

LA PRÉVISION ÉCONOMIQUE DES MÉDAILLES PAR NATION AUX JEUX OLYMPIQUES DE PARIS 2024¹

Wladimir Andreff², Nicolas Scelles, Liliane Bonnal, Madeleine Andreff,
Pascal Favard

Les objectifs de résultats assignés, par le pouvoir politique, à l'équipe de France pour les Jeux olympiques (JO) de Paris 2024 sont comparés aux prévisions obtenues avec un modèle macroéconométrique déjà éprouvé puisqu'il a prévu 95 % des résultats des JO de Tokyo 2021. Ses variables sont pour chaque pays : population, PIB par habitant, nombre d'athlètes alignés et nombre de médailles remportées aux JO précédents net des disqualifications pour dopage ainsi que des indicatrices pour le pays hôte, le régime politique, la spécialisation sportive, le fait d'être le pays hôte des prochains Jeux, et le fait d'avoir été l'hôte des JO précédents. Dans toutes les variantes du modèle, estimées en Tobit et en Hurdle, les quatre nations récoltant le plus de médailles sont dans l'ordre : États-Unis, Chine, athlètes russes, Grande-Bretagne. Le résultat le plus probable de la France est 47-48 médailles dans des intervalles de confiance allant, aux extrêmes, de 43 à 60 médailles. L'équipe de France se classe 5^e ou 6^e au nombre de médailles selon les variantes. Ce qui nous écarte de l'objectif politique initial de 70 à 80 médailles. Selon le modèle de prédiction, l'objectif initial en nombre de médailles est hors d'atteinte et statistiquement improbable mais l'objectif révisé de la 5^e place est atteignable.

Mots clés : Jeux olympiques, performance sportive, prévision économique.

1. Ce travail est issu des rapports réalisés en collaboration avec les quatre cosignataires mentionnés (Andreff *et al.*, 2019, 2022) pour le ministère des Sports.

2. Wladimir Andreff (*professeur honoraire*, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne), auteur de cet article et de la présentation à la Conférence de l'OFCE des 22-23 juin 2023, Nicolas Scelles (*Reader*, Manchester Metropolitan University), Liliane Bonnal, (*professeure*, Université de Poitiers), Madeleine Andreff (*maître de Conférences retraitée*, Université Paris Est Marne-la-Vallée), Pascal Favard (*professeur*, Université de Tours).

L'équipe de France olympique a gagné 33 médailles aux Jeux olympiques (JO) de Tokyo 2021, la classant au 10^e rang des nations participantes selon le nombre de médailles remportées, toutes couleurs (or, argent, bronze) confondues. Elle avait gagné 42 médailles la portant au 5^e rang à Rio de Janeiro en 2016.

À la réunion du Comité international olympique (CIO) dédiée à l'attribution des prochains JO d'été, à Lima en 2017, Paris est choisie pour organiser les Jeux de 2024. Dans l'euphorie de cette désignation, la ministre des Sports Laura Flessel présente à Lima assigne un objectif à l'équipe de France : doubler le nombre de médailles à l'occasion des JO accueillis à Paris (soit 84, arrondi à 80 médailles). L'objectif évoqué par la ministre suivante, Roxana Maracineanu, est ramené à 70 médailles. En 2022, Emmanuel Macron, président de la République, le reformule : la France doit se classer parmi les cinq premières nations olympiques aux Jeux de 2024, ce qui donne une feuille de route pour Amélie Oudéa-Castéra, l'actuelle ministre des Sports et des Jeux olympiques et paralympiques. Cet objectif doit être considéré dans un contexte où les athlètes russes seront autorisés à participer uniquement en tant qu'athlètes individuels neutres sous des conditions d'admission strictes (Commission exécutive du CIO, 2023). Dans cet article, le fait que la Russie ne sera pas officiellement classée et ne pourra pas participer aux compétitions en équipe n'est pas pris en compte car cette information n'était pas connue au moment où le modèle a été développé.

Pour mémoire, aux JO de Tokyo 2021, l'équipe olympique classée 5^e était celle du Japon (58 médailles), la 4^e étant la Grande-Bretagne (65 médailles) et la 6^e l'Australie (46 médailles). Aux JO de Paris 2024, l'objectif de la 5^e place pour l'équipe de France est-il réaliste ? Est-il atteignable et à quelles conditions ?

1. La modélisation économique de la performance olympique dans la littérature

Pour pouvoir réaliser une prévision des médailles olympiques par nation, il faut disposer d'un modèle explicatif des gains de médailles. On ne mobilise pas ici des variables individuelles relatives aux caractéristiques des athlètes : leur taille, leur poids, leur masse musculaire, leur palmarès, etc. La modélisation est économique et recherche

l'explication des gains de médailles en fonction de variables macro-économiques, démographiques, sociologiques, voire politiques. Elle s'inscrit dans une tradition de littérature en économie du sport qui relie les performances sportives des nations à des variables macroéconomiques. Cette littérature remonte aux années 1970 (Ball, 1972 ; Grimes *et al.*, 1974 ; Levine, 1974), avec une exception plus ancienne (Jolk *et al.*, 1956). À présent plus d'une trentaine d'articles sont recensés dans Scelles *et al.* (2020) et Schlembach *et al.* (2022).

Le modèle de base expliquant le nombre de médailles gagnées par les équipes nationales est dû à Bernard et Busse (2004)³, devenu la référence de la plupart des travaux ultérieurs. Pour chaque pays participant aux JO, les variables explicatives introduites dans le modèle sont : la population (N), le produit intérieur brut (PIB) par habitant, le régime politique du pays, le fait d'être ou non le pays hôte des Jeux (Hôte). Ce modèle vise à expliquer les disparités dans la distribution statistique des médailles par pays selon leur niveau de développement économique (Andreff, 2001). Pour tenir compte du fait qu'un nombre important de pays ne gagnent aucune médaille, un modèle Tobit est estimé⁴. Toutes ces variables ont un effet positif et significatif sur le nombre de médailles. Toutefois, les auteurs considèrent que leur modèle manque de pouvoir prédictif. Ce problème est traité par l'ajout du nombre de médailles obtenues aux JO précédents qui améliore sensiblement le pouvoir explicatif du modèle⁵.

Des versions améliorées du modèle de base intègrent des variables explicatives supplémentaires. Andreff, Andreff et Poupaux (2008), Andreff (2009) ou encore Noland et Stahler (2017) ajoutent des indicatrices de la région du monde où se situe le pays. Noland et Stahler (2017) montrent que l'indicatrice (ex-) pays communistes cesse peu à peu d'être significative à mesure que les JO s'éloignent de la période historique du communisme. Trivedi et Zimmer (2014) ajoutent le genre (proportion d'athlètes féminines par nation), une indicatrice caractérisant les pays islamiques et remplacent le nombre de médailles aux olympiades précédentes par la position de chaque nation dans la hiérarchie des pays en fonction de leur part dans le total des médailles

3. Une revue de la littérature plus complète est donnée dans Andreff *et al.* (2019).

4. Le modèle Tobit simple considère qu'il y a une masse en 0 (aucune médaille gagnée par le pays), voir par exemple Wooldridge (2001) pour plus de détails sur la modélisation.

5. Le nombre de médailles gagnées aux olympiades précédentes introduit de l'inertie dans le modèle. Ainsi, le modèle de prévision est ergodique tel que l'histoire passée du modèle permet en partie d'évaluer son comportement futur.

lors des JO précédents. Cette dernière variable a un impact positif et significatif tandis que les deux autres (part des femmes et pays islamiques⁶) ont un impact significatif et négatif. Lowen, Deaner et Schmitt (2016) intègrent dans leur modèle l'indicateur d'inégalité entre les genres fourni dans le *Rapport sur le développement humain* des Nations unies. Ils montrent que les nations les plus inégalitaires ont moins de médailles dans les compétitions féminines mais également dans les compétitions masculines. Enfin, le modèle de Celik et Gius (2014) retranche du nombre de médailles attribuées les disqualifications postérieures pour dopage pour améliorer la prévision de la performance olympique nette, après disqualifications, celles-ci pouvant désormais intervenir pendant 10 ans après les JO. En revanche, la prise en compte des conditions climatiques (Vagenas et Palaiothodorou, 2019) ou de la distance (Nolan et Stahler, 2017) ne sont pas significatives pour expliquer le nombre de médailles.

Des études se sont intéressées à la « qualité » des médailles, c'est-à-dire à la couleur des médailles olympiques ou aux disciplines sportives. Leeds et Leeds (2012) montrent que les déterminants des médailles d'or ne sont pas les mêmes que ceux des médailles d'argent et de bronze mais ils sont les mêmes pour les compétitions masculines et féminines. Rewilak (2021) tient compte de la concentration du nombre total de médailles et construit un score. Il attribue 1 point pour un classement entre la 4^e et la 8^e place, 2 points pour une médaille de bronze, 3 points pour une médaille d'argent et 5 points pour une médaille d'or. L'auteur trouve que la population et l'effet pays hôte sont les seules variables significatives ; l'effet pays hôte a le même impact pour chaque genre mais pas la population dans la mesure où une augmentation de la population a un impact systématiquement significativement positif pour les femmes mais pas pour les hommes.

Est-il possible d'expliquer le nombre de médailles par discipline ? L'équipe de David Forrest (Forrest, Sanz et Tena, 2010 ; Forrest *et al.*, 2015, 2017) a procédé à plusieurs exercices dans ce sens. Mais apparaît le problème suivant : le nombre d'observations disponibles pour chaque discipline sportive est trop faible pour réaliser des tests économétriques significatifs et robustes. Cela conduit Forrest *et al.* à ne retenir que les sports où au moins 200 médailles ont été distribuées

6. Les deux variables ont été introduites simultanément, la part des femmes dans les pays islamistes étant plus faible ; ne pas mettre cette indicatrice aurait augmenté l'effet négatif de la variable genre.

pendant la période d'observation, ce qui revient à les agréger en seulement 14 vastes disciplines : athlétisme, aviron, boxe, canoë-kayak, cyclisme, escrime, gymnastique, haltérophilie, judo, lutte, natation, sports équestres, tir et voile. Bien que ces groupes de disciplines représentent 86,6 % du total des médailles distribuées sur la période, l'exercice perd un peu de son intérêt.

Enfin, des études montrent que les dépenses gouvernementales consacrées au sport sont un meilleur indicateur des résultats olympiques que le PIB par habitant. Selon les auteurs, l'investissement gouvernemental dans le sport, mesuré par une proxy (dépenses gouvernementales pour les loisirs, la culture et le culte fournies par les Nations unies, dont une part est consacrée au sport) est un instrument de politique publique pour atteindre des objectifs de succès d'une nation dans les JO (Andreff *et al.*, 2019 ; Blais-Morisset, Boucher et Fortin, 2017). Cette modélisation n'est pas généralisable pour deux raisons liées à la proxy : elle ne peut pas être renseignée pour toutes les nations (dans Blais-Morisset, Boucher et Fortin (2017), 53 nations pour la période 1992-2012, soit un peu plus d'un quart des pays participant aux dernières éditions des JO) et elle n'est pas une très bonne proxy car elle n'est pas consacrée aux dépenses liées au sport seulement.

Les résultats des modèles économétriques présentés, basés sur des variables macroéconomiques, fournissent-ils de meilleures prévisions des médailles olympiques que les experts connaisseurs des différentes disciplines sportives ? Otamendi et Doncel (2018) répondent par une comparaison statistique entre cinq prévisions d'experts publiées dans la presse sportive spécialisée avec celles de trois modèles de prévision des médailles respectivement aux JO d'hiver de Vancouver 2010 (Otamendi et Doncel, 2014b), aux JO d'été de Londres 2012 (Otamendi et Doncel, 2014a) et aux JO d'hiver de Sotchi 2014 (Andreff, 2013). La comparaison s'appuie sur divers indicateurs de qualité d'une prévision : ratio d'exactitude de la prévision par rapport aux résultats, corrélations de Pearson, Kendall et Spearman, ajustement de la distribution statistique prédite à la distribution observée *ex post*. Les auteurs concluent que les prévisions des experts sportifs sont meilleures dans le détail de la distribution des médailles par discipline sportive, par athlète et par couleur des médailles tandis que les modèles économiques sont plus performants pour prévoir la distribution des médailles entre nations participantes. Les prévisions d'experts seraient plutôt utiles pour des parieurs sportifs tandis que les prévisions

des économistes pourraient être utiles pour mieux définir les politiques sportives en vue de la performance. Partant de ce constat, nous avons choisi d'estimer un modèle macroéconomique pour prévoir le nombre de médailles gagnées aux JO de Paris 2024.

2. Nos modélisations des médailles olympiques

Le modèle estimé par Andreff, Andreff et Poupaux (2008) reprend le modèle de référence de Bernard et Busse (2004) sur la période 1976-2004 en ajoutant le nombre de médailles obtenues par chaque nation aux JO précédents et des indicatrices de zone géographique⁷. La prévision réalisée s'est avérée être une anticipation exacte du nombre de médailles pour 70 % des nations ayant participé aux JO de Pékin 2008, leur nombre de médailles observées *ex post* se situant dans l'intervalle de confiance des valeurs estimé *ex ante* (Andreff, 2009). Avec une marge d'erreur de deux médailles, 88 % de la distribution des médailles par nation est identifiée à l'avance par le modèle. Il n'y a que 12 % des cas, soit pour 23 nations participantes, où la prévision du modèle est éloignée des résultats observés *ex post*.

La modélisation retenue pour la partie explicative de ce travail (voir Andreff *et al.* (2022) pour l'analyse complète) inclut les différentes variantes du modèle de base de Bernard et Busse présentées dans le paragraphe précédent afin d'obtenir les prévisions les plus réalistes possibles.

2.1. Nos variables

La variable dépendante

Avant d'introduire notre variable dépendante, il convient de préciser que le nombre de disqualifiés par année olympique pour cause de contrôle antidopage positif pouvant intervenir après les JO a nettement augmenté lors des JO 2008 et 2012 – il peut encore augmenter pour les JO 2016 avant la prescription décennale ; 22 pays ont eu des athlètes disqualifiés de 1992 à 2018. Lorsqu'un médaillé olympique est disqualifié le décompte des médailles est modifié : l'équipe nationale

7. Ces indicatrices distinguent neuf grandes régions du monde selon la spécialisation par « culture » sportive des pays de chaque région, soit : AFN Afrique du Nord, AFS Afrique subsaharienne, ASI Autres pays d'Asie, EAST Europe de l'Est, LSA Amérique latine et du Sud, MNE Moyen- et Proche-Orient, NAM Amérique du Nord, OCE Océanie, WEU Europe occidentale.

dans laquelle il a remporté ce trophée perd une médaille. Le plus souvent, mais ce n'est pas systématique, cette médaille « perdue » pour une nation est réattribuée à l'athlète classé(e) quatrième dans l'épreuve olympique considérée. Contrairement aux modèles présentés, la variable dépendante avec laquelle nous allons travailler n'est pas le nombre de médailles obtenues aux JO de l'année t pour le pays i notée $M_{i,t}$ mais une variable plus proche de la réalité des gains de médailles obtenus conformément aux règles sportives, c'est-à-dire le nombre de médailles *après* prise en compte des disqualifications, notée $Mapdisq_{i,t}$, i.e. le nombre de médailles par nation corrigé du nombre des disqualifications connues à ce jour⁸ et du nombre de réattributions des médailles des disqualifiés à d'autres nations. Ce décompte des disqualifiés corrige la variable dépendante en tenant compte du dopage. Cependant, cette prise en compte est partielle puisque tous les athlètes ne sont pas contrôlés. Pour apprécier l'effet du dopage sur les performances, il faudrait connaître la proportion des athlètes dopés. Ce qui ne s'observe pas. Les données disponibles renseignent seulement sur le nombre d'athlètes contrôlés et sur le nombre des contrôlés positifs (de 0 % à 1,9 % du total des contrôlés, selon le sport, d'après les données de l'AMA) et non le nombre d'athlètes effectivement dopés. Le dopage ne peut être renseigné comme variable explicative des médailles aux JO, faute de données complètes, mais il influence certainement les résultats sportifs. Une expérience naturelle le suggère : la disqualification en 2017 de 11 athlètes russes dopés aux JO de Sotchi 2014 corrige presque exactement la différence entre le nombre de médailles prévues pour la Russie dans notre modèle (Andreff, 2013) et le nombre de médailles (plus élevé) effectivement attribuées à la Russie avant disqualifications pour dopage (Andreff, 2019). Faute de données ou d'autres expériences naturelles de ce type, seul le dopage sanctionné est pris en considération dans notre modèle comme correction de la valeur numérique de la variable dépendante.

Les variables indépendantes

Les variables indépendantes incluent plusieurs ensembles de variables, en premier lieu les variables du modèle de base de Bernard et

8. Désormais des contrôles antidopage peuvent être demandés par l'Agence mondiale antidopage (AMA) ou l'une de ses agences nationales pendant 10 ans après les JO. Conséquences : le tableau final des médailles attribuées n'est connu qu'en $t + 10$ (en 2026 pour les JO de Rio 2016) et des disqualifications peuvent intervenir pendant tout cet intervalle de 10 ans.

Busse (2004) et d'Andreff, Andreff et Poupaux (2008) pour la nation i et les JO de l'année t :

- Les variables observées au moment des JO précédents (année $t - 4$) : le niveau de population ($N_{i,t-4}$) et le PIB par habitant en dollars à parité de pouvoir d'achat (PPA) constants 1995 ($(Y/N)_{i,t-4}$) ;
- L'indicatrice supposée capter l'effet pays hôte l'année des JO ($Hôte_{i,t}$) ;
- Les indicatrices caractérisant la zone géographique, c'est-à-dire les neuf régions de la note de bas de page 6 ($Régions_{r,i}$)
- Les indicatrices caractérisant le régime politique ($RégPol_{p,i}$). Trois régimes sont considérés : CAPME (économie de marché), CEEC (11 nations post-communistes qui ont adhéré à l'UE⁹) et POSTCOM (23 autres nations à économies post-communistes, non membres de l'UE¹⁰).

Au vu de la littérature, quatre variables ont été ajoutées pour améliorer le pouvoir explicatif du modèle :

- a) Le nombre d'athlètes de chaque nation i participant aux JO l'année t .

Il est presque trivial de considérer que plus une nation aligne un grand nombre d'athlètes dans les épreuves des JO et plus son gain de médailles probable augmente. Cette information a été introduite en classes pour deux raisons : d'une part, l'effet du nombre d'athlètes participant peut ne pas être linéaire, d'autre part, pour la prévision, cette discrétisation tient compte de l'information sur le nombre d'athlètes participants sans avoir besoin de connaître le nombre exact d'athlètes. La variable en classes est notée $RNA_{i,d,t}$. Quatre classes ont été créées : $[0,10[$; $[10,50[$; $[50,150[$; 150 et plus.

- b) Une indicatrice précisant que le pays sera organisateur de l'édition suivante des JO.

9. Bulgarie, Croatie, Estonie, Hongrie, Lettonie, Lituanie, Pologne, République tchèque (Tchécoslovaquie pour les données de 1992, avant la séparation d'avec la Slovaquie en 1993), Roumanie, Slovaquie, Slovénie.

10. Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Bosnie-Herzégovine, Biélorussie, Chine, Cuba, Géorgie, Kazakhstan, Kirghizistan, Kosovo, Laos, Macédoine, Moldavie, Mongolie, Monténégro, Ouzbékistan, République populaire de Corée, Russie, Serbie (République de Serbie-et-Monténégro de 1992 à 2006, avant la séparation d'avec le Monténégro), Tadjikistan, Ukraine et Viêt Nam.

L'hypothèse sous-jacente est que l'équipe olympique du futur pays organisateur va d'ores et déjà se préparer plus intensément dans la perspective de l'accueil des JO et que cette préparation précoce peut avoir un effet positif dès les JO en cours. Un tel effet a été mentionné pour expliquer le succès, dépassant toute prévision, de l'équipe olympique de la Grande-Bretagne aux JO de Pékin 2008 (Maennig et Wellbrock, 2008). Cette variable, notée $Org_{av}_{i,t}$, prend la valeur 1 pour la nation i au JO de l'année t quand le pays sera organisateur de l'édition suivante des JO (en $t + 4$).

- c) Une indicatrice précisant que le pays était l'hôte de l'olympiade précédente, quatre ans plus tôt, en $t - 4$.

Une variable $Org_{ap}_{i,t}$ est introduite dans le modèle pour tester si le fait d'être le pays organisateur des JO l'année t a un impact sur le nombre de médailles qu'il va gagner aux JO suivants (en $t + 4$). L'intuition est la suivante : la préparation de l'équipe olympique pour gagner beaucoup de médailles quand le pays est hôte en t peut prolonger son effet bénéfique jusqu'aux JO postérieurs à ceux où la nation a organisé les Jeux. Cette indicatrice prend la valeur 1 pour la nation i l'année t lorsqu'elle était l'organisatrice des précédents JO (en $t - 4$).

- d) La variable dépendante retardée de quatre années.

La variable $Mapdisq_{i,t-4}$ améliore le pouvoir explicatif du nombre de médailles des différentes nations participant aux JO de l'année t , en lui faisant mémoriser la plus récente performance olympique nette, après disqualifications, de ces nations¹¹.

Deux variables supplémentaires ont été testées mais n'ont pas été retenues dans la modélisation finale : le climat et l'inégalité de genre. Il a été démontré dans certains modèles d'explication de la performance sportive dans les compétitions de football que la température idéale pour jouer est 14 °C (Scelles et Andreff, 2017). Après différentes prises en compte du climat (différence entre la température moyenne de la nation et 14 °C, carré de cette différence ; valeur absolue de la différence entre la température de la nation et celle du pays hôte), les résultats associés à ces variables de climat sont statistiquement non significatifs. Ce résultat est conforme à celui obtenu par Vagenas et Palaiothodorou (2019). L'indice d'inégalité de genre du Programme des Nations unies pour le développement (PNUD) disponible pour les

11. Pour celles des nations qui participent à la fois aux JO en t et en $t - 4$.

années 1995, 2000, 2005, 2010-2015 n'a pas d'impact statistiquement significatif sur le nombre de médailles dans notre modèle, confirmant les résultats de Lowen, Deaner et Schmitt (2016). Ce résultat un peu surprenant pourrait s'expliquer par une corrélation relativement forte entre le PIB par tête et l'inégalité de genre qui est de -0,496 sur la période 1992-2016.

La période d'observation retenue s'étend de 1992 jusqu'aux JO de Rio de Janeiro 2016 inclus. Sur cette période, 196 nations participent à au moins une olympiade et, parmi elles, 70 ne reçoivent aucune médaille sur l'ensemble des olympiades considérées, soit plus d'un tiers des nations. Les modélisations retenues tiennent compte du fait qu'un pays participant peut ne pas obtenir de médailles. À la modélisation Tobit habituelle nous avons ajouté un modèle Hurdle. La différence entre les deux modèles est la distribution : pour le modèle Tobit, le nombre de médailles corrigé des disqualifications est supposé être une variable aléatoire continue distribuée selon une loi normale ; pour le modèle Hurdle, le nombre de médailles corrigé des disqualifications est supposé être une variable aléatoire discrète (processus de comptage) distribuée selon une loi binomiale négative (Poisson avec hétérogénéité inobservée Gamma)¹². Les deux types de modèles ont été estimés en panel avec des effets aléatoires de pays.

Notons $Mapdisq_{i,t}$ le nombre corrigé de médailles obtenues par le pays i aux JO de l'année t et la variable latente associée.

Dans le cadre d'un Tobit, notre modèle s'écrit :

$$Mapdisq_{i,t}^* = X_{i,t}\Theta + u_i + \epsilon_{i,t},$$

où $\epsilon_{i,t} \sim N(0, \sigma^2_\epsilon)$ et $u_i \sim N(0, \sigma^2_u)$, et

$$Mapdisq_{i,t} = \begin{cases} Mapdisq_{i,t}^* & \text{si } Mapdisq_{i,t}^* > 0 \\ 0 & \text{si } Mapdisq_{i,t}^* \leq 0. \end{cases}$$

Dans le cadre d'un Hurdle, l'écriture de la partie liée au processus de comptage est :

$$\chi_{i,t} = \exp(X_{i,t}\Theta + \tau_{i,t}u_i),$$

12. Pour plus de détails sur les différents modèles estimés, voir par exemple Wooldridge (2001).

avec :

$$Mapdisq_{it} \sim \text{Poisson}(\chi_{i,t}) ; \chi_{i,t} | u_i \sim \text{Gamma}(\exp(g_{i,t})) u_i \sim N(0, \sigma^2_u).$$

L'ensemble de variables indépendantes $X_{i,t}$ diffère légèrement selon que l'on veut estimer un modèle explicatif ou un modèle prédictif des médailles olympiques.

2.2. Notre modèle explicatif des médailles olympiques

Pour le modèle explicatif, selon l'ensemble de variables explicatives retenu, $X_{i,t} \Theta$ est défini par :

$$R_{i,t} = c + \alpha \ln N_{i,t-4} + \beta \ln \left(\frac{Y}{N} \right)_{i,t-4} + \gamma \text{Hôte}_{i,t} + \sum_p \delta_p \text{RégPol}_{p,i} + \sum_r \rho_r \text{Régions}_{r,i} \quad (1)$$

$$R_{i,t} + \lambda \text{Orgav}_{i,t} + \mu \text{Orgap}_{i,t} \quad (1')$$

$$R_{i,t} + \nu \text{RNA}_{i,t} \quad (3)$$

Le modèle associé à la relation (1) correspond au modèle estimé par Andreff, Andreff et Poupaux (2008) sur la variable nombre corrigé de médailles. À la relation (1) nous ajoutons les variables liées aux pays hôtes avant et après pour obtenir la relation (1'). À la relation (1) nous ajoutons le nombre d'athlètes pour obtenir la relation (3)¹³.

La significativité du paramètre g_{it} confirme la pertinence de l'estimation d'un modèle binomial négatif (ligne g_{it} du tableau de l'annexe 1). Les effets estimés associés aux différentes variables sont comparables en Tobit et Hurdle. De plus, les valeurs des log vraisemblances confirment que le modèle avec les trois variables associées aux pays hôtes (modèle (1')) est significativement plus adapté.

Les estimations en Hurdle et en Tobit confirment l'impact significatif sur le nombre de médailles par nation des variables du modèle d'Andreff, Andreff et Poupaux (2008). Les variables capturant respecti-

13. Le modèle (3') incluant le nombre d'athlètes l'année des JO et les variables liées aux pays hôtes avant et après ne donnent pas de résultats satisfaisants, car de manière systématique le nombre d'athlètes augmente significativement lorsque le pays est hôte. Nous sommes en présence d'un problème de colinéarité imparfaite. Ce problème disparaît lorsque nous discrétisons cette information.

vement le fait pour un pays d'être l'hôte des prochains Jeux ($Org_{av_{i,t}}$) ou d'avoir été l'hôte des Jeux précédents ($Org_{ap_{i,t}}$) et le nombre d'athlètes participant aux Jeux ont un impact significativement positif sur le nombre de médailles gagnées : accueillir les prochains JO majore les gains de médailles du futur pays hôte¹⁴ ; de la même façon, le gain de médailles est majoré pour le pays qui les a organisés à l'olympiade précédente. Le nombre d'athlètes alignés aux JO joue un rôle important avec une influence positive sur le nombre de médailles gagnées par n'importe quel pays participant.

2.3. Notre modèle prévisionnel des médailles olympiques

Pour la prévision, on ajoute le nombre de médailles obtenues par chaque nation aux JO précédents parmi les variables explicatives, l'expression $X_{i,t}\theta$ utilisée dans les modèles Tobit et Hurdle est définie par :

$$R_{i,t} + \theta Maqdisq_{i,t-4} \quad (2)$$

$$R_{i,t} + \theta Maqdisq_{i,t-4} + \lambda Org_{av_{i,t}} + \mu Org_{ap_{i,t}} \quad (2')$$

$$R_{i,t} + \theta Maqdisq_{i,t-4} + \sum_d t_{nd} RNA_{i,d,t} \quad (4)$$

$$R_{i,t} + \theta Maqdisq_{i,t-4} + \sum_d t_{nd} RNA_{i,d,t} + \lambda Org_{av_{i,t}} + \mu Org_{ap_{i,t}} \quad (4')$$

où $R_{i,t}$ est défini par la relation (1). À la relation (1) nous rajoutons le nombre de médailles obtenues par la nation i aux olympiades précédant celles de l'année t (en $t - 4$) pour obtenir la relation (2). À la relation (2) nous rajoutons les variables liées aux pays hôtes pour obtenir la relation (2') et les indicatrices associées aux classes de nombre d'athlètes pour obtenir la relation (4). À la relation (3) nous rajoutons les variables liées aux pays hôtes pour obtenir la relation (4').

14. Cet effet semble avoir peu joué pour l'équipe de France aux JO de Tokyo 2021.

3. Nos prévisions économiques du nombre de médailles olympiques

3.1. Application aux JO de Tokyo (test du modèle)

Avant de commenter les résultats, il convient de noter que, concernant les modèles Hurdle, le modèle binomial négatif est préféré au modèle de Poisson¹⁵ (ligne g_{it} des tableaux des annexes 2 et 3). Les résultats des estimations des modèles prévisionnels (2 et 2', 4 et 4') sont très comparables à ceux des modèles explicatifs (1, 1' et 3). Les variables sont significatives, sans changement de signe de leur coefficient.

Ces variantes du modèle prévisionnel sont utilisées (Andreff *et al.*, 2019) pour prévoir le nombre de médailles par nation aux JO de Tokyo 2020 (retardés à 2021). Quelle que soit la variante du modèle de prévision, les neuf mêmes pays se classent en tête par leur nombre de médailles : États-Unis, Chine, Grande-Bretagne, Russie, France, Allemagne, Japon, Australie et Italie, et les quatre premiers toujours dans le même ordre. Le modèle prédit que l'équipe de France gagnerait 42-43 médailles aux JO de Tokyo, en tout cas entre 38 et 66 médailles aux valeurs extrêmes des intervalles de confiance de toutes les variantes.

Le tableau 1 compare la prévision des médailles olympiques (intervalle de confiance des gains de médailles) et le nombre effectivement observé des médailles gagnées par les nations participantes aux JO de Tokyo 2021. Faute de données disponibles pour quelques pays, les prévisions du modèle portent sur 194 nations alors que Tokyo 2021 a rassemblé 206 nations participantes. La comparaison prévisions/résultats ne peut être effectuée pour : Andorre, îles Caïman, Cambodge, îles Cook, Guam, Lichtenstein, Monaco, Nauru, Samoa américaines, Saint-Marin, Soudan du Sud, îles Vierges. Aucune de ces nations n'a remporté de médaille. La comparaison n'est pas biaisée par leur absence. Pour les 19 pays ayant remporté le plus de médailles à Tokyo 2021 (également supposés en remporter le plus à Paris 2024, voir plus bas), les modèles Tobit offrent une meilleure prédiction que les modèles Hurdle dans 9 cas, les modèles Hurdle sont plus performants dans 4 cas et dans 6 cas les deux types de modèles performant à un niveau similaire¹⁶. Cela suggère que les modèles Hurdle peuvent utile-

15. Parce que le modèle binomial négatif (avec hétérogénéité non observée) est toujours préféré au modèle de Poisson, les résultats du modèle de Poisson ne sont pas donnés.

16. Résultats disponibles sur demande aux auteurs.

ment compléter les modèles Tobit, d'où la décision de conserver les deux types de modèles dans la suite de l'analyse et pour les prévisions pour Paris 2024 plus tard.

Le modèle a prévu exactement 88 % (170 pays/194) de la distribution des médailles olympiques, 170 pays ayant gagné un nombre de médailles contenu dans l'intervalle de confiance statistique estimé avant les Jeux. Si on accepte une marge d'erreur de plus ou moins 2 médailles au-delà de l'intervalle de confiance, le modèle a prévu les résultats de 184 nations, soit 95 % de la distribution des médailles effectivement observée. Les 5 % de « résultats surprenants » (Andreff et Andreff, 2015), imprédictibles, car situés dans une marge d'erreur de plus de 2 médailles, ne représentent que 10 pays.

Pour 13 pays, l'écart de 1 ou 2 médailles hors de l'intervalle de confiance n'appelle pas de longs commentaires, ne représentant ni l'expression d'un aléa majeur ni une lourde contre-performance ou une super-performance exceptionnelle. En revanche, pour 10 pays l'écart entre prévision et résultat observé est supérieur à 2 médailles. Six pays ont remporté plus de médailles que prévu, ils ont surperformé : Hong Kong (+3 médailles de plus que la prévision), Suisse (+4), Australie (+8), Italie (+9), Comité olympique de Russie (+10) et Pays-Bas (+13). À l'inverse, quatre pays ont obtenu nettement moins de médailles que prévu, ils ont sous-performé ; leurs équipes nationales ont réalisé une inattendue « mauvaise » performance d'ensemble : Allemagne (-3 médailles par rapport à la prévision), Taïwan (-5), Azerbaïdjan (-6) et surtout France (-13).

L'explication de la sous-performance de ces équipes nationales doit mobiliser deux types d'arguments (et de variables) : micro et macro. Les informations plus « micro » caractérisant les athlètes, les équipes ou la prise en compte des disciplines permettraient sûrement d'avoir des prévisions plus précises mais, comme nous l'avons évoqué, ces variables ne peuvent pas être prises en compte dans cette modélisation. Ces informations compléteraient la liste des facteurs ayant déterminé les résultats de l'équipe de France olympique à Tokyo 2021, ses bonnes performances en judo (8 médailles) et en escrime (5), sa surperformance en sports d'équipe (6), mais aussi ses sous-performances, les plus marquantes étant l'athlétisme, la natation, le tir et l'équitation (1 médaille) et surtout la boxe, le canoë-kayak, le cyclisme sur route et la gymnastique (0 médaille). Ces sous-performances pourraient être liées à un investissement plus ciblé dans d'autres pays.

Tableau 1. Comparaison entre les prévisions du modèle et les résultats des JO de Tokyo en 2021

Dans l'intervalle de confiance	Médailles 2021 gagnées	Prévisions		Hors intervalle de confiance	Médailles 2021 gagnées	Prévisions		Erreur*
		Min	Max			Min	Max	
USA	113	111	151	FRA	33	46	64	(-13)
GBR	65	51	67	AZE	4	10	20	(-6)
JPN	58	42	58	TWN	12	2	7	(-5)
CAN	24	17	27	DEU	37	40	49	(-3)
NZL	20	10	21	NLD	36	17	23	(+13)
HUN	20	14	20	RUS	71	49	61	(+10)
KOR	20	18	28	ITA	40	25	31	(+9)
UKR	19	12	20	AUS	46	26	38	(+8)
ESP	17	15	21	CHE	13	4	9	(+4)
CUB	15	10	24	HKG	6	0	3	(+3)
POL	14	10	17	Total 10 pays				
CZE	11	7	11	Dans une marge d'erreur de 2 médailles				
DNK	11	7	16	THA	2	4	9	(-2)
KEN	10	10	15	SWE	9	10	15	(-1)
JAM	9	6	13	KAZ	8	9	20	(-1)
SRB	9	4	11	ZAF	3	4	12	(-1)
NOR	8	3	8	LTU	1	2	6	(-1)
HRV	8	4	11	DZA	0	1	6	(-1)
IRN	7	4	11	CHN	88	67	86	(+2)
BEL	7	3	8	TUR	13	5	11	(+2)
BLR	7	6	12	AUT	7	2	5	(+2)
IND	7	1	7	BRA	21	9	20	(+1)
BGR	6	2	9	GEO	8	3	7	(+1)
EGY	6	1	7	DOM	5	0	4	(+1)
SVN	5	2	6	UGA	4	0	3	(+1)
UZB	5	5	17	Total 13 pays				
COL	5	2	9					
IDN	5	2	6					
GRC	4	3	8					
ISR	4	0	4					
Total		170 pays						

* Erreur = nombre de médailles gagnées moins nombre de médailles prévues.
Voir liste des abréviations de pays en fin d'article.

Au niveau macro, comme on l'a constaté pour les Jeux de Pékin (Andreff, 2009) et ceux de Sotchi (Andreff, 2013), il existe des variables macroéconomiques qui influencent le nombre de médailles par nation et qui n'ont pas été incluses dans le modèle :

a) Le dopage : les athlètes de certaines équipes nationales se sont-ils dopés de manière particulièrement efficace, notamment comparés à ceux de l'équipe de France (ou ceux-ci ne se seraient-ils pas dopés du tout ?). La possibilité de tester les athlètes olympiques pendant 10 ans après les Jeux en fera savoir davantage à ce sujet. La disqualification de 11 athlètes russes médaillés aux JO de Sotchi 2014 pour dopage a amoindri la performance de la Russie (Andreff, 2019). Mais la disqualification de la Russie pour les JO de Tokyo n'a pas eu d'effets négatifs sur les performances des athlètes russes admis à participer à titre individuel sous l'emblème du CNO de Russie ; ils ont surperformé par rapport aux résultats attendus (dans le modèle) d'une équipe nationale russe officielle.

b) Des changements institutionnels importants dans la régulation et le management du système des sports de certaines nations : ce facteur a eu un rôle explicatif depuis 1990 dans l'évolution des performances olympiques des pays post-communistes (Andreff, 2020).

c) L'hyperspécialisation de certaines nations dans une discipline olympique particulière où elles ont concentré leurs gains de médailles – par exemple aux Jeux de Pékin, la Jamaïque en sprint, le Kenya en courses de longue distance, les Pays-Bas en patinage, la Grande-Bretagne en cyclisme sur piste – est sans doute insuffisamment captée par la variable *Regions* du modèle. Une variable de spécialisation par discipline serait plus pertinente, mais on a vu sa limite statistique avec Forrest, Sanz et Tena (2010) et Forrest *et al.* (2015, 2017).

d) Les JO de Tokyo se sont déroulés dans un contexte de crise sanitaire. Il est possible de considérer que la sous-performance de l'équipe de France olympique est en partie due à l'impact potentiel de la pandémie de Covid-19 sur la variable « pays hôte des prochains JO ». Cette variable suppose que le prochain pays organisateur a déjà commencé à investir en vue de l'organisation future des JO, ce qui a un impact positif sur la performance lors de l'édition précédente. La pandémie de Covid-19 a peut-être réduit cette possibilité d'investir à l'avance.

3.2. Application aux JO de Paris 2024

Par rapport aux modèles de prévision pour les JO de Tokyo, la base des données utilisées pour prévoir le nombre de médailles aux JO de Tokyo (Andreff *et al.*, 2019 ; Scelles *et al.*, 2020) a été mise à jour en tenant compte de la réactualisation – changement d’année de base – par la Banque mondiale de ses données (Andreff *et al.*, 2022). Le PIB par habitant est maintenant exprimé en dollars à parité de pouvoir d’achat (PPA) constants 2020. Ce changement de base de référence n’affecte ni le pouvoir explicatif du modèle, ni le signe des coefficients associés aux variables, ni leur significativité. Pour certaines variables (PIB par habitant, population), un facteur inattendu et impondérable – la crise du Covid-19 – complique un peu l’exercice de prévision pour Paris 2024. En toute logique, il faudrait prendre en compte ces deux variables en $t - 4$, soit en 2020. En raison des mesures prophylactiques prises par les gouvernements, c’est l’année où la pandémie a le plus entravé le déroulement de la préparation des athlètes, des compétitions sportives et leurs résultats, mais aussi les clubs et l’économie du sport (Feiler *et al.*, 2022), les sports professionnels (Catana *et al.*, 2021 ; Reade et Singleton, 2020) et le haut niveau amateur (Carin et Andreff, 2020).

Convenait-il de substituer les données de 2019 (dernière année « normale ») à celles de 2020 ? Cela reviendrait à faire l’hypothèse que les JO de Paris 2024 se dérouleraient comme s’il n’y avait pas eu la crise du Covid-19 ou qu’elle n’aurait eu aucun effet sur la préparation olympique. Ou bien serait-il plus approprié de retenir les données de 2021 en supposant, d’une part, qu’après une forte perturbation en 2020 la préparation olympique a presque repris son cours normal en 2021 et, d’autre part, que les JO de 2024 vont se dérouler dans un environnement de maîtrise de la pandémie ?

Le choix de prendre 2021 comme année $t - 4$ du modèle de prévision pour 2024 se justifie par le fait que la reprise économique, après la « récession sanitaire » de 2020, est une situation moins anormale que la première année du Covid-19 et par les progrès dans la maîtrise de la pandémie réalisés depuis lors. La prévision du nombre de médailles olympiques en 2024 retient les valeurs des variables pour 2021. Néanmoins, alternativement le calcul des prévisions a été effectué en prenant également $t - 4 = 2020$ ¹⁷, et aucun changement important n’a été observé par rapport aux prévisions calées sur 2021.

17. Résultats disponibles sur demande aux auteurs.

Testés en Tobit et en Hurdle, les modèles prédictifs restent statistiquement valides avec les nouvelles données. Quelques résultats d'estimation sont un peu différents par rapport à ceux d'Andreff *et al.* (2019), voir annexes 4 et 5. Dans les modèles (2) et (2') Tobit, la modalité CEEC du Régime politique cesse d'être significative, de même que la modalité Europe de l'Est de la variable Région dans le modèle (2') Tobit et le modèle (2') Hurdle. À mesure que des années supplémentaires sont incluses dans l'exercice de simulation, la singularité de la qualité de pays communistes et la significativité de cette indicatrice diminuent. Ces économies se normalisent de plus en plus par rapport à la catégorie de référence CAPME. La région Afrique subsaharienne devient une variable significative dans le modèle (4) Hurdle, elle ne l'était pas dans le modèle de 2019. À l'inverse, la modalité Afrique du Nord de cette variable cesse d'être significative dans les modèles (4) et (4') Tobit. Le PIB par tête en $t - 4$ devient significatif dans le modèle (4) Hurdle, il ne l'était pas dans la prévision de 2019. Un seul coefficient change de signe, celui de la variable « olympiade $t + 4$ » dans le modèle (2') Tobit. Les modèles (2), (2'), (4) et (4') sont donc conservés pour procéder à l'exercice de prévision du nombre de médailles par nation aux JO de Paris 2024.

Les prévisions des gains de médailles de tous les pays¹⁸ supposés participer aux JO de Paris 2024 sont reportées dans les tableaux 2 et 3 (top 17) et les annexes 6 et 7 (ensemble des pays)¹⁹.

Les tableaux 2 et 3 sont d'abord ordonnés selon le nombre de médailles remportées aux Jeux de Tokyo en 2021, puis ils présentent les prévisions du modèle pour les JO de Paris 2024. Chaque prévision pour une nation est assortie de la borne inférieure et de la borne supérieure de son intervalle de confiance. Ainsi, selon le modèle (2) Hurdle, la valeur la plus probable du gain de médailles des États-Unis en 2024 est 131. Entre 117 et 144 médailles gagnées, le résultat olympique des États-Unis demeure dans l'intervalle statistique estimé par le modèle comme vraisemblable.

Tous les modèles prévoient les quatre mêmes pays remportant le plus grand nombre de médailles, dans l'ordre : 1) États-Unis, 2) Chine, 3) Russie, 4) Royaume-Uni (Grande-Bretagne). Les trois pays suivants

18. Pour lesquels les données sont disponibles, voir Andreff *et al.* (2019).

19. Pour ne pas alourdir, les pays qui ont gagné moins de deux médailles aux JO de Tokyo 2021 n'y figurent pas. Pour les prévisions concernant les pays absents des deux tableaux, voir la note 15, mais il est quasiment certain qu'ils ne remporteront qu'une seule ou zéro médaille aux JO de Paris 2024.

sont toujours les mêmes : France, Japon et Australie, le Japon prend quatre fois la 5^e place, la France aussi. Les modèles prévoient les 12 mêmes pays suivants si on les classe d'après leurs gains prévus de médailles, mais pas dans le même ordre d'un modèle à l'autre : Allemagne, Italie, Pays-Bas, Corée du Sud, Canada, Cuba, Hongrie, Ukraine, Espagne, Brésil, Pologne et Nouvelle-Zélande. Ces 19 pays devraient réaliser les meilleures performances aux JO de Paris 2024.

Tableau 2. Prévision des médailles olympiques aux JO de Paris 2024 – modèles (2)-(2') – Top 19 (PIB 2021)

Pays	JO Tokyo 2021	HURDLE						TOBIT					
		Modèle (2)			Modèle (2')			Modèle (2)			Modèle (2')		
		Prév.	IC-inf	IC-sup	Prév.	IC-inf	IC-sup	Prév.	IC-inf	IC-sup	Prév.	IC-inf	IC-sup
USA	113	131	117	144	162	147	177	111	105	116	116	110	123
CHN	89	124	112	135	119	107	130	91	86	96	91	86	95
RUS	71	76	69	82	76	69	82	71	67	75	71	67	75
GBR	64	59	54	65	56	51	62	62	59	65	62	59	65
JPN	58	46	42	49	45	41	48	55	51	59	52	47	56
AUS	46	50	43	57	48	41	55	47	43	51	47	43	50
ITA	40	37	33	41	37	32	41	40	38	43	40	38	43
DEU	37	42	38	47	42	38	47	39	37	41	39	37	41
NLD	36	29	26	32	29	26	32	36	34	38	36	34	38
FRA	33	54	49	60	55	50	60	48	43	52	48	43	52
CAN	24	23	19	27	23	19	27	26	24	29	26	24	29
BRA	21	16	13	19	15	12	19	21	19	23	21	19	23
HUN	20	19	16	22	19	16	22	20	18	22	20	18	22
KOR	20	25	23	28	25	23	28	21	18	23	21	18	23
NZL	20	14	10	18	14	10	18	20	17	23	20	17	23
UKR	19	18	15	22	18	15	22	20	18	22	20	18	22
ESP	17	18	15	21	18	15	21	18	16	20	18	17	20
CUB	15	20	15	24	20	15	24	17	13	21	17	13	21
POL	14	15	11	18	15	11	18	16	14	19	16	14	19

Tableau 3. Prédiction des médailles olympiques aux JO de Paris 2024 – modèles (4)-(4') – Top 19 (PIB 2021)

Pays	JO Tokyo 2021	HURDLE						TOBIT					
		Modèle (4)			Modèle (4')			Modèle (4)			Modèle (4')		
		Prév.	IC-inf	IC-sup	Prév.	IC-inf	IC-sup	Prév.	IC-inf	IC-sup	Prév.	IC-inf	IC-sup
USA	113	126	115	137	156	143	169	109	105	112	115	110	120
CHN	89	114	104	125	111	101	122	88	85	91	88	85	91
RUS	71	74	68	81	74	68	81	70	68	73	70	68	73
GBR	64	58	53	63	56	51	61	62	60	64	62	60	64
JPN	58	46	41	50	44	39	48	57	54	59	52	48	56
AUS	46	47	41	54	46	40	52	46	44	49	46	43	49
ITA	40	36	32	40	36	33	40	40	39	42	40	39	42
DEU	37	41	37	45	41	37	45	38	37	40	38	36	40
NLD	36	28	25	32	28	25	32	36	34	38	36	34	38
FRA	33	51	46	56	51	46	56	47	43	51	47	43	51
CAN	24	22	18	26	22	18	26	27	25	29	27	25	29
BRA	21	16	12	19	15	12	18	22	20	24	22	20	24
HUN	20	19	16	22	19	16	22	21	19	23	21	19	23
KOR	20	24	21	27	24	21	27	22	20	24	22	20	24
NZL	20	16	11	20	16	11	20	21	19	24	21	19	24
UKR	19	19	15	23	19	15	23	22	20	24	22	20	24
ESP	17	18	15	21	18	15	21	20	18	21	19	18	21
CUB	15	15	11	18	15	11	18	17	14	20	17	14	20
POL	14	15	11	18	15	11	18	17	15	19	17	15	19

La lecture du tableau 2 – modèles (2) et (2') – pour chaque nation prévoit que les États-Unis devraient remporter 162, 131, 116 ou 111 médailles, la Chine 124, 119 ou 91 médailles, la Russie 76 ou 71 médailles, et ainsi de suite. Il est très probable que le résultat observé aux JO de Paris 2024 se situe entre 111 et 162 médailles pour les États-Unis, entre 91 et 124 médailles pour la Chine et entre 71 et 76 médailles pour la Russie. Au tableau 3 – modèles (4) et (4') –, le résultat prévu pour les États-Unis comporte entre 109 et 156 médailles, pour la Chine entre 88 et 114 médailles et pour la Russie entre 70 et 74 médailles. La technique d'estimation Hurdle est plus « généreuse » que le Tobit dans l'attribution des médailles aux pays qui en gagnent le plus grand nombre. L'estimation Tobit donne des résultats plus homogènes, moins dispersés.

En dessous de sa plus faible borne inférieure, le nombre effectif de médailles gagnées par une nation aux JO de Paris 2024 serait définitivement une faible performance. Au-dessus de sa plus forte borne supérieure, le nombre de médailles remportées par un pays aux JO de Paris 2024 serait à considérer comme une excellente performance relativement aux attentes et aux performances passées.

Qu'en est-il de l'équipe de France olympique ? Selon les prévisions des modèles (2) et (2') Tobit, la France gagnerait 48 médailles aux JO de Paris 2024 ; avec les modèles (4) et (4') Tobit, son gain serait de 47 médailles. En Hurdle, plus généreux, entre 51 et 55 médailles. On peut considérer 47 ou 48 médailles gagnées comme la prévision la plus fiable, avec une éventualité de gagner 3 à 8 médailles supplémentaires. Cet objectif réaliste de 47-48 médailles rend possible un classement dans les nations les plus performantes, au 5^e ou 6^e rang. Le challenge de cet objectif de classement vient principalement du Japon dont le nombre de médailles dépasse celui de la France dans la moitié des variantes du modèle. L'Australie est un autre adversaire menaçant pouvant atteindre entre 41 et 57 médailles.

Une vision optimiste, mais pas improbable, situerait la performance française entre 48 et 55 médailles, l'équipe de France tirant alors un meilleur parti de l'avantage d'être le pays hôte des JO.

La borne inférieure de l'intervalle de confiance la plus basse estimée en Hurdle est de 46 médailles (modèles (4) et (4')) et la borne supérieure la plus haute est de 60 médailles (modèles (2) et (2')). En Tobit, la borne inférieure la plus basse est de 43 médailles et la borne supérieure est 52 médailles. Un gain inférieur à 43 médailles constituerait une énorme contre-performance. L'équipe de France n'aurait pas tiré parti de l'effet pays hôte, normalement au moins 14 médailles de plus que les 33 de Tokyo 2021.

Selon le modèle de prédiction, l'objectif politique initial de 70-80 médailles est hors d'atteinte et statistiquement improbable ; cela s'applique également à un objectif (fictif) de 60 médailles. S'il s'avérait dépassé, il représenterait un exploit absolument imprévisible que d'aucun serait alors en droit de qualifier d'« extraordinaire », « fantastique » ou autre superlatif en usage dans le sport. Il serait inconsideré, voire fantaisiste, d'assigner à l'équipe de France olympique un objectif supérieur à 60 médailles qui la rapprocherait de la performance britannique prévue, lui garantissant alors à coup sûr la 5^e place au classement, la 4^e place de la Grande-Bretagne restant hors de portée.

4. Conclusion

Selon le modèle de prédiction, l'objectif politique initial de 70-80 médailles est statistiquement improbable, toutefois l'objectif révisé de finir dans le top 5 n'est pas « inconcevable ». Cela affectera l'appréciation du succès des Jeux pour la France. Le choix d'un objectif *ex ante* trop ambitieux assigné à une équipe olympique est source de désillusion et de déception lorsqu'il n'est pas atteint *ex post* ; la déception est en proportion du déficit de médailles gagnées par rapport à l'objectif. Doubler le nombre de médailles remportées par l'équipe de France aux JO de Paris 2024 est un doux rêve, inatteignable, sauf s'il se produisait un choc exogène majeur imprévu par notre modèle, par exemple l'interdiction de participer prononcée à l'encontre des athlètes russes, entraînant un boycott des Jeux par plusieurs nations, Biélorussie en tête. Un objectif réaliste, parce que plus probable (47-48 médailles), déçoit moins quand il est manqué de quelques médailles. Le résultat des JO est satisfaisant s'il est atteint, et il engendre l'enthousiasme et les superlatifs dont le sport et les supporters sont friands quand il est dépassé.

Références

- Andreff M., W. Andreff et S. Poupaux, 2008, « Les déterminants économiques de la performance sportive. Préviation des médailles gagnées aux Jeux de Pékin », *Revue d'économie politique*, vol. 118, n° 2, pp. 135-169.
- Andreff W., 2001, « The correlation between economic underdevelopment and sport », *European Sport Management Quarterly*, vol. 1, n° 4, p. 251-279.
- Andreff W., 2009, « Comparaison entre les prévisions et les médailles gagnées aux Jeux de Pékin », in INSEP, *Pékin 2008. Regards croisés sur la performance sportive olympique et paralympique*, Paris, INSEP, pp. 241-247.
- Andreff W., 2013, « Economic development as major determinant of Olympic medal wins: Predicting performances of Russian and Chinese teams at Sochi Games », *International Journal of Economic Policy in Emerging Economies*, vol. 6, n° 4, pp. 314-340.
- Andreff W., 2019, *An economic roadmap to the dark side of sport*, Cham, Palgrave Macmillan.
- Andreff W., 2020, « The economic determinants of the Olympics performance in Communist and post-Communist countries », in W. Andreff

- (ed.), *Comparative economic studies in Europe: A thirty year review*, Cham, Palgrave Macmillan, pp. 377-413.
- Andreff W. et M. Andreff, 2015, « Economic prediction of sport performances from the Beijing Olympics to the 2010 FIFA World Cup in South Africa: The notion of surprising sporting outcomes », in P. Rodriguez, S. Késenne et R. Koning (eds), *The economics of competitive sports*, Cheltenham, Edward Elgar, pp. 185-215.
- Andreff W., N. Scelles, L. Bonnal, M. Andreff et P. Favard, 2019, *Actualisation du modèle de prévision économique de la répartition des médailles olympiques. Tokyo 2020*, rapport intermédiaire, Paris, Observatoire de l'économie du sport, Ministère des Sports, mars.
- Andreff W., N. Scelles, L. Bonnal, M. Andreff et P. Favard, 2022, *La prévision économique de la répartition des médailles aux Jeux Olympiques de Paris 2024*, Paris, Observatoire de l'économie du sport, Ministère des Sports, novembre.
- Ball D. W., 1972, « Olympic Games competition: Structural correlates of national success », *International Journal of Comparative Sociology*, vol. 13, n° 3-4, pp. 186-200.
- Bernard A. B. et M. R. Busse, 2004, « Who wins the Olympic Games: Economic resources and medal totals », *Review of Economics and Statistics*, vol. 86, n° 1, pp. 413-417.
- Blais-Morisset P., V. Boucher et B. Fortin, 2017, « L'impact des dépenses publiques consacrées au sport sur les médailles olympiques », *Revue économique*, vol. 68, n° 4, pp. 623-642.
- Carin Y. et W. Andreff, 2020, « Le football amateur sous le choc économique de la crise de la Covid-19 en France », *Revue STAPS*, n° 130, pp. 29-41.
- Catana S., S.-G. Toma, C. Gradinaru et R. Radoi, 2021, « The management of European football clubs in the COVID-19 pandemic », *Manager Journal: Challenges of entrepreneurship in the 21st century*, vol. 32, n° 1, pp. 29-33.
- Celik O. B. et M. Gius, 2014, « Estimating the determinants of Summer Olympic Game performance », *International Journal of Applied Economics*, vol. 11, n° 1, pp. 39-47.
- Commission exécutive du CIO, 2023, « La commission exécutive du CIO admet les athlètes individuels neutres aux Jeux Olympiques de Paris 2024 et impose des conditions d'admission strictes », communiqué de presse, 8 décembre, <https://olympics.com/cio/news/la-commission-executive-du-cio-admet-les-athletes-individuels-neutres-aux-jeux-olympiques-de-paris-2024-et-impose-des-conditions-d-admission-strictes>
- Feiler S., S. Beermann, K. Hallmann et C. Breur, 2022, « COVID-19 and sports clubs », in S. Frawley et N. Schulenkorf (eds), *Routledge handbook of sport and COVID-19*, Londres, Routledge, pp. 242-251.

- Forrest D., I. McHale, I. Sanz et J. D. Tena, 2015, « Determinants of national medals totals at the summer Olympic Games: An analysis disaggregated by sport », in P. Rodriguez, S. Késenne et R. Koning (eds), *The economics of competitive sport*, Cheltenham, Edward Elgar, pp. 166-184.
- Forrest D., I. McHale, I. Sanz et J. D. Tena, 2017, « An analysis of country medal shares in individual sports in the Olympics », *European Sport Management Quarterly*, vol. 17, n° 2, pp. 117-131.
- Forrest D., I. Sanz et J. D. Tena, 2010, « Forecasting national team medal totals at the summer Olympic Games », *International Journal of Forecasting*, vol. 26, n° 3, pp. 576-588.
- Grimes A. R., W. J. Kelly et P. H. Rubin, 1974, « A socioeconomic model of national Olympic performance », *Social Science Quarterly*, vol. 55, n° 3, p. 777-783.
- Jolk E., M. J. Karvonen, J. Kihlberg, J. Koskela et L. Noro, 1956, *Sports in the cultural pattern of the world: A study of the 1952 Olympic Games at Helsinki*, Helsinki, Institute of Occupational Health.
- Leeds E. M. et M. A. Leeds, 2012, « Gold, silver, and bronze: Determining national success in men's and women's Summer Olympic events », *Journal of Economics and Statistics*, vol. 232, n° 3, pp. 279-292.
- Levine N., 1974, « Why do countries win Olympic medals? Some structural correlates of Olympic Games success: 1972 », *Sociology and Social Research*, vol. 58, n° 4, pp. 353-361.
- Lowen A., R. O. Deaner et E. Schmitt, 2016, « Guys and gals going for gold: The role of women's empowerment in Olympic successes », *Journal of Sports Economics*, vol. 17, n° 3, pp. 260-285.
- Maennig W. et C. Wellebrock, 2008, « Sozioökonomische Schätzungen olympischer Medaillen-gewinne. Analyse-, Prognose- und Benchmark-möglichkeiten », *Sportwissenschaft*, vol. 38, n° 2, pp. 131-148.
- Noland M. et K. Stahler, 2017, « An old boys club no more: pluralism in participation and performance at the Olympic Games », *Journal of Sports Economics*, vol. 18, n° 5, pp. 506-536.
- Otamendi J. et L. M. Doncel, 2014a, « By sport predictions through socio-economic factors and tradition in Summer Olympic Games: The case of London 2012 », in P. M. Pardalos et V. Zamaraev (eds), *Social networks and the economics of sports*, Berlin, Springer, pp. 125-147.
- Otamendi J. et L. M. Doncel, 2014b, « Medal shares in Winter Olympic Games by sport: Socioeconomic analysis after Vancouver 2010 », *Social Science Quarterly*, vol. 95, n° 2, pp. 598-614.
- Otamendi J. et L. M. Doncel, 2018, « Can economists beat sport experts? Analysis of medal predictions for Sochi 2014 », *Social Science Quarterly*, vol. 99, n° 5, pp. 1699-1732.

- Reade J. et C. Singleton, 2020, « Demand for public events in the COVID-19 pandemic: A case study of European football », *European Sport Management Quarterly*, vol. 21, n° 3, pp. 391-405.
- Rewilak J., 2021, « The (non) determinants of Olympic success », *Journal of Sports Economics*, vol. 22, n° 5, pp. 546-570.
- Scelles N. et W. Andreff, 2017, « Comparaison entre prédictions et réalisations pour la Coupe du Monde de la FIFA 2014. Des pistes pour une aide à la prise de décision pour les paris futurs ? », in F. Dosseville et C. Garnarczyk (eds), *Jugement et prise de décision en football*, Caen, Presses universitaires de Caen, pp. 103-121.
- Scelles N., W. Andreff, L. Bonnal, M. Andreff et P. Favard, 2020, « Forecasting national medal totals at the Summer Olympic Games reconsidered », *Social Science Quarterly*, vol. 101, n° 2, pp. 697-711.
- Schlembach C., S. L. Schmidt, D. Schreyer et L. Wunderlich, 2022, « Forecasting the Olympic medal distribution: A socioeconomic machine learning model », *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 175, art. 121314.
- Trivedi P. K. et D. M. Zimmer, 2014, « Success at the Summer Olympics: How much do economic factors explain? », *Econometrics*, vol. 2, n° 4, pp. 169-202.
- Vagenas G. et D. Palaiothodorou, 2019, « Climatic origin is unrelated to national Olympic success and specialization: An analysis of six successive Games (1996–2016) using 12 dissimilar sports categories », *Sport in Society: Cultures, Commerce, Media, Politics*, vol. 22, n° 3, pp. 1961-1974.
- Wooldridge J. M., 2001, *Econometric analysis of cross section and panel data*, Cambridge (Mass.), The MIT Press.

ANNEXE 1. Résultats des estimations du modèle explicatif

	Modèle (1) Hurdle		Modèle (1) Tobit		Modèle (1') Hurdle		Modèle (1') Tobit		Modèle (3) Hurdle		Modèle (3) Tobit	
	coef	e.t.	coef	e.t.	coef	e.t.	coef	e.t.	coef	e.t.	coef	e.t.
Constante	-9,630 ***	0,95	-129,000 ***	12,22	-9,481 ***	0,93	-125,377 ***	11,89	-6,108 ***	0,87	-62,923 ***	9,25
Population en log (t – 4)	0,561 ***	0,04	6,764 ***	0,60	0,558 ***	0,04	6,602 ***	0,59	0,364 ***	0,04	2,678 ***	0,43
PIB par tête en log (t – 4)	0,254 ***	0,06	3,592 ***	0,72	0,243 ***	0,06	3,456 ***	0,69	0,165 ***	0,05	2,156 ***	0,55
<i>Pays hôte en t : oui</i>												
olympiade en t – 4					0,359 ***	0,11	9,352 ***	2,16				
olympiade en t	0,418 ***	0,11	14,967 ***	2,20	0,519 ***	0,11	17,817 ***	2,16				
olympiade en t + 4					0,303 ***	0,10	11,104 ***	2,16				
Nombre d'athlètes/10									0,034 ***	0,00	1,101 ***	0,06
<i>Régime politique</i>												
CAPME	Réf.		Réf.		Réf.		Réf.		Réf.		Réf.	
CEEC	1,150 ***	0,41	11,922	7,61	1,134 ***	0,41	11,419	7,46	0,952 ***	0,31	5,644	4,47
POSTCOM	1,040 ***	0,33	14,786 **	5,85	1,020 ***	0,33	14,298 **	5,73	0,875 ***	0,25	10,349 ***	3,49
<i>Continent</i>												
Amérique du Nord	Réf.		Réf.		Réf.		Réf.		Réf.		Réf.	
Afrique du Nord	-1,391 ***	0,41	-21,180 ***	6,95	-1,385 ***	0,41	-20,733 ***	6,80	-0,947 ***	0,33	-8,979 **	4,32
Afrique sub-saharienne	-0,876 ***	0,33	-19,180 ***	4,83	-0,886 ***	0,33	-18,859 ***	4,73	-0,458 *	0,27	-6,472 **	3,05
Asie	-1,509 ***	0,30	-22,631 ***	5,11	-1,510 ***	0,30	-22,291 ***	5,02	-0,957 ***	0,24	-8,860 ***	3,09
Amérique du Sud	-1,168 ***	0,32	-16,699 ***	4,99	-1,169 ***	0,32	-16,422 ***	4,89	-0,872 ***	0,25	-7,899 ***	3,04
Europe de l'Est	-0,950 **	0,40	-16,195 **	7,32	-0,926 **	0,40	-15,448 **	7,18	-0,678 **	0,31	-8,800 **	4,33
Europe de l'Ouest	-0,047	0,28	-6,098	5,04	-0,047	0,28	-6,117	4,93	-0,024	0,22	-7,165 **	3,03
Moyen-Orient	-1,351 ***	0,34	-20,946 ***	5,21	-1,335 ***	0,34	-20,464 ***	5,10	-0,839 ***	0,27	-7,751 **	3,30
Océanie	0,770 *	0,46	-4,398	6,95	0,735	0,46	-4,859	6,86	0,390	0,35	-7,591 *	4,52

	Modèle (1) Hurdle		Modèle (1) Tobit		Modèle (1') Hurdle		Modèle (1') Tobit		Modèle (3) Hurdle		Modèle (3) Tobit	
	coef	e.t.	coef	e.t.	coef	e.t.	coef	e.t.	coef	e.t.	coef	e.t.
$g_{i,t}$	-3,191 ***	0,22			-3,374 ***	0,24			-3,341 ***	0,24		
σ^2_u	0,355 ***	0,06	170,183 ***	24,41	0,350 ***	0,06	164,685 ***	23,67	0,355 ***	0,06	51,907 ***	8,36
Nombre d'observations												
totales	554		1289		554		1289		554		1289	
non censurées			554				554				554	
Log Likelihood	-1518,8		-2070,6		-1401,6		-2051,4		-1369,6		-1962,5	
Nombre de pays	126		196		126		196		126		196	
Chi2^c	315,1 ***		686,8 ***		317,8 ***		682,8 ***		157,9 ***		353,9 ***	

Lecture : *** significatif au seuil de 1 % ; ** au seuil de 5 % ; * au seuil de 10 %. ^c : statistique de test associé à la comparaison des modèles avec et sans prise en compte du panel.

ANNEXE 2. Résultats des estimations du modèle prédictif (modèles 2 et 2') (pour Tokyo 2021)

	Modèle (2) Hurdle			Modèle (2) Tobit			Modèle (2') Hurdle			Modèle (2') Tobit		
	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.
Constante	-6,444	***	0,96	-50,420	***	5,43	-6,376	***	0,96	-47,726	***	5,20
Population en log ($t - 4$)	0,430	***	0,04	12,394	***	2,06	0,428	***	0,04	-3,751	*	2,13
PIB par tête en log ($t - 4$)	0,118	**	0,06	2,129	***	0,23	0,113	**	0,06	12,817	***	2,05
<i>Pays hôte en t : oui</i>												
olympiade en $t - 4$							0,341	***	0,11	1,743	***	0,31
olympiade en t	0,363	***	0,11	1,840	***	0,32	0,414	***	0,11	2,006	***	0,22
olympiade en $t + 4$							-0,001		0,12	8,694	***	2,03
Médailles aux JO ($t - 4$)	0,015	***	0,00	0,837	***	0,03	0,015	***	0,00	0,848	***	0,03
<i>Régime politique</i>												
CAPME	Réf.			Réf.			Réf.			Réf.		
CEEC	0,938	***	0,36	3,698	*	1,95	0,932	***	0,36	3,417	*	1,86
POSTCOM	0,727	**	0,29	4,043	***	1,53	0,719	**	0,29	3,761	***	1,45
<i>Continent</i>												
Amérique du Nord	Réf.			Réf.			Réf.			Réf.		
Afrique du Nord	-1,120	***	0,37	-4,086	**	1,87	-1,117	***	0,37	-3,766	**	1,77
Afrique sub-saharienne	-0,828	***	0,31	-4,455	***	1,42	-0,832	***	0,30	-4,236	***	1,35
Asie	-1,165	***	0,27	-5,302	***	1,39	-1,167	***	0,27	-4,991	***	1,32
Amérique du Sud	-0,942	***	0,28	-4,388	***	1,36	-0,947	***	0,28	-4,233	***	1,29
Europe de l'Est	-0,650	*	0,35	-3,951	**	1,93	-0,640	*	0,35	-3,590	**	1,83
Europe de l'Ouest	0,140		0,25	-1,257		1,29	0,141		0,25	-1,122		1,23
Moyen-Orient	-1,026	***	0,30	-5,519	***	1,49	-1,019	***	0,30	-5,181	***	1,42
Océanie	0,747	*	0,40	-0,855		1,86	0,729	*	0,39	-0,989		1,78

	Modèle (2) Hurdle			Modèle (2) Tobit			Modèle (2') Hurdle			Modèle (2') Tobit		
	coef	***	e.t.	coef	***	e.t.	coef	***	e.t.	coef	***	e.t.
$g_{i,t}$	-3,270	***	0,24				-3,374	***	0,24			
σ_u^2	0,253	***	0,05	5,064	***	1,90	0,350	***	0,06	4,331	***	1,67
Nombre d'observations												
totales	529			1232			554			1289		
non censurées				529						554		
Log Likelihood	-1325,9			-1834,2			-1401,6			-2051,4		
Nombre de pays	124			194			126			196		
Chi2^c	199,7 ***			16,6 ***			317,8 ***			682,8 ***		
Taux de bonnes prévisions pour les olympiades 2016												
<i>Tous les pays participants</i>												
IC à 95 %	87,0			84,4			83,8			83,3		
IC+ ou -2	91,5			90,1			91,7			91,1		
<i>Les pays ayant au moins 3 médailles (56 pays)</i>												
IC à 95 %	57,1			42,9			55,4			48,2		
IC+ ou -2	71,4			67,9			71,4			73,2		

Lecture : *** significatif au seuil de 1 % ; ** au seuil de 5 % ; * au seuil de 10 %. ^c : statistique de test associé à la comparaison des modèles avec et sans prise en compte du panel.

ANNEXE 3. Résultats des estimations du modèle prédictif (modèles 4 et 4') (pour Tokyo 2021)

	Modèle (4) Hurdle			Modèle (4) Tobit			Modèle (4') Hurdle			Modèle (4') Tobit		
	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.
Constante	-3,824	***	0,92	-24,097	***	4,68	-3,725	***	0,92	-22,507	***	4,57
Population en log (t - 4)	0,236	***	0,04	0,761	***	0,19	0,231	***	0,04	0,700	***	0,19
PIB par tête en log (t - 4)	0,071		0,05	0,627	**	0,28	0,067		0,05	0,569	**	0,28
<i>Pays hôte en t : oui</i>												
olympiade en t - 4							0,336	***	0,10	8,864	***	2,02
olympiade en t	0,324	***	0,10	12,354	***	2,07	0,366	***	0,11	12,520	***	2,03
olympiade en t + 4							-0,050		0,11	-4,760	**	2,08
<i>Nombre de</i>												
— médailles aux JO (t - 4)	0,016	***	0,00	0,893	***	0,02	0,016	***	0,00	0,897	***	0,02
— athlètes												
[0, 10[Réf.			Réf.			Réf.			Réf.		
[10, 50[0,506	**	0,23	5,207	***	0,69	0,510	**	0,23	5,126	***	0,67
[50, 150[0,985	***	0,24	7,548	***	0,89	0,989	***	0,24	7,394	***	0,87
150 et plus	1,561	***	0,27	9,559	***	1,17	1,559	***	0,27	9,314	***	1,15
<i>Régime politique</i>												
CAPME	Réf.			Réf.			Réf.			Réf.		
CEEC	0,500	*	0,27	0,510		1,43	0,490	*	0,27	0,390		1,40
POSTCOM	0,550	**	0,22	1,987	*	1,10	0,538	**	0,22	1,828	*	1,07
<i>Continent</i>												
Amérique du Nord	Réf.			Réf.			Réf.			Réf.		
Afrique du Nord	-0,854	***	0,28	-2,243	*	1,32	-0,844	***	0,28	-2,101	*	1,29
Afrique sub-saharienne	-0,251		0,25	-1,799	*	1,06	-0,246		0,25	-1,749	*	1,04

	Modèle (4) Hurdle			Modèle (4) Tobit			Modèle (4') Hurdle			Modèle (4') Tobit		
	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.
Asie	-0,625	***	0,21	-1,827	*	1,00	-0,618	***	0,21	-1,719	*	0,97
Amérique du Sud	-0,742	***	0,22	-2,718	***	0,98	-0,742	***	0,22	-2,705	***	0,96
Europe de l'Est	-0,402		0,26	-2,084		1,38	-0,386		0,26	-1,890		1,35
Europe de l'Ouest	-0,013		0,18	-1,336		0,93	-0,009		0,18	-1,205		0,90
Moyen-Orient	-0,532	**	0,24	-1,504		1,10	-0,520	**	0,24	-1,373		1,07
Océanie	0,303		0,29	-1,658		1,42	0,288		0,29	-1,772		1,39
$g_{i,t}$	-3,308	***	0,24				-3,408	***	0,25			
σ^2_u	0,116	***	0,05	0			0,115	***	0,03	0		
Nombre d'observations												
totales	529			1232			529			1232		
non censurées				529						529		
Log Likelihood	-1295,2			-1794,3			-1294,0			-1781,4		
Nombre de pays	124			194			124			194		
Chi2 ^c	74,9 ***			0,00			77,6 ***			0,00		
Taux de bonnes prévisions pour les olympiades 2016												
<i>Tous les pays participants</i>												
IC à 95 %	86,4			81,7			87,5			82,3		
IC+ ou -2	92,2			89,6			93,2			91,1		
<i>Les pays ayant au moins 3 médailles (56 pays)</i>												
IC à 95 %	53,6			41,1			57,1			41,1		
IC+ ou -2	73,2			67,9			76,8			69,6		

Lecture : *** significatif au seuil de 1 % ; ** au seuil de 5 % ; * au seuil de 10 %. ^c : statistique de test associé à la comparaison des modèles avec et sans prise en compte du panel.

ANNEXE 4. Résultats des estimations du modèle prédictif (modèles 2 et 2') (pour Paris 2024)

	Modèle (2) Hurdle			Modèle (2) Tobit			Modèle (2') Hurdle			Modèle (2') Tobit		
	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.
Constante	-6,436	***	0,87	-57,423	***	5,13	-6,462	***	0,87	-55,697	***	4,96
Population en log (t-4)	0,420	***	0,04	2,188	***	0,20	0,420	***	0,04	2,106	***	0,20
PIB par tête en log (t-4)	0,135	**	0,05	2,428	***	0,33	0,138	***	0,05	2,367	***	0,32
<i>Pays hôte en t : oui</i>												
olympiade en t-4							0,262	***	0,10	5,989	***	1,91
olympiade en t	0,382	***	0,10	12,800	***	1,92	0,421	***	0,10	12,983	***	1,92
olympiade en t+4							0,025		0,11	-3,344	*	1,97
Médailles aux JO (t-4)	0,015	***	0,00	0,838	***	0,03	0,015	***	0,00	0,848	***	0,03
<i>Régime politique</i>												
CAPME	Réf.			Réf.			Réf.			Réf.		
CEEC	0,824	**	0,36	2,986		1,89	0,815	**	0,36	2,809		1,81
POSTCOM	0,578	*	0,30	3,775	**	1,54	0,577	*	0,30	3,590	**	1,47
<i>Continent</i>												
Amérique du Nord	Réf.			Réf			Réf			Réf		
Afrique du Nord	-0,854	***	0,28	-2,243	*	1,32	-0,844	***	0,28	-2,101	*	1,29
Afrique sub-saharienne	-0,251		0,25	-1,799	*	1,06	-0,246		0,25	-1,749	*	1,04
Asie	-1,113	***	0,35	-3,464	**	1,74	-1,107	***	0,35	-3,210	*	1,66
Amérique du Sud	-0,924	***	0,28	-3,512	***	1,35	-0,914	***	0,28	-3,319	***	1,29
Europe de l'Est	-1,079	***	0,26	-4,922	***	1,32	-1,079	***	0,25	-4,669	***	1,26
Europe de l'Ouest	-0,918	***	0,27	-4,157	***	1,27	-0,919	***	0,27	-3,979	***	1,22
Moyen-Orient	-0,574	*	0,35	-3,082	*	1,85	-0,561		0,35	-2,831		1,77
Océanie	0,143		0,23	-1,761		1,17	0,138		0,23	-1,688		1,12

	Modèle (2) Hurdle			Modèle (2) Tobit			Modèle (2') Hurdle			Modèle (2') Tobit		
	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.
$g_{i,t}$	-3,254	***	0,22				-3,309	***	0,23			
σ^2_u	0,236	***	0,04	4,225	***	1,76	0,233	***	0,04	3,601	***	1,56
Nombre d'observations												
totales	615			1458			615			1458		
non censurées				615						615		
Log Likelihood	-1540,0			-2123,8			-1534,8			-2051,4		
Nombre de pays	129			200			129			200		
Chi2^c	234,4 ***			14,0 ***			237,7 ***			12,0 ***		
Taux de bonnes prévisions pour les olympiades 2016												
<i>Tous les pays participants</i>												
IC à 95 %	85,8			85,3			83,8			83,2		
IC+ ou -2	93,4			92,4			91,9			91,9		
<i>Les pays ayant au moins 3 médailles (56 pays)</i>												
IC à 95 %	59,4			57,8			59,4			57,8		
IC+ ou -2	79,7			76,6			76,6			76,6		

Lecture : *** significatif au seuil de 1 % ; ** au seuil de 5 % ; * au seuil de 10 %. ^c : statistique de test associé à la comparaison des modèles avec et sans prise en compte du panel.

ANNEXE 5. Résultats des estimations du modèle prédictif (modèles 4 et 4') (pour Paris 2024)

	Modèle (4) Hurdle			Modèle (4) Tobit			Modèle (4') Hurdle			Modèle (4') Tobit		
	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.
Constante	-3,873	***	0,83	-27,593	***	4,82	-3,864	***	0,84	-26,513	***	4,75
Population en log (t-4)	0,236	***	0,04	0,829	***	0,18	0,234	***	0,04	0,789	***	0,18
PIB par tête en log (t-4)	0,088	*	0,05	0,912	***	0,31	0,090	*	0,05	0,865	***	0,30
<i>Pays hôte en t : oui</i>												
olympiade en t-4							0,252	***	0,10	6,209	***	1,91
olympiade en t	0,346	***	0,09	12,581	***	1,93	0,378	***	0,10	12,621	***	1,92
olympiade en t+4							-0,010		0,10	-4,489	**	1,95
<i>Nombre de</i>												
— médailles aux JO (t-4)	0,015	***	0,00	0,895	***	0,02	0,015	***	0,00	0,898	***	0,02
— athlètes												
[0, 10[Réf.			Réf.			Réf.			Réf.		
[10, 50[0,383	*	0,20	4,786	***	0,64	0,386	*	0,20	4,763	***	0,63
[50, 150[0,880	***	0,21	6,748	***	0,85	0,883	***	0,21	6,722	***	0,84
150 et plus	1,410	***	0,24	8,897	***	1,12	1,410	***	0,24	8,835	***	1,11
<i>Régime politique</i>												
CAPME	Réf.			Réf.			Réf.			Réf.		
CEEC	0,481	*	0,27	0,762		1,39	0,468	*	0,27	0,671		1,38
POSTCOM	0,490	**	0,23	2,145	*	1,13	0,487	**	0,22	2,053	*	1,11
<i>Continent</i>												
Amérique du Nord	Réf.			Réf.			Réf.			Réf.		
Afrique du Nord	-0,846	***	0,27	-1,837		1,23	-0,837	***	0,27	-1,764		1,22
Afrique sub-saharienne	-0,381	*	0,23	-1,637	*	0,99	-0,368		0,23	-1,598	*	0,97

	Modèle (4) Hurdle			Modèle (4) Tobit			Modèle (4') Hurdle			Modèle (4') Tobit		
	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.	coef		e.t.
Asie	-0,549	***	0,20	-1,689	*	0,93	-0,544	***	0,20	-1,606	*	0,92
Amérique du Sud	-0,705	***	0,21	-2,628	***	0,91	-0,704	***	0,21	-2,571	***	0,90
Europe de l'Est	-0,362		0,26	-1,785		1,34	-0,344		0,26	-1,670		1,32
Europe de l'Ouest	0,014		0,18	-1,250		0,85	0,012		0,17	-1,212		0,84
Moyen-Orient	-0,545	**	0,23	-1,259		1,01	-0,539	**	0,23	-1,168		0,99
Océanie	0,339		0,27	-0,311		1,25	0,329		0,27	-0,366		1,24
$g_{i,t}$	-3,355	***	0,23				-3,402	***	0,23			
σ_u^2	0,116	***	0,03	0			0,114	***	0,03	0		
Nombre d'observations												
totales	615			1458			615			1458		
non censurées				615						615		
Log Likelihood	-1505,1			-2088,0			-1499,6			-2076,9		
Nombre de pays	129			200			129			200		
Chi2^c	96,9	***		0,00			97,0	***		0,00		

Taux de bonnes prévisions pour les olympiades 2016

Tous les pays participants

IC à 95 %	85,8		84,8		84,3		84,3
IC+ ou -2	92,4		91,9		92,4		91,9

Les pays ayant au moins 3 médailles (56 pays)

IC à 95 %	57,8		54,7		54,7		54,7
IC+ ou -2	76,6		75,0		76,6		75,0

Lecture : *** significatif au seuil de 1 % ; ** au seuil de 5 % ; * au seuil de 10 %. ^c : statistique de test associé à la comparaison des modèles avec et sans prise en compte du panel.

ANNEXE 6. Prédiction des médailles olympiques aux JO Paris 2024 – modèles (2)-(2') (PIB 2021)

Pays	JO Tokyo 2021	HURDLE						TOBIT					
		Modèle (2)			Modèle (2')			Modèle (2)			Modèle (2')		
		Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup
États-Unis	113	131	117	144	162	147	177	111	105	116	116	110	123
Chine	89	124	112	135	119	107	130	91	86	96	91	86	95
Russie	71	76	69	82	76	69	82	71	67	75	71	67	75
Royaume-Uni	64	59	54	65	56	51	62	62	59	65	62	59	65
Japon	58	46	42	49	45	41	48	55	51	59	52	47	56
Australie	46	50	43	57	48	41	55	47	43	51	47	43	50
Italie	40	37	33	41	37	32	41	40	38	43	40	38	43
Allemagne	37	42	38	47	42	38	47	39	37	41	39	37	41
Pays-Bas	36	29	26	32	29	26	32	36	34	38	36	34	38
France	33	54	49	60	55	50	60	48	43	52	48	43	52
Canada	24	23	19	27	23	19	27	26	24	29	26	24	29
Brésil	21	16	13	19	15	12	19	21	19	23	21	19	23
Hongrie	20	19	16	22	19	16	22	20	18	22	20	18	22
Corée du Sud	20	25	23	28	25	23	28	21	18	23	21	18	23
Nouv.-Zélande	20	14	10	18	14	10	18	20	17	23	20	17	23
Ukraine	19	18	15	22	18	15	22	20	18	22	20	18	22
Espagne	17	18	15	21	18	15	21	18	16	20	18	17	20
Cuba	15	20	15	24	20	15	24	17	13	21	17	13	21
Pologne	14	15	11	18	15	11	18	16	14	19	16	14	19
Suisse	13	8	6	11	8	6	11	14	12	16	14	12	15
Turquie	13	9	6	12	9	6	12	15	12	17	15	12	17

Pays	JO Tokyo 2021	HURDLE						TOBIT					
		Modèle (2)			Modèle (2')			Modèle (2)			Modèle (2')		
		Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup
Taïwan	12	5	3	7	5	3	7	13	10	15	13	11	15
Rép. tchèque	11	10	7	13	10	7	13	12	10	14	12	10	14
Danemark	11	9	7	11	9	7	11	12	10	13	11	10	13
Kenya	10	12	10	14	12	10	14	10	8	12	10	8	11
Jamaïque	9	8	6	10	8	6	10	8	5	10	8	5	10
Serbie	9	1	0	2	1	0	2	0	0	2	0	0	2
Suède	9	10	7	12	10	7	12	10	8	12	10	8	12
Croatie	8	6	3	8	6	3	8	8	6	11	8	6	10
Géorgie	8	7	5	8	7	5	8	8	6	11	8	6	10
Kazakhstan	8	11	8	13	11	8	13	11	8	13	10	8	13
Norvège	8	8	5	10	8	5	10	9	7	11	9	7	10
Autriche	7	4	2	6	4	2	6	8	6	10	8	6	10
Azerbaïdjan	7	9	7	11	9	7	11	9	7	11	9	7	11
Belgique	7	5	3	8	5	3	8	8	7	10	8	7	10
Biélorussie	7	11	8	13	11	8	13	8	6	10	8	6	10
Inde	7	4	1	8	4	1	8	10	8	12	10	8	12
Iran	7	6	4	9	6	4	9	8	5	10	8	5	10
Bulgarie	6	8	5	10	8	5	10	6	4	8	6	4	8
Égypte	6	3	1	6	3	1	6	7	4	10	7	4	10
Hong Kong	6	2	0	3	2	0	3	5	3	7	5	3	7
Colombie	5	4	2	6	4	2	6	6	4	8	6	4	8

Pays	JO Tokyo 2021	HURDLE						TOBIT					
		Modèle (2)			Modèle (2')			Modèle (2)			Modèle (2')		
		Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup
Rép. dominicaine	5	2	0	5	2	0	5	6	4	9	6	4	8
Indonésie	5	6	3	8	6	3	8	7	5	10	7	5	9
Slovénie	5	1	0	2	1	0	2	0	0	2	0	0	2
Ouzbékistan	5	7	4	10	7	4	10	8	6	10	8	5	10
Arménie	4	3	2	4	3	2	4	4	2	6	4	2	6
Éthiopie	4	8	6	10	8	6	10	6	4	8	5	4	7
Grèce	4	6	4	8	6	4	8	5	3	6	4	3	6
Irlande	4	4	2	6	4	2	6	7	5	8	6	5	8
Israël	4	2	1	3	2	1	3	5	2	7	4	2	7
Mexique	4	5	1	10	5	1	10	8	5	11	8	5	11
Philippines	4	2	0	4	2	0	4	4	2	6	4	2	6
Portugal	4	3	0	5	3	0	5	5	3	7	5	3	7
Roumanie	4	11	8	15	12	8	15	6	4	9	6	4	9
Slovaquie	4	5	3	8	5	3	8	6	3	8	6	3	8
Ouganda	4	2	0	3	2	0	3	3	1	5	3	1	5
Vénézuéla	4	2	0	4	2	0	4	4	2	6	4	2	6
Argentine	3	4	2	6	4	2	6	5	3	7	5	3	7
Équateur	3	1	0	3	1	0	3	2	0	4	2	0	4
Kirghizistan	3	2	0	4	2	0	4	3	1	5	3	1	5
Qatar	3	2	0	3	2	0	3	3	1	6	3	1	6
Afrique du Sud	3	5	3	7	5	3	7	5	3	7	5	2	7

Pays	JO Tokyo 2021	HURDLE						TOBIT					
		Modèle (2)			Modèle (2')			Modèle (2)			Modèle (2')		
		Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup
Saint-Marin	3	4	2	6	4	2	6	6	4	8	6	4	8
Bahamas	2	2	1	3	2	1	3	2	0	5	2	0	5
Estonie	2	2	1	4	2	1	4	3	1	5	3	1	5
Fidji	2	1	0	4	1	0	4	1	0	4	1	0	4
Finlande	2	3	2	5	3	2	5	4	2	6	4	2	5
Jordanie	2	1	0	2	1	0	2	1	0	3	1	0	3
Lettonie	2	2	1	4	2	1	4	3	1	5	3	1	5
Malaisie	2	2	1	4	2	1	4	4	2	6	4	2	6
Nigéria	2	4	1	7	4	1	7	4	2	7	4	2	6
Thaïlande	2	4	2	6	4	2	6	4	2	6	4	2	6
Tunisie	2	1	0	3	1	0	3	2	0	5	2	0	5
Kosovo	2	2	1	4	2	1	4	2	0	4	2	0	4

ANNEXE 7. Prédiction des médailles olympiques aux JO Paris 2024 – modèles (4)-(4') (PIB 2021)

Pays	JO Tokyo 2021	HURDLE						TOBIT					
		Modèle (4)			Modèle (4')			Modèle (4)			Modèle (4')		
		Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup
États-Unis	113	126	115	137	156	143	169	109	105	112	115	110	120
Chine	89	114	104	125	111	101	122	88	85	91	88	85	91
Russie	71	74	68	81	74	68	81	70	68	73	70	68	73
Royaume-Uni	64	58	53	63	56	51	61	62	60	64	62	60	64
Japon	58	46	41	50	44	39	48	57	54	59	52	48	56
Australie	46	47	41	54	46	40	52	46	44	49	46	43	49
Italie	40	36	32	40	36	33	40	40	39	42	40	39	42
Allemagne	37	41	37	45	41	37	45	38	37	40	38	36	40
Pays-Bas	36	28	25	32	28	25	32	36	34	38	36	34	38
France	33	51	46	56	51	46	56	47	43	51	47	43	51
Canada	24	22	18	26	22	18	26	27	25	29	27	25	29
Brésil	21	16	12	19	15	12	18	22	20	24	22	20	24
Hongrie	20	19	16	22	19	16	22	21	19	23	21	19	23
Corée du Sud	20	24	21	27	24	21	27	22	20	24	22	20	24
Nouv.-Zélande	20	16	11	20	16	11	20	21	19	24	21	19	24
Ukraine	19	19	15	23	19	15	23	22	20	24	22	20	24
Espagne	17	18	15	21	18	15	21	20	18	21	19	18	21
Cuba	15	15	11	18	15	11	18	17	14	20	17	14	20
Pologne	14	15	11	18	15	11	18	17	15	19	17	15	19
Suisse	13	8	6	10	8	6	10	13	11	15	13	11	15
Turquie	13	9	6	11	9	6	11	14	12	16	14	12	16

Pays	JO Tokyo 2021	HURDLE						TOBIT					
		Modèle (4)			Modèle (4')			Modèle (4)			Modèle (4')		
		Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup
Taiwan	12	5	3	7	5	3	7	12	10	14	12	10	14
Rép. tchèque	11	9	7	12	9	7	12	11	9	13	11	9	13
Danemark	11	9	7	10	9	7	10	11	9	12	11	9	12
Kenya	10	12	9	14	12	9	14	9	7	11	9	7	11
Jamaïque	9	9	7	11	9	7	11	8	6	10	8	6	10
Serbie	9	1	0	2	1	0	2	0	0	2	0	0	2
Suède	9	7	6	9	7	6	9	9	8	11	9	8	11
Croatie	8	6	4	8	6	4	8	7	6	9	7	6	9
Géorgie	8	6	5	7	6	5	7	6	5	8	6	5	8
Kazakhstan	8	10	7	12	10	7	12	10	8	12	10	8	12
Norvège	8	7	5	9	7	5	9	8	7	10	8	7	10
Autriche	7	4	2	6	4	2	6	8	6	9	8	6	9
Azerbaïdjan	7	6	5	8	6	5	8	6	4	8	6	4	8
Belgique	7	5	3	7	5	3	7	8	6	9	8	6	9
Biélorussie	7	8	6	10	8	6	10	8	6	10	8	6	10
Inde	7	5	2	8	5	2	8	9	7	11	9	7	11
Iran	7	7	5	6	7	5	10	8	6	10	8	6	10
Bulgarie	6	5	3	6	5	3	6	5	2	7	4	2	6
Égypte	6	3	1	3	3	1	6	7	5	9	7	5	9
Hong Kong	6	2	0	6	2	0	3	5	3	7	5	3	7
Colombie	5	4	2	6	4	2	6	5	3	7	5	3	7

Pays	JO Tokyo 2021	HURDLE						TOBIT					
		Modèle (4)			Modèle (4')			Modèle (4)			Modèle (4')		
		Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup
Rép. dominicaine	5	4	1	6	4	1	6	6	4	8	6	4	8
Indonésie	5	5	3	7	5	3	7	5	3	7	5	3	7
Slovénie	5	1	0	2	1	0	2	0	0	2	0	0	2
Ouzbékistan	5	7	4	9	7	4	9	7	5	9	7	5	9
Arménie	4	3	2	4	3	2	4	3	2	5	3	2	5
Éthiopie	4	6	5	8	6	5	8	3	1	5	3	1	5
Grèce	4	5	4	7	5	3	7	5	3	6	5	3	6
Irlande	4	4	2	5	4	2	5	5	4	7	5	4	7
Israël	4	3	1	5	3	1	5	5	3	7	5	3	7
Mexique	4	8	4	12	8	4	12	9	7	12	9	7	12
Philippines	4	2	0	3	2	0	3	4	2	5	4	2	5
Portugal	4	3	1	5	3	1	5	5	3	6	5	3	6
Roumanie	4	10	7	12	10	7	12	6	4	7	5	4	7
Slovaquie	4	3	2	5	3	2	5	3	1	5	3	1	5
Ouganda	4	2	0	3	2	0	3	3	1	4	3	1	4
Vénézuela	4	1	0	3	1	0	3	3	1	5	3	1	5
Argentine	3	5	3	8	5	3	8	6	3	8	5	3	8
Équateur	3	1	0	2	1	0	2	2	0	4	2	0	4
Kirghizistan	3	2	1	3	2	1	3	3	1	4	3	1	4
Qatar	3	1	0	3	1	0	3	3	1	5	3	1	5
Afrique du Sud	3	8	5	12	8	5	11	6	4	8	6	4	8

Pays	JO Tokyo 2021	HURDLE						TOBIT					
		Modèle (4)			Modèle (4')			Modèle (4)			Modèle (4')		
		Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup	Prévision	IC-inf	IC-sup
Saint-Marin	3	4	3	6	4	3	6	5	3	7	5	3	7
Bahamas	2	2	1	3	2	1	3	2	0	4	2	0	4
Estonie	2	2	1	3	2	1	3	2	0	4	2	0	4
Fidji	2	1	0	3	1	0	3	1	0	4	1	0	4
Finlande	2	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	0	4
Jordanie	2	1	0	2	1	0	2	2	0	4	2	0	4
Lettonie	2	2	1	3	2	1	3	2	0	4	2	0	4
Malaisie	2	2	1	3	2	1	3	3	1	4	3	1	4
Nigéria	2	4	2	7	4	2	7	4	2	6	4	2	6
Thaïlande	2	3	2	5	3	2	5	3	1	4	3	1	4
Tunisie	2	2	0	3	2	0	3	3	0	5	3	0	5
Kosovo	2	2	1	3	2	1	4	2	0	4	2	0	4

Liste des abréviations de pays

AUS	Australie	IND	Inde
AUT	Autriche	IRN	Iran
AZE	Azerbaïdjan	ISR	Israël
BEL	Belgique	ITA	Italie
BGR	Bulgarie	JAM	Jamaïque
BLR	Biélorussie	JPN	Japon
BRA	Brésil	KAZ	Kazakhstan
CAN	Canada	KEN	Kenya
CHE	Suisse	KOR	Corée du Sud
CHN	Chine	LTU	Lituanie
COL	Colombie	NLD	Pays-Bas
CUB	Cuba	NOR	Norvège
CZE	République tchèque	NZL	Nouvelle-Zélande
DEU	Allemagne	POL	Pologne
DNK	Danemark	RUS	C. O. de Russie
DOM	République dominicaine	SRB	Serbie
DZA	Algérie	SVN	Slovénie
EGY	Égypte	SWE	Suède
ESP	Espagne	THA	Thaïlande
FRA	France	TUR	Turquie
GBR	Grande-Bretagne	TWN	Taiwan
GEO	Géorgie	UGA	Ouganda
GRC	Grèce	UKR	Ukraine
HKG	Hong Kong	USA	États-Unis
HRV	Croatie	UZB	Ouzbékistan
HUN	Hongrie	ZAF	Afrique du Sud
IDN	Indonésie		