

Une fois au top, toujours au top ?

Développement des athlètes dans le classement FIS de ski de fond

Anne Renaud et Hippolyt Kempf

1.10.2019

Sports Economics Technical Report EHSM

Résumé

Titre : Une fois au top, toujours au top ? Développement des athlètes dans le classement FIS de ski de fond

La concurrence est rude entre les nations sur le circuit des compétitions internationales de ski de fond de la Fédération internationale de ski (FIS). La sélection des athlètes en début de carrière tout comme le choix des athlètes envoyés aux compétitions tels les Jeux Olympiques sont complexes. Dans cette étude, nous avons comme objectif d'étudier le développement des athlètes dans les compétitions internationales en fonction de leur âge. On vise notamment à déterminer s'il y a des différences – en début de carrière - entre les athlètes ayant atteint le plus haut niveau durant leur carrière (*once top 30*) et ceux n'ayant pas atteint ce niveau ; par sexe et type d'épreuves (distance et sprint). Les points FIS (distance et sprint) ont été choisis comme mesure de performance des athlètes, et différents modèles ont été définis pour exprimer la performance en fonction de l'âge. Les résultats indiquent que les athlètes ayant atteint le plus haut niveau avaient globalement également de bons résultats en début de carrière. Les carrières individuelles des meilleurs athlètes à PyeongChang 2018 montraient cependant que plusieurs d'entre eux faisait partie des meilleurs seulement à partir d'environ 20 ans et que la progression des performances était plus régulière en distance qu'en sprint. Ces résultats pourraient intéresser la FIS et les fédérations nationales de ski de fond. Ils présentent en effet de nouvelles connaissances sur les points FIS et un outil pour comparer des athlètes avec les meilleurs, en fonction de leur âge, dans le cadre des sélections.

Mots-clé : performance, ski de fond, sport d'élite, sélection des athlètes, points FIS

Abstract

Title: Once at the top, always at the top? Development of cross-country athletes in the FIS ranking system.

Competition is fierce between nations on the International Ski Federation's (FIS) international cross-country ski competition circuit. The selection of athletes at the beginning of their careers and the choice of athletes sent to competitions such as the Olympic Games are complex. In this study, we aim to study the development of athletes in international competitions according to their age. One of the objectives is to determine if we can observe - at the beginning of their career - differences between athletes who have reached the highest level during their career (*once top 30*) and those who have not reached that level; for men and women and for distance and sprint. FIS points (distance and sprint) were chosen as a performance measure, and different models were defined to explain performance as a function of age. The results showed that the athletes at the highest level also performed in average well at the beginning of their careers. The individual careers of the best athletes at PyeongChang 2018, however, indicated that many of them were among the best only from around 20 years of age and that performance improvement was more steady in distance than in sprint. The results could be of interest to the FIS and the national cross-country ski federations. They present new knowledge on FIS points and a tool to compare athletes with the best, according to their age, in the context of selections.

Keywords : performance, cross-country, elite, athlete selection , FIS points

Proposition de citation : Renaud, A. & Kempf, H. (2019). *Une fois au top, toujours au top ? Evolution des athlètes dans le classement FIS de ski de fond*. Sports Economics Technical Report. Haute école fédérale de sport de Macolin HEFSM

Contact : anne.renaud(a)bfs.admin.ch ou hippolyt.kempf(a)baspo.admin.ch

Table des matières

1. Introduction	4
1.1 Système des points FIS	4
1.2 Objectifs de l'étude.....	4
1.3 Cadre	4
1.4 Application	5
2. Méthode	5
2.1 Population sous étude.....	5
2.2 Données.....	5
2.2.1 <i>Mesure de la performance</i>	5
2.2.2 <i>Âge</i>	6
2.2.3 <i>Classification des performances et des athlètes</i>	6
2.3 Analyse	7
2.3.1 <i>Analyse descriptive du développement</i>	7
2.3.2 <i>Modélisation du développement</i>	7
2.3.3 <i>Case studies</i>	7
3. Résultats.....	8
3.1 Points FIS	8
3.2 Age et performances.....	8
3.3 Athlètes <i>once top 30</i>	10
3.4 Modélisation du développement des athlètes.....	11
3.5 <i>Case study : PyeongChang 2018</i>	13
3.5.1 <i>Epreuves de distance (50 km messieurs / 30 km dames)</i>	13
3.5.2 <i>Epreuves de sprint (1.5 km messieurs / 1.5 km dames)</i>	14
3.5.3 <i>Epreuves intermédiaire (15 km messieurs / 10 km dames)</i>	15
3.6 <i>Case study : Cadre national suisse</i>	16
3.6.1 <i>Groupes d'entraînement</i>	16
3.6.2 <i>Athlètes suisses à PyeongChang 2018</i>	17
4. Discussion et conclusion	19
Références.....	21
Annexe A. Spécification des modèles	22
Annexe B. PyeongChang 2018	25
Annexe C. Cadre national Swiss ski	31

1. Introduction

Aux XXII^{es} Jeux olympiques d'hiver à PyeongChang 2018, les athlètes de 65 nations se sont qualifiés pour les épreuves de ski de fond mais les athlètes de seulement huit nations ont obtenu des médailles, et ceux de 16 nations des diplômes (top 8, rangs un à huit). La Norvège a dominé la compétition en obtenant 14 médailles sur les 37 distribuées (38%) ou encore 23 diplômes sur 96 (24%). La Suède avec la Russie et la Finlande se sont partagées 18 médailles (49%, 6, resp. 8 et 4) et 35 diplômes (36%, 14, resp. 12 et 9) (CIO, 2018). La concurrence est rude pour les nations telles la Suisse (1 médaille, 6 diplômes), la France (2 médailles, 5 diplômes), le Canada (aucune médaille, 5 diplômes) ou l'Allemagne (aucune médaille, 2 diplômes).

Les fédérations nationales sont confrontées aux questions de l'identification des talents et de la sélection des athlètes envoyés aux grands événements sportifs tels les Jeux Olympiques ou les championnats du monde. Elles observent le développement des performances, comparent les résultats avec d'autres nations (voir par exemple Schürer & Wilhelm, 2019 et Renaud & Kempf, 2019), ou encore procèdent à des mesures spécifiques telles le VO₂max afin de juger de l'état de leurs athlètes et définir un programme d'entraînement adéquat (Swiss Olympic, 2016). La sélection et le suivi des athlètes restent complexes et il y a un potentiel de développement de nouveaux outils d'aide à la décision.

1.1 Système des points FIS

La Fédération internationale de ski (FIS) a mis en place un système de classement des athlètes qui définit, pour chaque athlète, des points FIS distance et des points FIS sprint pendant la saison des compétitions. Ces points dépendent des résultats de l'athlète durant les douze derniers mois. Plus le nombre de points FIS est petit, meilleurs ont été les résultats. On notera que les points FIS sont également utilisés comme critère de qualification pour les compétitions internationales telles les Jeux Olympiques (Fédération internationale de ski, 2017). Les points FIS définissent une mesure de la performance des athlètes au niveau international. Ils établissent un classement international et ont l'avantage d'être disponibles pour tous les athlètes qui représentent leurs nations dans des compétitions internationales de ski de fond.

1.2 Objectifs de l'étude

La présente étude a comme objectif d'étudier le développement des athlètes dans le système des points FIS en fonction de leur âge. On s'intéressera notamment à la trajectoire des athlètes ayant atteint d'excellents résultats, en comparaison avec les athlètes qui sont restés plus bas dans les classements internationaux. Le développement est étudié pour les messieurs et les dames¹, dans les épreuves de distance et de sprint ; toutes nations confondues. On cherchera notamment à répondre aux questions suivantes : « les athlètes ayant atteint le plus haut niveau étaient-ils aussi les meilleurs au début de leur carrière ? » ou encore « A quel âge peut-on identifier les athlètes ayant le potentiel pour obtenir une médaille aux Jeux Olympiques ? » et « Cet âge est-il le même pour les dames et les messieurs, les épreuves de distance ou les épreuves de sprint ? ».

1.3 Cadre

Le projet s'intègre dans le concept cadre FTEM Suisse. Ce concept, développé à partir du système australien (Gulbin *et al*, 2013), décrit la carrière des athlètes dans le but d'optimiser leur développement vers le plus haut niveau des compétitions internationales telles les Jeux

¹ Dans ce rapport, nous utilisons les termes messieurs et dames, repris des documents de la FIS.

Olympiques et les championnats du monde. Il se base sur quatre domaines (*Foundations*, *Talent*, *Elite* et *Mastery*) subdivisés en dix phases découpant une carrière ; en partant du sport pour tous jusqu'à l'élite (Swiss Olympic, 2015). Chaque fédération est alors chargée de développer des instruments spécifiques pour l'identification des talents et la mise en place de soutiens et outils de promotions dans le cadre FTEM suisse. Dans cette étude, nous nous intéressons aux athlètes dans les domaines *Elite* et *Mastery*, c'est-à-dire au cadre national dans une des trois phases suivantes: *E1* « Représenter la Suisse » (sélection pour les compétitions internationales au plus haut niveau), *E2* « Réussir au niveau international » (médaillées lors des compétitions internationales au plus haut niveau) ou *M* « Fleuron de la spécialité sportive » (succès sur plus de 4 ans et dominateurs de leur spécialité sportive) (Swiss Olympic, 2015).

1.4 Application

Les résultats de l'étude pourraient intéresser la FIS et les fédérations nationales dans le sens de nouvelles connaissances sur le développement des athlètes dans les points FIS en fonction de l'âge. La Fédération suisse de ski (Swiss ski) et d'autres fédérations nationales pourraient également intégrer les résultats dans les processus de sélection des athlètes (outil de décision). Une idée serait par exemple de comparer le développement du cadre national avec le développement des athlètes ayant atteint le plus haut niveau – en fonction de l'âge.

2. Méthode

Pour répondre aux objectifs de l'étude, l'analyse était organisée en trois parties. La première partie a consisté en une étude descriptive du développement des points FIS selon l'âge. On cherchait notamment à identifier une possible « évolution type » des athlètes ayant obtenu le plus haut niveau durant leur carrière. La deuxième partie a permis de modéliser les points FIS en fonction de l'âge ; pour les athlètes ayant atteint le plus haut niveau et, également, pour les athlètes n'ayant pas atteint ce niveau. La troisième partie a mis en relation les résultats des deux premières parties avec le développement d'athlètes choisis tels les diplômés à PyeongChang2018 et des athlètes du cadre national suisse (*case studies*).

2.1 Population sous étude

Tous les athlètes – messieurs et dames – ayant participé aux compétitions internationales avec points FIS (distance et/ou sprint) dans les 19 saisons de compétitions 1999-2000 à 2017-2018 ont été intégrés dans l'étude. Le choix de cette période permet d'intégrer un large éventail d'athlètes et d'observer le développement des performances des athlètes actifs aux Jeux Olympiques de PyeongChang 2018 depuis le début de leur carrière.

2.2 Données

2.2.1 Mesure de la performance

La mesure de la performance a été définie par les points FIS (distance DI et sprint SP) de l'athlète en fin de saison. On notera que les points FIS peuvent prendre des valeurs entre zéro et environ 10'000. Les plus petites valeurs correspondent aux meilleures performances.

Les points FIS d'un ou une athlète (DI² et SP) dépendent de ses cinq meilleurs résultats sur les douze derniers mois. Après chaque compétition, l'athlète reçoit des points de compétitions. Ces points de compétitions sont déterminés par la FIS en fonction des résultats individuels ainsi que

² Des points distance (DI) sont distribués pour des courses à partir de 5 km pour les femmes et 10 km pour les hommes.

du niveau des compétiteurs. Ils sont utilisables pendant 365 jours. La moyenne des cinq meilleurs résultats sur les 12 derniers mois détermine les points FIS à un moment donné. Par conséquent, les points FIS évoluent pendant la saison de compétition, sans être influencés par les fluctuations mais en soulignant les tendances à plus long terme. Ils restent stables ou augmentent légèrement en cas de résultats en dessous des performances précédentes. Ils diminuent en cas d'amélioration des performances. On notera aussi que les points FIS ont la qualité d'être comparables entre les années car ils sont indépendants de l'amélioration globale des performances (notamment due au perfectionnement du matériel, des entraînements et de la technique). Les détails des règles de calcul des points FIS, notamment en cas d'impossibilité de participer aux compétitions pour raison de blessures, peuvent être consultés dans Fédération internationale de ski (2017).

Les données ont été extraites du site de la FIS (<https://data.fis-ski.com/cross-country/fis-points-lists.html>; extrait 20 mai 2018). Elles contenaient, par athlète et saison, les identifiant (Fis code, nom et prénom), trois variables sociodémographiques (sexe, date de naissance et nationalité), ainsi que les résultats de performance (points FIS et rang, pour la distance DI et le sprint SP). Les données contenaient également le nom du club (pas utilisé dans l'analyse).

Les résultats de chaque fin de saison ont été considérés pour l'analyse. La saison dure officiellement du 1^{er} juillet au 30 juin de l'année suivante. Nous avons donc pris en compte les classement fin juin. On notera encore que les données de fin de saison correspondaient – selon la saison – à la 4^e, 5^e, 6^e, 7^e ou 8^e liste publiée par la FIS.

Le jeu de données complet pour les saisons 1999-2000 à 2017-2018 contenait 125'061 observations (athlètes x saisons).

2.2.2 Âge

L'âge de l'athlète dans cette étude a été défini par son âge révolu au 31 décembre de l'année de début de saison (ex. au 31 décembre 2017 pour la saison 2017-2018). Comme exemple, un athlète né en 1986, avait 31 ans pour les points FIS de la saison 2017-2018 ($2017-1986=31$).

Tous les âges inférieurs à 15 ans (notamment les valeurs négatives provenant d'incohérences dans les données) ont été considérés comme non plausibles et mis à valeur manquante. De même, les enregistrements avec un âge supérieur à 45 ans ont été exclus de l'analyse.

Le fichier de données pour l'analyse contenait environ 121'000 observations avec indication de l'âge. Ces données concernaient environ 31'400 athlètes différents (20'050 messieurs et 11'350 dames).

On notera que les catégories d'âges de la FIS tiennent compte de l'âge révolu à la fin de l'année où finit la saison (Fédération internationale de ski, 2018). Les plus jeunes doivent avoir eu leur 16^e anniversaire avant la fin de l'année où finit la saison (ex. 16 ans avant le 31 décembre 2018 pour pouvoir participer à la saison 2017-2018). Ces jeunes avaient 15 ans dans notre analyse (état au 31 décembre 2017).

2.2.3 Classification des performances et des athlètes

Les performances de fin de saison des athlètes ont été classifiées en deux groupes: (1) *top 30* si le rang était inférieur ou égal à 30, et (2) *élite*, si le rang était supérieur à 30. Cette classification a été réalisée pour la distance DI et, respectivement, le sprint SP.

De plus, les athlètes ont été répartis en deux groupes selon leurs performances du début de leur carrière jusqu'à la fin de la saison 2017-2018 : (1) *once top 30* si l'athlète avait atteint le top 30 au moins une fois pendant sa carrière (*at least once top 30*), et (2) *never top 30* dans le cas inverse.

2.3 Analyse

2.3.1 Analyse descriptive du développement

Le développement des performances selon l'âge a été étudié pour les huit groupes d'athlètes formés par les messieurs (M) et les dames (L), selon les points FIS (distance DI, sprint SP) et le niveau de performance atteint dans leur carrière (*once top 30*, *never top 30*).

Les similitudes et différences entre les messieurs et les dames, entre la distance et le sprint, ainsi qu'entre *never top 30* et *once top 30*, ont été étudiées.

2.3.2 Modélisation du développement

Une modélisation des points FIS en fonction de l'âge a été réalisée pour les huit groupes d'athlètes, *i.e.* pour les messieurs et les dames, la distance et le sprint, et les athlètes *once top 30* et *never top 30*.

Une régression polynomiale a été appliquée aux données. Il s'agit d'une extension de la régression linéaire multivariée. La variable dépendante y était la mesure de performance (points FIS, distance, resp. sprint). La variable indépendante x était l'âge.

La spécification du modèle correspondait à un polynôme de degré d à définir :

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^d \beta_i x^i + \varepsilon$$

Le degré d a été déterminé après comparaison des modèles pour différentes valeurs de d . Cette comparaison a pris en compte le coefficient de détermination (R^2) et le test F pour les modèles imbriqués. La même valeur d a été utilisée pour tous les modèles.

Une fois les huit modèles choisis et les coefficients β correspondants estimés, le développement des athlètes *once top 30* a été comparé à celui des athlètes *never top 30* ; par sexe et type d'épreuve (distance et sprint) à l'aide de graphiques incluant les intervalles de prédiction du modèle correspondant.

Le logiciel R a été utilisé pour l'analyse et la représentation graphique des résultats de l'étude (R Core Team, 2017).

2.3.3 Case studies

Deux groupes d'athlètes ont été étudiés plus en détail. Le premier comportait les athlètes ayant obtenus un diplôme à PyeongChang 2018 (top 8) dans six épreuves différentes. Le deuxième incluait des athlètes du cadre national de Swiss Ski et la participation des Suissesses et Suisses à PyeongChang2018 dans les épreuves étudiées pour le premier groupe d'athlètes.

Le développement des athlètes dans les points FIS a été comparé aux modèles définis pour les athlètes au plus haut niveau (*once top 30*), par sexe et épreuve (DI et SP). Les caractéristiques des trajectoires individuelles (stabilité, niveau, âges clés) ont été également observées.

3. Résultats

3.1 Points FIS

Les points FIS avaient un comportement différent entre distance DI et sprint SP. Dans le Tableau 1 on note en effet que les points distance DI étaient en moyenne inférieurs et moins variables que les points sprint SP, surtout chez les messieurs. Sans surprise par contre, les moyennes des points FIS (DI et SP) pour les résultats dans le top 30 étaient clairement inférieurs aux moyennes globales car seuls les meilleurs athlètes sont considérés.

Tableau 1 : Statistique descriptive des points FIS distance (DI) et sprint (SP) par sexe (messieurs et dames) pour tous les enregistrements (athlète x saison) et les enregistrements des athlètes au moins une fois dans le top 30 (distance DI et sprint SP).

			<i>n</i>	moyenne	médiane	écart-type	<i>min</i>	<i>max</i>
Messieurs	FIS points DI	global	56'519	198.59	164.64	180.93	0	10'000
		<i>top 30 DI</i>	570	7.14	7.08	4.46	0	17.93
	FIS points SP	global	40'855	273.9	247.96	234.1	0	17'953
		<i>top 30 SP</i>	570	20.73	20.45	9.3	0	45.35
Dames	FIS points DI	global	30'397	225.30	194.49	184.38	0	10'000
		<i>top 30 DI</i>	572	19.62	20.61	11.28	0	39.38
	FIS points SP	global	23'336	300.17	279.88	214.52	0	10'000
		<i>top 30 SP</i>	571	25.54	26.47	11.34	0	50.37

3.2 Age et performances

Les 125'000 enregistrements (un par athlète et saison, arrondi) pour les fins de saisons 1999-2000 à 2017-2018 étaient répartis en 82'300 enregistrements pour les messieurs (66%) et 42'700 pour les dames (34%). Le nombre augmentait entre la saison 1999-2000 (1'305 enregistrements) et la saison 2017-2018 (11'120 enregistrements).

Comme on peut le voir dans le Tableau 2, l'âge moyen des athlètes dans le classement FIS étaient de 21.6 ans pour les messieurs et 20.5 ans pour les dames, avec un minimum à 15 ans (limite pour participer au classement FIS). Si on se concentre sur les résultats dans le top 30, on note que les athlètes étaient en moyenne plus âgés dans les épreuves de distance que dans celles de sprint (28.1, resp. 25.7, chez les messieurs et 27.6, resp. 26.0, chez les dames). On note également que la variabilité des âges dans le top 30 étaient un peu plus grande chez les dames que les messieurs (voir les valeurs des écarts-type). L'âge minimum pour le top 30 était 19 ans pour les messieurs et 18 pour les dames ; indépendamment du type de points (distance DI et sprint SP).

Tableau 2. Statistique descriptive des âges par sexe (messieurs et dames) pour tous les enregistrements (athlète x saison) et les enregistrements dans le top 30 (distance DI et sprint SP).

		<i>n</i>	moyenne	médiane	écart-type	<i>min</i>	<i>max</i>
Messieurs	global	79'202	21.6	20.0	5.6	15	45
	<i>top 30 DI</i>	570	28.1	28.0	4.0	19	42
	<i>top 30 SP</i>	570	25.7	25.0	3.2	19	36
Dames	global	41'801	20.5	19.0	4.9	15	45
	<i>top 30 DI</i>	572	27.6	27.0	4.5	18	42
	<i>top 30 SP</i>	571	26.0	26.0	3.8	18	41

La Figure 1 présente la distribution des âges des athlètes. On observe une nette différence de distribution entre l'ensemble des résultats et ceux dans le top 30. Les athlètes de moins de 20 ans étaient en effet très rares dans le top 30. Pour la distance, les âges les plus fréquents dans le top 30 étaient répartis entre 24 et 30 ans. Pour le sprint, le pic était plus étroit avec des âges autour de 24-27 ans chez les messieurs et 24-28 ans chez les dames. Les plus âgés dans le top 30 avaient, sauf exception, environ 38 ans pour la distance et 33 ans pour le sprint.

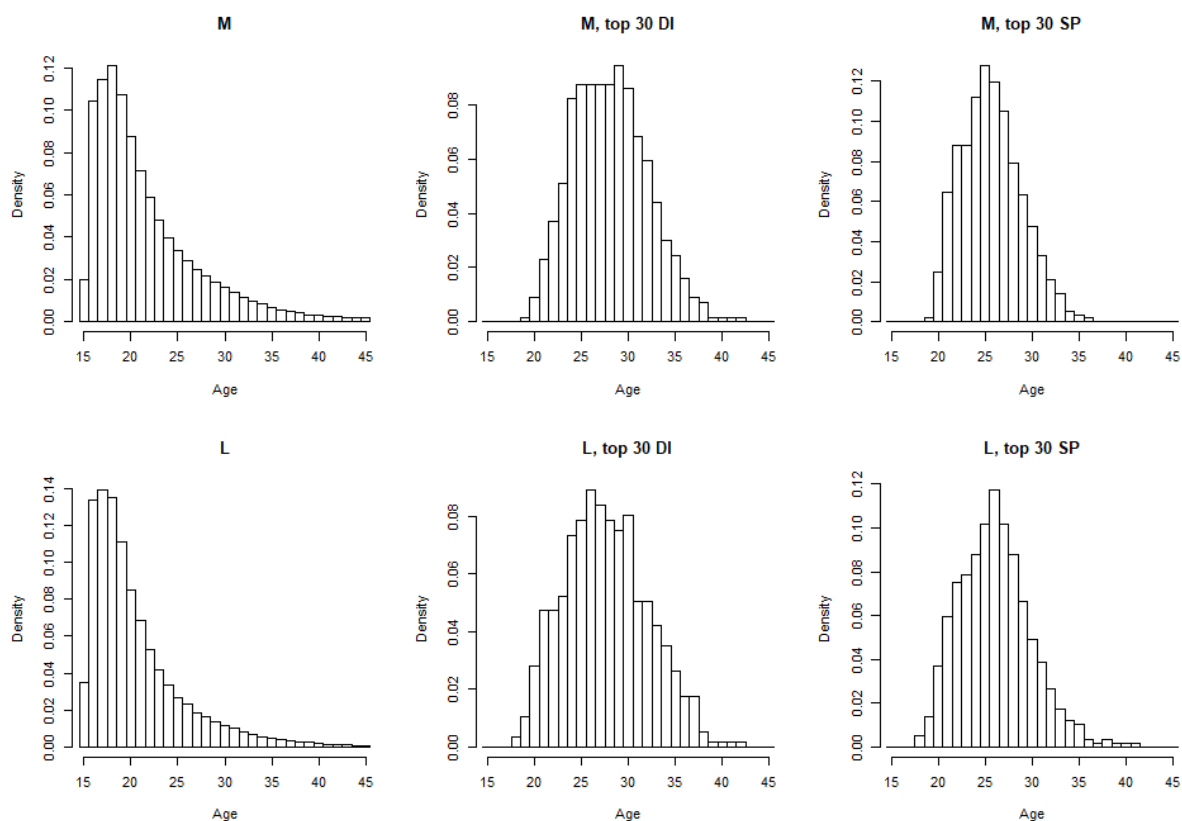


Figure 1: Histogramme des âges, pour les messieurs (M, haut), et les dames (L, bas), globalement puis pour les enregistrements dans le top 30 en distance (top 30 DI) et dans le top 30 en sprint (top 30 SP).

3.3 Athlètes *once top 30*

Sur la période considérée, 143 messieurs avaient au moins un résultat dans le top 30 en distance et 165 messieurs en sprint (*once top 30*). Chez les dames, les nombres étaient de 152 en distance et 134 en sprint. De plus, 48 messieurs et 77 dames étaient au moins une fois au top 30 dans la distance et le sprint.

Dans la Figure 2, on observe que les points FIS pour les athlètes *once top 30* se distinguaient du reste des athlètes par leurs petites valeurs. Par contre les nuages de points se recoupaient, surtout dans les résultats au début de carrière (env. 15 à 20 ans ; Figure 3).

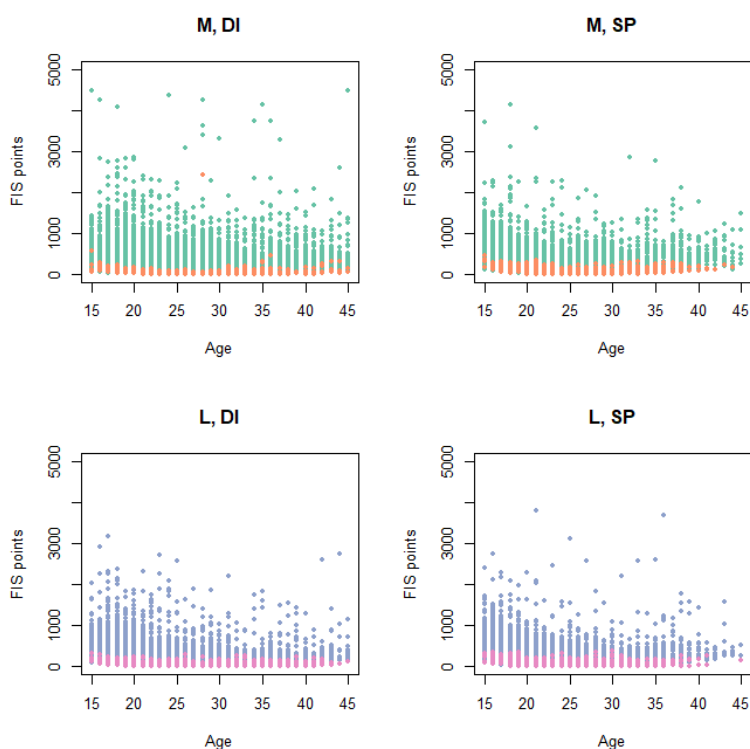


Figure 2: Points FIS pour athlètes *once top 30* pour la distance DI et le sprint SP respectivement (orange et rose) et athlètes n'ayant jamais atteint le top 30 (vert et bleu). Messieurs distance DI (haut, gauche), messieurs sprint SP (haut, droite)), dames distance DI (bas, gauche) et dames sprint SP (bas, droite).

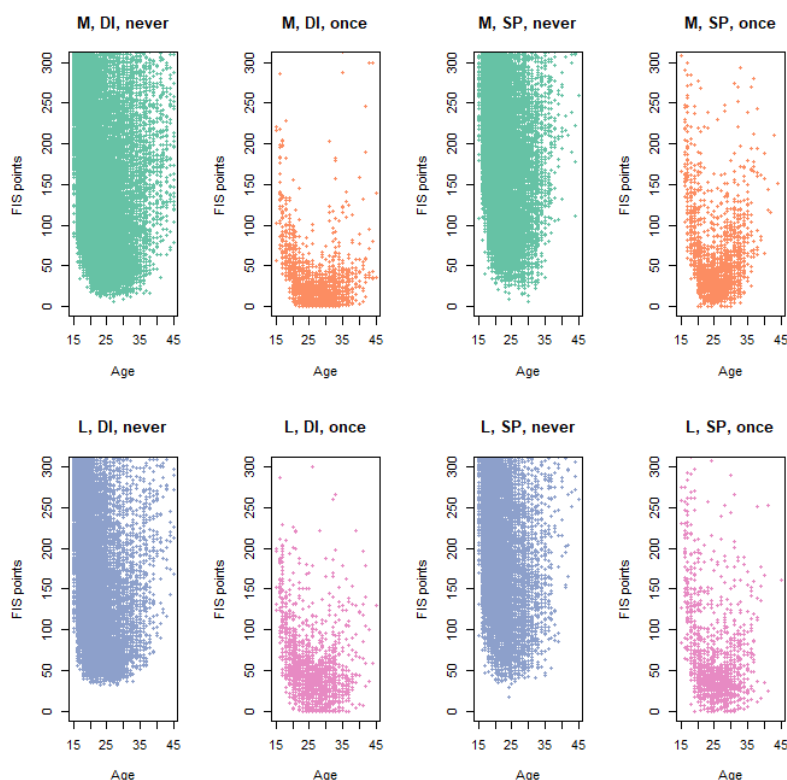


Figure 3: Points FIS pour athlètes *once top 30* pour la distance et le sprint respectivement (orange et rose) et, séparément, athlètes n'ayant jamais atteint le top 30 (vert et bleu). Ligne du haut : (1) messieurs distance *never top 30*, (2) messieurs distance *once top 30*, (3) messieurs sprint *never top 30*, (4) messieurs sprint *once top 30*. Ligne du bas : (1) dames distance *never top 30*, (2) dames distance *once top 30*, (3) dames sprint *never top 30*, (4) dames sprint *once top 30*.

3.4 Modélisation du développement des athlètes

La relation entre les points FIS et les âges a été modélisée pour les messieurs et les dames, la distance et le sprint, ainsi que pour les athlètes *once top 30* et *never top 30*.

Le degré du polynôme spécifiant les modèles a été fixé à 4 (voir détails dans l'Annexe A). Les huit modèles avaient donc la forme suivante :

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3 + \beta_4 x^4 + \varepsilon$$

, avec y les points FIS (DI, resp. SP) et x l'âge.

Parmi les modèles concernant les meilleurs athlètes (*once top 30*), le modèle pour les messieurs au sprint était le plus explicatif (43% de la variance) et celui pour les messieurs en distance le moins (13% de la variance). Chez les dames, la différence était moins marquée entre distance et sprint (30%, resp. 33%).

Comme on peut le voir sur la Figure 4, les modèles représentaient tous la même tendance générale de développement de carrière : une diminution des points FIS en début de carrière (amélioration des performances), suivie d'une stabilisation plus ou moins longue, puis d'une augmentation en fin de carrière (diminution des performances). De plus, on a observé une tendance claire aux bons résultats dès le début de carrière pour les athlètes atteignant le top 30 durant leur carrière.

On notera encore, qu'au vu de la distribution des âges dans les données, les modèles sont plus pertinents pour le début et le milieu de carrière que pour la fin de carrière. L'interprétation des résultats a donc été concentrée sur les âges entre 15 ans et env. 35 ans.

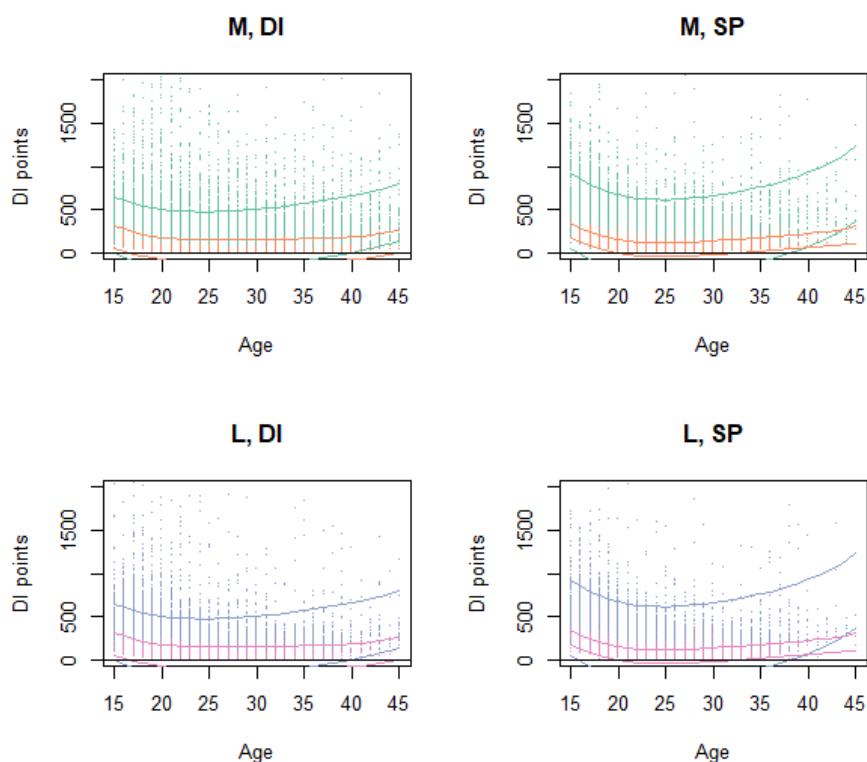


Figure 4: Points FIS en fonction de l'âge avec les intervalles de prédiction à 95% pour les modèles *once top 30* (orange et rose) et *never top 30* (vert et bleu). Messieurs distance DI (haut, gauche), messieurs sprint SP (haut, droite), dames distance DI (bas, gauche) et dames sprint SP (bas, droite).

La Figure 5 présente une comparaison des modèles *once top 30* pour les points distance DI et les points sprint SP. L'âge du début des meilleurs résultats commençait en moyenne vers 23 ans dans tous les cas (messieurs, dames, points DI et points SP). Par contre, la durée au plus haut niveau était clairement plus longue dans la distance que dans le sprint. Cette période durait en effet en moyenne plus de 10 ans en distance (env. 23 ans à 35 ans) et d'env. 5 ans en sprint (env. 23 à 28 ans). On note également que la différence entre distance et sprint était plus marquée chez les messieurs. De plus, la montée en puissance des messieurs en distance était moins concentrée que chez les dames (plus variable, intervalles plus larges).

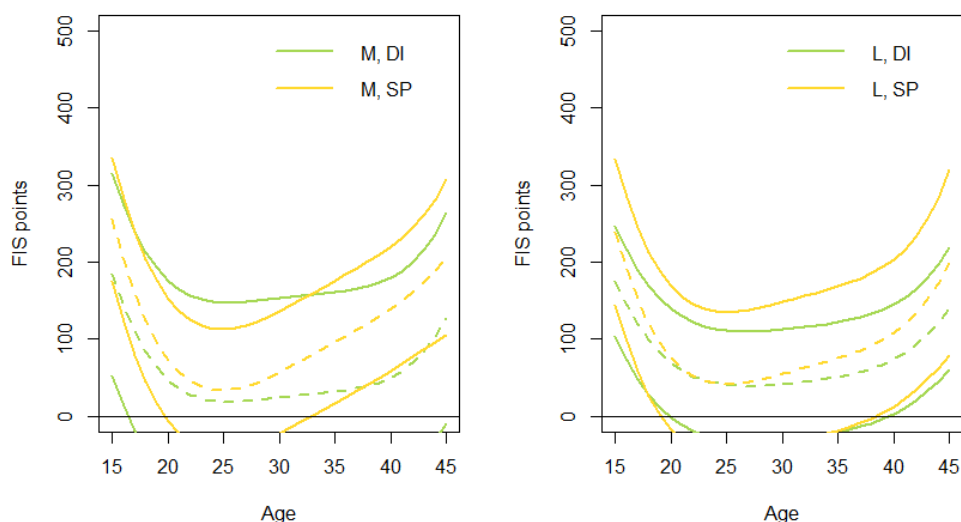


Figure 5: Intervalles de prédiction (lignes pleines) et valeur moyenne (lignes traitillées) pour les points FIS distance (DI) et sprint (SP) en fonction de l'âge, pour les messieurs (gauche) et les dames (droite) *once top 30*.

3.5 Case study : PyeongChang 2018

L'observation du développement des meilleurs athlètes mondiaux dans les points FIS permet d'étudier plus en détails des carrières exemplaires. A cet effet, nous avons sélectionné les athlètes avec un diplôme (top 8) à PyeongChang 2018 dans les épreuves olympiques suivantes : (1) 50 km classique messieurs, (2) 30 km classique dames, (3) sprint classique messieurs (1.5 km), (4) sprint classique dames (1.5 km), (5) 15 km libre messieurs, et (6) 10 km libres dames. La sélection comporte donc, pour les messieurs et les dames, une épreuve typique de la distance (50 km, resp 30 km), une épreuve typique du sprint (1.5 km), et une épreuve moins typée (15 km, resp. 10 km).

3.5.1 Epreuves de distance (50 km messieurs / 30 km dames)

La Figure 6 présente le développement des athlètes diplômés aux épreuves typiques de la distance (50 km, messieurs et 30 km dames) à PyeongChang 2018. Leurs capacités dans les épreuves de distance étaient clairement observées dans leur progression dans les points DI. On a en effet noté une grande régularité de progression dans les points DI et une plus grande variabilité dans les points SP, spécialement chez les messieurs. L'âge³ des diplômés de ces épreuves de distance était assez variable pour les messieurs (de 21 à 35 ans). Pour les dames, sept diplômées sur huit avaient moins de 30 ans (de 22 à 30 ans) et la huitième avait l'âge exceptionnel de 37 ans (Marit Bjørgen, NOR). Il est intéressant de relever que certains athlètes diplômés des épreuves de distance étaient hors de l'intervalle de prédiction des points DI – ou juste à la limite - au début de leur carrière (avant env. 19 ans). Voir Annexe B pour les détails par athlètes, notamment leur nationalité et leur rang.

³ Âge révolu au 31 décembre 2017.

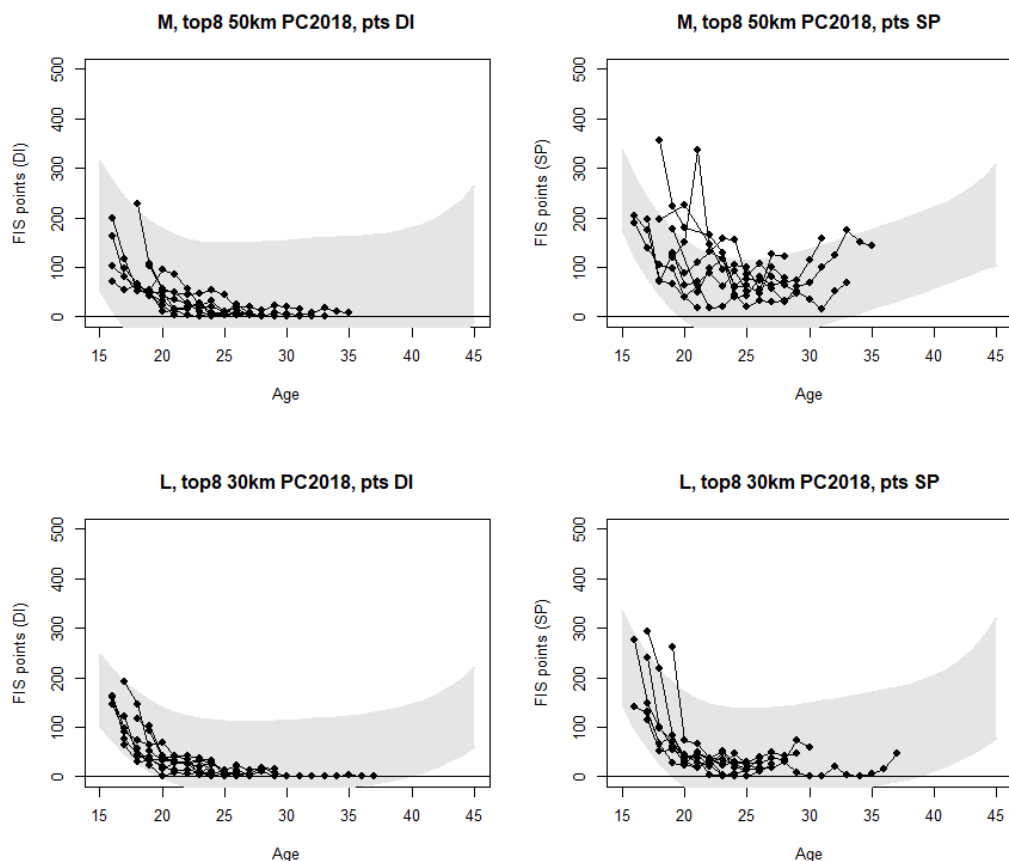


Figure 6: Développement des diplômés (top 8) du 50km classique (messieurs, haut) et du 30 km classique (dames, bas) à PyeongChang 2018, avec intervalle de prédiction pour les *once top 30*. Les points DI à gauche et les points SP à droite. Note : résultats jusqu'à la fin de la saison 2017-2018.

3.5.2 Epreuves de sprint (1.5 km messieurs / 1.5 km dames)

La Figure 7 présente le développement des athlètes diplômés aux épreuves typiques du sprint (1.5 km, messieurs et dames) à PyeongChang 2018. La progression de ces athlètes dans les points SP était plus rapide et moins régulière que celle observée dans les points DI pour les diplômés des épreuves de distance. Une bonne prédisposition était en général observée dans les points SP à partir de 20 ans ou même plus tard. Chez les messieurs, quelques athlètes avaient obtenu un diplôme alors même qu'ils n'étaient pas au mieux des points SP. Chez les dames, les points SP au moment de PyeongChang étaient plus homogènes.

A nouveau, plusieurs diplômés étaient hors de l'intervalle de prédiction des points SP au début de leur carrière, spécialement chez les messieurs (3 sur 8, *i.e.* plus que chez les diplômés des épreuves de distance). L'âge des diplômés de ces épreuves de sprint variaient de 21 à 29 ans pour les messieurs et 22 à 28 pour les dames.

Certains diplômés de ces épreuves typiques du sprint présentaient un potentiel pour un développement de carrière dans les épreuves de distances. Ces athlètes étaient en effet jeunes et montraient une progression régulière dans les points DI. Voir Annexe B pour les détails par athlètes, notamment leur nationalité et leur rang.

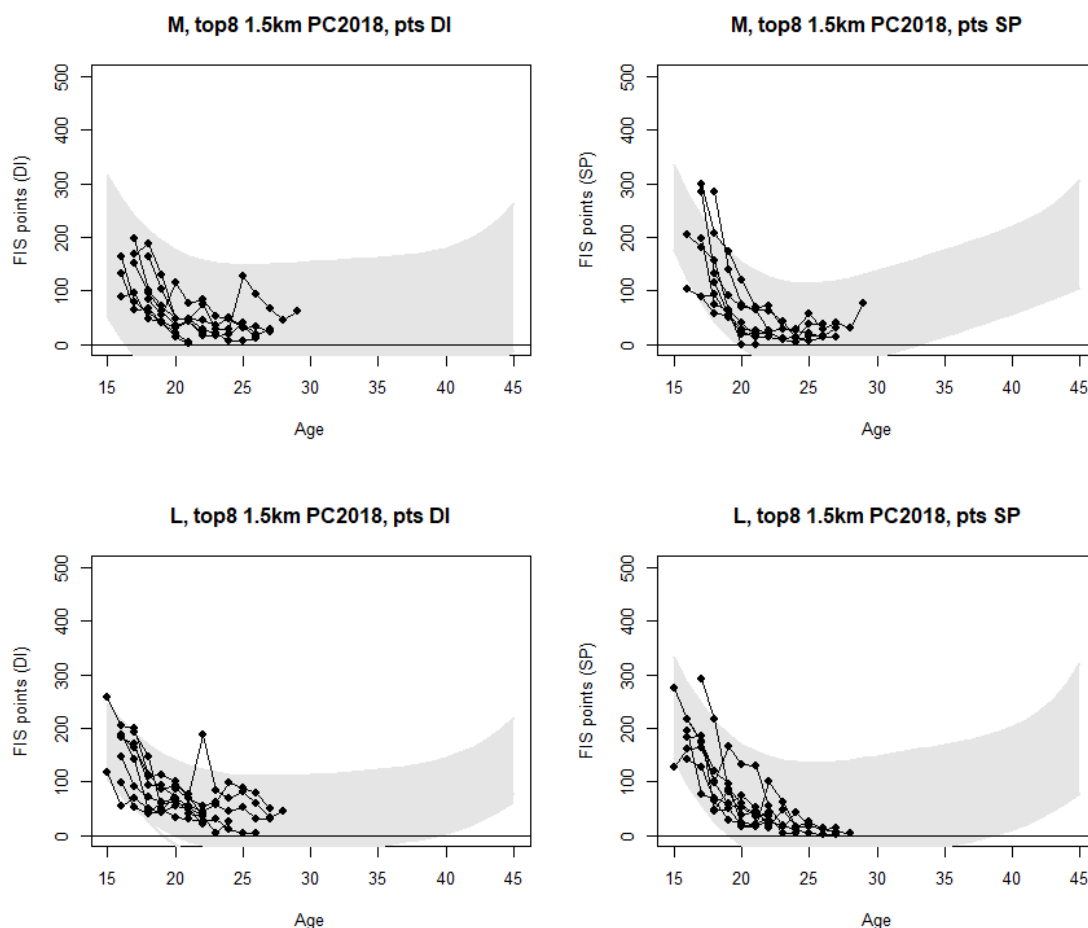


Figure 7: Développement des diplômés (top 8) du 1.5 km sprint classique (messieurs, haut ; dames, bas) à PyeongChang 2018, avec intervalle de prédiction pour les *once top 30*. Les points DI à gauche et les points SP à droite. Note : résultats jusqu'à la fin de la saison 2017-2018.

3.5.3 Épreuves intermédiaire (15 km messieurs / 10 km dames)

La Figure 8 permet de visualiser le développement des athlètes ayant obtenu les meilleures places dans les épreuves du 15 km messieurs et 10 km dames. Ces épreuves sont moins typées distance ou sprint mais le développement des athlètes dans le top 8 présentaient une similarité avec les meilleures athlètes dans les épreuves de distance. Leur développement dans les points sprint étaient beaucoup moins spécifique et plusieurs de ces athlètes étaient plutôt âgés en comparaison avec les diplômés des épreuves de sprint. Voir Annexe B pour les détails des développements des athlètes dans le top 8.

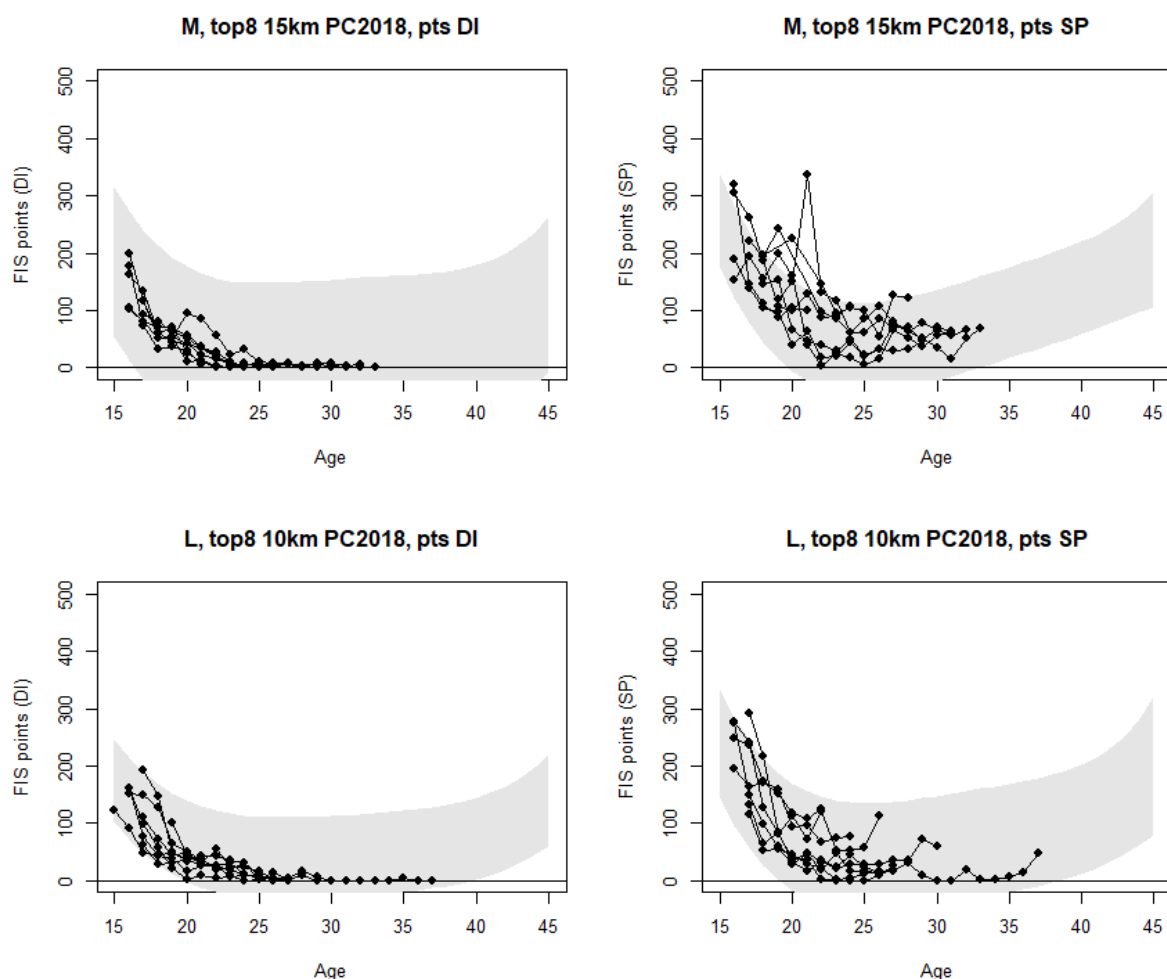


Figure 8. Développement des diplômés (top 8) à Pyong Chang 2018 pour les 15 km messieurs (haut) et 10 km dames (bas) et intervalle de prédiction pour les *once top 30*. Les points DI à gauche et les points SP à droite. Note : résultats jusqu'à la fin de la saison 2017-2018.

3.6 Case study : Cadre national suisse

Dans cette section, nous observons premièrement le développement des athlètes suisses de trois groupes d'entraînements de Swiss ski (TG1 et TG2 pour les messieurs et TG2 pour les dames). Deuxièmement, nous présentons l'évolution détaillée des athlètes suisses ayant participé aux six épreuves de PyeongChang 2018 sous revue (50 km/30 km, 1.5 km/1.5 km et 15 km/10 km).

La comparaison des résultats des membres du cadre national de Swiss ski avec les intervalles définis pour les athlètes ayant atteint le top 30 permet d'observer différents types de trajectoire selon les âges. On notera que les athlètes ont toujours un classement dans les points distance et sprint. Ils peuvent avoir une spécialisation pour l'un ou l'autre mais ils participent tous à des épreuves comptant pour les deux types de points (ex. Tour de ski).

3.6.1 Groupes d'entraînement

Dans la Figure 9, le premier groupe chez les messieurs présentait une grande régularité de progression dans la distance et une beaucoup plus grande variabilité dans le sprint. Cette tendance était aussi observée chez les dames, à l'exception de Laurien Van der Graaf (points

DI plus élevés que les autres dames du groupe). Cette dernière paraissait se spécialiser dans le sprint.

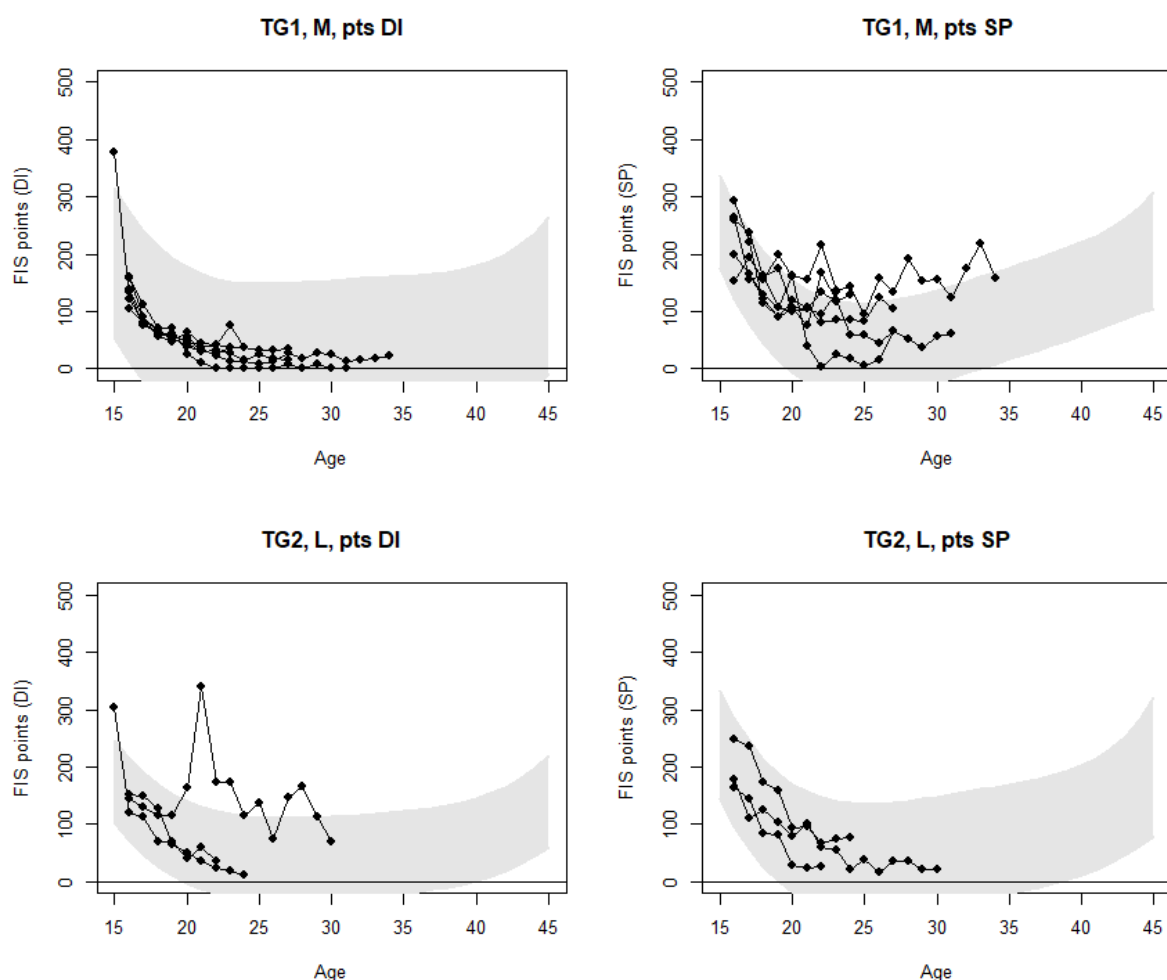


Figure 9. Développement du cadre national des messieurs (TG1, haut) et des dames (TG2, bas) et intervalles de prédiction pour les *once top 30*. Les points DI à gauche et les points SP à droite. Note : résultats jusqu'à la fin de la saison 2017-2018.

Voir l'Annexe C pour les résultats détaillés du cadre national suisse, y compris les athlètes plus jeunes faisant partie des groupes d'entraînement TG3 et TG4.

3.6.2 Athlètes suisses à PyeongChang 2018

A PyeongChang 2018, les Suisse/sses ayant participé aux épreuves de distance (50 km/30 km) et de sprint (1.5 km/1.5 km) n'avaient pas obtenu de diplôme (top 8). Par contre, Dario Cologna avait obtenu la médaille d'or en 15 km libre messieurs et Nathalie Von Siebenthal avait obtenu un diplôme avec le 6^e rang en 10 km libre dames.

En distance messieurs (50 km), le meilleur athlète suisse Dario Cologna avait clairement le potentiel d'être dans le top 8 et a obtenu le rang 9 (Figure 10, gauche). Les deux autres participants devraient probablement fortement progresser avant d'avoir cette possibilité. En distance dames (30 km), la seule athlète suisse ayant participé à l'épreuve, Nathalie Von

Siebenthal, avait obtenu de très bon résultats pour son âge (Figure 10, droite). Elle était arrivée 22^e à PyeongChang et a un développement prometteur dans les points DI.

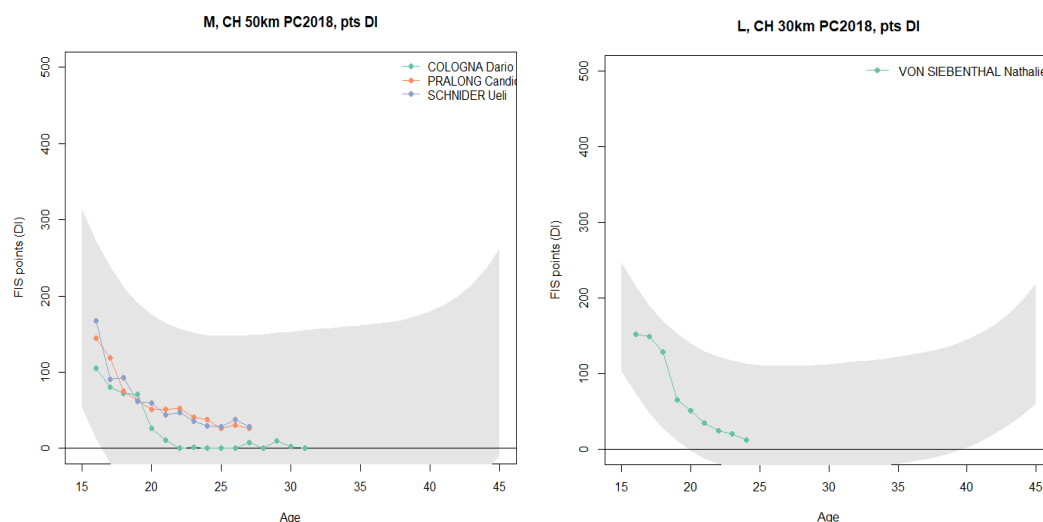


Figure 10. Développement des athlètes suisses à PyeongChang 2018 pour les 50 km/30 km avec les intervalles de prédiction pour les *once top 30*. Les messieurs à gauche et les dames à droite. Note : résultats jusqu'à la fin de la saison 2017-2018.

En sprint messieurs (1.5 km), tout était relativement ouvert au vu du développement des diplômés dans les points SP (Figure 11, gauche). Le meilleur athlète suisse Jovian Hediger avait une grande régularité et un développement se rapprochant des diplômés mais son niveau était légèrement moins bon. Il n'a pas été sélectionné pour la finale. En sprint dames (1.5 km), Nadine Fähndrich, encore très jeune (22 ans révolus fin 2017), était également prometteuse pour son âge et pourrait concurrencer avec les meilleures ces prochaines années (Figure 11, droite). Par contre Lauren Van der Graaf, 30 ans, était plus âgée que les diplômées de PyeongChang.

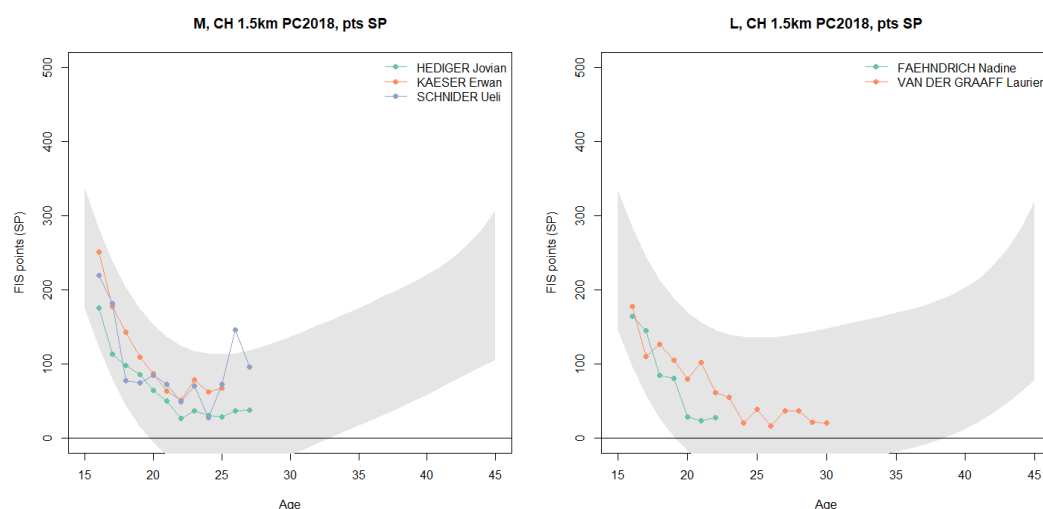


Figure 11. Développement des athlètes suisses à PyeongChang 2018 pour les 1.5 km/1.5 km avec les intervalles de prédiction pour les *once top 30*. Les messieurs à gauche et les dames à droite. Note : résultats jusqu'à la fin de la saison 2017-2018.

En 15 km messieurs, Dario Cologna, médaillé d'or, avait d'excellent points DI. Ses trois colistiers arboraient par contre un niveau de points DI légèrement moins bon et n'ont pas obtenus de diplôme (Figure 12, gauche). Toni Livers, 34 ans, était aussi plutôt âgé par rapport aux diplômés de cette épreuve. En 10 km dames, Nathalie Von Siebenthal affichait une belle progression et un haut niveau dans les points DI (Figure 12, droite). Elle fait partie des plus jeunes diplômées de cette épreuve et pourrait donc encore progresser dans les prochaines années, spécialement dans les épreuves de distance.

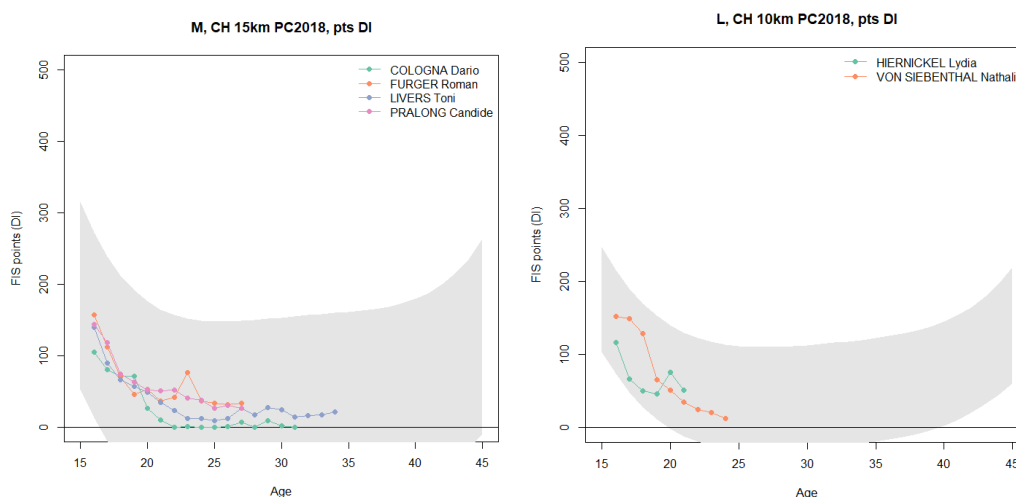


Figure 12. Développement des athlètes suisses à PyeongChang 2018 pour les 15 km/10 km, avec les intervalles de prédiction pour les *once top 30*. Les messieurs à gauche et les dames à droite. Note : résultats jusqu'à la fin de la saison 2017-2018.

Voir Annexe B pour les détails des développements des athlètes suisses en comparaison avec les diplômés de PyeongChang 2018.

4. Discussion et conclusion

La présente étude propose de nouvelles informations sur le développement des athlètes de ski de fond dans le système des points FIS, ainsi qu'un outil pour comparer des athlètes avec les meilleurs, en fonction de leur âge. Les résultats de la modélisation des points FIS pour les saisons 1999-2000 à 2017-2018 ont montré des différences de développement selon l'âge entre messieurs et dames, et surtout entre points distance et sprint. La comparaison du développement d'athlètes diplômés à PyeongChang 2018 avec le développement moyen des athlètes *once top 30* a permis d'apprécier la variabilité des trajectoires individuelles. Une grande régularité de progression semble exigée en distance (à partir d'env. 20 ans). Une plus grande variabilité peut exister en sprint. Une sélection trop tôt pourrait être contreproductive. Le développement des athlètes du cadre national suisse permet finalement d'avoir un regard rétroactif sur la participation suisse à PyeongChang 2018 et d'évaluer le potentiel des athlètes pour les prochaines années. Pour une utilisation future, ce potentiel devrait être confirmé par d'autres paramètres considérés importants chez Swiss ski.

Les résultats permettent de répondre à nos questions de recherche. Premièrement, les athlètes ayant atteint le plus haut niveau (*once top 30*) étaient effectivement en moyenne aussi les meilleurs au début de leur carrière. Par contre, nous avons observé une grande variabilité dans les développements. De plus, les diplômés à PyeongChang 2018 n'avaient pas tous de très

bons résultats avant env. l'âge de 20 ans ou même plus tard. L'idée de la glorieuse incertitude du sport et le dépassement de soi typique des Jeux Olympiques restent ainsi valables, surtout en sprint. Deuxièmement, le choix de l'âge à partir duquel on peut identifier des athlètes ayant le potentiel pour obtenir une médaille aux Jeux Olympiques ne devrait probablement pas être en dessus de 20 ans. Une sélection trop tôt semble contreproductive. D'autres dimensions devraient cependant être intégrées dans les critères de sélection des athlètes. L'utilisation du développement des points FIS uniquement serait certainement trop réductif. Troisièmement, nous n'avons pas observé de différence marquée dans l'âge de début du maximum de performance entre messieurs et dames. Par contre, la durée de la période la plus performante est clairement plus longue pour la distance (23-35 ans) que le sprint (23-28 ans).

L'étude a montré le potentiel d'utilisation des modèles de points FIS par âge. Elle comporte cependant quelques limitations. Premièrement, la spécification des modèles ne tient pas compte du fait que nous avons des séries temporelles (plusieurs données pour la même personne) et que les points FIS ne peuvent pas être négatifs. Par conséquent, les intervalles de prédiction sont plutôt conservateurs (plutôt larges). Deuxièmement, on notera que les modèles pour les athlètes *never top 30* ont été définis en incluant aussi les athlètes au début de leur carrière alors qu'une partie d'être eux dans le groupe *once top 30* dans le futur. Cet élément ne devrait pas avoir un grand effet sur nos résultats car nous mettons l'accent sur les modèles *once top 30*. Finalement, les données étant plus rares dans les âges les plus élevés, les modèles sont peu adaptés pour étudier les fins de carrières.

La méthode développée dans cette étude pourrait être étendue à d'autres sports de la FIS (ex. ski alpin). Les résultats sur les développements typiques des athlètes au plus haut niveau pourraient alors être comparés entre sports afin d'avoir de nouvelles évidences pour la sélection des athlètes dans une approche globale inter-sports. Un outil interactif serait probablement aussi le bienvenu pour comparer le développement d'athlètes choisis avec les meilleurs (athlètes *once top 30* et/ou diplômés aux Jeux Olympiques).

Références

Comité International Olympique [CIO] (2018). Finalists at the Winter Olympic Games since 1984 (Excel file)

Fédération internationale de ski (2017). *Rules for FIS cross-country points 2017-2018*, Edition November 2017

Fédération internationale de ski (2018). *The international ski competition rules (ICR). Book II cross-country*, Edition May 2018

Gulbin, J. P., Croser M. J., Morley E. J. & Weissensteiner, J. R. (2013). An integrated framework for the optimisation of sport and athlete development: a practitioner approach, *Journal of Sports Sciences*, 31 (12), 1319-1331, doi:10.1080/02640414.2013.781661

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing (Version 3.3.1), Vienna, Austria: R foundation for statistical computing, retrieved from <https://www.R-project.org/>.

Renaud, A. & Kempf H. (2019). *Résultats internationaux de ski de fond. Evolution de la compétition entre les nations de 2006 à 2019*. Sports Economics Technical Report, Haute école fédérale de sport de Macolin HEFSM

Schürer A. & A Wilhelm (2019) Analyse nationaler und internationaler Entwicklungstendenzen in der Sportart Skilanglauf, *Schriftenreihe Angewandte Trainingswissenschaft*, 14, 69-92

Swiss Olympic (2015). FTEM Suisse. Concept cadre pour le développement du sport et des athlètes en Suisse, Swiss Olympic

Swiss Olympic (2016). Manuel de diagnostic de performance, Swiss Olympic

Annexe A. Spécification des modèles

Dans le but de déterminer le degré du polynôme utilisé dans les modèles, nous avons estimé et comparé les modèles de degrés 3 à 6 pour les quatre sous-ensemble *once top 30* (messieurs et dames, distance et sprint). L'idée était de mettre la priorité sur les modèles pour les meilleurs athlètes.

La comparaison des modèles a permis de limiter le choix aux polynômes de quatre ou cinq degrés (voir Tableau A.1). En effet, le degré 4 était toujours statistiquement meilleur au degré 3, et le degré 6 n'était jamais statistiquement meilleur au degré 5 (voir les tests F).

Tableau A.1 : Comparaison de modèles pour le choix du degré du polynôme

Variables	Model M, DI, once top 30				Model M, SP, once top 30			
	Degré 3	Degré 4	Degré 5	Degré 6	Degré 3	Degré 4	Degré 5	Degré 6
Intercept	970.14***	2.60e3***	4.49e3**	8.50e3	1.80e3***	2.96e3***	5.43e3***	7.20e3
age	-89.44***	-3.36e2***	-6.95e2**	-1.61e3	-1.77e2***	-3.57e2***	-8.38e2***	-1.25e3
age2	2.70***	1.62e1***	4.28e1*	1.28e2	5.67e0***	1.59e1***	5.23e1***	9.15e1
age3	-0.026***	-3.44e-1***	-1.30e0	-5.43e0	-5.73e-2***	-3.08e-1***	-1.65e0**	-3.60e0
age4	-	2.74e-3***	1.95e-2	1.29e-1	-	2.23e-3***	2.65e-2**	7.95e-2
age5	-	-	-1.14e-4	-1.64e-3	-	-	-1.70e-4*	-9.27e-4
age6	-	-	-	8.65e-6	-	-	-	4.41e-6
F	79.13***	64.98***	52.41***	43.78***	437.5***	335.7***	270.5***	225.4***
R2	.12	.13	.13	.13	.42	.43	.43	.43
Model comparison		vs degré 3	vs degré 4	vs degré 5		vs degré 3	vs degré 4	vs degré 5
F-Test		p <.01***	p = .15	p = .41		p <.01***	p = .02*	p = .64
Variables	Model L, DI, once top 30				Model L, SP, once top 30			
	Degré 3	Degré 4	Degré 5	Degré 6	Degré 3	Degré 4	Degré 5	Degré 6
Intercept	866.41***	21.84e3***	3.88e3***	5.32e3	1.50e3***	2.97e3***	3.86e3**	-3.39e3
age	-76.87***	-2.27e2***	-6.18e2***	-9.51e2	-1.44e2***	-3.74e2***	-5.46e2*	1.14e3
age2	2.29***	1.07e1***	4.00e1***	7.12e1	5.59e0***	1.77e1***	3.07e1	-1.29e2
age3	-0.022***	-2.23e-1***	-1.29e0**	-2.82e0	-4.66e-2***	-3.68e-1***	-8.44e-1	7.04e0
age4	-	1.76e-3***	2.07e-2**	6.18e-2	-	2.87e-3***	1.14e-2	-2.02e-1
age5	-	-	-1.31e-4**	-7.08e-4	-	-	-5.93e-5	2.96e-3
age6	-	-	-	3.30e-6	-	-	-	-1.74e-5
F	228.1***	178.2***	144.5***	120.4***	216.2***	169.9***	136.0***	114.0***
R2	.29	.30	.31	.31	.32	.33	.33	.34
Model comparison		vs degré 3	vs degré 4	vs degré 5		vs degré 3	vs degré 4	vs degré 5
F-Test		p <.01***	p = .01**	p = .60		p <.01***	p = .44	p = .09

Le degré 4 a été choisi pour tous les modèles *once top 30*. Un degré pair permettait en effet de modéliser une réduction des points FIS suivie par une stabilisation puis une augmentation.

On notera encore que les résidus indiquaient une faiblesse des modèles du côté des plus grands âges (résidus s'éloignant de la normalité). Nous en avons tenu compte lors de l'interprétation des résultats.

Une analyse complémentaire pour les athlètes *never top 30* a montré que les modèles de degrés 3 à 6 avaient des coefficients de détermination (R2) très petits (exemple 0.08 pour M, DI). Le R2 ne pouvait être renforcé qu'avec une grande augmentation du degré du polynôme.

On se trouvait donc dans un cas de potentiel surapprentissage (*overfitting*). Finalement, le degré 4 a été choisi pour ces modèles également afin de modéliser un développement du type amélioration-stabilité-détérioration et ainsi avoir un modèle moyen crédible.

Les modèles finaux utilisés pour tous les graphiques sont présentés dans les Tableaux A.2 et A.3

Tableau A.2. Modèles finaux pour les messieurs.

Variables	Model M, <i>once top 30</i>		Model M, <i>never top 30</i>	
	DI	SP	DI	SP
Intercept	2.60e3***	2.96e3***	2.12e3***	4.03e3***
age	-3.36e2***	-3.57e2***	-2.29e2***	-4.68e2***
age2	1.62e1***	1.59e1***	9.62***	2.09e1***
age3	-3.44e-1***	-3.08e-1***	-1.77e-1***	-4.20e-1***
age4	2.74e-3***	2.23e-3***	1.29e-3***	3.31e-3***
F	64.98***	335.7***	1130***	1286***
R2	.13	.43	.08	0.17

Tableau A.3. Modèles finaux pour les dames.

Variables	Model L, <i>once top 30</i>		Model L, <i>never top 30</i>	
	DI	SP	DI	SP
Intercept	1.84e3***	2.97e3***	1.63e3***	2.07e3***
age	-2.27e2***	-3.74e2***	-1.63e2***	-1.69e2***
age2	1.07e1***	1.77e1***	6.81**	4.71
age3	-2.23e-1***	-3.68e-1***	-1.34e-1*	-3.73e-2
age4	1.76e-3***	2.87e-3***	1.14e-3*	-1.96e-5
F	178.2***	169.9***	519.7***	1034***
R2	.30	.33	.07	.16

Les intervalles de prédiction des quatre modèles *once top 30* sont spécifiés dans le Tableau A.4.

Tableau A.4. Intervalles de prédiction à 95% pour les modèles *once top 30*

Age	Messieurs DI		Messieurs SP		Dames DI		Dames SP	
	low95	up95	low95	up95	low95	up95	low95	up95
15	52.9	314.7	174.8	336.1	103.3	246.8	144.4	333.9
16	13.1	272.6	122.8	282.5	73.2	215.6	96.9	284.7
17	0	238.9	79.4	238.4	48.1	189.9	57.9	244.9
18	0	212.3	44	202.8	27.5	169.2	26.4	213.2
19	0	191.6	15.7	174.4	11.0	152.6	1.7	188.4
20	0	176.0	0	152.6	0	139.6	0	169.5
21	0	164.6	0	136.3	0	129.6	0	155.6
22	0	156.6	0	124.8	0	122.1	0	146.0
23	0	151.5	0	117.5	0	116.9	0	139.8
24	0	148.6	0	113.8	0	113.3	0	136.5
25	0	147.4	0	113	0	111.2	0	135.4
26	0	147.5	0	114.5	0	110.2	0	136.1
27	0	148.4	0	118.1	0	110.0	0	138.0
28	0	149.9	0	123.1	0	110.5	0	140.9
29	0	151.6	0	129.2	0	111.4	0	144.3
30	0	153.4	0	136.2	0	112.6	0	148.1
31	0	155.1	0	143.7	0	114.1	0	152.1
32	0	156.7	0	151.5	0	115.8	0	156.1
33	0	158.2	0.8	159.6	0	117.7	0	160.3
34	0	159.6	8.8	167.7	0	119.8	0	164.5
35	0	161.2	16.8	175.9	0	122.2	0	168.8
36	0	163.0	24.9	184.1	0	125.1	0	173.6
37	0	165.4	33	192.4	0	128.6	0	179.0
38	0	168.6	41.3	201.0	0	132.8	0	185.3
39	0	173.1	49.8	210.1	0	138.2	4.1	193.1
40	0	179.3	58.6	220.0	2.4	144.9	12.4	203.0
41	0	187.9	67.8	231.2	10.4	153.5	22.3	215.7
42	0	199.6	77.3	244.5	20.1	164.5	34	232.3
43	0	215.2	87	260.8	31.6	178.5	47.3	254.1
44	0	235.9	96.5	281.2	45.2	196.5	62.3	282.7
45	0	263.2	105.5	307.1	60.6	219.4	78.7	319.8

Note : Les valeurs négatives ont été remplacées par zéro.

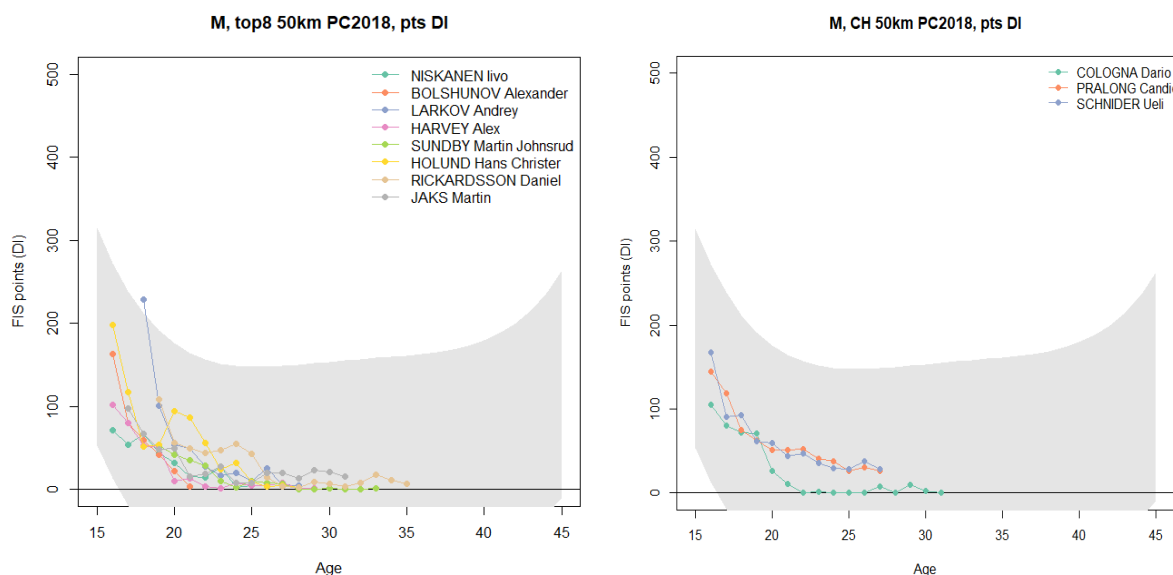
Annexe B. PyeongChang 2018

Dans cette annexe, nous présentons le développement d'athlètes ayant représenté leurs nations aux Jeux olympiques d'hiver à PyeongChang 2018. Il s'agit (1) des athlètes dans le top 8 de six compétitions aux Jeux Olympiques de PyeongChang 2018, ainsi que (2) les participants suisses à ces mêmes compétitions.

Le choix des épreuves (*events*) a été fait comme suit : (1) deux épreuves typique de la distance (50 km classique messieurs et 30 km classique dames), (2) deux épreuves typique du sprint (sprint classique messieurs 1.5 km, sprint classique dames 1.5 km), et (3) deux épreuves moins typées (15 km libre messieurs et 10 km libre dames).

Les intervalles de prédiction sont ceux des modèles *once top 30* correspondant. Résultats jusqu'à la fin de la saison 2017-2018.

50 km classique messieurs

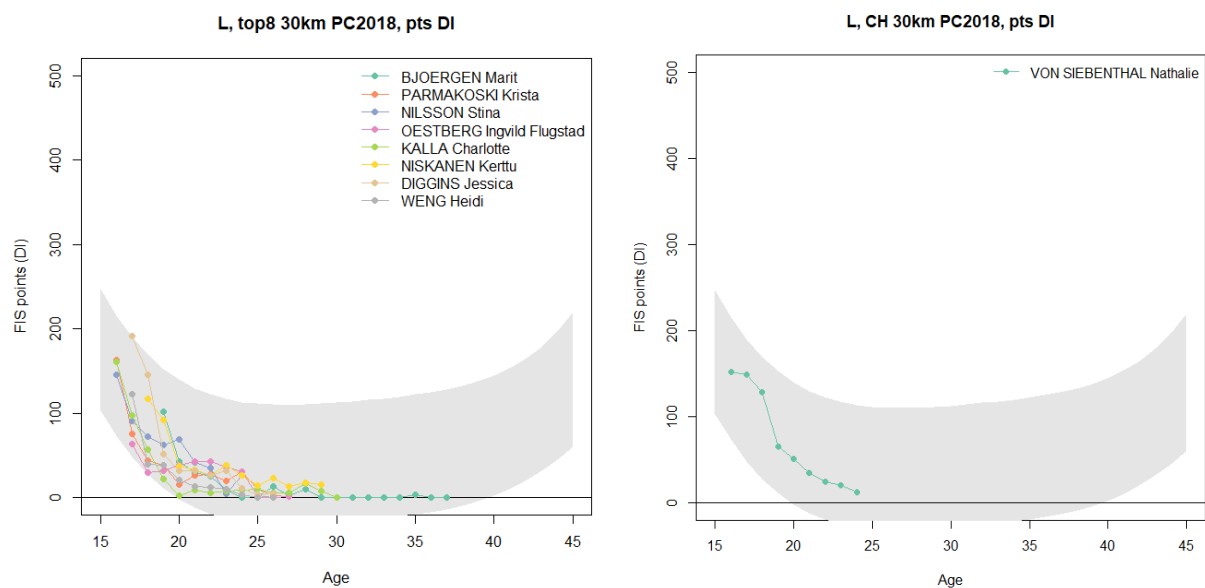


	Groupe	Gender	lastfirst2018	NOC	Rank
9	M_DI	M	NISKANEN Iivo	FIN	1
10	M_DI	M	BOLSHUNOV Alexander	OAR	2
11	M_DI	M	LARKOV Andrey	OAR	3
12	M_DI	M	HARVEY Alex	CAN	4
13	M_DI	M	SUNDBY Martin Johnsrud	NOR	5
14	M_DI	M	HOLUND Hans Christer	NOR	6
15	M_DI	M	RICKARDSSON Daniel	SWE	7
16	M_DI	M	JAKS Martin	CZE	8

	Groupe	Gender	lastfirst2018	NOC	Rank
4	M_DI_CH	M	COLOGNA Dario	SUI	9
5	M_DI_CH	M	PRALONG Candide	SUI	31
6	M_DI_CH	M	SCHNIDER Ueli	SUI	45

Note: utilisation des points DI dans les figures.

30 km classique dames

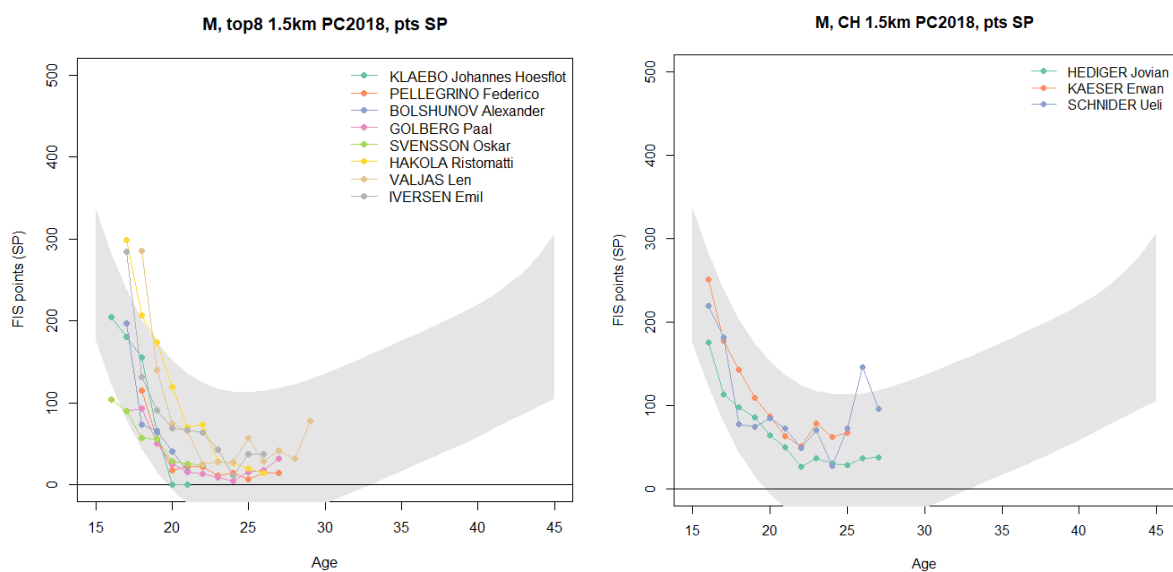


	Groupe	Gender		lastfirst2018	NOC	Rank
1	L_DI	L		BJOERGEN Marit	NOR	1
2	L_DI	L		PARMAKOSKI Krista	FIN	2
3	L_DI	L		NILSSON Stina	SWE	3
4	L_DI	L	OESTBERG	Ingvid Flugstad	NOR	4
5	L_DI	L		KALLA Charlotte	SWE	5
6	L_DI	L		NISKANEN Kerttu	FIN	6
7	L_DI	L		DIGGINS Jessica	USA	7
8	L_DI	L		WENG Heidi	NOR	8

	Groupe	Gender		lastfirst2018	NOC	Rank
1	L_DI_CH	L	VON SIEBENTHAL	Nathalie	SUI	22

Note: utilisation des points DI dans les figures.

Sprint classique messieurs 1.5 km

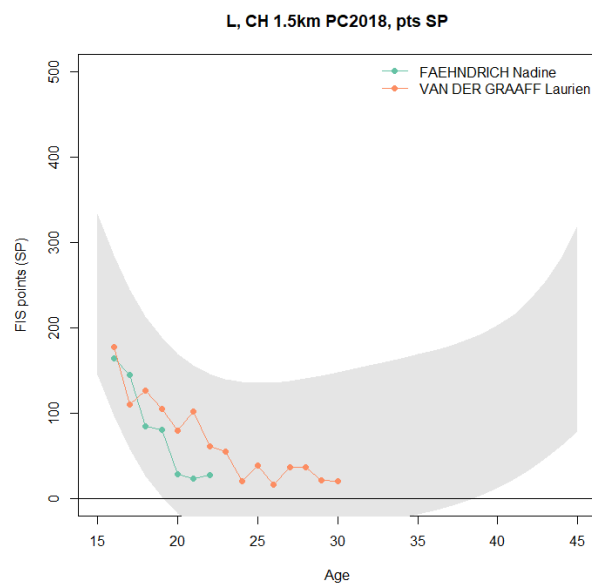
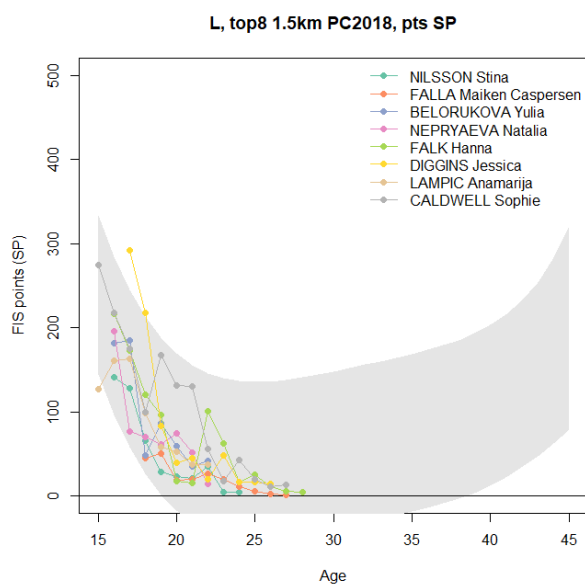


	Groupe	Gender	lastfirst2018	NOC	Rank
17	M_SP	M	KLAEBØ Johannes Hoesflot	NOR	1
18	M_SP	M	PELLEGRINO Federico	ITA	2
19	M_SP	M	BOLSHUNOV Alexander	OAR	3
20	M_SP	M	GOLBERG Paal	NOR	4
21	M_SP	M	SVENSSON Oskar	SWE	5
22	M_SP	M	HAKOLA Ristomatti	FIN	6
23	M_SP	M	VALJAS Len	CAN	7
24	M_SP	M	IVERSEN Emil	NOR	8

	Groupe	Gender	lastfirst2018	NOC	Rank
7	M_SP_CH	M	HEDIGER Jovian	SUI	quart-finale-4
8	M_SP_CH	M	KAESER Erwan	SUI	qualif-40
9	M_SP_CH	M	SCHNIDER Ueli	SUI	qualif-51

Note: utilisation des points SP dans les figures.

Sprint classique dames 1.5 km

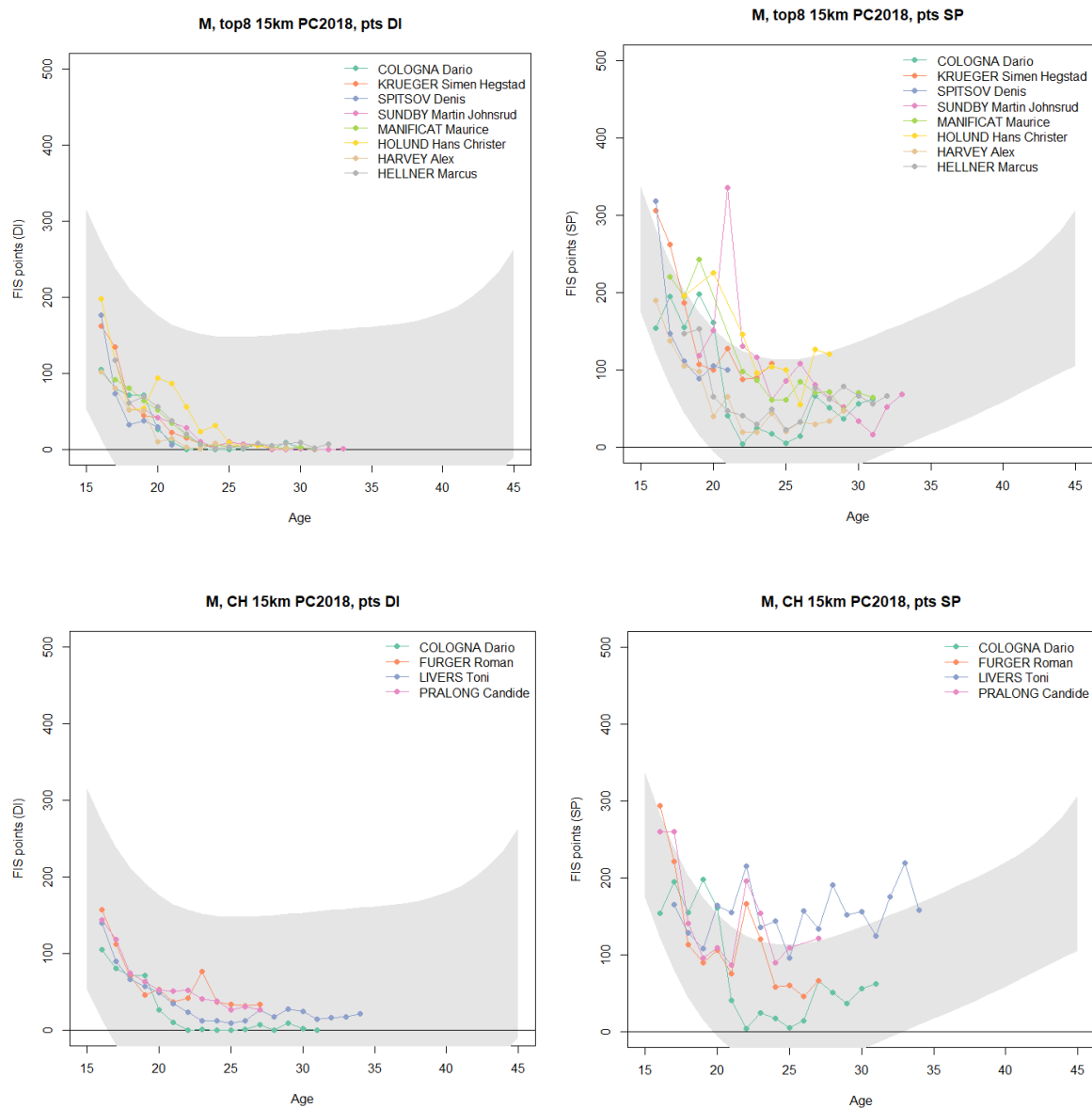


Groupe	Gender		lastfirst2018	NOC	Rank
25	L_SP	L	NILSSON Stina	SWE	1
26	L_SP	L	FALLA Maiken Caspersen	NOR	2
27	L_SP	L	BELORUKOVA Yulia	OAR	3
28	L_SP	L	NEPRYAEVA Natalia	OAR	4
29	L_SP	L	FALK Hanna	SWE	5
30	L_SP	L	DIGGINS Jessica	USA	6
31	L_SP	L	LAMPIC Anamarija	SLO	7
32	L_SP	L	CALDWELL Sophie	USA	8

Groupe	Gender		lastfirst2018	NOC	Rank
2	L_SP_CH	L	FAEHNDRIK Nadine	SUI	quart-finale-4
3	L_SP_CH	L	VAN DER GRAAFF Laurien	SUI	demi-finale-5

Note: utilisation des points SP dans les figures.

15 km libre messieurs

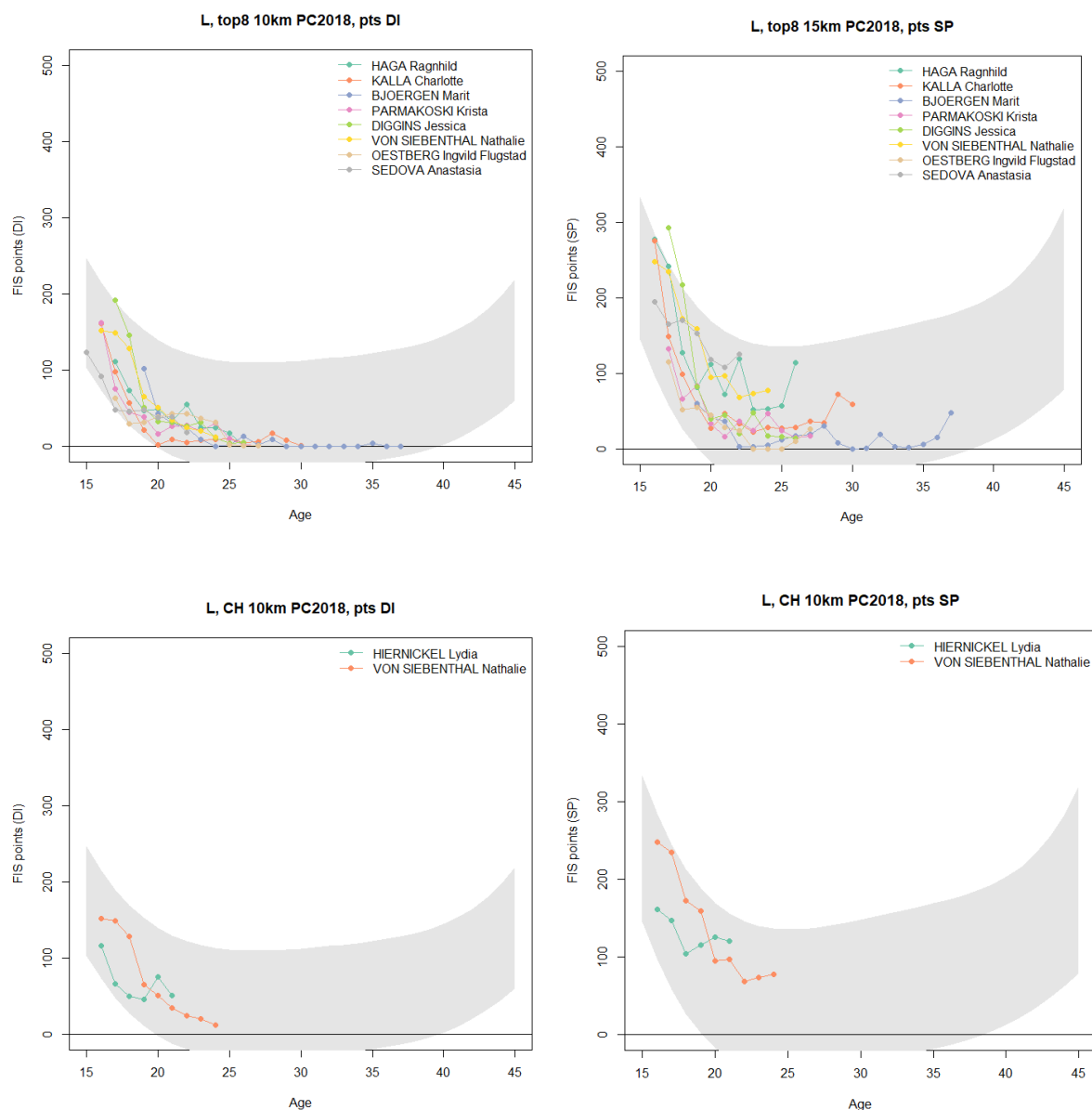


	Groupe	Gender	lastfirst2018	NOC	Rank
41	M_15	M	COLOGNA Dario	SUI	1
42	M_15	M	KRUEGER Simen Hegstad	NOR	2
43	M_15	M	SPITSOV Denis	OAR	3
44	M_15	M	SUNDBY Martin Johnsrud	NOR	4
45	M_15	M	MANIFICAT Maurice	FRA	5
46	M_15	M	HOLUND Hans Christer	NOR	6
47	M_15	M	HARVEY Alex	CAN	7
48	M_15	M	HELLNER Marcus	SWE	8

	Groupe	Gender	lastfirst2018	NOC	Rank
10	M_15_CH	M	COLOGNA Dario	SUI	1
11	M_15_CH	M	FURGER Roman	SUI	12
13	M_15_CH	M	LIVERS Toni	SUI	34
14	M_15_CH	M	PRALONG Candide	SUI	50

Note: utilisation des points DI (gauche) et SP (droite) dans les figures.

10 km libre dames



	Groupe	Gender	lastfirst2018	NOC	Rank
33	L_10	L	HAGA Ragnhild	NOR	1
34	L_10	L	KALLA Charlotte	SWE	2
35	L_10	L	BJOERGEN Marit	NOR	3
36	L_10	L	PARMAKOSKI Krista	FIN	3
37	L_10	L	DIGGINS Jessica	USA	5
38	L_10	L	VON SIEBENTHAL Nathalie	SUI	6
39	L_10	L	OESTBERG Ingvid Flugstad	NOR	7
40	L_10	L	SEDOVA Anastasia	OAR	8

	Groupe	Gender	lastfirst2018	NOC	Rank
12	L_10_CH	L	HIERNICKEL Lydia	SUI	49
15	L_10_CH	L	VON SIEBENTHAL Nathalie	SUI	6

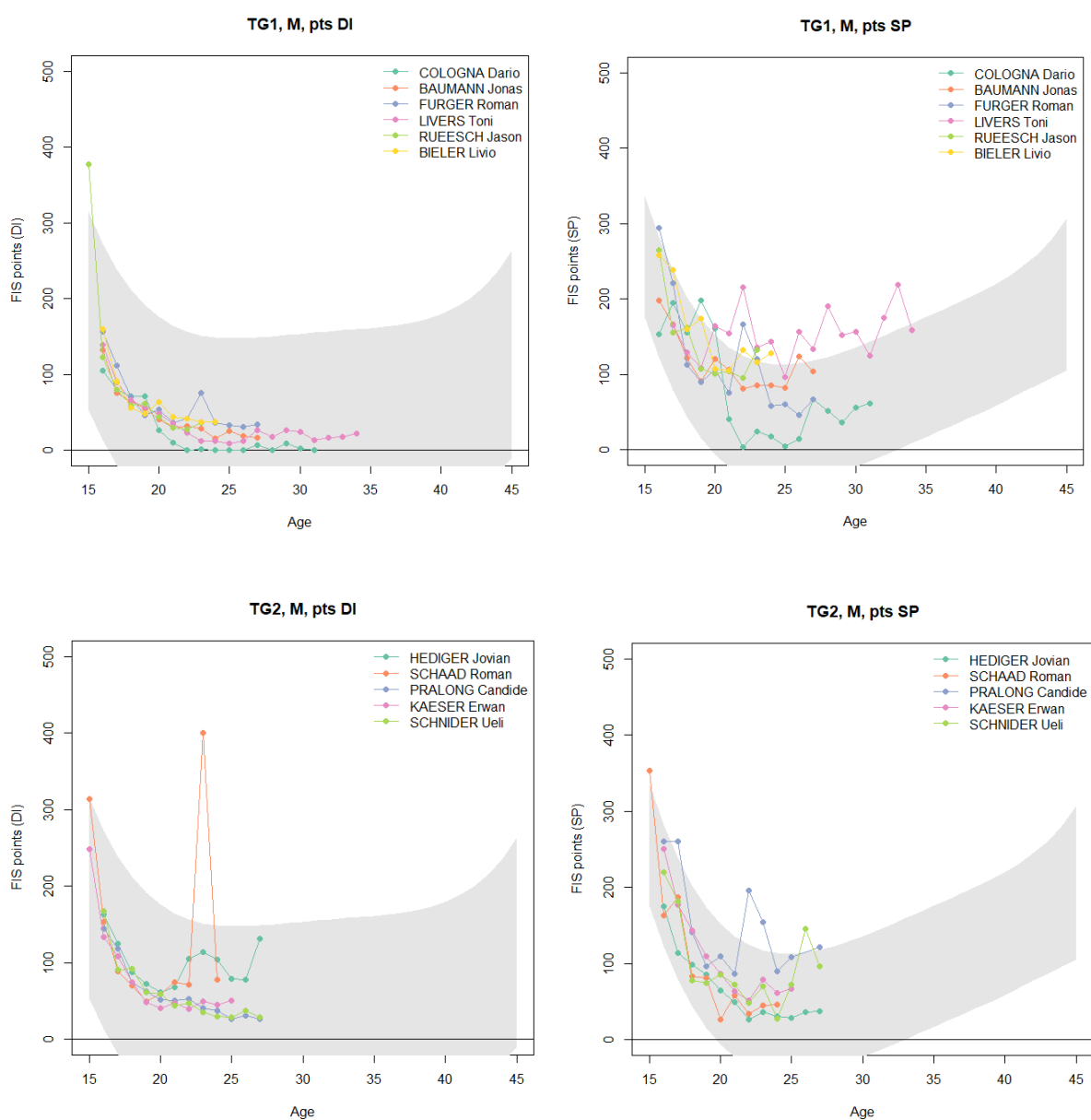
Note: utilisation des points DI (gauche) et SP (droite) dans les figures.

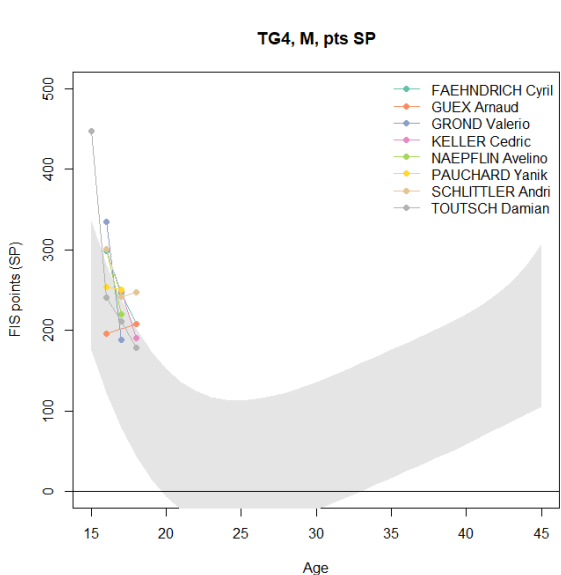
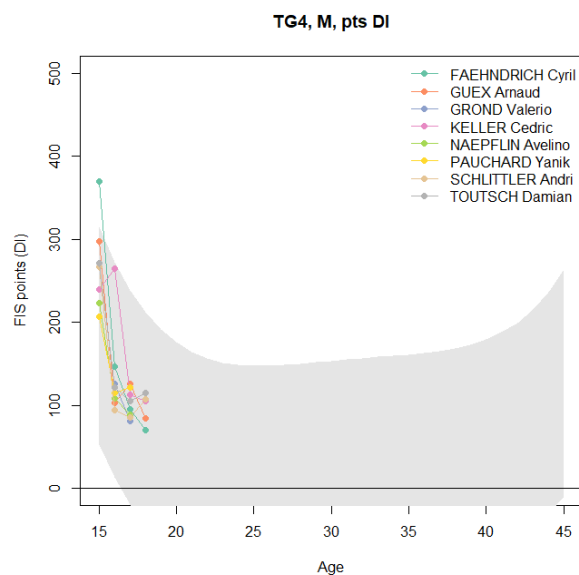
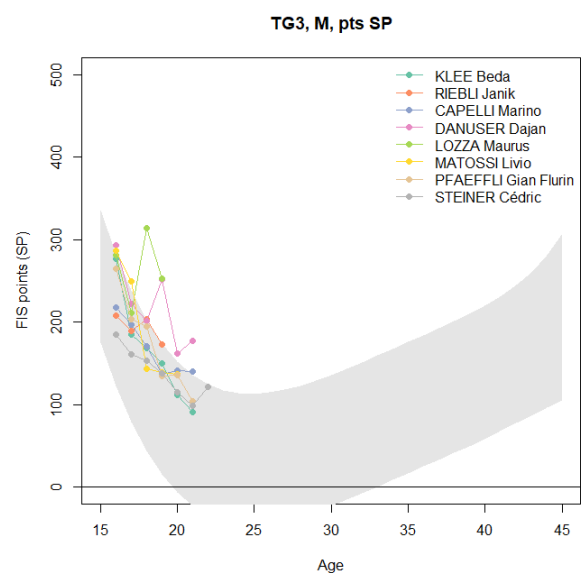
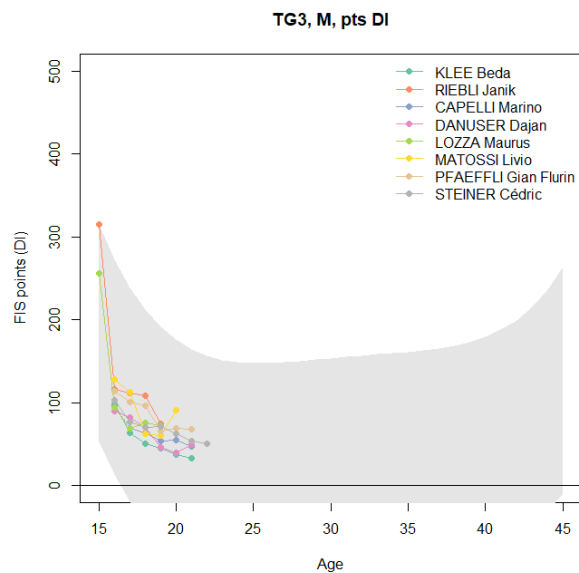
Annexe C. Cadre national Swiss ski

Dans cette annexe, nous présentons le développement d'athlètes du cadre national (état au 31.7.2018). Nous nous sommes concentrés sur les groupes d'athlètes suivants (classification Swiss ski) : (1) groupe d'entraînement 1 messieurs (TG1, M), (2) groupe d'entraînement 2 messieurs (TG2, M) et (3) groupe d'entraînement 2 dames (TG2, F). Pour chaque groupe, nous présentons le développement dans les points distance (DI) et les points sprint (SP). Les intervalles de prédiction sont ceux des modèles *once top 30* correspondant.

Note : Résultats jusqu'à la fin de la saison 2017-2018.

Messieurs





Dames

