRALE DE SPORTS DE MACOLIN

Estimation de son temps de course pour fluidifier la course des cinq
4'000, Sierre-Zinal

Travail final pour l'obtention du Master en
Sciences du Mouvement et du sport
Option Enseignement

Conseiller: Prof. Dr. Jean-Pierre BRESCIANI
Co-conseiller: Thibaut LE NAOUR

Guillaume MAIRE
Fribourg, Février, 2016

Résumé :

La course à pied en montagne est devenue récemment un sport en expansion dans notre société. Courir dans un décor montagneux de rêve et se dépasser dans un effort physique relevé, telles sont les motivations principales pour pratiquer ce sport.

En 1974, Jean-Claude Pont a créé la course Sierre-Zinal, surnommée « la course des Cinq 4000 ». A ce jour, Sierre-Zinal est un emblème international de la course en montagne et représente un exemple pour les courses qui se développent aujourd'hui. La course peut actuellement accepter quatre milles inscriptions. Passé ce quota, les participants supplémentaires doivent être refusés à prendre part à la course.

Les chemins montagneux sont par endroits étroits et le parcours ne permet pas toujours des zones de dépassements, c'est pourquoi, malgré une limitation du nombre de participants, le trafic n'est pas fluide.

L'étude que nous présentons a pour objectif d'apporter une amélioration de la fluidité du trafic sur la course Sierre-Zinal. Plus précisément le but est de trouver une solution pour répartir les participants par blocs autrement que par une estimation de son temps de course. Ainsi, dans ce travail, nous nous intéressons à une estimation de son temps à partir des onze facteurs suivant: âge, taille, poids, fréquence cardiaque de repos, fréquence cardiaque maximale nombre d'entraînements par semaine, heures d'entraînement par semaine, aptitude à la montée, dénivelé effectué pour préparer la course, indice Ruffier et la VMA. Nous avons recueilli et mesuré ces paramètres sur 25 sujets représentatifs de tous les participants de l'édition 2015. Vu les très nombreuses composantes qui rentrent en ligne de compte, bien plus que celles présentées ci-dessus, il n'est pas envisageable de pouvoir estimer précisément son temps sur le parcours avec les onze paramètres que nous avons recensé. Cependant un paramètre comme la VMA tend à avoir plus d'influence que d'autres.

Mots clés : *Sierre-Zinal, course à pied, trail, temps de course, fluidité du trafic, départ en blocs*

Table des matières

1	Introduction.....	5
2	Contexte : Sierre-Zinal.....	8
2.1	Historique	8
2.2	Le parcours	9
2.3	Le taux de participation	11
2.4	Le départ en bloc	12
2.4.1	La nouveauté 2015	12
2.4.2	Le bilan qualitatif des blocs de départ.....	13
2.4.3	Le bilan quantitatif des blocs de départ.....	13
3	Travaux précédents : l'estimation de sa performance	17
4	Méthodologie : réponse à la problématique.....	21
5	Protocole des soirées de test	23
5.1	Test Ruffier.....	23
5.2	Test VMA	24
5.2.1	Matériel	24
5.2.2	Déroulement du test.....	24
6	Résultats	26
6.1	Questionnaire d'avant course.....	26
6.2	Questionnaire d'après course	29
6.3	Explication du temps de course	32
6.4	Entretien avec Grégoire Millet	36
7	Discussion	42
8	Conclusion.....	44
9	Remerciements	46
10	Bibliographie.....	48
11	Annexes	50

11.1	Nomogramme de Mercier et al.....	50
11.2	Erreur d'estimations des concurrents.....	51
11.3	Questionnaire d'avant course.....	55
11.4	Questionnaire d'après course	56
11.5	Déclaration personnelle.....	57
11.6	Droits d'auteur	57

1 Introduction

De nos jours, le nombre d'adeptes d'activités physiques est en nette augmentation, plus particulièrement presque un quart de la population pratique le jogging ou la course à pied et une augmentation de 5,7% est à relever entre 2008 et 2014 selon une brochure de l'office fédérale du sport sur l'Activité et consommation sportives de la population suisse (Lamprecht, Fischer, & Stamm, 2014). Cet essor est particulièrement remarqué dans les courses de montagnes, discipline nommée trail running (traduit comme course à pied sur sentier) ou simplement trail par la plupart de ses adeptes. Cette discipline est récente mais connaît beaucoup de succès. Pour les 3èmes championnats suisses de Trail Running (qui ont eu lieu samedi 13 juin 2015 dans le Val de Travers lors de la 20^{ème} édition du Trail de l'absinthe), plus de 1000 coureurs se sont inscrits. En Suisse, pas moins de nonante trails sont organisés entre mai et octobre, avec des longueurs et difficultés très variables. Les plus accessibles ont une longueur d'une quinzaine de kilomètres pour un petit millier de mètres de dénivelés. Dans ce type de course, nous pouvons citer Villeret-Chasseral-Villeret qui a augmenté de plus de cents participants sont nombre d'inscrits entre 2014 et 2015, pour arriver à 424 coureurs. Il existe des courses beaucoup plus exigeantes, appelés ultratrails, dès quatre-vingt kilomètres de course. Le plus connu est l'Ultra-Trail du Mont-Blanc avec 170 kilomètres et quelque dix milles mètres de dénivellation positif. Cette course rassemble 2'300 coureurs qui doivent patienter jusqu'à trois ans pour être tiré au sort et pouvoir y participer. Selon un article du Temps (Servan Peca, 18 septembre 2015), le trail séduit, car il serait « plus fun, plus dur et plus varié que le marathon ». Dans ce même article, Olivier Bessy, sociologue et professeur à l'université de Pau, fait ressortir l'aspect social et non élitiste de la discipline en mentionnant que l'une des raisons du succès du trail est que « les gens y cherchent leurs propres limites, sans tenir compte de leur temps ou de leur classement. Dans un trail, nous courrons avec, et non pas contre les autres. » Il met également en exergue que le milieu naturel ajoute de l'incertitude et donc de la diversité et de l'attrait par rapport à la course à pied sur route.

Cet engouement n'est pas sans conséquences, il incombe aux organisateurs de trouver des solutions pour accueillir plus de participants à leur course. Il n'est de loin pas toujours aisé de pouvoir augmenter le nombre de coureurs, surtout lors de courses

de montagne où le terrain ne permet pas d'avoir des passages plus larges ou d'autres variantes.

Parmi celles-ci, la course Sierre-Zinal est une course mythique et très populaire, d'années en années elle gagne en popularité. Comme le dit le recordman actuel de l'épreuve Jonathan Wyatt : « Cette course de tradition avec son histoire, comme coureur de montagne tu dois simplement l'avoir vécue ! ». Le nombre croissant de coureurs désirant participer à cette expérience oblige les organisateurs à refuser des inscriptions et ce, depuis plusieurs années. Actuellement, l'organisation accepte 4'000 concurrents répartis dans deux catégories : « touriste » pour les populaires et « coureur » pour les élites. Bien que le nombre de concurrents soit limité, des bouchons se forment le long du parcours. Ce problème touche particulièrement la course « touriste » dont le départ est donné à cinq heures du matin, quatre heures trente avant le départ des « coureurs ». De nombreux partenaires participent à la mise sur pied de cette compétition et il existe un réel intérêt de la part de l'organisation à pouvoir accueillir d'avantages de concurrents sur sa manifestation.

Afin de trouver des solutions pour une course fluide, le travail est séparé en deux parties distinctes, présentées par le schéma ci-dessous (Figure 1). La partie en bleu est traitée par Valentin Genoud dans son travail intitulé : « Simulation de foule pour fluidifier la course des cinq 4'000, Sierre-Zinal ». La partie en orange est développée dans ce travail, ci-après.

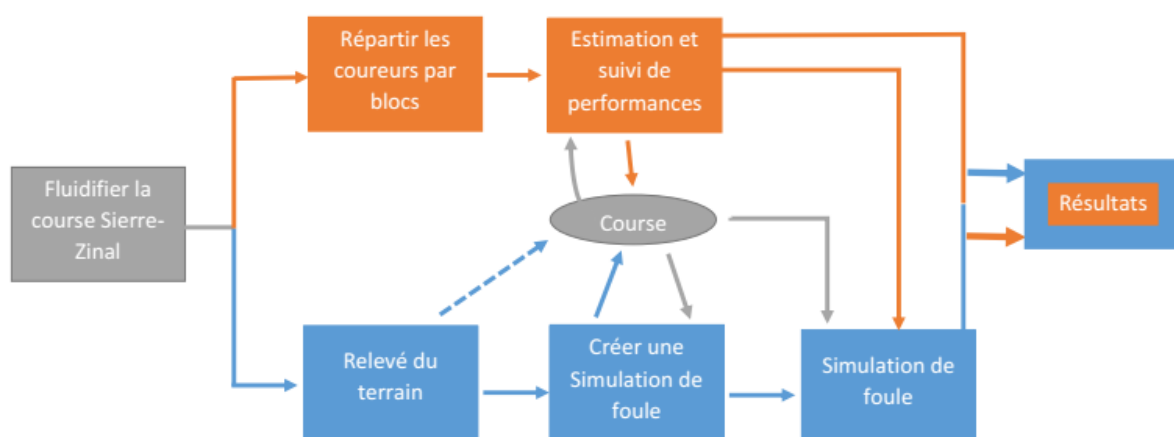


Fig1 : Schéma des deux travaux de master (Valentin Genoud en bleu et Guillaume Maire en orange)

Ce travail consiste à trouver une répartition optimale des coureurs dans les blocs de départ afin qu'ils soient répartis en fonction du temps qu'ils vont effectuer ou qu'ils devraient effectuer et non pas selon leur estimation du temps qu'ils vont établir. Mais quels sont les facteurs physiologiques qui influencent le plus son temps sur une telle course ? Quel est le profil type d'un coureur bien classé ? Quels sont les solutions pour classer les coureurs ?

Nous allons tout d'abord établir le contexte de la course en parlant de son historique, de son parcours et de son évolution au fil des années. Ensuite les travaux sur l'estimation de son temps à certaines courses ainsi que des études sur les composantes qui influencent une performance seront présentés. Nous exposerons les méthodes utilisées, c'est-à-dire les tests que nous avons fait passer à nos sujets ainsi que les questionnaires que nous leur avons demandé de remplir. Puis nous présenterons les résultats des données recueillies que nous analyserons et qui seront discuté par la suite. La conclusion permettra d'avoir une vue d'ensemble du travail et clôturera ce travail.

2 Contexte : Sierre-Zinal

2.1 *Historique*

Dans les années septante, les courses à pied en montagne étaient rares. La seule pulsion qui poussa l'organisateur de Sierre-Zinal, Jean-Claude Pont, à créer une course dans les montagnes Anniviardes était d'offrir « l'opportunité de redécouvrir les vertus de l'effort physique, réapprendre à se servir de la mobilité de son corps, à l'occasion d'une randonnée rude et enthousiaste » dit-il dans son ouvrage « Courir dans une Cathédrale » consacré aux quarante ans de la course (Pont, 2013). C'est dans cette idée que l'indémorable catégorie « Touristes » fût créée. Effectivement, ce simple terme en dit long sur la signification de la création de Sierre-Zinal. Cette unique catégorie a été mise en place lors de la course en montagne Sierre-Zinal dans laquelle les participants « auraient pour seul but de retrouver et de vaincre leur corps, aux prises avec un parcours exigeant ».

Les coureurs recevaient un diplôme avec leur temps final mais sans classement pour la catégorie « Touristes ». Telle était la clé de cette philosophie du dépassement de soi, « du cœur avant le chrono ».

Lors de la première édition en 1974, les catégories « Touristes » et « Coureurs » furent créées, l'une partait à six heures du matin et la seconde deux heures plus tard.

Développer la région du Val d'Anniviers au cœur du Valais central était un élément fondamental de la création de la course aussi appelée « des Cinq 4'000 ». Pour cela, la course donna la possibilité aux Touristes « d'effectuer le parcours dans sa totalité de manière à la fois acteurs et spectateurs dans une course où seraient aux prises quelques-uns des meilleurs coureurs du moment ». Avec deux départs par édition, Sierre-Zinal augmenta sa part de visibilité et le Val d'Anniviers se faisait connaître. La particularité de cette course est de pouvoir courir en moyenne montagne à la vue de la « couronne impériale » composé du Weisshorn (4'505m.), du Zinalrothorn (4'221m.), de l'Obergabelhorn (4'063m.), du Cervin (4'478m.) et de la Dent Blanche (4'357m.) dans une ambiance indescriptible.

Pour résumer la situation de Sierre-Zinal à l'époque, voici un témoignage, parmi tant d'autres, de Noël Tamini qui nous le transmet de la plus belle des manières dans « Course aux sommets » de Sport Magazine le 19 novembre 1981 : « Mais ce qui fait aussi le charme de Sierre-Zinal (...) ce sont les heures qui suivent la course. Là, à

Zinal, au pied des pics de 4000m, sous la grande tente que l'on édifie chaque année à cet effet, les coureurs ont alors tout le loisir de fraterniser. On le voit aller de table en table (...) échanger des adresses et de grands éclats de rire (...). Cette ambiance d'après-course, que l'on chercherait en vain dans l'athlétisme traditionnel, nivelle les valeurs, en redonnant aux champions des dimensions humaines» (Pont, 2013).

Cette philosophie perdure jusqu'à aujourd'hui et l'engouement ne diminue pas au fil des années. Nous en voyons une preuve, mais nous avons l'embarras du choix, dans l'article du journal *Le Matin* du 10 février 2010 qui écrivait : « L'épreuve de montagne Sierre-Zinal a été élue « plus belle course à pied de Suisse de l'année », selon un sondage réalisé par le « calendrierdescourses.ch » auprès de 2'190 athlètes (...) » (Pont, 2013).

2.2 Le parcours

Le parcours du point de vue du coureur se focalisant sur les aspects techniques de la course à travers le regard de Jean-Claude Pont:

« Dès le départ de Sierre (533m), les coureurs de la catégorie « Touristes » ont la possibilité entre deux itinéraires qui se rejoignent au premier poste de ravitaillement de Beauregard. Soit vous prenez un chemin plus court mais plus étroit mêlant le sentier et la route forestière qui vous fera passer par la chapelle de Saint-Antoine, soit vous continuez sur la route goudronnée sur environ 700 mètres pour emprunter « l'ancien chemin de la Vallée » rejoignant Niouc pour prendre un chemin raide.

Arrivés à Beauregard (1'140m), les deux chemins se rejoignent et débouchent sur un chemin de forêt unique et raide jusqu'à l'altitude de 1'600m. De là, il faut suivre la crête sur un sentier plaisant jusqu'au deuxième poste de ravitaillement appelé Ponchette (environ 1'900m). « Une route forestière, avec deux brèves montées, conduit à Chandolin (3^{ème} ravitaillement à 2'000m) ». La suite se déroule entre les sentiers de pâturage et de forêt jusqu'au 4^{ème} ravitaillement à Tignousa (2'200m).

Pour la suite, il faut suivre le chemin des planètes jusqu'au ravitaillement de l'hôtel Weisshorn (2'337m) le long d'une large route forestière jusqu'au « Chalet blanc du Toûno » puis d'un sentier plus étroit et plus abrupte. Le cap de l'hôtel Weisshorn

franchit, le point culminant de Nava est à quelques centaines de mètres (2425m), à mi-parcours entre l'hôtel et le 6^{ème} poste de ravitaillement à Barneuza (2'210m) sur un sentier caillouteux. Le dernier poste annonce le début d'une descente de cinq cents mètres de dénivelé qui finissent à Zinal (1'670m), l'arrivée du parcours ».

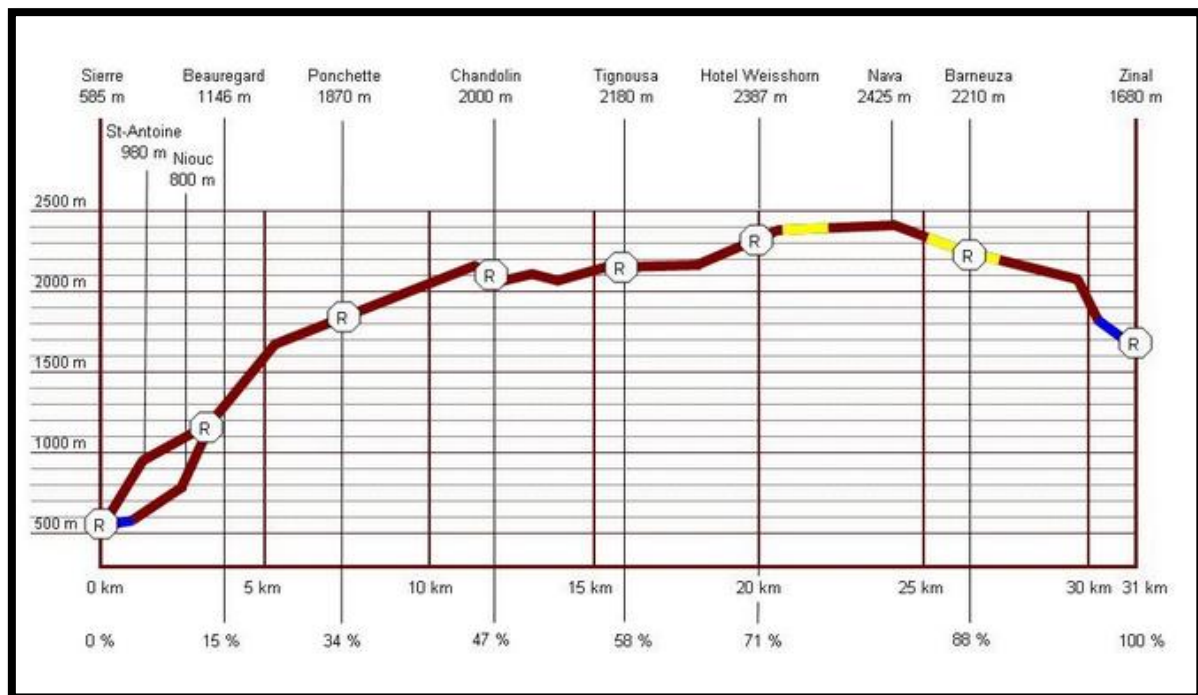


Fig2 : Profil de la course Sierre-Zinal

Le parcours est long de 31 kilomètres, avec 2'200 mètres de dénivelé positif pour 800 mètre de dénivelé négatif.

En quarante-deux éditions, le parcours de la course de Sierre-Zinal a subi très peu de modifications. Lors de la première édition, tout le monde empruntait le chemin par Saint-Antoine. Or, avec mille personnes au total déjà, la fluidité de la course était mauvaise.

C'est pourquoi dès la deuxième édition, les « Touristes » avaient le choix entre le chemin de Saint-Antoine et celui par Niouc. Dès 1975, les coureurs sont obligés de passer par Niouc en 1975. En 1982, un élargissement a été créé dans la deuxième moitié du parcours à proximité de Nava sur « quelques centaines de mètres » (Pont, 2013). L'objectif était d'éviter une zone marécageuse et de fluidifier le trafic en élargissant le chemin d'un mètre. A l'époque déjà, la question de fluidité se posait.

Ce n'est qu'à partir de 2012 que la commune d'Anniviers entreprit un élargissement, plus loin en direction de Zinal, sur une distance de 600-700 mètres.

Pour la 40ème édition, « la Bourgeoisie de Sierre a poursuivi l'assainissement de la forêt au-dessus de Beauregard ; ainsi se trouve éliminé le goulet qui, du point de vue de l'encombrement du chemin, était le point noir du tronçon Sierre-Chandolin » (Pont, 2013).

2.3 Le taux de participation

Lors de la création de la course, la course en montagne n'était guère pratiquée. Pour que Sierre-Zinal attire du monde dès sa conception, Jean-Claude Pont et son équipe misèrent sur la participation de coureurs réputés. « Pour faire mousser, nous avons opté pour trois pôles d'attraction » dit-il lors d'un entretien téléphonique. Ainsi fut fait, en plus des « Fell Runners¹ » de Grande-Bretagne, le Haut-Valaisan Edi Hauser et le belge Gaston Roelants étaient au départ, ce qui était à peine croyable et qui a sûrement beaucoup fait pour lancer la course. Le témoignage de Philippe Theytaz paru dans « *Courir dans une Cathédral, la course des cinq 4'000 Sierre-Zinal 1974-2013* » [P13] nous éclaire sur l'importance de cette double participation : « Quel duel lors de la première édition de Sierre-Zinal ! D'un côté, un skieur de fond de valeur internationale : le Haut-Valaisan Edi Hauser. De l'autre, un des meilleurs coureurs de la planète, détenteur du record de l'heure et des 20km sur piste, médaillé d'or aux Jeux Olympique : le belge Gaston Roelants. (...) Hauser fait cavalier seul ; il possède plus de sept minutes d'avance sur Roelants, lorsqu'il franchit victorieusement la ligne d'arrivée à Zinal, après 2h38'14 de course. Arrive ensuite Harry Walker (GB Fell Runner, 2h52'51), qui fut quatre fois parmi les quatre premiers ».

Courir sur un parcours aux côtés d'un champion olympique et donner la possibilité aux Touristes de réaliser un projet « démesuré » pour l'époque, tels étaient les ingrédients de base de Sierre-Zinal.

Le résultat était payant dès le début, car environ mille personnes ont pris le départ. D'années en années, le nombre d'inscrits a augmenté avec une moyenne de deux cents participants de plus par édition.

¹ Les « Fell Runners » sont des athlètes qui courent sur collines en Grande-Bretagne. Il existe des associations de Fell Runners. Ils ont réussi de très belles performances à Sierre-Zinal avec, notamment quatre victoires.

Actuellement, des inscriptions doivent être refusées deux mois avant le départ, car la limite d'un total de quatre milles coureurs (répartis entre les catégories « Touristes », « Coureurs » et « Juniors ») est atteinte rapidement.

2.4 Le départ en bloc

Dans les courses à pieds en montagne, les coureurs sont généralement amenés à courir sur des sentiers étroits. La largeur des chemins, des routes, des sentiers, des passages caillouteux diversifient le parcours et soumettent les participants à des variations de vitesse qui peuvent être importantes.

En plus des rétrécissements, la pente change constamment et la vitesse du coureur dépendra essentiellement de sa capacité d'adaptation physique. Comme nous le savons, les niveaux de condition physique sont bien différents d'un athlète à l'autre et les changements de rythmes n'ont pas le même effet sur chacun. Avec des pentes variables, qui demandent une adaptation physique de la vitesse, et des zones du parcours qui amènent à des rétrécissements, la course sera sujette à des ralentissements. Des bouchons se créent par endroit avec 4'000 coureurs sur un même parcours.

2.4.1 La nouveauté 2015

Pour l'édition de 2015, le comité d'organisation de la course a décidé de mettre en place un système de départ en blocs pour la catégorie « Touriste ». Lors de l'inscription, chaque « Touriste » devait estimer le temps qu'il allait réaliser. Sur la base de ces estimations, l'agence de chronométrage « Datasport » a réparti les coureurs au départ dans quatre blocs séparés par une corde.

Les meilleurs temps estimés permettaient aux coureurs avancés de se placer à l'avant du peloton alors que les plus faibles se retrouvaient à l'arrière, ceci est représenté par la figure 3. L'organisation du peloton devait assurer une meilleure répartition des niveaux dès le départ. Quelques minutes avant le départ, les cordes qui séparaient les blocs ont été retirées pour unifier le peloton et, comme ce fut le cas par le passé, un seul départ était donné. Précisons que le chronomètre du participant ne se déclenche qu'à partir du moment où il franchit le tapis de départ.

Le départ en blocs avait pour objectif de diminuer les zones de bouchons de manière à permettre une course plus fluide sur le parcours. Ce changement au départ se devait de ne pas bouleverser la philosophie qui a perduré pendant 42 ans, impliquant un départ d'ensemble pour tout le monde.



Fig.3: plan du départ en bloc pour la catégorie « Touriste » (Source « bureau des ingénieurs SA »)

2.4.2 Le bilan qualitatif des blocs de départ

Selon le procès-verbal de la séance de débriefing des responsables de Sierra-Zinal du 15 octobre 2015, « les nouveautés apportées à l'édition 2015 ont été un succès et seront remises au programme pour la prochaine édition ». Mais les avis sont partagés chez les participants. De manière générale, les participants des blocs 1 et 2 ont trouvé le parcours plus fluide alors que les populaires des blocs 3 et 4 n'ont pas remarqué le changement. Nous en déduisons que la nouvelle formule n'a pas atteint entièrement son objectif mais que c'est dans ce sens qu'il faut aller.

De toute évidence, l'initiative du départ en bloc a donné plus de sérénité aux participants au moment du départ. Les participants étaient en effet mis en place en fonction de leur numéro de dossard, ce qui a permis un départ plus calme.

2.4.3 Le bilan quantitatif des blocs de départ

La répartition dans les blocs de départ chez les touristes se fait avec une estimation de son temps. Cette méthode est utilisée dans de nombreuses courses, mais est-ce une bonne méthode ? Les participants se plaignent souvent que beaucoup de concurrents ne sont pas à leur place, est-ce qu'une impression, ou peut-on le voir dans

les faits ? Certains organisateurs ne se posent pas la question, ils continuent avec ce système, qu'en est-il pour Sierre-Zinal ?

Afin de visualiser si le temps d'estimation est proche de son temps de course, nous avons calculé la différence entre le temps de course estimé et le temps de course effectué (données obtenues par datasport). Avec ces résultats, nous avons créé des histogrammes, donc les données sont réparties dans différentes classes et, pour chaque classe, une barre verticale est tracée d'autant plus haute que la classe comporte d'éléments. Sur l'axe horizontal, les différences de temps sont représentées (temps estimé – temps effectué). Une valeur négative nous indique que la personne s'est surestimée, donc qu'elle a mis plus de temps que prévu tandis qu'une différence positive nous indique que la personne s'est sous-estimée, autrement dit qu'elle a mis moins de temps qu'elle pensait.

Si nous prenons tous les participants, c'est-à-dire toutes les personnes qui ont indiqué une valeur pour l'estimation du temps de course lors de l'inscription (tous les participants hormis les invités et les personnes n'ayant pas remplis la rubrique), nous voyons que nous avons affaire à une gaussienne, qui est presque centrée (Figure 4).

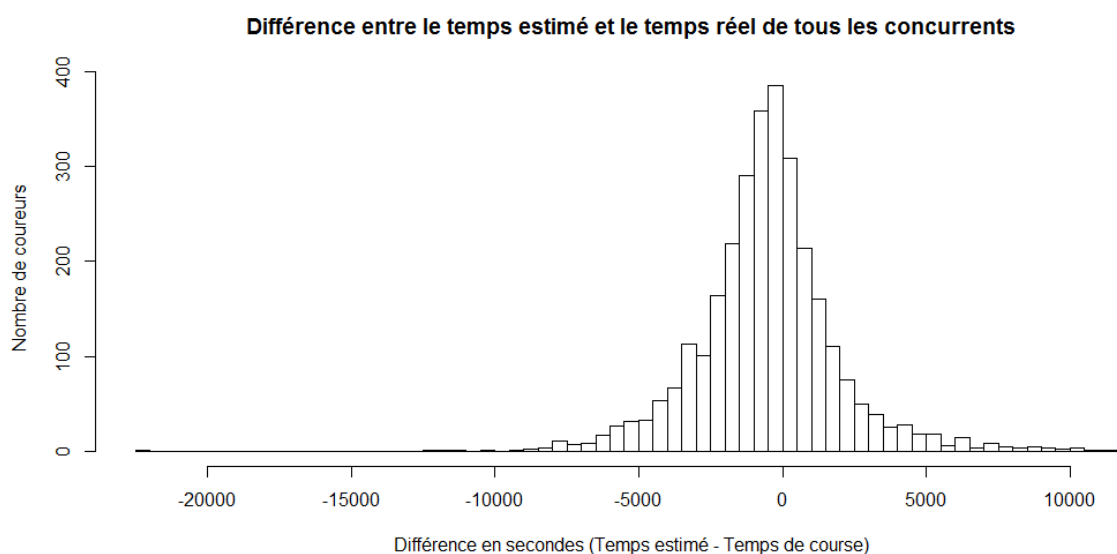


Fig4 : Erreur d'estimation de tous les participants à l'édition 2015

La moyenne est à -525.1 secondes, ce qui signifie une surestimation générale de 8 minutes et 45 secondes. Ce résultat est réjouissant, il signifie qu'en moyenne les participants s'estiment de manière correcte, bien qu'il y ait une légère surestimation. Nous obtenons un écart type de 2473.88 secondes, ce qui correspond à plus de 40 minutes. Donc il est vrai que grand nombre de participants s'estiment bien, mais il

subsiste de nombreux temps estimés qui sont loin de la réalité. Le graphique étant de ce fait passablement étiré, nous avons affaire à des valeurs extrêmes.

Donc il est intéressant de séparer les coureurs des touristes et les différents blocs, afin de voir où se situent les personnes qui s'estiment le mieux et surtout le moins bien.

Pour la suite de l'analyse, nous allons utiliser les données normalisées afin de pouvoir mieux comparer chaque catégorie entre-elles. Toutes les figures analysées se trouvent dans les annexes, dans l'erreur d'estimations des coureurs.

Si nous séparons les touristes des coureurs, il n'est pas surprenant de voir que les touristes se sont plus surestimés et ont une plus grande variabilité que les coureurs, qui sont, pour la plupart, des participants de meilleur niveau donc qui se connaissent d'avantage. Il y a beaucoup plus de valeurs extrêmes chez les touristes et notamment du côté gauche de la courbe, donc dans les valeurs négatives. Ceci indique qu'il y a de nombreux participants qui se sont surestimés.

En regardant plus précisément les différents blocs, nous voyons que plus nous nous approchons du bloc 4, plus la variabilité est grande.

En regardant uniquement le bloc 1, nous identifions une valeur extrême, elle correspond à un sujet qui a estimé qu'il mettrait 52 minutes alors qu'il a mis plus de 7 heures pour rallier Zinal. Sans ce sujet, il subsiste tout de même de nombreux athlètes qui se sont surestimés. Il s'agit soit de personnes qui n'ont pas bien évalué leurs capacités, soit de personnes qui avaient envie de partir devant et qui ont ainsi mis volontairement un temps de course plus faible.

Dans le bloc 4, nous voyons que la gaussienne a un grand écart type, ce qui implique qu'il y a une plus grande variabilité que dans les blocs 2 et 3.

En résumé nous pouvons dire que les athlètes qui courent le plus vite s'estiment mieux que les coureurs des derniers blocs. Le plus gros problème est les touristes qui se surestiment, ils sont plus lents, partent dans les premiers blocs, et créent les plus gros bouchons, car ils freinent tous les participants qui sont derrière eux et qui courent plus vite. Selon le tracé du parcours, le début est assez large, mais il se rétrécit très vite et quelqu'un qui va très lentement va gêner beaucoup d'autres participants. Il faut éviter le plus possible ce phénomène et pour se faire, il faut mieux répartir les coureurs dans les différents blocs. A noter encore qu'une partie de la variabilité s'explique à cause des bouchons. Lors de l'estimation du temps de course, les participants n'ont pas tenu compte qu'ils seraient pris dans des bouchons. Afin d'obtenir une estimation significative, il faudrait encore estimer le temps perdu dans les bouchons de chaque

participant. Mais si nous n'utilisons pas l'estimation, que pouvons-nous utiliser pour les différencier ? N'y aurait-il pas d'autres pistes pour répartir judicieusement les concurrents dans les différents blocs de départ ?

Nous allons découvrir dans le prochain chapitre d'autres solutions qui peuvent être envisagées pour classer les participants pas blocs.

3 Travaux précédents : l'estimation de sa performance

La course à pied, bien que pratiquée à grande échelle, ne divulgue pas encore tous ses secrets. Nous avons de nombreuses pistes quant aux paramètres qu'ils soient physiologiques, biologiques et psychologiques pour prédire une performance, mais dans chaque course il subsiste une grande part d'inconnue.

La plupart des coureurs se fixent des objectifs ou même certains organisateurs exigent de s'en fixer un afin de répartir les concurrents sur la grille de départ. Pour ce faire, il est nécessaire de pouvoir estimer un temps précis que l'on va établir pour rallier l'arrivée. Il s'agit d'une tâche ardue, mais beaucoup d'études ont déjà été faites en la matière. Un Nomogramme(annexe) a été créé (Mercier, 1984), il permet d'indiquer 2 valeurs et d'ainsi pouvoir en estimer une troisième en traçant une droite. Il suffit de connaître deux des paramètres suivant pour en calculer un troisième : VO_{2max}^2 , temps sur 3, 5, 10, 15, 20, 25 et 30 kilomètres ou encore sont temps sur un marathon. Dans divers livres ou sites internet il est possible de calculer son temps sur certaines distance grâce à sa puissance maximale aérobie (Mercier & Leger, 1980), ou sa vitesse maximale aérobie comme dans la bible de la préparation physique (Reiss & Prévost, 2013). Mais tout ceci permet d'estimer le temps d'un coureur qui effectue une course à plat ou à faible déclivité. Dans le monde du trail il manque une composante importante, il s'agit de la montée. Comme le montre un article sur la course d'orientation (Lauenstein, Wehrin, & Marti, 2013), certains athlètes sont plus prédisposés à effectuer de la montée que d'autres. En l'occurrence, pour la course d'orientation, certains orienteurs ont meilleur temps de faire une plus longue distance à plat plutôt que d'opter pour une montée raide et ceci se détermine grâce à un « facteur d'équivalence ».

Le trail est une discipline qui s'est développée et dont les nombreux adeptes s'y préparent spécifiquement. La préparation n'est pas la même que pour une course à plat, sur l'asphalte. Effectivement, en plus des composantes physiques, donc de la préparation à l'entraînement, nombreux autres facteurs rentrent en ligne de compte lors d'une course de ce type. Que ce soit les diverses composantes liées au terrain, mais également à la météo qui, nous le connaissons, est très capricieuse et change

² Dans la bible de la préparation physique (Reiss & Prévost, 2013) la VO_{2max} est définie comme étant le volume maximal d'oxygène prélevé au niveau des poumons et utilisé par les muscles par unité de temps.

très rapidement, surtout en montagne.

Il existe également des études sur le travail des diverses articulations qui changent en monté (Roberts, 2005) ou que certains paramètres physiques sont plus impactés lors d'ascensions, comme le déficit d'oxygène (Sloniger et al., 1997). De plus il faut différencier les coureurs qui sont des adeptes de montées à ceux qui courent uniquement à plat, le coût énergétique d'un coureur à plat va fortement augmenter dès que la pente devient inclinée (Margaria, Cerretelli, Aghemo, & Sassi, 1963) mais la différence ne se fait pas à toutes les inclinaisons selon une autre étude sur des pentes plus raides (Minetti, Moia, Roi, Susta, & Ferretti, 2002).

Le facteur de la pente est mis en évidence pour une estimation précise de son temps de course, mais ce qui importe lors de l'estimation de son temps, c'est principalement de savoir quels sont les facteurs physiologiques qui rentrent en ligne de compte. Tout d'abord des modèles mathématiques ont été associés à la physiologie pour expliquer la performance humaine (Bocquet & Billat, 1999). Sur ce sujet, nous pouvons citer une étude qui s'intéresse aux paramètres physiologiques qui interviennent pour pouvoir au mieux estimer son temps sur 3'000 mètres (Bragada et al., 2010) mais encore une autre qui met en évidence les paramètres pour la montée et la descente (Staab, Agnew, & Siconolfi, 1992). Une étude met en évidence les facteurs importants pour les coureurs de montée (Praz, Jagdeep, Praz, & Dériaz, n.d.). En plus des facteurs physiologiques, les facteurs biologiques ont été étudié afin d'en connaître encore d'avantage (Millet et al., 2011).

Pour les trails, ces dernières années, des logiciels sont nés pour simuler et calculer ses performances (<http://www.my-trail.fr/logiciel-calcul-trail>). Autrement il n'existe pas d'autres tabelles ou d'autres grilles qui permettent une estimation de son temps sur une course de type trail.

Toutes ces études nous démontrent bien la complexité de cette discipline, il y a de très nombreux facteurs qui influencent une performance. Chaque course est différente et comporte ses spécificités qui peuvent fausser une estimation.

Les estimations précises, comme à l'aide du logiciel pour le trail, demandent que le sujet se connaisse très bien. Pour que nous puissions le faire fonctionner, il faut donner de nombreux paramètres : allure initiale, bonus d'allure initiale, aptitude à la montée et à la descente, perte d'allure finale, arrêts aux ravitaillements et l'ajustement en fonction de la météo et de son chargement. Il s'agit d'un outil efficace et précis qui est destiné à une catégorie de personnes, mais pas à tout un chacun.

Le problème de tout ceci est qu'il est impératif de bien se connaître, d'avoir de nombreuses données et résultats sur sa personne afin de pouvoir s'estimer. Cependant, nous pouvons relever les différents facteurs qui influencent la performance qui sont cités dans les articles mentionnés et dans la littérature :

- Vitesse ascensionnelle
- Economie de course
- Habileté technique en descente
- VO2max
- Fraction de la VO2max
- PMA
- VMA
- Déficit d'oxygène
- Vitesse au seuil lactique
- Fréquence cardiaque
- Entraînement
- Sexe
- Références sur différentes distances
- Dépense d'énergie

De plus tous les paramètres quant à la préparation de la course ne sont pas pris en compte, par exemple : sommeil, nutrition,... Les estimations sont théoriques sur ce que l'athlète est capable de produire en fonction de ses paramètres mesurés.

Tous ces paramètres sont ressortis d'études qui montraient qu'ils avaient une influence, de plus certaines ont établi une hiérarchie, comme dans une étude sur le 3'000m où ils sont arrivés à la conclusion que la vitesse à VO2max et la vitesse au seuil lactique (4 mmol/l) étaient de meilleurs prédicteurs que la VO2max et l'économie de course (Bragada et al., 2010). Une étude sur les performances des coureurs hommes et femmes a déterminé que la VO2max était un meilleur indicateur de performance que le seuil lactique (Wiswell et al., 2000).

Une autre composante mise en évidence par le professeur Grégoire Millet est le profil type du traileur. Il le décrit comme mesurant entre 1m60 et 1m70 et pesant entre 50 et 60 kilogrammes. De plus il est supposé avoir un « gros moteur » donc ce qui se rapporte à une VO2max élevée.

Pour un organisateur il n'est pas envisageable de faire passer une batterie de tests

poussés à ses participants afin de prédire leurs temps, surtout pour une course populaire comme celle-ci.

Avec les nombreuses études qui ont été mentionnées et les principaux facteurs, ne serait-il pas possible à l'aide de petits tests simple qui déterminent certains de ces facteurs de pouvoir estimer sont temps de course de Sierre-Zinal ?

4 Méthodologie : réponse à la problématique

Grâce à ces bases, nous voulons créer des groupes, donc des blocs de départ en fonction des capacités physiques des athlètes. Notre but est de pouvoir déterminer quels sont les principales composantes qui peuvent expliquer un temps de course. Avec les articles cités précédemment et les facteurs cités dans ceux-ci, nous avons sélectionnées plusieurs critères à tester sur des athlètes pour voir lesquels étaient les plus influents sur la course. Il nous fallait sélectionner des paramètres que l'on pouvait obtenir avec des tests accessibles, pas trop contraignant pour nos sujets. Nous avons recueilli 11 données différentes:

Sexe, âge, taille, poids, nombre d'entraînements par semaine, nombre d'heures d'entraînements par semaine, habitude à la montée, dénivelé pour préparer la course, Indice Ruffier, Vma et fréquence cardiaque de repos et maximale

Les sept premières ont été obtenues grâce au remplissage d'un questionnaire et les quatre dernières à l'aide d'un test que nous avons fait passer à tous nos volontaires.

Toutes ces données n'ont pas été choisies au hasard. Il nous semblait important de prendre la taille, le poids et l'âge de tous nos coureurs. Nous avons vu que la VO₂max ou la VMA ou encore la PMA pouvaient être de très bons indicateurs de performance. Donc nous avons opté pour un test qui nous permettait d'obtenir la VMA. Il faut savoir qu'il existe une relation entre la VMA et la Vo₂max, donc il n'est nécessaire d'obtenir une seule des deux valeurs. De plus la PMA est aussi directement lié à la VMA. Ensuite grâce à notre test VAMEVAL, nous avons également obtenu la fréquence cardiaque maximale de nos sujets. Comme indiqué, il manque à la VMA de base une composante de montée, donc nous avons demandé aux sujets de notre étude d'estimer leur capacité à la montée, qu'ils ont indiquée dans le questionnaire. Nous n'avons pas mesuré l'économie de course, ni l'habileté technique à la descente étant donné qu'il s'agit de paramètres qui sont difficilement quantifiables.

Afin de déterminer les facteurs qui influencent le temps sur la course de Sierre-Zinal, nous nous sommes intéressés à divers facteurs que nous avons testé sur 25 sujets en prenant certaines données par le remplissage d'un questionnaire et d'autres en fonction de tests sur la performance. Ces tests ont été effectués soit à Sion sur la piste d'athlétisme de l'ancien Stand soit à La Chaux-de-Fonds à l'anneau de la Charrière un

soir durant 1h30. Durant ce laps de temps nous avons fait remplir un questionnaire personnel (ANNEXE) puis effectué deux tests d'effort, le test Vameval et test Ruffier. Nous voulons découvrir quels sont les paramètres qui influencent le plus le temps de course des sujets. Cette démarche a pour but de pouvoir estimer son temps de course à l'aide de certains paramètres ou de tests simples à effectuer.

En ayant consulté et étudié tous les articles, il était clair pour nous d'effectuer un test qui devait pouvoir calculer la VO₂max, la VMA ou la PMA. Le meilleur test de terrain cité dans plusieurs articles et notamment dans le livre de la physiologie du sport et de l'exercice (Wilmore, Costill, & Kenney, 2009) le test VAMEVAL est particulièrement recommandé afin de pouvoir recueillir des données fiables. Il s'agit d'un test qui est prévu sur une piste d'athlétisme, ce qui indique qu'il n'y a pas la composante de la montée. Le professeur Millet propose d'effectuer un test de VMA ascensionnelle, nous y avons renoncé car bien que ce test soit excellent et plus représentatif pour une course où il y a des pentes importantes, il comporte des inconvénients au niveau de la logistique. Nos sujets venaient du Valais ou de Neuchâtel, il aurait fallu trouver une pente avec une même inclinaison afin que le test soit valide pour tous les sujets. Le fait de choisir un test Vameval nous a facilité la tâche. De plus le test de la VMA ascensionnelle requiert une parfaite connaissance de ses capacités, il n'est pas intuitif de se fixer une vitesse élevée que nous puissions maintenir durant 6 minutes. Ce test désavantage les personnes qui se connaissent moins bien et qui auraient très certainement mal géré leur effort. Nous avons pris la décision d'inclure la composante de la montée dans le questionnaire que chacun de nos sujets à rempli.

Après la course, nous avons fait remplir un nouveau questionnaire à nos sujets afin de pouvoir identifier s'ils avaient rencontrés des problèmes durant, s'ils avaient eu des ennuis physiques, des bouchons, s'ils étaient satisfaits de leur course, dans quelle partie du peloton ils s'étaient élancés, leur ressenti ainsi que les éventuelles améliorations qu'ils verraient à apporter à la course.

5 Protocole des soirées de test

Durée 1h30

5'	Accueil, explication sur le déroulement	
15'	Remplissage du questionnaire, test Ruffier	Sur les marches du stade
5'	Distribution des ceintures et des capteurs	
45'	Test VMA	Sur la piste d'athlétisme
10'	Explications théoriques	
10'	Collation	

5.1 *Test Ruffier*

Prendre 3 personnes à la fois, les faire asseoir et se détendre au maximum ensuite distribuer à chacun un cardio-fréquencemètre relié à une montre. Attendre 3 minutes que chacun descende sa fréquence cardiaque au maximum durant ce laps de temps. Pendant ce temps, profiter aux participants d'expliquer le déroulement du test ainsi que l'exercice précis à effectuer:

1) Déroulement du test:

- a) Prise du pouls P1 du participant au repos.
- b) Lancement de la bande audio sur l'ordinateur. Le participant effectue 30 flexions complètes en 45 secondes en basant son rythme sur les bips sonores.
- c) Dès la fin de l'exercice le participant s'arrête et son pouls P2 est relevé.
- d) Le participant s'assied par terre pendant une minute à la fin de laquelle son pouls P3 est recueilli.

2) Redonner les cardio-fréquencemètres, aller finir de remplir le questionnaire.

D'une position debout, droite, le test consiste à effectuer 30 flexions complètes les bras tendus et les pieds à plat sur le sol en l'espace de 45 secondes et en suivant un rythme précis. À l'aide d'un cardiofréquencemètre, on prend le pouls du sujet à trois instants:

- a. avant l'exercice et dans un état de repos (P1)
- b. immédiatement après l'exercice (P2)
- c. une minute après l'exercice (P3)

On calcule ensuite l'indice de Ruffier grâce à la formule suivante:

$$\text{Indice Ruffier} = [(P1 + P2 + P3) - 200] / 10$$

On retire 200, ce qui correspond au total des trois pouls d'un athlète très entraîné. La division par 10 n'a d'autre but que d'obtenir un petit chiffre.

Explications théoriques :

Le Test de Ruffier est un test qui permet de mesurer la capacité d'adaptation à l'effort d'un sujet par le biais d'un exercice spécifique. Ce type d'exercice s'effectue par des personnes désireuses d'en savoir un peu plus sur leur cinétique de VO₂. La cinétique de VO₂ permet de déterminer le temps de latence pour l'ajustement du système aérobie, c'est-à-dire la durée entre le passage d'un état de repos à un état d'effort ou inversement. Plus cette durée est courte, plus le sujet est entraîné, ce qui correspond à une adaptation de l'ordre de 90 à 120 secondes. Le Test de Ruffier s'inscrit donc dans la filière aérobie, exploitée lors des efforts de moyenne et longue durée comme c'est le cas pour les tests de VMA et de Cooper.

5.2 Test VMA

Lieu : piste d'athlétisme (de la charrière à La Chaux-de-Fonds ou de l'ancien stand à Sion)

5.2.1 Matériel

- Petites assiettes (20)
- Beeper
- 1 ceinture polar et un capteur par personne

5.2.2 Déroulement du test

Séparer les participants en deux, une partie fera le test et les autres suivront chacun une personne et recueilleront les données utiles.

Après les explications du test, faire mettre le capteur à ceux qui vont courir et les laisser faire un tour de piste en footing léger. Ensuite, vérifier que tous les capteurs affichent un petit point vert.

Le test commence à une vitesse de 8.5 km/h qui est indiqué par des bips, donc un rythme très lent. Après chaque minute, la vitesse augmente de 0.5 km/h. Chaque athlète part d'un cône autour de la piste d'athlétisme. A chaque bip, le coureur doit se

trouver au cône suivant, donc 20 mètres plus loin. Si la personne est trop rapide, il faut qu'elle attende en trottinant sur place au prochain cône, par contre si elle est trop lente, il faut qu'elle rattrape. Dès qu'elle ne peut plus, donc qu'elle est en retard de plusieurs mètres à plusieurs bips, elle lève le bras pour montrer qu'elle a fini. Ensuite la personne qui la supervise doit indiquer la vitesse, donc le palier que le coureur a atteint ainsi que la cause de l'arrêt. Ce dernier point est important pour savoir si la personne a pu démontrer l'entier de ses capacités ou si elle pourrait se donner d'avantage afin d'obtenir une meilleure valeur. Le test se termine quand tous les participants ont arrêté. Ensuite, après une petite récupération, il faut inverser les groupes et refaire le test.

6 Résultats

6.1 *Questionnaire d'avant course*

Sur notre échantillon de population, nous voyons sur le Tableau1 que les femmes ont une plus grande moyenne d'âge, mais avec une plus grande variabilité également. On peut dire qu'elles sont plus petites et qu'elles pèsent moins que les hommes. Nous n'observons pas une différence concernant la fréquence cardiaque de repos entre les deux sexes, mais entre la fréquence cardiaque maximale oui. Il apparaît que les hommes ont des valeurs plus importantes pour une moyenne située à 191.73 battements par minute. Pour le nombre d'entraînements par semaine et les heures passées à se préparer, nous n'observons pas de différences notoires entre les hommes et les femmes. Effectivement, vu la variabilité chez les hommes et la faible différence de moyenne, les préparations sont proches chez ces personnes. Selon leurs dires, les hommes ont une meilleure prédisposition à des courses de montée que les femmes. Si on s'intéresse au dénivelé, il n'est pas possible de tirer des conclusions étant donné la très grande variabilité qui ressort chez les hommes. Selon la Table 1, les hommes ont fait un meilleur résultat sur la course que les femmes. La variabilité est la même, mais il y a une différence de près d'une heure entre les deux moyennes, nous voyons également que les différences entre le maximum et le minimum de temps de course entre les deux sexes est aussi proche de 60 minutes. Ceci n'est pas surprenant vu le fait que les hommes ont des meilleurs résultats aux tests VMA et Ruffier Il s'agit de deux tests censés représenter l'effort et la VAM des hommes est de plus de 2km/h supérieure aux femmes.

En s'intéressant de plus près à notre échantillon entier, il apparaît que nos sujets sont âgés d'environ 32 ans , ils mesurent un petit peu plus que 175 centimètres, il pèsent aux alentours de 67 kilogrammes, une fréquence cardiaque de repos de 70 battements par minute, une fréquence cardiaque maximale de 187 battements par minutes, ils s'entraînent plus de 3 fois par semaine pour plus de 5 heures d'exercice. Ils estiment que leur aptitude à la montée est de 3.6 sur 6, qu'ils ont effectué un peu moins de 12'500 mètres de dénivelés pour préparer leur course. Leur indice Ruffier est d'environ 8.88 et leur VMA est presque de 16km/h pour un temps moyen de 4 heures et 45 minutes. Le meilleur de notre échantillon a rallié Zinal en 2h50'38'' et la moins rapide a couru durant 6h39'30''.

Si nous comparons nos vingt-cinq athlètes à tous les participants qui ont pris part à l'édition 2015 de Sierre-Zinal ou uniquement la catégorie touriste ou encore seulement les élites, il est réjouissant de voir qu'au niveau du temps de course, il n'y a pas de différence significative entre notre échantillon et les participants. Pour affirmer ceci nous avons effectué un bootstrap, c'est-à-dire que nous avons tiré 25 sujets au hasard dans la population de tous les participants, des touristes ou des élites et nous les avons comparés à notre échantillon de 25 coureurs grâce à un test de Wilcoxon. Nous avons enregistré la p-valeur et nous avons répété ce processus 2000 fois. Ainsi comme le montre nos p-valeurs qui supérieures à 0.05 (Tableau 2), nous ne remarquons pas de différence significative, donc nous pouvons affirmer que les coureurs testés sont représentatifs de la course.

Tab1 : Résultats du questionnaire d'avant course

Tous(25)18 touristes
7 élites

	Moyenne	Ecart-type
Age[années]	32.800	1.082051e+01
Taille[cm]	175.400	8.972179e+00
Poids[kg]	66.928	8.305145e+00
Fcrepos[b/min]	70.200	1.230176e+01
Fcmax[b/min]	187.600	1.092779e+01
Entr.semaine	3.400	1.802776e+00
H.semaine	5.040	2.864728e+00
Montée	3.600	1.384437e+00
Dénivelé[m]	12460.000	1.312117e+04
Temps[s]	17130.480	3.309555e+03
Ruffier	8.888	3.364065e+00
VMA[km/h]	15.980	1.992068e+00

Min de temps : 10238

Max de temps : 23970

Hommes(15)10 touristes
5 élites

	Moyenne	Ecart-type
Age[années]	28.866667	8.061076
Taille[cm]	180.733333	5.812138
Poids[kg]	72.080000	5.017427
Fcrepos[b/min]	70.733333	14.245133
Fcmax[b/min]	191.733333	8.232919
Entr.semaine	3.400000	2.229670
H.semaine	5.200000	3.468223
Montée	3.866667	1.355764
Dénivelé[m]	15900.000000	15689.168238
Temps[s]	15759.133333	2832.959857
Ruffier	9.200000	3.913895
VMA[km/h]	17.066667	1.667619
Max de temps :	20256	
Min de temps :	10238	

Femmes(10)8 touristes
2 élites

	Moyenne	Ecart-type
Age[années]	38.70	12.1110601
Taille[cm]	167.40	6.6030296
Poids[kg]	59.20	5.8461763
Fcrepos[b/min]	69.40	9.3118801
Fcmax[b/min]	181.40	11.9089136
Entr.semaine	3.40	0.9660918
H.semaine	4.80	1.7511901
Montée	3.20	1.3984118
Dénivelé[m]	7300.00	5186.5209920
Temps[s]	19187.50	2981.3177269
Ruffier	8.42	2.4380320
VMA[km/h]	14.35	1.1559027
Max de temps :	23970	
Min de temps :	14270	

Tab2 : Moyenne des p-valeur en comparant notre échantillon à 2'000 échantillons bootstrapés de tous les participants, des touristes et des élites

Notre échantillon comparé à :	Moyenne des 2'000 p-valeurs
Tous les participants	0.07775086
La catégorie touristes	0.0742178
La catégorie élites	0.3467196

6.2 Questionnaire d'après course

Comme nous le voyons sur le tableau 3, les notes attribuées se situent en grande majorité entre quatre et cinq sur six, ce qui montre que la course s'est bien passée pour nos sujets. La grande majorité est satisfaite bien que personne n'ait trouvé le parcours facile. Il était difficile pour 11 hommes et 8 femmes. Nous voyons que presque tous les sujets de la catégorie touristes ont qualifié le parcours de difficile. 60% de nos sujets ont eu un ennui physique durant le parcours. Ce nombre est important, mais le terme ennui physique est vaste. Certains sujets ont eu des crampes qui les ont contraint à s'arrêter durant plusieurs minutes mais d'autres ont uniquement eu une douleur à une partie de leur corps qui ne les a pas empêché de continuer.

A propos des bouchons, il est intéressant de constater qu'une seule personne parmi les élites a mentionné la présence de bouchons. De plus cette personne n'est pas partie dans la première moitié des concurrents. Chez les touristes 16 personnes ont signalé des bouchons, seulement 2 n'en ont pas rencontré et ces deux personnes étaient les deux seules de notre échantillon à partir dans le bloc1. Par ce questionnaire, nous pouvons mettre en exergue le fait qu'il y a une tendance à se retrouver dans les bouchons si nous partons dans les trois derniers blocs des touristes.

Tous les participants masculins de l'élite ont pu se déplacer à leur vitesse désirée durant tout le parcours. Chez les touristes, il y a plus de la moitié des coureurs qui ont été gêné et qui n'ont ainsi pas pu courir à leur vitesse désirée. Par contre une majorité de notre échantillon a eu l'occasion d'aller au maximum de ses capacités durant le parcours malgré les bouchons.

Le tableau de temps perdu indique les temps que nos athlètes testés ont estimé qu'ils avaient perdu dans les bouchons, Vu les moyennes et la variabilité des résultats, ce tableau est très peu fiable et donc il ne nous apporte pas nécessairement des informations supplémentaires si ce n'est que l'estimation de temps que l'on perd dans un bouchon est très subjective et paraît toujours très long.

Tab3 : Résultats du questionnaire d'après course

		Course					
		note 1	note 2	note 3	note 4	note 5	note 6
Hommes		0	0	0	5	9	1
Femmes		0	1	1	3	4	1
Touristes		0	1	0	7	8	2
Elite		0	0	1	1	5	0
Hommes Elites		0	0	0	1	4	0
Femmes Elites		0	0	1	0	1	0
Hommes Touristes		0	0	0	4	5	1
Femmes Touristes		0	1	0	3	3	1

		Satisfaction		
		oui	non	bof
Hommes		13	1	1
Femmes		8	1	1
Touristes		15	1	2
Elite		6	1	0
Hommes Elites		5	0	0
Femmes Elites		2	0	0
Hommes Touristes		8	1	1
Femmes Touristes		7	0	1

		Parcours		
		facile	moyen	difficile
Hommes		0	4	11
Femmes		0	2	8
Touristes		0	3	15
Elite		0	3	4
Hommes Elites		0	2	3
Femmes Elites		0	1	1
Hommes Touristes		0	2	8
Femmes Touristes		0	1	7

		Ennuis physiques	Bouchons	Vitesse désirée	Tout donné
Hommes		8	8	9	7
Femmes		7	9	3	8
Touristes		10	16	7	11
Elite		5	1	5	4
Hommes Elites		3	0	5	3
Femmes Elites		2	1	0	1
Hommes Touristes		5	8	4	4
Femmes Touristes		5	8	3	7

		Temps perdus en minutes	
		Moyenne	Ecart-Type
Hommes		4.8000000	7.093256
Femmes		8.9000000	8.116513
Touristes		0.7142857	1.889822
Elite		8.6666667	7.888935
Hommes Elites		0.0000000	0.000000
Femmes Elites		7.2000000	7.685484
Hommes Touristes		10.5000000	8.263517
Femmes Touristes		2.5000000	3.535534

Tab4 : Données recueillies sur les 25 sujets

	Age	Taille	Poids	Fcrepos	Fcmax	Entr.semaine	H.semaine	Montée	Dénivelé	Temps	Tempsens	Catégorie	Ruffier	Vma
1	27	177	66.5	84	193	2	2	4	30000	04:29:46	16186	Touriste	11.8	17.0
2	22	196	83.0	96	192	3	5	2	5000	05:19:18	19158	Touriste	18.9	13.5
3	40	177	62.0	70	176	3	5	3	15000	05:38:13	20293	Touriste	8.4	14.5
4	28	184	74.0	65	195	3	3	3	20000	04:39:20	16760	Touriste	11.0	17.0
5	50	165	56.0	62	152	5	9	4	5000	03:57:50	14270	Elite	3.9	16.0
6	33	163	57.0	72	187	3	4	2	3000	06:05:38	21938	touriste	9.6	12.5
7	25	163	53.0	64	195	5	5	1	5000	04:28:59	16139	Touriste	10.3	15.5
8	24	179	68.0	78	191	3	6	4	13000	04:58:39	17919	Touriste	8.5	16.5
9	31	180	73.0	71	176	3	4	5	5000	03:44:25	13465	Elite	10.7	17.0
10	47	163	55.0	69	180	4	4	6	5000	04:30:05	16205	touriste	6.5	15.5
11	50	180	70.0	50	180	3	6	3	500	05:37:36	20256	Touriste	11.6	16.5
12	24	172	71.0	76	206	1	2	5	10000	04:16:13	15373	Touriste	8.4	17.0
13	25	181	77.0	75	192	2	3	2	2000	04:48:11	17291	Touriste	8.3	16.5
14	22	174	64.0	74	199	5	8	5	30000	03:25:55	12355	Elite	11.5	18.0
15	34	183	70.0	48	196	10	15	6	35000	02:50:38	10238	Elite	2.3	21.0
16	33	176	75.0	86	191	3	6	4	5000	04:31:57	16317	Touriste	10.7	15.5
17	31	175	61.0	83	186	3	3	2	4000	06:39:30	23970	Touriste	11.3	13.0
18	37	165	56.0	73	180	3	3	4	16000	05:02:30	18150	Touriste	8.2	14.0
19	18	172	65.0	71	188	3	6	3	4000	05:37:36	20256	Touriste	11.9	14.0
20	42	185	69.0	75	179	1	1	3	15000	04:38:51	16731	Touriste	5.1	16.5
21	23	184	79.7	66	190	2	3	2	2000	05:08:13	18493	Touriste	7.1	16.5
22	24	184	70.0	72	194	5	8	6	56000	03:31:58	12718	Elite	4.6	18.5
23	54	174	72.0	50	179	2	4	3	3000	05:51:25	21085	Touriste	6.7	13.5
24	52	157	55.0	80	191	3	5	4	13000	05:26:09	19569	Elite	7.4	15.0
25	24	176	71.0	45	202	5	6	4	10000	03:38:47	13127	Elite	7.5	19.0

6.3 Explication du temps de course

Les données recueillies sur nos sujets sont résumés dans le tableau 4

Ce que nous voulons voir est l'influence de nos différentes variables ("Age", "Taille", "Poids", "Fcrepos", "Fcmax", "Entr.semaine", "H.semaine", "Montée", "Dénivelé", "Ruffier", "Vma") sur le temps de course (Tempsens). Pour ce faire, nous avons fait une régression linéaire avec le logiciel R (fonction lm), ce qui nous permet de voir les correspondances linéaires entre des variables. Plus précisément nous effectuons une régression linéaire multiple afin de voir l'influence de chaque variable sur le temps de course. Un cours de l'université de Lyon a été utilisé comme support théoriques pour la régression (Rakotomalala, 2011).

La première analyse que nous avons menée est une régression linéaire simple entre le temps de course et nos variables. L'objectif est de voir si nous pouvons expliquer le temps de course avec une unique variable. Selon le tableau 5 Nous voyons qu'il y a notamment la VMA, l'âge ainsi que la montée qui se dégagent.

Tab5 : Analyse de la corrélation du temps de course avec chaque variable

Tempsens ~ Fcmax	p-value: 0.3074
Tempsens ~ Vma	p-value: 1.60e-08 ***
Tempsens ~ Taille	p-value: 0.4623
Tempsens ~ Entr.semaine	p-value: 0.002225 **
Tempsens ~ Poids	p-value: 0.5251
Tempsens ~ Fcrepos	p-value: 0.208
Tempsens ~ H.semaine	p-value: 0.007787 **
Tempsens ~ Montée	p-value: 0.0001894 ***
Tempsens ~ Dénivelé	p-value: 0.00314 **
Tempsens ~ Ruffier	p-value: 0.05458 .
Tempsens ~ Age	p-value: 4.65e-07 ***

Mais ensuite nous avons procédé à une analyse linéaire multivariée.

Pour être capable de comparer les coefficients de la régression linéaire multiple entre eux, nous avons normalisé nos données. Ainsi si nous prenons tous nos sujets, un résumé est présenté dans le tableau 6.

Nous pouvons en déduire que les variables qui expliquaient le temps de course étaient :

VMA : Fortement

Fcmax et Taille : un peu

Poids et entraînement par semaine : un tout petit peu

Tab6 : Régression linéaire multiple

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	6.96357	1.65195	4.215	0.001010	**
Dénivelé	-0.14371	0.17090	-0.841	0.415619	
Age	0.20731	0.13974	1.484	0.161752	
Taille	0.61768	0.28234	2.188	0.047559	*
Poids	-0.55814	0.29320	-1.904	0.079333	.
Montée	-0.14288	0.14972	-0.954	0.357317	
Fcrepos	-0.17215	0.13613	-1.265	0.228207	
Fcmax	0.42135	0.15716	2.681	0.018865	*
Entr.semaine	-0.61788	0.28845	-2.142	0.051701	.
H.semaine	0.41853	0.25431	1.646	0.123766	
Ruffier	-0.03020	0.04206	-0.718	0.485376	
Vma	-0.41897	0.09292	-4.509	0.000587	***

Ensuite nous avons établi la matrice de covariance, c'est-à-dire la matrice qui permet de voir l'interaction de toutes nos variables entre-elles. Ceci nous permet d'éliminer certaines variables qui sont redondantes, c'est-à-dire qui ont une forte interaction entre elles, donc qu'il est superflu de les faire apparaître deux fois.

Tab7: Matrice de covariance

	Age	Taille	Poids	Fcrepos	Fcmax	Entr.semaine
Age	1.00000000	-0.39699498	-0.386390688	-0.308952044	-0.65612778	-0.02990388
Taille	-0.39699498	1.00000000	0.869520005	0.100416517	0.20823534	-0.04121631
Poids	-0.38639069	0.86952001	1.000000000	0.060586537	0.32512677	-0.19892273
Fcrepos	-0.30895204	0.10041652	0.060586537	1.000000000	0.11716038	-0.45091120
Fcmax	-0.65612778	0.20823534	0.325126766	0.117160384	1.00000000	0.07614074
Entr.semaine	-0.02990388	-0.04121631	-0.198922726	-0.450911198	0.07614074	1.00000000
H.semaine	0.02715246	0.04312102	-0.057491358	-0.402228067	-0.01277745	0.90845218
Montée	0.11125715	-0.06373399	-0.069287698	-0.137004929	0.05783654	0.41736285
Dénivelé	-0.21869640	0.22435675	0.004331341	0.005343421	0.31256090	0.44107147
Tempsens	0.23113948	-0.15401271	-0.133349643	0.260799530	-0.21266694	-0.58297997
Ruffier	-0.39314523	0.25610448	0.261832476	0.527841830	0.23810944	-0.35437578
Vma	-0.22925659	0.32217719	0.287896834	-0.412144968	0.35371557	0.53602492

	H.semaine	Montée	Dénivelé	Tempsens	Ruffier	Vma
Age	0.02715246	0.11125715	-0.218696399	0.2311395	-0.3931452	-0.2292566
Taille	0.04312102	-0.06373399	0.224356748	-0.1540127	0.2561045	0.3221772
Poids	-0.05749136	-0.06928770	0.004331341	-0.1333496	0.2618325	0.2878968
Fcrepos	-0.40222807	-0.13700493	0.005343421	0.2607995	0.5278418	-0.4121450
Fcmax	-0.01277745	0.05783654	0.312560898	-0.2126669	0.2381094	0.3537156
Entr.semaine	0.90845218	0.41736285	0.441071472	-0.5829800	-0.3543758	0.5360249
H.semaine	1.00000000	0.44544893	0.403535767	-0.5194546	-0.3376178	0.5002863
Montée	0.44544893	1.00000000	0.589718981	-0.6791093	-0.4448178	0.5937504
Dénivelé	0.40353577	0.58971898	1.000000000	-0.5667151	-0.3103842	0.5849984
Tempsens	-0.51945462	-0.67910928	-0.566715088	1.0000000	0.3890626	-0.8701415
Ruffier	-0.33761776	-0.44481785	-0.310384199	0.3890626	1.0000000	-0.4371321
Vma	0.50028634	0.59375044	0.584998360	-0.8701415	-0.4371321	1.0000000

Si une variable permet d'expliquer le temps de course, l'autre le fera également comme elles ont un lien. La matrice de covariance (Tableau7) nous permet de mettre de côté le poids, qui a un lien avec la taille, ainsi que le nombre d'heures par semaines qui est logiquement corrélé avec le nombre d'entraînements effectués en une semaine.

Ces deux variables étant éliminées, nous pouvons voir les coefficients dans le tableau (Tableau8) qui met en exergue la forte influence de la VMA sur le temps de course par rapport aux autres variables. Il est intéressant de noter que la deuxième variable la plus influente est le dénivelé effectué pour préparer la course.

Tab8 : Coefficients après normalisation de la régression linéaire multiple

Coefficients:										
(Intercept)	Dénivelé	Age	Taille	Montée	Fcrepos	Fcmx	Entr.semaine	Ruffier	Vma	
-1.998e-16	3.588e-02	2.192e-01	1.656e-01	-2.007e-01	-1.311e-01	2.462e-01	-1.348e-01	-6.352e-02	-8.717e-01	

En résumé nous notons une forte influence de la VMA sur les autres variables afin d'expliquer le temps de course. D'autres variables sont mises en évidence afin d'expliquer quelque peu la performance, mais elles restent bien moins dominantes que la VMA, donc il n'est pas possible de tirer une conclusion en disant que plusieurs variables combinées permettent d'expliquer son temps de course, donc qu'avec ces variables il serait possible d'estimer son temps sur le parcours de Sierre-Zinal.

Si maintenant nous séparons les hommes des femmes, les résultats changent quelque peu. Un problème apparaît, il s'agit du peu de sujets que nous avons et qui est encore amoindri par la séparation des sexes. Il ne nous reste donc plus que 15 représentants du sexe masculin et 10 de la gente féminine. Ce faible nombre comparé aux 11 variables que nous comparons ne nous permet plus d'affirmer que la VMA a une si grande influence sur le temps de course.

Tab9 : Coefficients après normalisation de la régression linéaire multiple des hommes

Coefficients:											
(Intercept)	Dénivelé	Age	Taille	Poids	Montée	Fcrepos	Fcmx	Entr.semaine	H.semaine	Ruffier	Vma
-7.729e-16	1.331e-01	9.056e-02	1.740e-01	-6.460e-02	-5.377e-01	-3.132e-01	7.809e-02	-1.735e+00	1.289e+00	1.546e-01	-1.515e-01

Une même analyse pour les dames nous mettrait même le poids comme ayant le coefficient le plus élevé. Ce qui paraît étrange.

Tab9 : Coefficients après normalisation de la régression linéaire multiple des femmes

Coefficients:								
(Intercept)	Dénivelé	Taille	Poids	Montée	Fcrepos	Entr.semaine	Vma	
3.233e-16	-4.407e-01	4.192e-01	-5.856e-01	-3.524e-01	2.824e-01	-1.246e+00	2.236e-01	

Mais le fait de séparer les deux sexes nous enlève de la variabilité dans les résultats, car comme nous l'avons vu précédemment, les hommes ont tout de même des caractéristiques bien différentes de femmes et vice-versa. Par exemple les femmes ont en moyenne une VMA plus faible que les hommes, donc en séparant les deux sexes, nous comparons des valeurs pour la VMA très proches les unes des autres et donc il

est plus difficile de dégager une tendance. Il est possible d'affirmer qu'une personne avec une VMA de 21 km/h va courir plus vite qu'une autre qui a une valeur de 13 km/h, mais sur une telle course, il est impossible de différencier deux athlètes avec des VMA très proches. Il est impossible de pronostiquer avec certitude que quelqu'un avec 14 km/h va se retrouver derrière un autre qui a 15km/h de VMA.

6.4 Entretien avec Grégoire Millet

Guillaume Maire : Je vous remercie du temps que vous m'accordez pour cette interview. Je suis étudiant en master en sciences du mouvement et du sport à l'université de Fribourg et, pour mon travail de master, je travaille avec un autre étudiant dans un projet de fluidification de la course Sierre-Zinal. Nous avons effectués des pré-tests et suivis des athlètes durant le parcours avec des montres GPS afin de créer une simulation de foule sur ordinateur. Dans nos recherches, nous voulons essayer de pouvoir prédire le temps de course d'un sujet sur le parcours. Mais surtout le but est de créer des blocs de départ, si possible avec d'autres paramètres que le temps de course estimé.

Ce que l'on cherche, c'est de pouvoir identifier les facteurs les plus importants qui influencent le temps des athlètes pour rallier Zinal.

Grégoire Millet : Je supervisais un étudiant de master, son travail était d'estimer son temps sur le kilomètre vertical de Fully, Virginie Clivaz sur la performance en trail (Virginie Clivaz est une étudiante avec qui nous avons fait le bachelor et qui fait son master à Lausanne).

La vitesse ascensionnelle est une première limite de votre travail. Car vous n'avez pas pris en compte un facteur de montée dans vos paramètres.

Je viens de faire une critique d'un article qui a été fait avec les meilleurs traileurs, le coût énergétique en pente n'est pas du tout corrélé avec le coût énergétique à plat. Ce sont des qualités très différentes. Au point de vue biomécanique c'est important. Au-delà de 20% de pente on n'a plus du tout de contraction excentrique. Donc on n'a plus cette restitution d'énergie qu'on a quand on court normalement.

On se demandait quels prétests faire ?

J'ai fait faire à Virginie une VMA ainsi qu'une VMA ascensionnelle. Donc le plus simple est de faire 6 minutes « au taquet » dans une pente du style comme à Fully, constante, raide. Et ça nous donne notre VMA en mètre vertical. La VMA à plat n'a pas grand-chose à voir avec la VMA ascensionnelle. C'est une des limites de votre étude. On n'a pas de facteur d'équivalence.

Idée que les gens ne doivent pas donner les paramètres de temps de course.

On a mené une étude et depuis 5 ans sur le Tor des Géants et cette année on a des capteurs inertiels et on va avoir les vitesses ascensionnelles sur les 250 premiers kilomètres. On va étudier ça.

Après la deuxième orientation, c'est quoi ? Car la première est d'avoir les éléments physiologiques en gros. L'idée c'est de dire que plutôt qu'une déclaration de temps, on peut avoir un système plus précis mais qui restera quand même déclaratif, tu ne peux pas imposer aux coureurs de faire une...

On ne peut pas leur imposer de faire des gros tests, donc ?

Ce que je leur ferais faire c'est que je leur ferais faire une vitesse ascensionnelle, prendre une pente constante, un gps et les faire courir 6 minutes le plus loin possible. Bon c'est déjà assez exigeant !

Fait la corrélation entre ranking et VMA ?

Oui la VMA est corrélée.

Ah ouais c'est corrélé, parce que ce n'était pas gagné. Bon il faut dire que vous avez une forte variabilité. Du simple au double. Un a 21 et une autre 13 de VMA. C'est déjà très variable. Bon a 13 de VMA c'est quelqu'un qui court très peu...

C'est gênant que les élites doivent dépasser les touristes à la fin, non ? Surtout que souvent la victoire s'est jouée sur la dernière descente.

Ça ne serait déjà pas simple de dire vous faites tel test tel test et vous prédisez votre performance. C'est ce que j'ai fait avec Virginie et un autre étudiant, mais il y a déjà 10% d'erreur. Déjà un gars qui voulait mettre 40 minutes, il a mis 44 minutes. Alors qu'il avait tous les éléments pour le calculer et en plus ce n'est que de la montée ! On ne peut pas dire quand c'est la partie de la descente,... Et Virginie aussi, l'exercice n'est pas simple, elle a une erreur assez conséquente alors qu'ils ont fait les choses correctement. Ça c'est quand on a tous les éléments.

Le plus simple serait de ne pas faire partir toutes les vagues ensemble, mais toutes les demi-heures.

Ce qu'il faudrait faire c'est mettre une caméra et collecter les temps plus tôt. Les bouchons à Chandolin sont passés ?

Oui, la plus grande partie des bouchons se situe jusqu'à Chandolin.

Moi si j'avais ce travail à faire, j'aurais empoigné la chose d'une manière différente. J'aurais mis une caméra à l'endroit où il y a le bouchon, c'est-à-dire passablement tôt dans la course. Et ensuite j'aurais regardé la variabilité, de savoir les gars qui passent, en prenant leur dossard, de savoir combien sont passés de la première vague et ainsi de suite. A partir de là, quand on a la fourchette de temps, c'est assez simple de recalculer combien il faut au départ. Ça, ça aurait été une approche sur ce qu'il se passe actuellement. Réellement à l'endroit du bouchon.

Parce que l'approche physiologique est intéressante, moi elle me passionne, mais je ne pense pas qu'elle vous apportera quoi que ce soit ! Ne serait-ce que même si on était capable de le faire précisément et on n'en est pas capable, car c'est une épreuve compliquée, on serait avec la limite que vous n'allez pas demander à tous les coureur d'aller faire une Vo2max à la Suva, un test d'effort. Bon ils seraient peut-être contents la SUVA. Mais ce n'est pas possible.

L'an prochain, vous mettez des caméras à l'endroit où il y a des bouchons, et vous voyez tous les coureurs passer et surtout de quelle vague ils étaient. Et vous pointez, tel dossard est passé à tel temps et tac et tac. Ensuite vous regardez, la première vague est passée en tant de temps, la deuxième entre tant et tant. Et voilà ça vous permettra de voir...

La problématique n'est pas seulement de dire j'espace mes vagues de tant de temps, mais aussi du nombre de personnes par vague ! Plutôt que 2 paquets de 500, faire 5 paquets de 200,... Donc faire plus de vagues. C'est l'approche que je ferais.

Mais après comment pensez-vous qu'il faudrait répartir les athlètes dans les blocs ?

Ceux qui ont déjà fait la course ou avec datasport. Des personnes qui ont déjà fait d'autres trails, ça serait un moyen que l'organisation décide elle-même de dire que tel niveau de performance de telle course correspond à telle vague. Et ça ne serait pas si compliqué à mettre en œuvre parce que ça peut être automatisé. Voilà tous ceux qui ont fait moins de 4h, on les place dans telle zone. Et là ça permettrait d'avoir quelque chose de plus objectif que le déclaratif. Là certains le font sans connaître leur niveau, d'autres à dessein comme ça ils partent plus devant. Et ils sont moins embêtés, mais ils perturbent les autres. Il y aurait déjà une recommandation à faire à la course que vous pouvez faire dès cette année, c'est de leur dire appuyez-vous sur les résultats de l'année précédente. Donc avec Datasport, vous prenez les résultats de l'année d'avant, ceux qui l'ont fait et vous prenez quelques trails dans le coin (Pierre à Voie, Trail à St-Pierre du Verant). Et Les gars qui n'ont jamais fait de trail, vous les mettez derrière ! Après si vraiment il est bon, si Haile Gebreselassie vient faire Sierre-Zinal, on le connaîtra et on le met devant. Mais je ferais des règles assez simples en s'appuyant sur les résultats, on prend les trails qui ont été fait pendant l'été et on leur attribue leur dossard et donc on leur attribue les dossards assez tard. Par exemple on peut dire on prend les résultats jusqu'à mi-juillet et à partir de là on attribue les dossards et là on aura un résultat qui par ce biais-là, soit la course de l'an dernier, soit sur les courses, c'est encore mieux, du début de saison. On a quelque chose de

beaucoup plus précis. Et les autres, moi par définition je les mettrais derrière. Je leur dirais, les premières fois que vous le faites, vous êtes derrière. Mais s'il n'y a pas de bouchons, d'être derrière ce n'est pas si pénalisant que ça. (Éradiquer tous les bouchons...) Oui c'est possible d'éradiquer les bouchons. Quand c'est des courses très longues, on a des contraintes car on ne peut pas faire partir les gens trop tard sinon ils arrivent de nuit. Là ce n'est pas le cas. Les dernières vont mettre 6h, on a de la marge, donc on peut facilement décaler les départs sur 1h. Donc si on décale sur 1h, on a déjà éradiqué pas mal de bouchons

L'ultra tailleur idéal est le même coureur qui est idéal pour gagner Sierre-Zinal, car on parle de profil montant, bien que ça soit moins long, le rapport poids puissance soit déterminant.

La distance est assez courte, donc sur du plus long ça changerait. Mais heureusement ici que celui qui a 21 de VMA arrive avant que celle qui a 13. L'influence de la VMA se réduit quand la distance augmente.

Pour les données qualitatives comme l'habitude à la montée, chacun à un référentiel différent

Si la femme qui a 13 de VMA va peut-être considérer qu'elle grimpe plus vite que son beau-frère, donc elle va considérer qu'elle grimpe bien.

Les points importants à travailler pour une course en montagne sont la vitesse ascensionnelle, l'économie de course et l'habileté de course à la descente, ne pourrions-nous pas utiliser ceci pour estimer le temps d'une personne sur une course ?

Mais le problème est que ces deux derniers paramètres ne peuvent pas être calculés ou quantifiés simplement. La vitesse ascensionnelle peut être calculée en faisant un test VMA à la montée expliqué plus haut.

Le plus simple est de prendre les résultats en compétition. Après si vous voulez aller plus loin vous pourriez avoir une course avec des splits et on peut s'amuser de regarder comment évolue la vitesse tronçons par tronçons, qu'ils soient montant, descendants,... On avait montré que de nuit on était en moyenne 15% plus lent que de jour, mais que quand c'était des profils plutôt descendants, on était encore plus pénalisé. On perd plus de vitesse en descente qu'en montée. La nuit en montée on ne perd presque rien.

Au niveau de la force dans les jambes, est-ce un paramètre important ?

Nous on travaille sur la baisse de force par rapport à la fatigue, les niveaux de force chez les traileurs sont assez faibles, ce qui est vraiment important, c'est le rapport

poids puissance ! La vitesse ascensionnelle est très fortement corrélée au rapport poids/puissance. Ça on peut presque dire que c'est la même chose. Il faut être le plus léger possible. Et même si on perd en puissance absolue. Moi j'avais perdu 20 kilos pour préparer le Tor de Géants (où il est arrivé 2^{ème} !). Donc j'étais le sujet de l'étude, donc ma puissance aérobie en valeur absolue avait diminué mais quand je l'exprimais en Watt par kilo, j'ai énormément progressé. J'ai perdu beaucoup plus de masse que j'ai perdue en puissance absolue. Et c'est vraiment ce rapport poids puissance qui importe !

Ce n'est pas dans le cadre de votre travail, mais d'aller voir la suva et en leur disant on veut avec des tests de labo estimer le potentiel de traileurs, ça pourrait les intéresser et on aurait cette composante ascensionnelle qu'on n'a pas dans les autres disciplines. Et ça je pense que ça serait un service qui serait de nature à intéresser le coureur lambda qui a envie de faire des course vers chez lui.

Ce facteur ascensionnel peut aussi être fait en laboratoire, sur un tapis roulant incliné avec masque pour calculer les échanges gazeux.

Mais le plus simple à réaliser est le 6 minutes en montée. Mais on sait maintenant que le temps de soutien à VMA est plutôt de 5 minutes. Donc moi je serais dans l'idée de dire de faire que 5 minutes.

A partir de plusieurs performances, on peut calculer l'index d'endurance, mais là en l'occurrence, ce n'est pas le même projet. Ce n'est pas applicable sur la masse. Même des personnes qui se connaissent bien et qui ont fait des tests pour estimer leur temps sur la course ont de grandes erreurs. Quand on a sa VMA, l'autre problème qui apparaît, c'est son maintien. Quel pourcentage tient-on à VMA, comment est-ce qu'on fatigue.

Dans l'idéal, prendre l'année d'avant ou prendre des courses avec des composantes de montée de 15 à 40km.

Il existe plusieurs types de personnes qui s'inscrivent à une course, les personnes dites compétitrices, donc qui veulent un résultat, les traileurs qui pour eux l'important est le parcours et de finir la course ou encore les personnes qui font uniquement la course pour le plaisir.

Il peut aussi être intéressant de demander les objectifs des personnes. Si elles veulent faire un chrono, courir juste pour finir la course ou pour le plaisir. En tous cas je pense qu'il faudrait une information claire qui dit que si votre but est juste de terminer la course, et vous êtes dans le dernier bloc. Mais ceux qui vont arriver dans les derniers,

s'ils partent devant, il y a une erreur de l'organisation. Les gars qui n'ont pas le niveau et souvent pour des broutilles qui disent je vais être devant pour gagner 5 minutes... Il y a aussi des concurrents qui valent 3h, mais qui veulent faire avec leur femme et ils cochent la case et comme ça on ne les met pas devant.

Il faudrait mettre un split au bout de 6-7 kilomètres.

Mais le mieux est de mettre des caméras et des simulations sur ordinateurs. Ou même encore plus simple, si c'est vraiment des single tracs, on peut saisir sur le moment chaque fois qu'un concurrent passe. Facile à installer, il faut juste un ordinateur et quelqu'un qui sait bien saisir. Et une caméra pour assurer le cas, il y a toujours des coureurs dont on ne voit pas le dossard,...

Merci beaucoup pour ces précieuses informations

7 Discussion

Nos sujets sont représentatifs de la course au niveau de leur temps effectué, donc il est extrêmement probable qu'ils le soient aussi par les divers questionnaires et ressentis durant le parcours. Cependant, ils sont représentatifs au niveau de tous les athlètes (Coureurs et Touristes mis ensemble). Si nous comparons nos sujets uniquement à chacune des deux catégories, nous ne pouvons pas affirmer qu'ils sont représentatifs au niveau du temps de course. Ceci s'explique par le fait que les personnes qui ont effectué nos tests étaient soit en élite soit plutôt dans les derniers blocs des Touristes. Donc si nous enlevons nos élites de notre échantillon, nous nous retrouvons à comparer des personnes plus à l'arrière de la course avec tous les coureurs des quatre blocs.

De plus entre les hommes et les femmes, nous observons des différences notables au niveau des données. Tant au niveau des caractéristiques de chaque personne qu'aux résultats des tests. Il y a chaque fois une tendance qui se dégage et le fait de faire des analyses où nous les mettons tous dans le même paquet nous permet de toucher un plus large panel de coureurs. De plus dans les comparaisons avec les données de la course, nous n'avons jamais séparé les hommes des femmes.

D'une manière générale, bien qu'il y ait eu des bouchons, nos sujets ont été satisfaits de la course et ont de nombreuses fois remercié les organisateurs dans les remarques. Le plus marquant est le nombre de personne ayant eu des ennuis physiques. Sierre-Zinal est une course très exigeante, nous pensions voir une démarcation entre les personnes qui se retrouvent à l'avant du peloton et celles qui se situent plutôt derrière. Les athlètes qui font de bons temps, sont des personnes qui se connaissent très bien et dont la préparation pour cette course a été pour la plupart sérieuse et réfléchie. Il aurait été plus normal de voir que beaucoup de personnes se situant plutôt à l'arrière du peloton aient de gros ennuis. Car certains se lancent un peu les yeux fermés sur le parcours sans une grande préparation et une connaissance peu optimale de leur corps. Ce qui voudrait dire que cette catégorie de personnes est plus sujette à rencontrer des problèmes physiques.

Comme le prédisait les hypothèses, les blocs ayant subi le plus de bouchons sont les derniers blocs et plus particulièrement le bloc numéro trois qui est réellement au milieu de la course, ceci ressort grâce au questionnaire d'après course.

Le facteur qui influence le temps de course est la VMA quand nous regardons parmi tous nos coureurs, il s'agit d'un bon indicateur mais qui ne peut pas être exacte. Même associé à un facteur d'aptitude à la montée, estimé par chacun, nous ne pouvons pas prédire une performance sur ce trail.

Pour pouvoir être plus précis il aurait fallu faire une VMA ascensionnelle comme le préconise monsieur Millet. Il s'agit d'une première limite à notre travail.

Une autre limite est que nous avons pris les temps de nos sujets lors de la course de Sierre-Zinal. Mais leur temps n'est pas représentatif pour tous du temps qu'ils sont capables de faire. Car comme indiqué, de nombreux coureurs ont été pris dans des bouchons ce qui les a ralenti. Ils auraient très certainement réalisé un meilleur temps sur le même parcours, mais sans la composante des bouchons.

Afin d'avoir des données plus fiables, il serait intéressant de faire courir les sujets sur le parcours avec beaucoup moins de monde afin que le temps effectif soit plus proche de la réalité. Cette manière de faire aurait l'avantage d'éliminer l'erreur due aux bouchons, mais elle enlève également la composante psychologique qui motive et fait avancer de nombreux sujets, l'ambiance de course.

8 Conclusion

Nous avons vu qu'une course telle que Sierre-Zinal ne peut pas être réduite et simplifiée afin de pouvoir estimer facilement son temps à l'aide de paramètres ou de tests simples. Il est possible d'identifier certaines composantes qui sont nécessaires afin de faire un bon temps, donc il est impensable d'obtenir un temps précis. Comme nous l'avons vu, c'est parce qu'il y a énormément de composantes qui rentrent en jeu lors d'un tel effort.

Le meilleur indicateur pour pouvoir classer d'une manière optimum les concurrents dans des blocs de départ est le temps effectué lors des éditions précédentes. Ceci permet d'avoir une bonne indication sur le potentiel du coureur. Mais il subsiste tout de même des inconvénients, s'il a rencontré un ennui physique ou technique son temps ne reflète pas ses capacités. De plus s'il n'était pas bien préparé ou qu'il a régulé son rythme sur un autre participant, il peut avoir une grande marge de progression et ainsi passablement changer son temps d'une année à l'autre.

Il est aussi envisageable de prendre le temps sur d'autres trails qui se courent. En général les adeptes de course à pied ne font pas une seule course par année. D'où la possibilité de prendre des courses de références pour classer les traileurs. Ceci a le désavantage de devenir une course avec des prérequis, car il n'y a pas tout le monde qui va effectuer la même course de préparation. Pour garder cet esprit populaire, il est impensable de forcer les participants à avoir des références au préalable.

Une autre possibilité plus drastique est de dire que tous les nouveaux participants partent tout derrière et la référence se fait au fil des années et au fil des résultats des participants.

Sinon il est aussi possible d'ajouter une question dans l'inscription pour savoir dans quelle optique le coureur fait la course. Si c'est pour arriver au bout, si c'est pour faire un certain chrono. Ceci permet de voir les personnes que l'on peut mettre tout derrière sans problème. Bien que le problème d'estimation subsiste avec cette méthode.

Il pourrait être intéressant de faire d'autres tests plus poussés afin de pouvoir s'approcher d'une estimation de son temps de course sur Sierre-Zinal. Une possibilité serait de calculer une aptitude ou une vitesse à la descente, puis une valeur pour l'économie de course ou encore une aptitude à la montée (sous forme de VMA ascensionnelle ou de facteur d'équivalence).

Finalement, il pourrait être intéressant d'avoir une base de données de tous les participants qui prennent part à des courses en Suisse. Leur temps sur chaque course serait enregistré. Ceci permettrait d'avoir de nombreux renseignements sur chaque coureur, et surtout des informations sur leur évolution. On remarquerait quelqu'un qui a tendance à s'améliorer de courses en courses ou un autre qui est plutôt en baisse de performance. Le fait de recenser un grand nombre de courses permettrait d'identifier les capacités de chacun sur les différents types de parcours (montagne, longue distance, courte distance, sur le bitume,...). Ce registre national serait très probablement d'une grande aide pour de nombreuses manifestations qui proposent de la course à pied.

9 Remerciements

Dans un premier temps, je souhaite remercier le professeur Thibaut Le Naour qui a cru en ce projet et qui nous a accompagné jusqu'à la fin de sa réalisation. Je remercie aussi grandement mon collègue et ami Valentin Genoud qui a proposé le sujet et qui m'a invité à collaborer avec lui.

Dans un deuxième temps, j'adresse un merci particulier aux participants qui ont accepté de prendre part aux tests sportifs et de porter une montre GPS durant la course :

Albrecht Adrien, Albrecht Emilien, Aymon Stéphane, Botteron Catherine, Briguët Géraldine, Bruttin Jolan, Clivaz Virginie, Constantin Viviane, Dayer Alexandra, Delay Jean-Philippe, Delay Sarah, Dessimoz Sandy, Epiney Lucien, Genoud Muriel, Gremion Christophe, Hirsig Véronique, Liechti Gaëtan, Maire Serge-André Morard Steve, Oggier Lucas, Solioz Arnaud, Tosi Christine, Zufferey Adrien, Zufferey Jérémy, Zufferey Mathieu.

De plus l'entreprise Bucher et Walt SA à Saint-Blaise qui nous ont très généreusement prêté 9 montres de la marque Garmin (Forerunner 220) ainsi que des collaborateurs de Polar Suisse (Polar Electro Europe AG à Zoug) qui nous ont mis à dispositions 8 Polar V800. Sans ces très généreuses personnes et la mise à disposition sans contrepartie de leurs produits de qualité, nous n'aurions pas pu mener à bien cette étude.

Dans un troisième temps, j'adresse mes remerciements à Alain Rouvenaz qui a toujours été très ouvert pour nous prêter du matériel et nous distiller de précieux conseils

Merci également au comité de la direction de Sierre-Zinal, particulièrement au directeur de la course Sierre-Zinal Vincent Theytaz, pour sa confiance accordée à cette étude.

Je remercie mon frère, Dimitri Maire que nous avons mis à contribution à de nombreuses reprises pour lancer des simulations de foule sur son ordinateur.

Pour terminer, un grand merci également à Etienne Gafner de la maison *Datasport* pour la transmission des données relatives au chronométrage.

10 Bibliographie

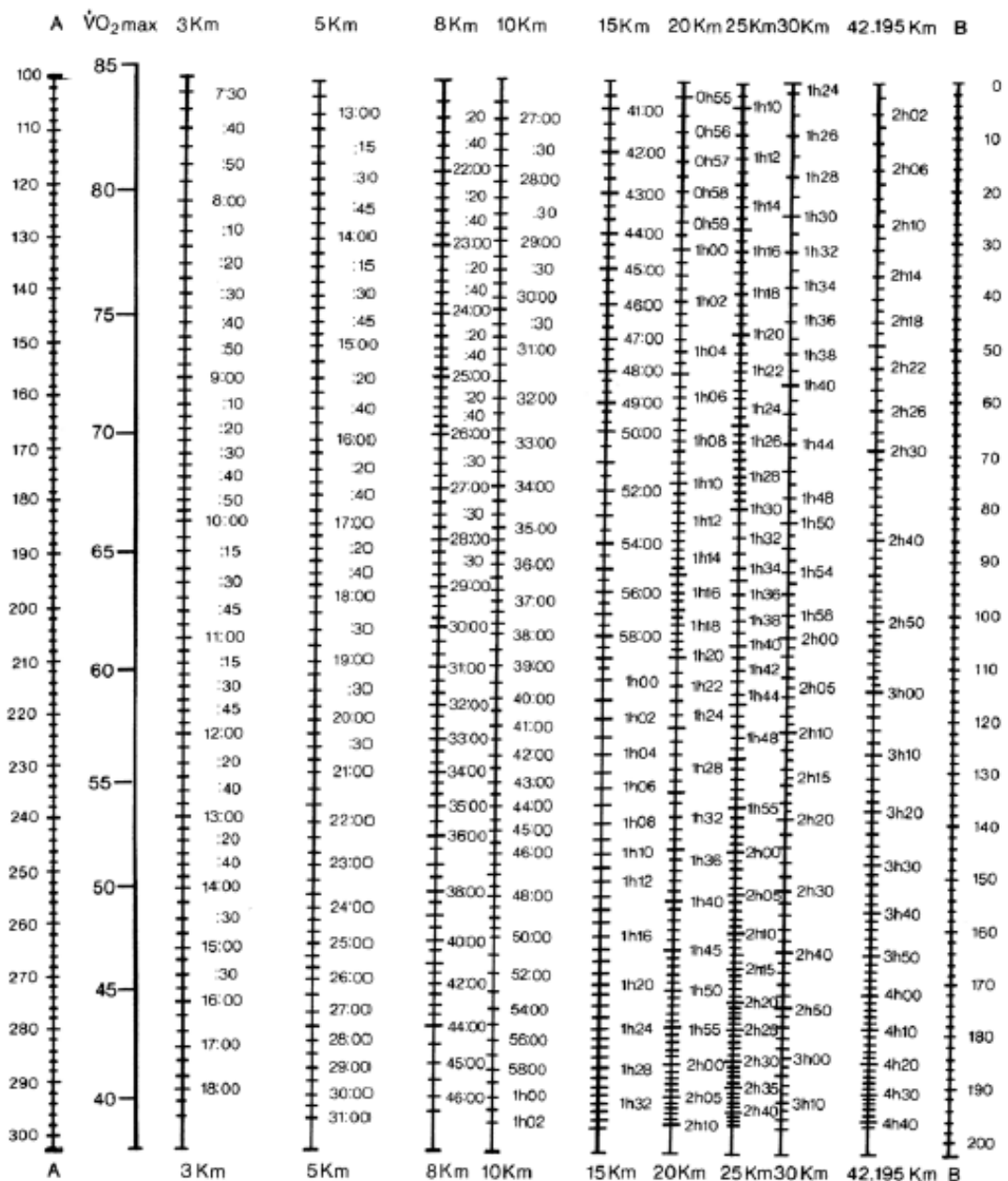
- Bocquet, V., & Billat, V. (1999). Modèles mathématiques et physiologiques de la performance humaine. *Science & Sports*, 14(6), 278–291.
[http://doi.org/10.1016/S0765-1597\(00\)86522-3](http://doi.org/10.1016/S0765-1597(00)86522-3)
- Bragada, J. a, Santos, P. J., Maia, J. a, Colaço, P. J., Lopes, V. P., & Barbosa, M. (2010). Longitudinal study in 3 , 000 m male runners : relationship between performance and selected physiological parameters. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(3)(September), 439–444.
- Brochure de l'office fédérale du sport (Sport Suisse 2014, Activité et consommation sportives de la population suisse de Lamprecht, Fischer et Stamm), Sport_Schweiz_2014_f.pdf
- Lamprecht, M., Fischer, A., & Stamm, H. (2014). Sport Suisse 2014 - Activité et consommation sportives de la population suisse.
- Lauenstein, S., Wehrlin, J. P., & Marti, B. (2013). Differences in horizontal VS. Uphill running Performance in male and female Swiss World-Class Orienteers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8, 2952–2958.
- Margaria, R., Cerretelli, P., Aghemo, P., & Sassi, G. (1963). Energy cost of running. *Journal of Applied Physiology Appl Physiol*, 18(2), 367–370. Retrieved from <http://jap.physiology.org/content/18/2/367>
- Mercier, D. (1984). Nomogramme de Mercier et al. (1984), 27, 1984.
- Mercier, D., & Leger, L. (1980). Prédiction De La Performance En Course a Pied a Partir De La Puissance Aérobie Maximale.
- Millet, G., Banfi, J., Kerherve, H., Morin, J., Vincent, L., Estrade, C., ... Feasson, L. (2011). Physiological and biological factors associated with a 24 h treadmill ultra-marathon performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(1), 54–61.
- Minetti, A. E., Moia, C., Roi, G. S., Susta, D., & Ferretti, G. (2002). Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 93, 1039–1046.
<http://doi.org/10.1152/jappphysiol.01177.2001>
- Observatoire Valaisan du Tourisme (s.d.) *Le trail running ou course en montagne, de plus en plus d'adeptes dans nos contrées*, consulté le 9 décembre 2015 sur

- <http://www.tourobs.ch/fr/actualites-et-articles/articles/id-3159-le-trail-running-ou-course-en-montagne/>
- Pont, J.-C. (2013). *Courir dans une Cathédrale, la course des cinq 4'000 Sierre-Zinal 1974-2013*. (Association Sierre-Zinal, Ed.).
- Praz, C., Jagdeep, S., Praz, M., & Dériaz, O. (n.d.). Coût énergétique de la course en montée et en descente chez les coureurs entraînés pour la course de montagne, 40–44.
- Rakotomalala, R. (2011). *Pratique de la Régression Linéaire Multiple : Diagnostic et sélection de variables*.
- Reiss, D., & Prévost, Pa. (2013). *La bible de la préparation physique* (amphora).
- Roberts, T. J. (2005). Sources of mechanical power for uphill running in humans. *Journal of Experimental Biology*, 208(10), 1963–1970. <http://doi.org/10.1242/jeb.01555>
- Servan Peca, article dans le Temps, *La folle ascension du trail running*, consulté le 15 novembre 2015 sur <http://www.letemps.ch/sport/2015/09/18/folle-ascension-trail-running>
- Sloniger, M. A., Cureton, K. J., Prior, B. M., Evans, E. M., Lieberman, D. E., Raichlen, D. A., ... Mark, A. (1997). Anaerobic capacity and muscle activation during horizontal and uphill running. *Journal of Applied Physiology*, 83(1), 262–269.
- Staab, J. S., Agnew, J. W., & Siconolfi, S. F. (1992). Metabolic and performance responses to uphill and downhill running in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(1), 124–7.
- Swiss athletics, *CS de Trail Running : Première en Suisse romande*, consulté le 15 novembre 2015 sur <http://www.swiss-running.ch/fr/running/plus-darticles/9398-cs-de-trail-running--premiere-en-suisse-romande.html>
- Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenney, W. L. (2009). *Physiologie du sport et de l'exercice* (De Boeck U).
- Wiswell, R., Jaque, S., Marcell, T., Hawkins, S., Tarpenning, KM Constantino, N., & Hyslop, D. (2000). Maximal aerobic power, lactate threshold, and running performance in master athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(6), 1165–70.

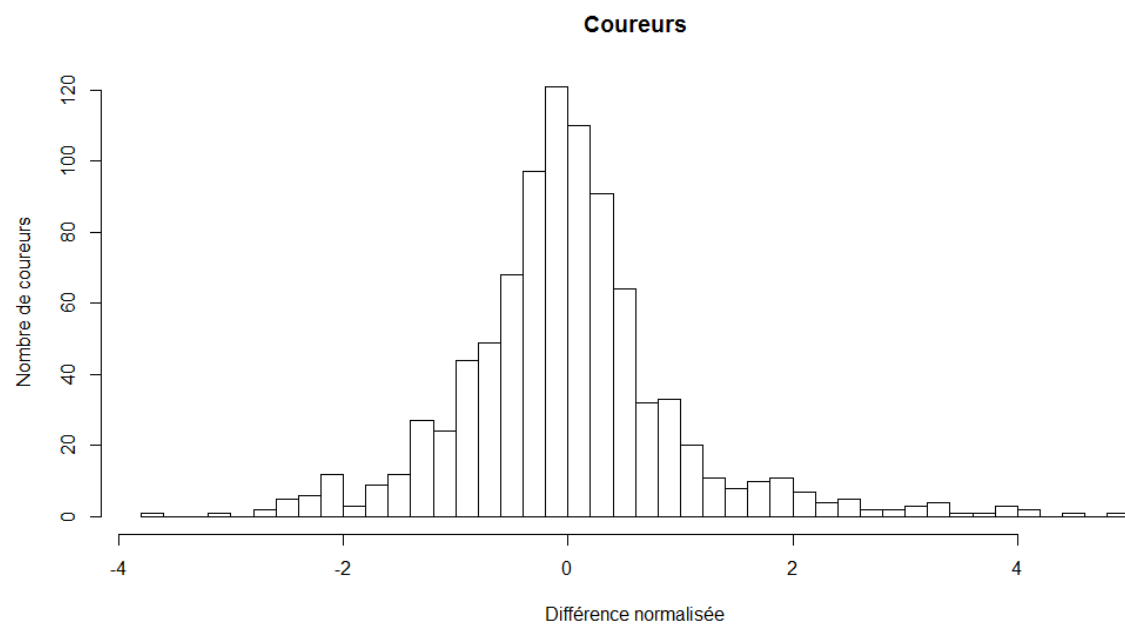
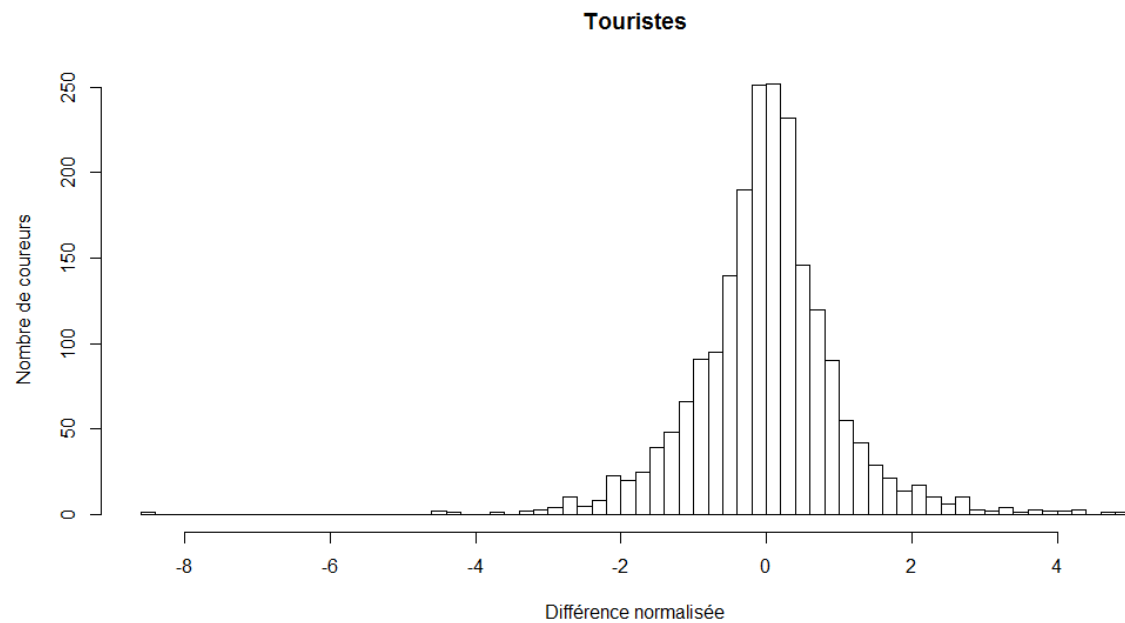
11 Annexes

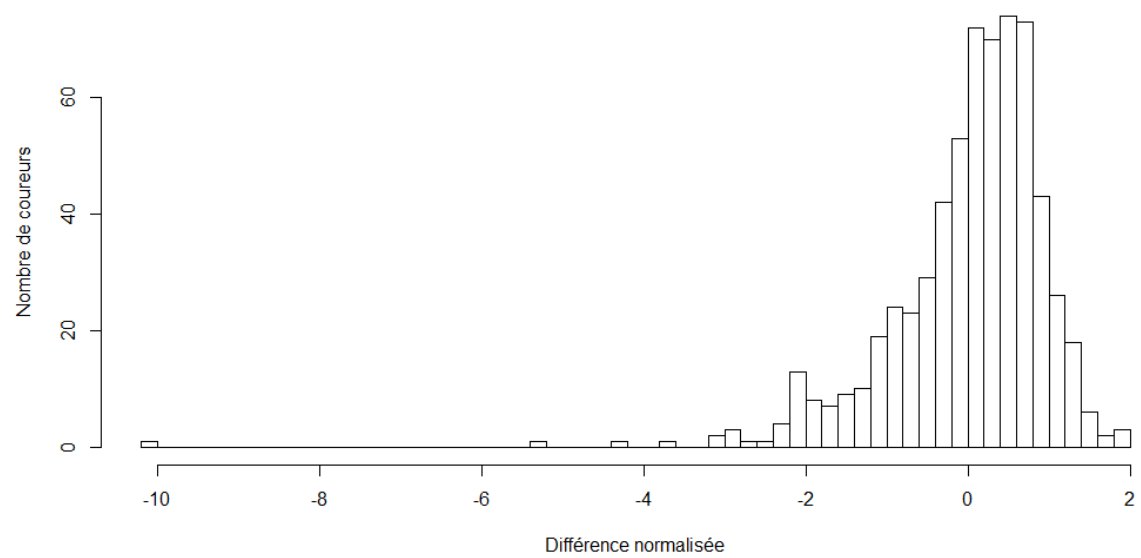
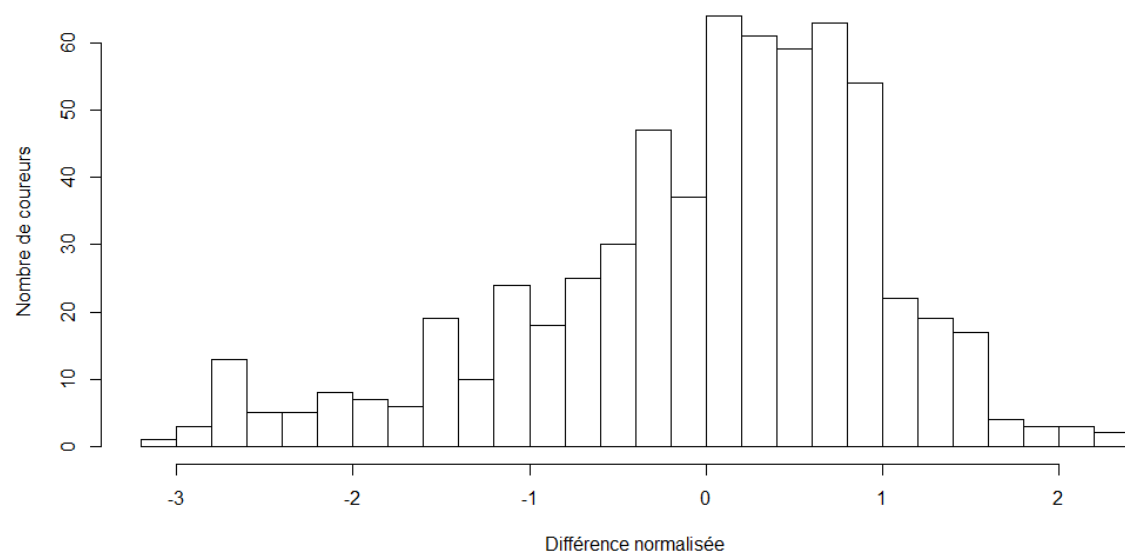
11.1 Nomogramme de Mercier et al.

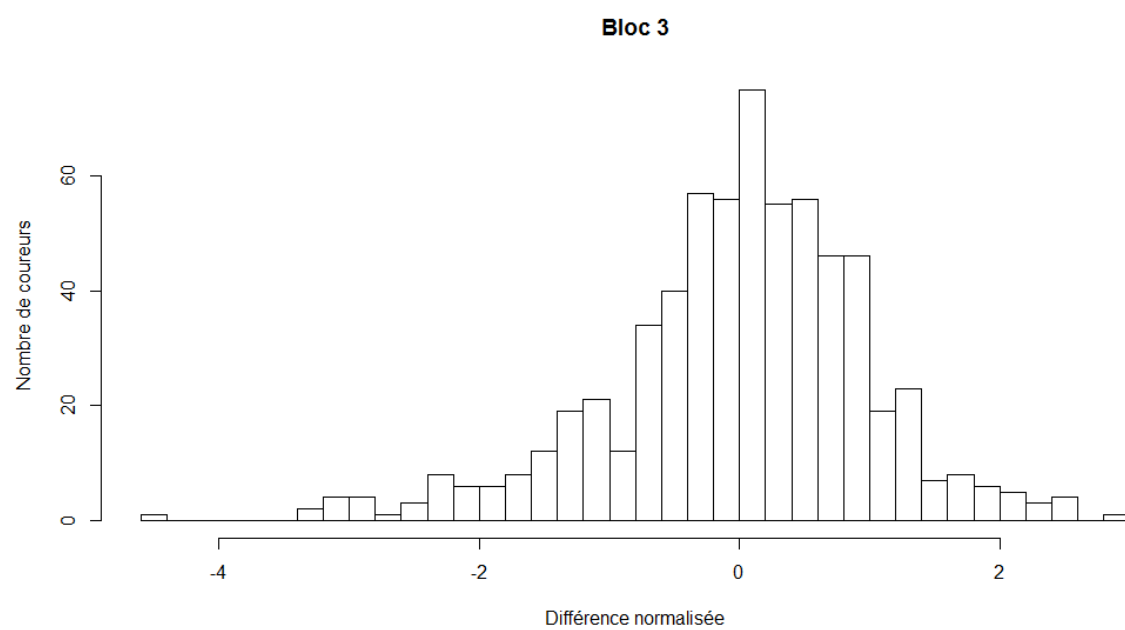
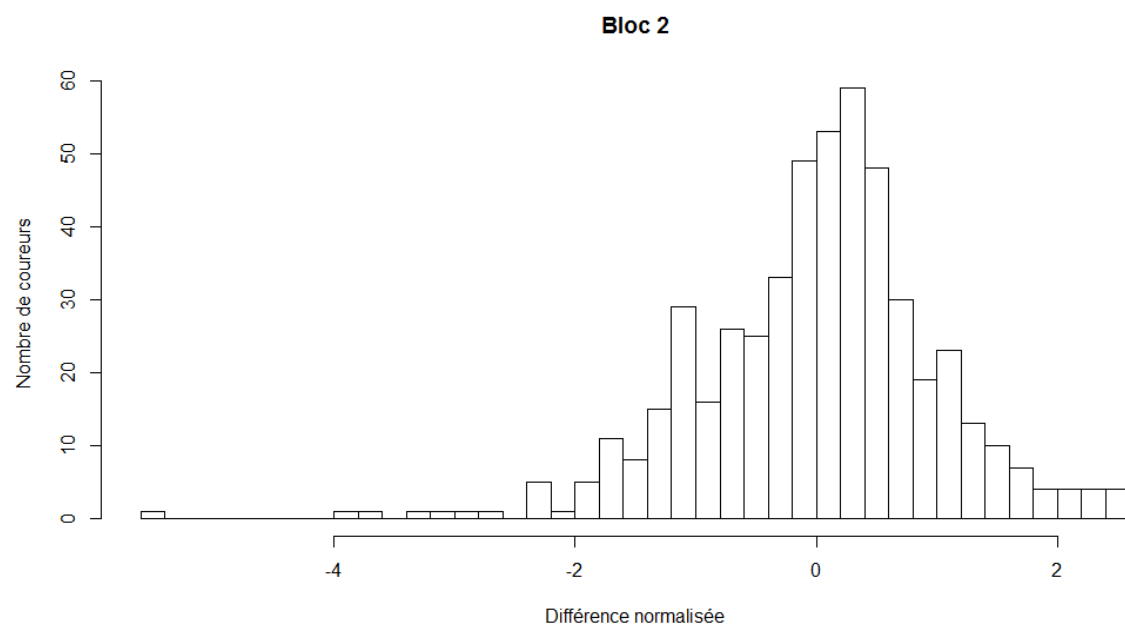
Nomogramme de Mercier et al. (1984)

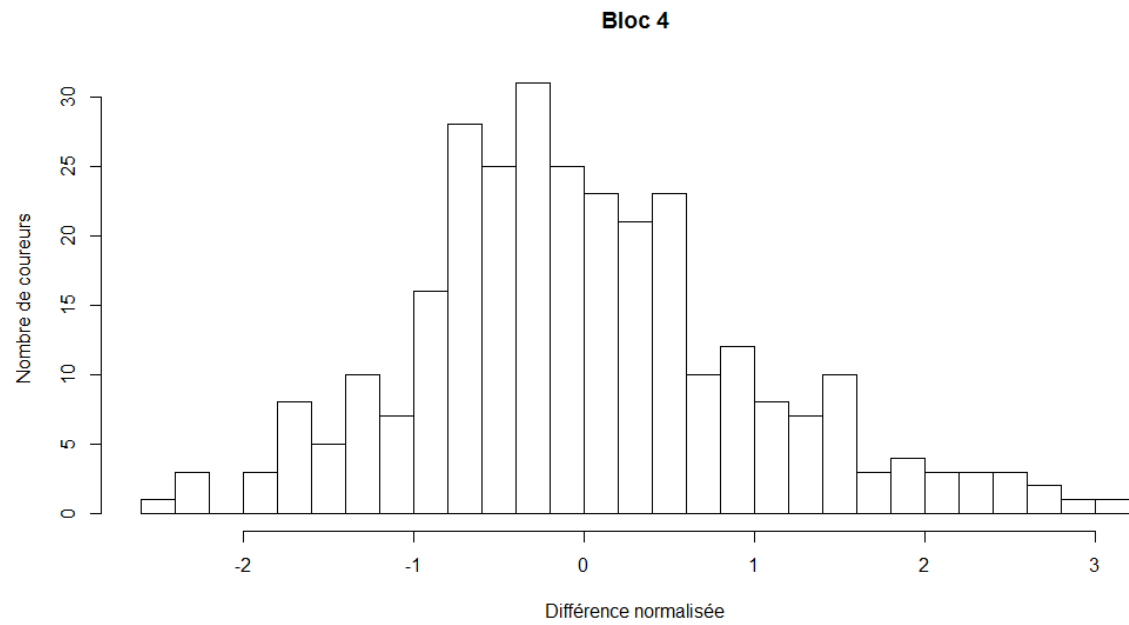


11.2 Erreur d'estimations des concurrents



Bloc 1**Bloc 1 sans les valeurs extrêmes**





11.3 Questionnaire d'avant course



Travail de master

Questionnaire des athlètes

Nom : _____ Prénom : _____

Valeurs mesurées

Indice Ruffier : _____

VMA : _____

FCmax : _____

Valeurs à donner

Adresse e-mail : _____

Taille : _____

Poids : _____

Age (date de naissance) : _____

FC max : _____

FC repos : _____

Nombre d'entraînements par semaine : _____

Poids : _____

Age (date de naissance) : _____

FC max : _____

FC repos : _____

Nombre d'entraînements par semaine : _____

Nombre d'heures d'entraînement par semaine : _____

Temps sur 10'000m : _____

Habitude à faire des courses ou des entraînements en montée : (sur une échelle de 1 à 6, 6 étant très habitué et 1 pas du tout habitué) : _____

Dénivelé avant SZ : _____

Courses et temps déjà effectués :

11.4 Questionnaire d'après course



Travail de master

Questionnaire des athlètes

Nom : _____ Prénom : _____

Dans quelle catégorie as-tu courru(e) : ☐ Touriste ☐ Elite

En référence au questionnaire reçu lors du test VMA, pourrais-tu compléter ta préparation à Sierre-Zinal depuis le début (printemps 2015) de manière assez précise (nombre d'entraînement par semaine, nombre d'heures par entraînement, courses effectuées, entraînements en montée, dénivelés total approximatifs depuis ce printemps jusqu'au jour-j) :

Où étais-tu situé(e) au départ (bloc ou estimation) ? _____

Comment s'est passée ta course (note de 1 à 6) : _____

Es-tu satisfait(e) de ta course ? ☐ Oui ☐ Non ☐ Bof

Est-ce que tu as eu des ennuis physiques (crampes, contractions musculaires,...), si oui quoi et quand ?

Est-ce que tu as été pris(e) dans des bouchons ? Si oui à quel moment du parcours, où ? Pendant combien de temps ?

Est-ce que tu as pu aller à la vitesse que tu voulais durant tout le parcours ? _____

Comment as-tu trouvé le parcours ? ☐ Facile ☐ Moyen ☐ Dur ☐ Très dur

Penses-tu que tu peux faire mieux ? _____

As-tu tout donné ? _____

Comment trouves-tu l'organisation ? _____

As-tu des propositions d'améliorations ?

11.5 Déclaration personnelle

« Je soussigné certifie avoir réalisé le présent travail de façon autonome, sans aide illicite quelconque. Tout élément emprunté littéralement ou mutatis à des publications ou à des sources inconnues, a été rendu reconnaissable comme tel. »

Lieu, date : Les Ponts-de-Martel, le 29 février 2016 Signature : Guillaume Maire

11.6 Droits d'auteur

« Je soussigné reconnais que le présent travail est une partie constituante de la formation en Sciences du Mouvement et du Sport à l'Université de Fribourg. Je m'engage donc à céder entièrement les droits d'auteur – y compris les droits de publication et autres droits liés à des fins commerciales ou bénévoles – à l'Université de Fribourg.

La cession à des tiers des droits d'auteur par l'Université est soumise à l'accord du (de la) sous-signé-e uniquement.

Cet accord ne peut faire l'objet d'aucune rétribution financière. »

Date : 29 février 2016

Signature : Guillaume Maire