

Document à distribuer 2. Biais associé à l'hétérogénéité de l'effet de traitement dans les études échelonnées utilisant la méthode de la différence dans la différence (DD)

Problème

L'utilisation comme témoins d'unités non encore traitées est devenue très courante dans la littérature sur l'évaluation des programmes, notamment en l'absence d'unités jamais traitées. Par exemple, dans les modèles échelonnés, où *toutes* les unités étudiées (par exemple, les États ou les pays) mettent en application une politique donnée, mais pas toutes en même temps, il n'y a pas d'unités qui ne sont jamais traitées. Dans ce cas, en tirant parti des différences dans les calendriers d'application, les chercheurs s'appuient sur les unités non encore traitées comme unités témoins efficaces. Baker et al. (2022) constatent que, de 2000 à 2019, les cinq principales revues financières et les cinq principales revues comptables ont publié ou accepté 751 articles présentant des modèles utilisant la méthode de la différence dans la différence (DD). Près de la moitié de ces articles reposaient sur des modèles échelonnés.

Les publications récentes font état d'un biais possible dans les modèles échelonnés lorsqu'il y a une hétérogénéité de l'effet de traitement (Goodman-Bacon, 2021; Baker et al., 2022; Callaway et Sant'Anna, 2021; Sun et Abraham, 2021; de Chaisemartin et D'Haultfoeuille, 2020). Ce biais est indirectement induit par l'utilisation d'unités non encore traitées, mais pas dans les cas où elles sont utilisées en tant que témoins, comme décrit ci-dessus. Goodman-Bacon (2021) montre que, dans les modèles échelonnés, l'effet de traitement moyen de l'estimateur par la DD classique est en fait la moyenne pondérée de tous les estimateurs possibles par la DD comportant deux groupes et deux périodes. En particulier, dans le cas où les unités traitées sont divisées en unités traitées tôt et en unités traitées tardivement, il montre que cet estimateur général est la moyenne pondérée des estimateurs par la DD de ses quatre comparaisons 2 par 2, soit :

1. Unités traitées tôt (traitement) vs unités jamais traitées (témoins);
2. Unités traitées tardivement (traitement) vs unités jamais traitées (témoins);
3. Unités traitées tôt (traitement) vs unités traitées tardivement (témoins);
4. Unités traitées tardivement (traitement) vs unités traitées tôt (témoins).¹

Les pondérations sont proportionnelles à la taille des groupes ainsi qu'à la variance, c'est-à-dire la variance de la variable fictive de traitement, dans chaque comparaison (comportant deux groupes).

¹ Les comparaisons 1, 2, 3 et 4 correspondent respectivement aux panels a, b, c et d de la figure 2 de Goodman-Bacon (2021).

Document à distribuer 2. Biais associé à l'hétérogénéité de l'effet de traitement dans les études échelonnées utilisant la méthode de la différence dans la différence (DD)

Les deux premières comparaisons, prises individuellement, sont des modèles typiques utilisant la DD dans leur forme la plus simple. Ensemble, elles forment un modèle d'étude d'événement comportant seulement deux événements. Leur moyenne pondérée, bien qu'il s'agisse d'une *moyenne* et d'un problème possible qui sera abordé prochainement, n'est pas la principale source d'inquiétude soulevée dans cette étude. La troisième comparaison est celle où les unités qui n'ont pas encore été traitées - c'est-à-dire celles qui seront traitées tardivement - sont utilisées comme témoins. L'ajout de cette comparaison à la moyenne pondérée, bien qu'elle en complique l'interprétation, n'est pas non plus la principale source de préoccupation. La quatrième comparaison utilise essentiellement des unités traitées comme témoins et, en tant que telle, pourrait devenir une source importante de biais. Dans certaines études antérieures, ce biais a été si important qu'il a inversé le signe de l'effet de traitement estimé (Baker et al., 2022). Dans ce qui suit, je décris comment et quand ce biais se produit.

Hétérogénéité de l'effet de traitement dans le temps (effets de traitement dynamiques)

Goodman-Bacon (2021) explique que « lorsque des unités déjà traitées servent de témoins, les *changements* des effets de traitement dans le temps sont soustraits de l'estimation [par la DD]. Cette pondération négative ne se produit que lorsque les effets de traitement varient dans le temps, auquel cas elle biaise généralement les estimations de régression [par la DD] en les éloignant du signe du véritable effet de traitement » [traduction]. En d'autres termes, la validité de l'estimateur par la DD repose sur l'hypothèse selon lequel le groupe témoin n'est pas influencé par la politique ou le programme au cours de la période étudiée. Dans ce cas, le résultat du groupe témoin, c'est-à-dire les unités traitées tôt, est précisément influencé par le programme au cours de la période étudiée. Ce biais se produit indépendamment du fait que l'évolution dans le temps des effets de traitement des unités traitées tôt soit positive, c'est-à-dire lorsque la politique a un effet cumulatif, ou négatif, lorsque l'effet de la politique s'estompe avec le temps. Ce biais est égal à zéro uniquement dans les cas particuliers où les effets de traitement dynamiques sont absents, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a *pas de changement* au fil du temps dans les effets de traitement des unités traitées tôt.²

Une autre façon de concevoir ce biais est de le voir comme un échec de l'hypothèse de tendance commune. L'hypothèse de tendance commune stipule que les groupes témoins et les groupes de

² La décomposition de Goodman-Bacon (2021) met en évidence la source de ce type de biais. Les deux premières comparaisons correspondent à l'équation (11a) de Goodman-Bacon (2021). La troisième comparaison correspond à l'équation (11b), et la quatrième à l'équation (11c) qui est la seule qui comporte une expression de biais supplémentaire pour tenir compte des changements dans les effets de traitement des unités déjà traitées.

Document à distribuer 2. Biais associé à l'hétérogénéité de l'effet de traitement dans les études échelonnées utilisant la méthode de la différence dans la différence (DD)

traitements doivent avoir des tendances parallèles au cours de la période « préalable ». Dans ce cas, la période préalable est la période qui s'écoule entre le moment de traitement du groupe traité tôt et le moment de traitement du groupe traité tardivement. Au cours de cette période, les deux groupes doivent avoir des tendances parallèles. Cependant, si le résultat du groupe traité tôt suit une trajectoire non parallèle à celle du groupe traité tardivement, en raison du programme et pendant cette période, l'hypothèse ne tient pas. C'est la cause du biais associé à toute comparaison qui utilise le groupe traité tôt comme témoin.

Hétérogénéité de l'effet de traitement entre les unités

Alors que le biais mentionné ci-dessus concerne l'hétérogénéité de l'effet de traitement dans le temps, les études publiées traitent également de l'hétérogénéité de l'effet de traitement entre les unités. Cette dernière pourrait également être une source de biais possible, mais d'une nature différente. Il convient de mentionner que l'hétérogénéité de l'effet de traitement entre les unités (ou dans le temps) fait référence à l'hétérogénéité entre les groupes traités à différents moments et non à l'hétérogénéité entre les unités au sein d'un certain groupe. Dans le cas de l'hétérogénéité dans le temps, la politique ou le programme a un effet variable dans le temps. Dans le cas de l'hétérogénéité entre les unités, les groupes d'unités qui sont traités à des moments différents subissent des effets de traitement différents. Comme l'expliquent Sun et Shapiro (2022), par exemple, l'effet de Medicare sur les dépenses de santé peut être différent dans chacun des cinquante États américains. Bien entendu, l'assurance-maladie n'a pas été mise en œuvre simultanément dans les cinquante États; il s'agit d'une adoption échelonnée. Néanmoins, il est important de souligner que, même si l'assurance-maladie était mise en œuvre dans les cinquante États en même temps, l'effet de la politique elle-même resterait différent d'un État à l'autre.

Lorsqu'il existe une hétérogénéité de l'effet de traitement entre les unités, Goodman-Bacon (2021) affirme que l'estimateur de la DD « se situe dans le compromis entre le biais et la variance : les pondérations apportent de l'efficacité en éloignant potentiellement l'estimation ponctuelle de, disons, l'effet marginal dans les unités traitées de l'échantillon » [traduction]. Il indique que l'efficacité supplémentaire peut ne pas valoir le biais, « en particulier lorsque [l'estimateur] diffère fortement d'un paramètre d'intérêt donné, ce qui se produit lorsque l'hétérogénéité de l'effet de traitement est corrélée avec le moment de traitement » [traduction]. D'un autre côté, ce type de biais peut être faible « s'il y a peu de variation dans le moment de traitement, si le groupe non traité est très grand, ou si certains groupes temporels sont très grands » [traduction]. Cela signifie que ce type de biais pourrait être évité en s'assurant que le groupe de contrôle est composé uniquement d'unités jamais traitées.

Document à distribuer 2. Biais associé à l'hétérogénéité de l'effet de traitement dans les études échelonnées utilisant la méthode de la différence dans la différence (DD)

Solutions

La décomposition et le diagnostic de Goodman-Bacon (2021) peuvent faciliter la mesure de l'ampleur du biais dû à l'hétérogénéité de l'effet de traitement, que ce soit dans le temps ou entre les unités. Toutefois, cette approche ne s'applique qu'aux panels équilibrés et ne tient pas compte des covariables. Il existe aujourd'hui plusieurs estimateurs de rechange qui tiennent compte de l'hétérogénéité de l'effet de traitement, notamment ceux de Sun et Abraham (2021), de Callaway et Sant'Anna (2021), et de Chaisemartin et D'Haultfoeuille (2020). Ces estimateurs évitent les comparaisons entre les unités traitées tardivement et celles traitées tôt. Comme le notent Baker et al. (2022), ces trois méthodes reposent essentiellement sur la notion fondamentale selon laquelle les unités traitées ne doivent pas être comparées à des « témoins inappropriés » (par exemple, des comparaisons entre des entreprises traitées tardivement et des entreprises traitées tôt). Ces méthodes ont un autre dénominateur commun : elles sont fondées sur un type de modèle d'étude d'événement, autrement dit, elles décomposent l'effet de traitement des cohortes qui sont traitées à des moments différents. Callaway et Sant'Anna (2021), par exemple, établissent une estimation de ce qu'ils appellent les « effets de traitement moyens par groupe temporel ». Dans leur modèle, les unités qui sont traitées au temps t et les unités qui sont traitées au temps $t+1$ font partie de groupes distincts. En utilisant un modèle d'étude d'événements qui est conceptuellement similaire à celui de Callaway et de Sant'Anna (2021), Sun et Abraham (2021) estiment également « les effets moyens de traitement sur les unités traitées qui sont propres à la cohorte », k périodes après le premier traitement. Sans surprise, ils constatent que le modèle d'étude d'événement ne résout que l'hétérogénéité de l'effet de traitement entre les unités et non dans le temps. Dans le modèle qu'ils proposent, le groupe témoin se compose uniquement des unités qui n'ont jamais été traitées ou de celles qui ne l'ont pas encore été, mais ces dernières ne sont jamais utilisées en tant qu'unités de traitement. D'autres études, par exemple, Cengiz et al. (2019), ont présenté des approches similaires pour traiter le biais associé à l'hétérogénéité de l'effet de traitement.

Conclusions

En résumé, dans les modèles échelonnés, l'hétérogénéité de l'effet de traitement devient une source de biais possible lorsqu'il existe un groupe qui joue deux rôles différents : agissant une fois comme groupe de traitement et une fois comme groupe témoin. Les unités au sein du groupe doivent évidemment recevoir le traitement à un moment donné, c'est-à-dire qu'elles sont soit traitées tôt, soit pas encore traitées. Ainsi, le biais pourrait être évité en ayant un groupe de contrôle composé *uniquement* d'unités jamais traitées. Cette solution n'est manifestement pas envisageable dans beaucoup d'études, car il arrive qu'il n'y ait pas d'unités jamais traitées. Dans ce cas, l'hétérogénéité de l'effet de traitement dans le

Document à distribuer 2. Biais associé à l'hétérogénéité de l'effet de traitement dans les études échelonnées utilisant la méthode de la différence dans la différence (DD)

temps, qui semble être une source de biais importante étant donné l'attention qu'elle a reçue dans les études publiées, pourrait être évitée en n'utilisant pas les unités qui ont été traitées, c'est-à-dire les unités traitées tôt ou les unités déjà traitées, comme groupes témoins. En d'autres termes, seules les unités qui n'ont pas encore été traitées peuvent être utilisées comme témoins. Un modèle d'étude d'événement pourrait alors contribuer à l'élimination du biais associé à l'hétérogénéité de l'effet de traitement entre les unités qui sont traitées à des moments différents.

Conséquences

De nombreux programmes d'innovation (entre autres) du gouvernement du Canada suivent un modèle d'adoption à traitement échelonné. Ainsi, l'hétérogénéité de l'effet de traitement pourrait constituer une source de biais, comme nous l'avons vu précédemment. Pour éviter ce biais possible, il ne faut pas ajouter au groupe témoin toute entreprise traitée. En d'autres termes, une entreprise agit soit comme unité de traitement, soit comme unité de contrôle, mais jamais les deux. En outre, dans la mesure où les données le permettent, par exemple, lorsqu'il y a suffisamment d'observations au cours de chaque année, en plus de la méthode classique de la DD, il convient d'appliquer des modèles d'études d'événements lorsque l'adoption de traitement est échelonnée.

Références

- Baker, A. C., Lareker, D. F., & Wang, C. C. (2022). How much should we trust staggered difference-in-differences estimates? *Journal of Financial Economics*, 144(2), 370-395.
- Callaway, B. and P. H. Sant'Anna. (2021). Difference-in-Differences with multiple time periods. *Journal of Econometrics* 225(2), 200-230.
- Cengiz, D., A. Dube, A. Lindner, and B. Zipperer. (2019). The Effect of Minimum Wages on Low-Wage Jobs. *The Quarterly Journal of Economics* 134 (3), 1405-1454.
- de Chaisemartin, C. and X. D'Haultfoeuille. (2020). Two-Way Fixed Effects Estimators with Heterogeneous Treatment Effects. *American Economic Review* 110 (9), 2964-2996.
- Goodman-Bacon, A. (2021). Difference-in-Differences With Variation in Treatment Timing. *Journal of Econometrics* 225(2), 254-277.

Document à distribuer 2. Biais associé à l'hétérogénéité de l'effet de traitement dans les études échelonnées utilisant la méthode de la différence dans la différence (DD)

Sun, L. and S. Abraham. (2021). Estimating Dynamic Treatment Effects in Event Studies with Heterogeneous Treatment Effects. *Journal of Econometrics* 225(2), 175-199.

Sun, L. and J. Shapiro. (2022). A Linear Panel Model with Heterogeneous Coefficients and Variation in Exposure. *Journal of Economic Perspectives* 36(4), 193-204.