

**L'INTENSITE COMPETITIVE APPLIQUEE AU CYCLISME :  
MODELISATION ET IMPACTS POTENTIELS SUR L'ORGANISATION DES COURSES  
PROFESSIONNELLES**

Benjamin Cabaud  
Vélo Club Dolois  
15 rue Ferdinand de Rye  
39100 Dole  
ben.cabaud@hotmail.fr

Nicolas Scelles  
Faculty of Health Sciences and Sport  
University of Stirling  
Pathfoot Building, FK9 4LA, Stirling, UK  
nicolas.scelles@stir.ac.uk

Aurélien François  
CETAPS EA 3832  
Université de Rouen  
Boulevard Siegfried, 76821 Mont-Saint-Aignan  
aurelien.francois@univ-rouen.fr

## **L'INTENSITE COMPETITIVE APPLIQUEE AU CYCLISME : MODELISATION ET IMPACTS POTENTIELS SUR L'ORGANISATION DES COURSES PROFESSIONNELLES**

**Résumé :** L'équilibre compétitif est un concept ayant fait l'objet de nombreux travaux en économie du sport. Depuis peu, il a été complété par celui d'intensité compétitive. Toutefois, ces notions ont été développées essentiellement pour les sports collectifs. Cet article propose un modèle de l'intensité compétitive adapté au cyclisme. Partant du constat que la performance individuelle est celle qui importe le plus dans ce sport, le modèle appréhende trois éléments générateurs d'intensité compétitive dans le contexte de courses par étape : l'incertitude pour le classement général, l'incertitude pour la victoire d'étape et les rebondissements offensifs. Après avoir détaillé les calculs pour chacun de ces trois éléments, l'intensité compétitive de deux étapes au profil similaire est comparée afin de faire ressortir des facteurs créateurs d'incertitude. L'extension de cette approche est susceptible d'aider les organisateurs dans les choix des parcours à privilégier.

**Mots-clés :** Equilibre compétitif, Intensité compétitive, Cyclisme professionnel, Grands Tours.

**Abstract:** Competitive balance is a concept having led to numerous studies in sports economics. Recently, it has been completed by the concept of competitive intensity. Nevertheless, these notions have been developed essentially for team sports. This article suggests a model of competitive intensity adapted to cycling. Based on the fact that individual performance is the most important in this sport, the model takes into account three elements which generate competitive intensity in the context of stage races: uncertainty for the general classification, uncertainty for the stage victory and attacks. After having detailed the calculations for each of these three elements, the competitive intensity of two stages with similar profile is compared so as to identify some factors which create uncertainty. The extension of this approach can help organisers in their choices for the routes to be favoured.

**Keywords:** Competitive balance, Competitive intensity, Professional road cycling, Grands Tours.

## **Introduction**

Le concept d'équilibre compétitif (EC) introduit par Rottenberg (1956) se situe au fondement même de l'économie du sport professionnel. Tirant ses racines dans les sports collectifs professionnels majeurs aux Etats-Unis, l'EC postule la nécessaire recherche, par les organisateurs de compétitions, d'un équilibre des forces entre les équipes composant les ligues. Cette recherche d'incertitude du résultat doit ainsi permettre d'augmenter l'intérêt du téléspectateur/spectateur constituant le socle de base des revenus générés en matière de billetterie, droits télé, sponsoring...

Plus récemment, les prolongements théoriques de l'EC ont conduit Kringstad et Gerrard (2004) à introduire la notion d'intensité compétitive (IC) liant l'incertitude du résultat aux enjeux sportifs. Selon leurs travaux, au-delà de l'équilibre d'un match ou d'un championnat, l'IC tient compte des différents enjeux (champion, qualification pour une compétition continentale, relégation...), ce qui offre une vision plus complète de l'attractivité du spectacle sportif proposé. Dans la continuité, Scelles (2009) a perfectionné le modèle d'IC en intégrant notamment les rebondissements en cours de compétition. L'objectif d'un tel modèle est d'identifier les règles ou les formats de compétition maximisateurs de l'IC tout en tenant compte des contraintes auxquelles sont soumis les organisateurs. A titre d'exemple, l'article de Scelles et Durand (2010) sur les différents formats de Coupe du Monde de la FIFA montre que le design actuel est plus approprié que ses prédécesseurs pour générer de l'IC tout en respectant certaines contraintes (nombre minimum de matchs par équipe, respect du mérite sportif – ne pas qualifier une équipe classée 3<sup>e</sup> sur 4 dans sa poule pour le tour suivant – et lisibilité – éviter les interdépendances entre poules). Si la FIFA a modifié plusieurs fois son format de compétition avec probablement l'objectif de maximiser l'IC, il n'est pas certain qu'elle n'ait pas eu recours à un indicateur permettant de la mesurer objectivement. C'est ce manque que proposent de combler les travaux sur l'IC.

Alors que les études portant sur l'EC ont longtemps concerné les seuls sports collectifs, des transpositions dans les sports individuels ont depuis peu été réalisées dans le tennis (Du Bois &

Heyndels, 2007) ou encore le cyclisme professionnel (Andreff, 2013, 2015). En revanche, celles sur l'IC sont quasiment inexistantes. Notre terrain d'investigation, le cyclisme professionnel apparaît pourtant pouvoir se prêter à une telle analyse en raison de la diversité des enjeux existants dans les courses à étapes. Les organisateurs de compétitions cyclistes professionnelles disposent notamment d'un levier permettant d'influencer directement le déroulement de la course : le tracé du parcours de l'épreuve. Mignot (2013), dont le travail s'est focalisé sur le Tour de France, montre ainsi que la société Amaury Sport Organisation (ASO) joue sur cette variable pour maximiser ses profits au même titre que les modifications de règlement (barèmes d'attribution de points dans les classements annexes) ou encore le nombre de coureurs et d'équipes engagés... Les organisateurs de courses cyclistes semblent donc, au-delà du tracé de l'épreuve, disposer de beaucoup de moyens pour maximiser l'IC justifiant plus largement l'intérêt porté à sa modélisation et offrant des pistes d'exploration futures quant à son application dans le cyclisme professionnel.

Pour parvenir à l'objectif de modélisation de l'IC, cet article se décompose en trois parties. Après avoir détaillé l'IC dans les sports collectifs et envisagé les éléments à considérer pour son application au cyclisme (1), nous proposons une méthode de son calcul adaptée au cyclisme et basée sur différents éléments internes à la course (2). En fin d'article, un exemple de son application est proposé afin de montrer des utilisations concrètes et l'intérêt que peut avoir cette modélisation pour l'organisation de courses cyclistes professionnelles (3).

## **1. Tentatives de développement du concept d'intensité compétitive dans le cyclisme**

### **1.1. Au-delà de l'équilibre compétitif : l'intensité compétitive**

Le concept d'IC tire ses racines dans celui de l'EC dont les premières modélisations ont été appliquées aux sports collectifs. L'EC a fait l'objet d'un tel intérêt que les ligues professionnelles américaines ont opté pour des systèmes visant à (ré)équilibrer le niveau de chaque équipe au cours d'une saison ou entre deux saisons pour maintenir un EC optimal. Dès lors, nombre de travaux du champ se sont attelés à produire des indicateurs servant à calculer l'homogénéité d'un championnat

ou non. A titre d'exemple, celui utilisé par Quirk et Fort (1992) et Fort et Quirk (1995), connu comme la mesure Noll-Scully, calcule le rapport entre l'écart-type du nombre de victoires obtenues par les équipes d'un championnat et l'écart-type du nombre de victoires obtenues par les équipes dans le cas d'un championnat parfaitement équilibré, en tenant compte du nombre de matchs. Il est effectué a posteriori, et se base sur les victoires obtenues par chaque équipe sur la saison. Une multitude d'autres études sur l'EC ont été réalisées à l'aide d'indicateurs très variés mais toujours basés sur les résultats sportifs : victoires, classement, nombre d'équipes encore en course pour le titre...

Malgré l'étendue de la littérature du concept, l'EC a également dû faire face à des critiques de la part d'un certain nombre de chercheurs. D'abord dans leur dimension interne, en plus de la difficulté à s'entendre sur l'indicateur de mesure de l'EC, les critiques portent sur l'absence de validation empirique du concept ne permettant pas d'affirmer avec certitude l'existence d'une corrélation positive entre EC et demande de spectacles sportifs (Borland et Macdonald, 2003)<sup>1</sup>. Ensuite dans leurs dimensions externes, ces critiques invitent à la réflexion quant à l'interprétation de l'EC, concept né dans les ligues fermées nord-américaines de sports collectifs, dans les ligues ouvertes européennes (Andreff, 2009). Ces controverses entourant le concept d'EC ont conduit des chercheurs à développer, de façon complémentaire, celui d'IC considérant l'impact des enjeux sportifs quant au degré de compétitivité d'une ligue professionnelle (Kringstad et Gerrard, 2004). L'IC a ainsi été mobilisée dans plusieurs travaux, notamment de chercheurs francophones, dans l'optique de dépasser ainsi les limites de l'EC (Bouvet, 2011 ; Scelles, 2009 ; Scelles, 2011 ; Scelles & Durand, 2012). Dans un de ces travaux, l'IC a d'ailleurs fait l'objet d'un développement dans le cadre des sports collectifs aboutissant à une première modélisation opérée par Scelles (2009) tenant compte des trois éléments suivants : les enjeux sportifs, l'incertitude du résultat et les rebondissements (Figure 1).

**Insérer Figure 1**

Si l'IC peut s'appliquer aussi bien sur un match ou sur un championnat, les développements de l'IC intra-match (ICIM) issus de ce premier travail de modélisation sont particulièrement intéressants pour le cas de notre présente étude<sup>2</sup>. L'ICIM retient ainsi 3 critères :

- le nombre de points que prendront les deux équipes au championnat (enjeu de la confrontation) ;
- l'écart au score (permet-il un rebondissement rapide ?) ;
- le nombre de fois où les points marqués potentiellement par les deux équipes au classement du championnat varient.

Deux indicateurs sont alors retenus pour le calcul de l'ICIM (Figure 2) :

- le pourcentage de temps de jeu avec possibilité de fluctuation rapide de l'état du score ;
- la moyenne des fluctuations de l'état du score : les rebondissements sont-ils fréquents en cours de match ?

### **Insérer Figure 2**

Les différents calculs entrepris pour calculer l'IC demeurent dans la continuité des méthodes utilisées pour calculer l'EC. L'intérêt d'un tel modèle est d'estimer si chaque match est susceptible d'intéresser les (télé)spectateurs, et par la suite de tirer des conclusions sur les éléments générateurs d'intérêt pour un championnat. Les organisateurs peuvent comparer l'EC et l'IC des différents formats de compétition, ce qui permet de les perfectionner dans le but d'augmenter l'intérêt pour la compétition et de facto les revenus ainsi générés.

#### 1.2. De la difficulté d'adapter l'intensité compétitive en cyclisme

Si le cyclisme a fait l'objet de nombreuses études physiologiques ou sociologiques<sup>3</sup>, rares sont les travaux à s'être intéressés aux concepts d'EC et d'IC. En matière d'EC, Andreff (2013), dans une contribution pionnière, admet que l'une des raisons réside dans la difficulté même d'évaluer l'équilibre ou non des grandes courses cyclistes professionnelles. En prenant l'exemple du Tour de France, cet auteur relève plusieurs mesures pertinentes du calcul d'EC laissant toutefois planer le doute sur la meilleure façon de parvenir à s'arrêter sur l'un deux :

- un indicateur d'écart entre le vainqueur et son dauphin, utilisé également par Mignot (2013) ;
- un indicateur d'EC temporel basé sur la récurrence ou l'absence d'un même vainqueur du Tour de France au fil des ans ;
- d'autres indicateurs se basant sur le collectif à travers l'écart entre les temps moyens réalisés par chaque équipe et l'écart entre le nombre de points cumulés au classement UCI par les coureurs de chaque équipe.

Il n'est, dès lors, pas surprenant que les travaux sur l'IC dans le cyclisme, prenant appui sur ceux d'EC, aient été encore plus rares puisque, dans notre revue de littérature, seule une publication embryonnaire semble avoir été publiée sur le sujet (Cabaud et al., 2015). Ce constat tient en grande partie au fait que la performance est autrement plus difficile à envisager en cyclisme que dans le cas de sports collectifs où cette dernière est généralement mesurée à travers le résultat admettant trois issues possibles (victoire/nul/défaite) dans le plus complexe des cas. Au-delà des victoires d'étapes et de celle du classement général, la multiplication des différents enjeux (symbolisés par les différents maillots) ainsi que les différents classements (individuels vs d'équipes) rend, en effet, la performance en cyclisme bien plus complexe à mesurer ce que tend à montrer la diversité des indicateurs pour le calcul d'EC suggérés ci-dessus et basés à la fois sur les performances individuelles et collectives. Les travaux sur la performance sportive en cyclisme vont d'ailleurs dans ce sens dans la mesure où s'ils s'intéressent à la performance individuelle des coureurs, les principaux modèles de performance n'omettent toutefois pas de considérer les stratégies collectives comme participant à sa réalisation. Cela est vrai y compris pour les travaux physiologiques tels que ceux d'Olds (1998) ayant proposé un modèle mathématique quantifiant les facteurs de succès d'une échappée. Parmi les facteurs identifiés, le modèle ainsi créé s'appuie sur le nombre de coureurs présents dans le groupe échappé comme variable pour analyser l'effet de « drafting » (aspiration créée par le coureur qui précède). Au-delà de cette variable, ce sont surtout les différents types de coopération conduisant les coureurs à profiter de l'aspiration et de l'avantage collectif pour

atteindre leurs objectifs qui apparaissent comme déterminant central du succès d'une échappée. Albert (1991), dans un travail de nature sociologique, a ainsi tenté de décrypter les différentes combinaisons possibles au sein de groupes cyclistes en mettant en avant la complexité des coopérations entre coureurs au regard de l'antagonisme entre lutte et coopération.

Les travaux en économie du sport, plus proches du notre, vont également dans ce sens. A l'exception de quelques modèles n'intégrant pas explicitement les stratégies collectives (Sterken, 2005 ; Cherchye & Vermeulen, 2006), la plupart le font. Torgler (2007) par exemple, en comparant les variables susceptibles d'influer sur la performance individuelle dans le Tour de France, aboutit à la conclusion que celles favorisant significativement la performance, outre les caractéristiques physiologiques des athlètes (ex. : faible indice de masse corporelle) ou leur expérience (performances lors des précédentes éditions), sont le fait d'être leader désigné dans une équipe ou encore la qualité des coéquipiers. Plus récemment, Rodriguez-Gutierrez (2014), en calculant le rapport entre le nombre de points marqués au classement annuel (CQ ranking) et le nombre de kilomètres parcourus en course sur la saison entière, montre, au-delà des caractéristiques individuelles, l'effet du leadership sur la performance sportive. Toutes ces études tendent à montrer l'importance des variables individuelles mais aussi la nécessité de collaborer en équipe (ex. : protéger un leader) introduisant ainsi la notion de stratégies de course collectives.

## **2. Méthodologie**

### **2.1. Stratégies dans les courses cyclistes et éléments identifiés comme créateurs d'IC**

Pour estimer l'IC en fonction de critères sportifs en cours d'étape lors d'une course cycliste, il est nécessaire d'évaluer les situations de course récurrentes où l'intérêt est maximal pour le spectateur. Dans les courses cyclistes professionnelles, une très grande part du résultat est dépendante de la force collective des équipes. En effet, l'aspiration d'un coureur sur l'autre permet d'économiser les coureurs situés derrière le ou les cyclistes en tête de groupe. Cela donne lieu à des stratégies où l'intérêt de chaque équipe va être, d'une part, de protéger le leader pouvant jouer la

victoire d'étape et, d'autre part, de travailler pour que le groupe dans lequel il figure se disputera bien la victoire. Les équipes ne disposant pas de leader suffisamment fort sur une étape pour espérer s'imposer dans le groupe principal vont tenter d'anticiper et de placer des coureurs dans les échappées plus tôt dans l'étape, lorsque la lutte entre les meilleurs n'a pas encore commencé. La possibilité que les équipes de leaders ne prennent pas la course en main assez tôt dans l'étape laisse une chance de victoire aux attaquants du début de course.

La majorité des courses évoluent d'une manière similaire avec une échappée de coureurs mal classés partie très tôt dans l'étape, les équipes de leaders qui contrôlent l'écart et qui accélèrent en cours d'étape pour reprendre les attaquants dans le final<sup>4</sup>. Sur un parcours plat ces derniers sont assez simples à contrôler ; avec l'aspiration, un seul coureur se fatigue réellement dans le peloton. Si trois équipes s'entendent en faisant travailler cinq coureurs en tête de peloton, chaque coureur fera en réalité 1/15<sup>ème</sup> en tête de groupe où l'effort est réel, les 14/15<sup>èmes</sup> du temps restant étant propice à la récupération pendant qu'un autre fait l'effort. La lutte est, dès lors, déséquilibrée contre des échappés moins nombreux s'étant fatigués depuis le début de l'étape. En revanche, sur des parcours vallonnés et montagneux, la marge de manœuvre des équipes contrôlant le peloton est plus réduite. En effet, dans les montées, la vitesse de déplacement est moindre diminuant par conséquent l'effet d'aspiration (Olds, 1998). De plus, l'influence du poids est très importante, au final chaque coureur doit hisser son poids au sommet d'un col, l'économie d'énergie faite dans le peloton est beaucoup moins forte que sur le plat. Là où un seul coureur se fatigue en tête de groupe sur le plat, tous les coureurs du peloton font un effort proche dans les montées, et se fatiguent donc beaucoup plus. Cela laisse des possibilités aux échappés de se disputer la victoire d'étape et c'est aussi la raison pour laquelle les écarts entre coureurs et leaders « se font » plus facilement dans ce type d'étapes. Cependant, sur des étapes montagneuses du début à la fin, les échappés fournissent un effort légèrement supérieur aux membres du peloton, notamment dans les vallées assez plates. Ceci explique que les leaders ne se risquent quasiment jamais à tenter d'attaquer avant la dernière heure de course.

Les courses cyclistes professionnelles apparaissent donc majoritairement monotones du départ jusqu'à la dernière heure de course, avec peu de changements de situation. Cela justifie que le calcul de l'IC en cyclisme intègre un traitement différent de la dernière heure de course et du reste de la course. En définitive, les principaux enjeux donnant de l'intérêt à une étape sont le classement général avec la possibilité d'un changement de leader et la victoire d'étapes en cours. En conséquence, plus il y a d'incertitude pour la victoire d'étape et plus il y a de bouleversements potentiels au classement général, plus l'intensité sera élevée. Les rebondissements offensifs sont ajoutés aux deux critères précédents pour fournir les trois critères qui seront utilisés dans le modèle présenté dans cet article pour calculer l'IC d'une course cycliste :

- Le classement général avec fluctuation potentielle du leader au général ;
- la victoire d'étape ;
- les rebondissements offensifs (attaques d'un ou plusieurs coureurs).

Ce modèle se base sur les faits de course, et contrairement aux sports collectifs il ne sera pas tenu compte de l'incertitude lorsque la situation de course est stable sans échappée. Dans le football par exemple, un score de 0-0 est un facteur d'incertitude puisque chaque équipe peut faire basculer le match en marquant un but. En cyclisme, l'absence d'attaques et d'échappées se produit généralement lorsque les coureurs savent qu'une échappée n'a aucune chance d'aboutir (par exemple dans le final des étapes lorsque les équipes de sprinters ont repris les échappées et que personne ne veut tenter sa chance parce qu'une telle entreprise est vouée à l'échec). Il est compliqué d'imaginer de l'intensité dans ce cas de figure ; en réalité les téléspectateurs avisés savent que ce schéma de course est très habituel et peu incertain. En revanche, s'il y a tout de même des attaques dans le final, l'intensité de l'attaque sera bien comptabilisée.

## 2.2. Construction de l'indice d'intensité compétitive

Dans le modèle proposé pour calculer l'IC en cyclisme, trois types de calculs sont réalisés afin de correspondre au mieux à l'intensité créée par les trois éléments identifiés comme créateurs d'intensité (classement général, victoire d'étape et rebondissements offensifs). Chaque calcul s'effectue à différents instants T de la course (toutes les 15 minutes, puis toutes les 3 minutes dans la dernière heure). Le choix d'une valeur toutes les 15 minutes avant la dernière heure de course s'explique par le fait qu'on observe en général une stabilité la majeure partie de la course auparavant : une fois que l'échappée est partie, le seul élément qui varie avant la dernière heure de course est l'écart entre l'échappée et le peloton. Dans de rares cas il y a des contre-attaques, mais les changements de situation se font généralement dans la dernière heure de course. Ce choix nous a également été dicté par des considérations pragmatiques car l'absence de diffusion télévisuelle en début d'étape rend difficile le relevé des données toutes les 3 minutes, alors qu'il est possible de le faire toutes les 15 minutes au moyen de sites internet proposant un live écrit de l'épreuve. Pour ces raisons, il a été décidé de ne pas alourdir le calcul des données qui ne présentent finalement que peu d'intérêt vu la faible probabilité d'un changement de situation dans la course.

En revanche, dans la dernière heure de course, « tout se joue » et les changements de situation sont multiples. Il a donc été décidé d'effectuer les calculs toutes les 3 minutes soit l'intervalle de temps estimé optimal pour avoir un maximum d'informations sur le déroulement de la course dans la dernière heure, en ayant des données reflétant des tendances. Les situations de course évoluent relativement lentement en comparaison avec d'autres sports : en football en quelques secondes avec un but marqué le score d'un match peut être bouleversé, les changements de situation sont plus lents en cyclisme. Même avec l'attaque d'un leader il faut suivre l'évolution des écarts sur plusieurs minutes pour voir si cette attaque va réellement payer ou non. En comparant les écarts toutes les minutes dans le calcul, les tendances seraient beaucoup trop fluctuantes : si l'échappée perd 2 secondes en 1 minute, doit-on en déduire une tendance de fond ? Les variations

d'écart ne sont pas linéaires, une échappée peut perdre 10 secondes en 3 minutes sur le peloton, et en détaillant on observera qu'elle a gagné 3 secondes la première minute, elle a stabilisé l'écart la seconde minute et elle a perdu 13 secondes dans une bosse que le peloton a montée très rapidement la troisième minute. Cette remarque peut aussi être faite sur des intervalles de 3 minutes, mais la tendance sera forcément plus précise que sur un temps plus court. En outre, il fallait rester avec un intervalle relativement court pour percevoir les changements de course. 3 minutes est donc la durée jugée la plus appropriée pour arriver à ce compromis.

Plusieurs calculs sont mis en place indépendamment des autres avant d'obtenir la valeur d'IC instantanée. Le critère 1 se décompose en deux calculs distincts (partie fixe, partie variante), un seul calcul compose le critère 2, et la valeur du critère 3 est fixée par un barème dépendant directement du classement des coureurs attaquants.

### **Critère 1 :**

Décomposé en deux parties, le critère 1 traduit l'intérêt de chaque coureur échappé par rapport au classement général. Il sera élevé si des coureurs bien classés au départ de l'étape figurent dans une échappée, et encore plus élevé si le maillot jaune est virtuellement mis en danger dans l'étape.

#### *Partie fixe :*

Chaque coureur étant dans un groupe offensif (échappée ou contre-attaque) à un moment T se voit attribuer une valeur fixe (F) en fonction de sa place au général (P) au départ de l'étape :

$$F = 1 / P$$

Plus un coureur est bien classé, plus sa valeur est élevée. Si le 2<sup>ème</sup> du classement général est échappé sa valeur sera de 0,5, s'il est 3<sup>ème</sup> 0,33 et ainsi de suite...

#### *Partie variante :*

La première partie de ce calcul consiste à déterminer s'il y a de l'incertitude sur un changement de maillot jaune au cours de l'étape, c'est-à-dire si un coureur de l'échappée a pris suffisamment

d'avance par rapport au maillot jaune pour combler son retard au classement général, et rendre incertain le nom du coureur qui portera le maillot jaune à la fin de l'étape. Cette incertitude témoigne de la dangerosité du coureur au classement général.

Pour déterminer la dangerosité de chaque coureur au classement général (appelée D), il est nécessaire de calculer la différence (appelée  $x_1$ , en secondes) entre le retard du coureur au classement général au départ de l'étape et l'écart entre le groupe dans lequel il figure et le groupe maillot jaune. La formule appliquée est la suivante :

$$D = 1 - |x_1| / 100, \text{ si } |x_1| < 100, \\ D = 0 \text{ si } |x_1| \geq 100.$$

La formule mathématique appliquée assure une valeur dégressive au calcul quand on s'éloigne de  $x_1 = 0$ , que cela soit pour  $x_1$  positif ou négatif. Ainsi, si  $x_1$  est supérieur à 100 secondes, il n'y a aucune incertitude, le maillot jaune ne changera pas, la dangerosité est faible. De la même manière si  $x_1$  est inférieur à -100 secondes, c'est le coureur échappé qui a l'avantage pour prendre le maillot jaune, il n'y a plus d'incertitude.

Dans les premières étapes d'un grand tour, les écarts entre chaque coureur au classement général sont faibles. Par conséquent, même un coureur placé dans les derniers au classement général devient rapidement un maillot jaune potentiel. Pourtant, il est peu probable qu'il s'empare de la tête du classement général à la fin de l'étape. En effet, la situation habituelle est la suivante : le peloton contrôle l'avance de l'échappée et le leader temporaire n'est pas vraiment un facteur d'incertitude pour le peloton, les médias ou le public. Si le peloton ne contrôlait pas la situation, certains leaders au classement général auraient profité de cette faiblesse pour partir en échappée. Il est quasiment certain que l'avance d'une échappée sans coureurs bien classés au classement général soit contrôlée par le peloton. Pour corriger ce défaut, il faut pondérer la dangerosité du coureur (D) par sa place au classement général (P) afin de calculer la valeur de la partie variante (V) :

$$V = D / (P / 5 + 0,6)$$

Ainsi même avec une incertitude concernant le maillot jaune d'une valeur de 1, un coureur classé dans les derniers n'apportera finalement que peu d'intérêt à l'échappée. La formule est, en outre, construite pour obtenir une valeur maximale de 1 lorsque le 2<sup>ème</sup> du classement général est en échappée et que sa dangerosité est maximale. La valeur est ensuite dégressive en fonction de la place du coureur (Tableau 1).

### **Insérer Tableau 1**

*Addition de la partie fixe et de la partie variante :*

A chaque instant de la course, un coureur échappé possède une partie fixe et une partie variante précédemment calculées. La somme de ces deux calculs aboutit à la valeur du coureur à l'instant de la course où les calculs sont effectués. Chaque coureur apporte plus ou moins d'intérêt à l'échappée indépendamment des autres coureurs, c'est la raison pour laquelle il faut par la suite additionner la valeur de chaque coureur figurant dans un groupe échappé. Dans les rares cas où la valeur totale est supérieure à 1, cette valeur est plafonnée à 1 afin de rester sur trois critères ayant le même poids dans le calcul d'intensité.

### **Critère 2 :**

Le second critère de calcul est lié à l'incertitude concernant la victoire d'étape entre les différents groupes dans la dernière heure de course, avec une mesure toutes les 3 minutes. La question posée est la suivante : « Si l'écart continue à évoluer jusqu'à l'arrivée de la même manière que lors des 3 dernières minutes, y a-t-il incertitude sur la victoire de l'échappée ou du peloton ? ». Ce calcul suppose de connaître le temps restant de course et ne peut se faire qu'après l'arrivée de l'étape.

Il faut d'abord calculer le nombre de secondes reprises par le peloton si le rythme reste le même jusqu'à l'arrivée ( $S_a$ ). Pour cela on multiplie le nombre de secondes perdues par l'échappée sur le peloton sur les 3 dernières minutes ( $S_p$ ) par le nombre de secondes restant jusqu'à l'arrivée ( $S_r$ ), puis on divise par l'intervalle entre deux mesures, donc 180 secondes :

$$S_a = S_p * S_r / 180$$

Il s'agit ensuite de calculer la différence entre l'écart actuel entre le peloton et l'échappée ( $S_e$ ) et le temps repris théoriquement jusqu'à l'arrivée ( $S_a$ ) pour savoir quel écart théorique ( $x_2$ ) il y aurait sur la ligne d'arrivée si les deux groupes continuent au même rythme :

$$x_2 = S_e - S_a$$

Par exemple une échappée possède 2 minutes d'avance sur le peloton à 1h de l'arrivée. 3 minutes plus tard, elle ne possède plus que 1'55'' d'avance, elle a perdu 5 secondes. Il reste 57 minutes de course soit 3420 secondes. En appliquant la formule ci-dessus voici le résultat obtenu :

$$\text{Secondes théoriques reprises jusqu'à l'arrivée } (S_a) = 5 * 3420 / 180 = 95 \text{ secondes}$$

$$\text{Différence entre le temps repris théorique et l'écart actuel } (x_2) = 115 - 95 = 20 \text{ secondes}$$

L'écart théorique entre les deux groupes à l'arrivée ( $x_2$ ) est positif, donc à 57 minutes de l'arrivée l'échappée a l'avantage et conservera 20 secondes d'avance si l'écart continue d'évoluer de la même manière. Dans le cas où le résultat du calcul ( $x_2$ ) est négatif, c'est le peloton qui aura l'avantage : en effet, si l'écart théorique à l'arrivée est négatif, cela signifie que le peloton aura repris l'échappée avant l'arrivée.

Que le peloton ou l'échappée ait l'avantage, si la différence calculée est fortement positive ou fortement négative, il y a peu d'incertitude, l'un des deux groupes a nettement l'avantage sur l'autre. Plus elle est proche de 0, plus la différence témoignera de l'incertitude pour la victoire d'étape. En appliquant le même type de formule que lors du 1<sup>er</sup> critère, il est possible d'obtenir une valeur d'intensité pour le critère 2 comprise entre 0 et 1 en fonction de la différence calculée ( $x_2$ ) :

$$U_2 = 1 - |x_2| / 100, \text{ si } |x_2| < 100,$$

$$U_2 = 0 \text{ si } |x_2| \geq 100.$$

Comme dans le premier critère de calcul, la valeur du critère 2 est dégressive quand on s'éloigne de  $x = 0$ . Dans l'exemple précédent le résultat donnait une valeur de  $x = 20$  secondes, en appliquant la formule ci-dessus la valeur ( $U_2$ ) obtenue est égale à 0,8.

Le second critère de calcul ne concernant que la victoire d'étape, dans le cas où il y a plus de deux groupes dans la dernière heure d'une étape, le calcul est fait avec l'écart entre le premier groupe et chaque autre groupe (premier et deuxième groupe, premier et troisième groupe...) La somme des valeurs d'intensité calculée aboutira à la valeur du critère 2 au moment de la course où sont réalisés les calculs, toujours en limitant cette somme à 1.

Une limite de la formule est de ne pas prendre en compte le nombre de coureurs se disputant la victoire à la fin de l'étape. Par exemple un sprint massif implique de nombreux coureurs, ce qui suggère une incertitude maximisée. Afin de compenser cette faiblesse, une valeur d'IC est calculée au moment de l'arrivée de l'étape. Le calcul est basé sur deux hypothèses :

- en cas de sprint massif, 25 coureurs se disputent la victoire d'étape (un sprinter pour chacune des 22 équipes, ainsi qu'un second sprinter pour 3 équipes) ;
- en cas d'échappée la totalité des coureurs se disputent la victoire, sauf s'il y a plus de 25 coureurs dans l'échappée. Dans ce cas le nombre de coureurs se disputant la victoire reste plafonné à 25 en considérant que les équipes représentées par plusieurs coureurs favoriseront leur leader de la même manière que dans un sprint massif.

La formule suivante est appliquée pour calculer le critère 2 à la fin de l'étape ( $U_{2f}$ ) :

$$U_{2f} = (n - 1) / 24$$

avec  $n$  le nombre de coureurs dans le groupe se disputant la victoire, limité à 25. La formule est construite pour être égale à 0 lorsqu'un seul coureur compose le groupe de tête au moment de l'arrivée, c'est ce qui explique le  $(n - 1) / 24$  plutôt que  $n / 25$ .

### **Critère 3 :**

Il ne s'agit pas d'un calcul, mais d'une valeur donnée arbitrairement en fonction des rebondissements offensifs de la course. S'il y a eu au moins une attaque dans l'intervalle de temps entre deux mesures (15 minutes ou 3 minutes dans la dernière heure de course), une valeur est attribuée à ce critère selon le classement du meilleur coureur figurant parmi les attaquants :

- 0,2 si l'attaquant le mieux classé au classement général est au-delà de la 20<sup>ème</sup> place au départ de l'étape ;
- 0,4 s'il est dans le top 20 ;
- 0,6 s'il est dans le top 10 ;
- 0,7 s'il est 5<sup>ème</sup> ;
- 0,8 s'il est 4<sup>ème</sup> ;
- 0,9 s'il est 3<sup>ème</sup> ;
- 1 s'il est 2<sup>ème</sup> ou 1<sup>er</sup> avec un écart inférieur à 100 secondes au classement général.

La valeur 0 correspond à un intervalle de temps sans attaques.

### **Bilan des calculs**

Chacun des trois calculs aboutit à une valeur comprise entre 0 et 1, leur somme correspond à la valeur d'IC de l'étape au moment où les données ont été relevées (Figure 3).

### **Insérer Figure 3**

Les trois critères sont basés sur des données concrètes à un moment de la course. Leur agrégation donne un indice d'IC de la course au moment où les calculs sont effectués. En réalisant les calculs sur l'intégralité de l'étape, il est ainsi possible de tracer une courbe de l'évolution de l'IC en cours d'étape, de calculer l'intensité moyenne de l'étape ou de la dernière heure de course. Cela permet d'avoir des données chiffrées et exploitables facilement dans le cadre d'une étude statistique entre différentes étapes, ou différentes courses par étapes.

Autre précision, le calcul se fait à partir du 1<sup>er</sup> instant  $T = 15$  minutes, jusqu'à l'instant  $T$  précédant l'arrivée. En effet il serait délicat de définir des critères pour juger de l'intensité au

moment de l'arrivée. Qu'il s'agisse d'un sprint massif ou d'une arrivée échappée, l'intensité est supposée maximale au moment du passage sur la ligne d'arrivée. De plus, les indicateurs ne seraient plus valables dans le calcul de l'incertitude pour la victoire d'étape étant donné que le nom du vainqueur est déjà connu. En considérant que le calcul s'intéresse au cœur de l'étape, il se stoppe donc 3 minutes avant l'arrivée, à l'exception du calcul du critère 2 à la fin de l'étape ( $U_{2f}$ ). A titre d'illustration, la figure 4 retrace l'IC de la 8<sup>ème</sup> étape du Tour de France 2013.

### **Insérer Figure 4**

## **3. Perspectives d'applications et intérêts managériaux**

### 3.1. Comparaison d'étapes similaires aux degrés d'intensités distincts

Afin d'appliquer le modèle précédemment décrit, nous avons opté pour deux étapes aux profils proches permettant ainsi de pouvoir comparer les valeurs d'intensité. Il s'agit de deux courtes étapes de montagne (moins de 140 kilomètres) proposant une arrivée en altitude précédée par une traversée de vallée relativement plate de 20 kilomètres. Seul le début d'étape diffère, puisque l'une est composée de deux ascensions très longues, l'autre présente une succession de montées relativement courtes. Ces deux étapes sont la 20<sup>ème</sup> étape du Tour de France 2013 (Figure 5) et la 16<sup>ème</sup> étape du Tour d'Italie 2014 (Figure 6). Le tableau 2 fournit leur distance, leur dénivelé ainsi que leur IC moyenne aussi bien dans leur ensemble que pour leur dernière heure de course.

### **Insérer Figure 5 et 6 et Tableau 2**

L'étape du Tour d'Italie présentée est trois fois plus intense en moyenne que celle du Tour de France, mais ce n'est pas lié à sa difficulté supérieure en début d'étape puisque le principal écart est observé dans la dernière heure de course, sur un profil similaire, avec un rapport de 3,1. Les deux étapes n'ayant pas la même durée de course et dans le but de comparer facilement la dernière heure de course, l'évolution de l'intensité est présentée en fonction du temps restant avant l'arrivée

(Figure 7). Afin de comprendre les raisons d'un tel écart d'intensité, il faut s'intéresser au déroulement de la course et identifier les raisons de l'évolution de l'intensité pour chaque étape.

### **Insérer Figure 7**

#### *Tour d'Italie 2014 étape 16 :*

Malgré une ascension dès le départ de l'étape, l'intensité est nulle en raison de l'absence d'attaques durant la première heure de course. Le peloton protestait contre les organisateurs qui ont donné le départ malgré des conditions météorologiques très difficiles (pluie et neige en haut des cols). Les attaques commencent ensuite et les différents groupes échappés créent beaucoup d'intensité avec la présence notamment du 9<sup>ème</sup> du classement général et de plusieurs membres du top 20 dans ces échappées. Au sommet du Col du Stelvio (le deuxième col), les échappés sont repris et les coureurs temporisent pendant 15 minutes, l'intensité est nulle à 114 minutes de l'arrivée. Dans la descente des attaques se produisent, et un petit groupe se forme, avec notamment Nairo Quintana (5<sup>ème</sup> à 2'40), Pierre Rolland (8<sup>ème</sup> à 4'47) et Ryder Hesjedal (11<sup>ème</sup> à 6'44). Ce groupe compte 3 minutes d'avance à l'entame de la dernière ascension. Dans la dernière heure de course, le leader est menacé et le premier critère du calcul est très élevé. En revanche, durant la dernière heure de course le deuxième critère n'apporte quasiment pas d'intensité puisque l'échappée n'a jamais perdu de temps sur le peloton. Les pics d'intensité observés sont dus aux attaques qui ont lieu dans le groupe de tête ainsi que dans le peloton du leader (3<sup>ème</sup> critère). Nairo Quintana remporte l'étape avec 3'34 d'avance sur le leader et s'empare du maillot distinctif, avant de remporter le Tour d'Italie quelques jours plus tard.

#### *Tour de France 2013 étape 20 :*

Le départ de l'étape est sujet à des attaques et une échappée se forme avec des coureurs classés au-delà du top 20. Aucun coureur n'est dangereux au classement général, seule la part fixe du premier critère apporte de l'intensité. A 100 minutes de l'arrivée il ne reste plus que Jens Voigt (73<sup>ème</sup> à 2h08) dans l'échappée, les autres coureurs sont distancés pendant qu'une contre-attaque se forme,

toujours avec des coureurs mal classés. Entre 60 et 30 minutes de l'arrivée, les pics d'intensité sont créés par le deuxième critère. Ils s'expliquent par l'évolution de l'écart entre les trois groupes (l'échappée, la contre-attaque et le peloton) qui crée de l'incertitude sur le groupe qui se disputera la victoire d'étape. Au début de la montée finale, le peloton accélère, l'échappée et la contre-attaque perdent beaucoup de temps, puis se font rattraper par le groupe maillot jaune. Durant les 24 dernières minutes de course, l'intensité est nulle excepté à 3 minutes de l'arrivée avec l'attaque de Quintana, le 3<sup>ème</sup> du classement général. La situation est la suivante : le maillot jaune figure dans le groupe de tête et des coureurs se font distancer sans qu'il n'y ait d'attaques, aucun changement de situation n'est observé. Le maillot jaune n'est pas en danger puisqu'il est dans le groupe de tête (le critère 1 est nul). Il n'y a pas d'incertitude quant au groupe qui se disputera la victoire d'étape, puisque les coureurs qui ne sont pas dans le groupe de tête ont été distancés et n'entrent donc pas dans le calcul (le critère 2 est nul). Et enfin il n'y a pas d'attaques, sauf celle du maillot jaune qui ne rentre pas en compte parce qu'il a beaucoup d'avance au classement général (le critère 3 est nul).

La comparaison des deux étapes a pour objectif de mettre en pratique la méthode de calcul de l'IC dans des situations de courses opposées. Contrairement à la 20<sup>ème</sup> étape du Tour de France 2013, la 16<sup>ème</sup> étape du Tour d'Italie a été le théâtre de nombreuses attaques de coureurs bien classés, avec une mise en danger du leader pendant une longue partie de l'étape. Les écarts d'intensité moyenne entre ces deux étapes sont expliqués par la mise en relation des situations de course et du calcul de l'intensité instantanée. Certes ces deux étapes ont été choisies volontairement pour être très intense et peu intense, néanmoins l'écart d'intensité moyenne (3 fois supérieur pour l'étape très intense) laisse imaginer que la méthode de calcul reflète bien les différences d'intensité significatives entre chaque étape.

### 3.2. Préconisations et limites associées

Cette méthode permet de comparer les étapes les unes aux autres et de rendre compte objectivement de l'IC uniquement en se basant sur les faits de course. En calculant l'IC d'un grand

nombre d'étapes, il serait possible de regrouper les étapes présentant des caractéristiques similaires et de constater si ces dernières influent sur l'IC. Certains résultats correspondraient certainement aux hypothèses les plus évidentes, par exemple que les étapes de montagne sont plus intenses que les étapes de plaine. Mais il serait également possible de tester beaucoup plus de détails. Citons, à ce titre, plusieurs hypothèses d'éléments favorables à la création d'IC :

- les éléments liés au parcours :
  - l'enchaînement direct de montées dans le final minimisant les vallées (pas de plat entre chaque montée), ceci permettant aux coureurs bien placés au classement général de tenter une échappée de plus loin sans craindre l'organisation du peloton dans la plaine précédant la montée finale ;
  - la présence de forts pourcentages qui mettrait en difficulté les équipiers, et donc isolerait les leaders entre eux ce qui les inciterait à attaquer ;
  - le dénivelé important de l'étape la rendant très difficile, la fatigue engendrée par cette difficulté augmenterait l'écart de niveau entre chaque coureur, donc permettrait à un coureur en très bonne condition de creuser plus facilement l'écart ;
  - la faible distance de l'étape rendant les étapes plus nerveuses.
- le placement de l'étape dans la course :
  - la veille d'un jour de repos ou d'une étape de plaine : les leaders ne se poseraient pas la question de s'économiser physiquement s'il n'y a pas d'étape clé le lendemain ;
  - dans la dernière semaine de course, lorsque les équipes sont plus faibles à cause des abandons et de la fatigue. Si les équipes sont plus faibles, il est plus difficile de contrôler la course, cette situation est donc théoriquement plus favorable aux échappées y compris si des leaders attaquent.
- la météo : le mauvais temps favoriserait les défaillances et les retournements de situation.
- l'écart entre les leaders au classement général au départ de l'étape : si le leader a peu d'avance sur ses adversaires, ces derniers seront probablement plus offensifs qu'avec une avance importante.

La réponse à chacune de ces hypothèses pourrait s'avérer précieuse pour les organisateurs de courses cyclistes professionnelles. Ces derniers peuvent modifier le parcours et tenir compte des éléments créateurs d'IC pour optimiser les chances de rendre la course très intense, tout en tenant compte des contraintes auxquelles ils sont soumis et de leurs natures (réglementaires, géographiques...). Dans les dernières années, ASO a fait des choix innovants concernant le tracé du Tour de France. L'organisateur a notamment raccourci la longueur de certaines étapes de montagne, il a également donné une part plus importante aux massifs secondaires comme les Vosges et le Massif Central. Cette méthode de calcul de l'IC offre non seulement la possibilité de vérifier l'impact de ces modifications, mais souligne aussi les éléments de la course qui augmentent l'intensité. D'autres modifications pourraient être testées de façon à optimiser l'IC, et cette méthode de calcul permettrait de confirmer ou non les résultats attendus. Après une phase de test, il serait par exemple possible de vérifier si l'utilisation d'oreillettes est défavorable à l'IC. Une autre piste serait de réduire le nombre de concurrents par équipes. Avec six ou sept coureurs contre neuf actuellement, un leader d'équipe aurait moins d'équipiers dans son équipe pour contrôler les échappées, ce qui pourrait rendre la course plus offensive, et par conséquent plus intense.

En dépit de ces perspectives prometteuses, notre travail comporte un certain nombre de limites qu'il convient d'évoquer. Tout d'abord sur un plan théorique, si le concept d'IC a été l'objet d'un développement en réponse aux limites de celui de l'EC, de récentes contributions ont mis en avant les propres limites inhérentes à ce concept. Bouvet (2011) s'est attaché, par exemple, à montrer que des éléments augmentant l'IC ne pouvaient participer seuls de l'augmentation de la valeur des compétitions sportives (alors mêmes que les concepts d'EC et d'IC ont été envisagés dans cette perspective). Nous souscrivons totalement à cette idée dans la mesure où la demande en spectacles sportifs est sous-tendue par de nombreuses variables à même de susciter l'intérêt des spectateurs et téléspectateurs tels que des variables liées au terrain (performance des joueurs, qualité

de la prestation sportive) et en dehors (image et réputation, qualité des retransmissions...). Cette première limite interroge, sur un plan méthodologique, la validité de l'indicateur construit. Devant la complexité des enjeux, nous avons raisonné principalement à travers celui de la lutte pour le Maillot Jaune, qui constitue le « prix » le plus médiatisé du Tour de France mais en occulte d'autres dont certains coureurs se sont fait une spécialité (Maillot Vert et Maillot à Pois désignant respectivement le meilleur sprinter et le meilleur grimpeur). De fait, s'il n'est pas impossible d'inclure ces différentes variables dans une modélisation mathématique, cela la complexifie de manière importante. De la même façon, nous nous sommes limités dans le choix des « rebondissements offensifs » en ne recensant que les attaques observées et en excluant d'autres faits de course pourtant propices à la création d'IC. Nous faisons référence par exemple aux chutes d'autant plus spectaculaires lorsqu'elles se produisent à l'arrivée en sprint massif d'une étape de plaine ou dans des descentes d'étapes de montagne. Celles-ci constituent parfois un des faits majeurs de course auxquels les médias font référence et sur lesquels les téléspectateurs sont particulièrement attentifs. De fait, ces choix méthodologiques ne rendent valide l'indicateur ainsi créé que par le jeu des comparaisons permettant de mettre en perspective cette IC calculée sur plusieurs saisons ou entre différentes courses.

Enfin, sur un plan managérial, les dirigeants d'organisations d'événements sportifs, tels que les grandes courses cyclistes, sont soumis à des contraintes dans le tracé des parcours de nature financière mais également politiques dans le choix des régions ciblées, des villes étapes... Ces éléments constituent autant d'obstacles dans la recherche d'IC qui ne doit pas non plus être obtenue au risque d'engendrer des externalités négatives liées au spectacle sportif (exemple du dopage qui pourrait être encore plus encouragé dans le cas de successions d'étapes trop intenses).

## Conclusion

Après avoir présenté les recherches existantes sur les concepts d'EC dans le cyclisme et d'IC dans d'autres sports, l'objet de cet article était de présenter une méthodologie novatrice du calcul de l'IC intra-étape dans le cyclisme en s'inspirant des travaux effectués dans les sports collectifs (Scelles, 2009). Cette approche est basée sur trois critères : l'incertitude pour le classement général, l'incertitude pour la victoire d'étape et les rebondissements offensifs. Le résultat de ce calcul donne une valeur d'IC instantanée à chaque moment de l'étape. Ces différentes valeurs calculées permettent ensuite d'étendre l'analyse sur l'IC moyenne de l'intégralité de l'étape. L'intérêt est de comparer les différentes étapes en fonction de leurs caractéristiques spécifiques (longueur, étapes de montagne ou de plaine...). Ces comparaisons pourraient s'avérer utiles pour les organisateurs dans la construction de leur course, lesquels seraient susceptibles de tenir compte des résultats pour optimiser les chances d'avoir une forte IC durant l'épreuve. Une course plus intense attirerait ainsi davantage les spectateurs et téléspectateurs, ce qui est d'une importance capitale pour l'économie du cyclisme. Toutefois, dans sa recherche d'optimisation de l'IC, l'organisateur doit composer avec certaines contraintes et des limites liées à une trop grande difficulté du parcours. La recherche du spectacle doit, en effet, être mise en lien avec des performances humainement possibles.

---

<sup>1</sup> La revue de littérature opérée par ces deux auteurs montre qu'une part non négligeable des 39 études empiriques collectées entre 1976 et 2002 et portant sur les effets de l'incertitude du résultat sur la demande de spectacles sportifs (mesurée par l'audience générée) n'établissent aucun lien entre ces deux variables,

<sup>2</sup> Dans la mesure où nous envisageons d'appliquer le calcul d'IC sur des courses à étapes, l'ICIM présente la méthodologie la plus adaptée pour y parvenir.

<sup>3</sup> Une revue de littérature a été constituée à ce sujet par Cabaud, Scelles, François et Morrow (2015).

<sup>4</sup> Cette affirmation provient du visionnage de l'ensemble des étapes ayant servi à l'application du modèle d'IC.

## Bibliographie

- Albert, E. (1991). Riding a Line: Competition and Cooperation in the Sport of Bicycle Racing. *Sociology of Sport Journal*, 8(4), 341-361.
- Andreff, W. (2009). Équilibre compétitif et contrainte budgétaire dans une ligue de sport professionnel. *Revue économique*, 60(3), p. 591-633.
- Andreff, W. (2013). *Economie du cyclisme : Succès commercial et équilibre compétitif du Tour de France*. Colloque « Le Vélo et le Droit : Transport et Sport », Le Havre, 3-4 octobre.
- Andreff, W. (2015). The Tour de France: a success story in spite of competitive imbalance and doping. In Larson, D. & Van Reeth, D (Eds), *The economics of professional road cycling*, New York, Springer, 233-255.
- Borland, J. & Macdonald, R. (2003). Demand for sport. *Oxford review of Economic Policy*, 19(4), 478-502.
- Bouvet, P. (2011). Que valent les compétitions sportives ? Une nouvelle piste de réflexion. *L'Actualité Economique*, 87(2), 205-222.
- Cabaud, B., Scelles, N., François, A. & Morrow, S. (2015). Modeling performances and competitive balance in professional road cycling. In D. Larson & D. Van Reeth (Eds.), *The economics of professional road cycling*, New York, Springer, 256-283.
- Cherchye, L., & Vermeulen, F. (2006). Robust rankings of multidimensional performances: an application to Tour de France racing cyclists. *Journal of Sports Economics*, 7(4), 359-373.
- Du Bois, C., & Heyndels, B. (2007). It's a different game you go to watch: Competitive balance in men's and women's tennis. *European Sport Management Quarterly*, 7(2), 167-185.
- Fort, R., & Quirk, J. (1995). Cross-subsidization, incentives, and outcomes in professional team sports leagues. *Journal of Economic Literature*, 33(3), 1265-1299.
- Kringstad, M., & Gerrard, B. (2004). The concepts of competitive balance and uncertainty of outcome. *International Association of Sports Economists Conference Papers*, n°0412.

- Mignot J.-F. (2013). *Le Tour de France : histoire d'un spectacle sportif à visée commerciale (1903-2012)*, Paris, CREST.
- Olds, T. (1998). The mathematics of breaking away and chasing in cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 77(6), 492-497.
- Quirk, J. & Fort, R. (1992). *Pay dirt: The business of professional team sports*. Princeton, NJ, Princeton University Press.
- Rodríguez-Gutiérrez, C. (2014). Leadership and efficiency in professional cycling, *International Journal of Sport Finance*, 9(4), 315-330.
- Rottenberg, S. (1956). The baseball players's labour market. *The Journal of Political Economy*, 64(3), 242-258.
- Scelles N. (2009). *L'incertitude du résultat, facteur clé de succès du spectacle sportif professionnel : L'intensité compétitive des ligues : Entre impacts mesurés et effets perçus*. Thèse STAPS, Université de Caen Basse-Normandie, Caen. Publiée en 2010 : *La glorieuse incertitude du sport : L'intensité compétitive des ligues professionnelles : Entre impacts mesurés et effets perçus*. Sarrebruck, Allemagne : Editions Universitaires Européennes.
- Scelles, N. (2011). Au-delà de l'équilibre compétitif : l'intensité compétitive. *Revue Européenne de Management du Sport*, 30, 41-52.
- Scelles, N. & Durand, C. (2010). Incertitude du résultat et demande du public : l'intensité compétitive intra-match comme variable clé. *Science & Motricité*, 71(3), 65-69.
- Scelles, N. & Durand, C. (2012). Économie du sport professionnel et équilibre compétitif. Les limites d'une approche largement utilisée : « Noll-Scully measure of Competitive Balance ». *Science & Motricité*, 77(3), 13-27.
- Sterken, E. (2005). Performance and competition in the Tour de France, *Working Paper*, Department of Economics, University of Groningen, Groningen.
- Torgler, B. (2007). "La Grande Boucle": Determinants of Success at the Tour de France. *Journal of Sports Economics*, 8(3), 317-331.