

Cette présentation a été effectuée le 2 décembre 2024, au cours de la journée « L'inférence causale en santé publique » dans le cadre des 27es Journées annuelles de santé publique.

L'inférence causale en santé publique : atelier méthodologique

Denis Talbot, Université Laval
Mireille Schnitzer, Université de Montréal

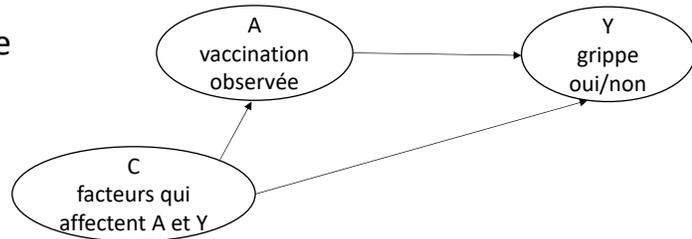
Survol de la journée

10h à 10h15	Activité brise-glace
10h15 à 11h05	Introduction aux effets causaux, intégration de cadres conceptuels
11h10 à 12h	Rappel sur les DAG, exercices
13h45 à 16h15	Études de cas (pause de 15h15 à 15h30)
16h15 à 16h55	Retour en plénière pour discussion
16h55 à 17h05	Conclusion

2

Rappel sur les DAG – la base

- Représentation graphique de
 - L'exposition / le traitement
 - La réponse
 - Les facteurs confondants



- Utilisation de flèches pour représenter les relations de cause à effet présumées

3

Rappel sur les DAG – quelques règles

- Les flèches ont une seule direction (**orienté**)
- L'absence de flèche est une hypothèse forte
- Il n'y a pas de cycle (**acyclique**)
- Toute cause commune d'une paire de variables sur le DAG est aussi sur le DAG, qu'elle soit mesurée ou non

4

Rappel sur les DAG – quelques règles

Question :

En fonction de ces règles pourquoi le DAG pour une étude avec assignation aléatoire peut souvent être aussi simple que celui ci-dessous ?

Règles

- Les flèches ont une seule direction (**orienté**)
- L'absence de flèche est une hypothèse forte
- Il n'y a pas de cycle (**acyclique**)
- Toute cause commune d'une paire de variables sur le DAG est aussi sur le DAG, qu'elle soit mesurée ou non

Traitement \longrightarrow Réponse

5

Rappel sur les DAG – terminologie

- **Chemin** : suite de flèches et de variables
- **Chemin causal** : suite de flèches qui vont dans la même direction
- **Chemin non-causal** : suite de flèches qui ne vont pas dans la même direction
- **Collisionneur** : variable vers laquelle deux flèches pointent
ex : $A \rightarrow S \leftarrow Y$
- **Chemin bloqué** s'il inclut
 - un collisionneur pour lequel on ne contrôle pas (ni un descendant)
 - un non-collisionneur pour lequel on contrôle
- **Chemin ouvert** s'il n'est pas bloqué

6

Rappel sur les DAG – association \neq causalité

- Une des conditions pour avoir association exposition-réponse = causalité : « L'exposition est indépendante du résultat potentiel »
- Avec les DAG :
 1. Bloquer ou éviter d'ouvrir tous les chemins non-causaux entre l'exposition et la réponse
 2. Éviter de bloquer les chemins causaux entre l'exposition et la réponse

7

Rappel sur les DAG – association \neq causalité

Question :

Pourquoi n'est-il souvent pas nécessaire de contrôler pour aucune variable pour avoir association = causalité dans un essai avec assignation aléatoire ?

Traitement \longrightarrow Réponse

- Pour avoir association exposition-réponse = causalité

1. Bloquer ou éviter d'ouvrir tous les chemins non causaux entre l'exposition et la réponse
2. Éviter de bloquer les chemins engendrant causaux entre l'exposition et la réponse

8

Exercice 1

On a des données sur l'incidence de la poliomyélite (Y) dans différents états des États-Unis et sur la consommation de crème glacée (A).

Dans les états avec plus de crème glacée on observe plus de poliomyélite.

Question 1 : Quel pourrait être le paramètre causal qu'on cherche à estimer ?

9

slido

Please download and install the Slido app on all computers you use



Join at [slido.com](https://www.slido.com)
#InferenceCausale

 Start presenting to display the joining instructions on this slide.

10

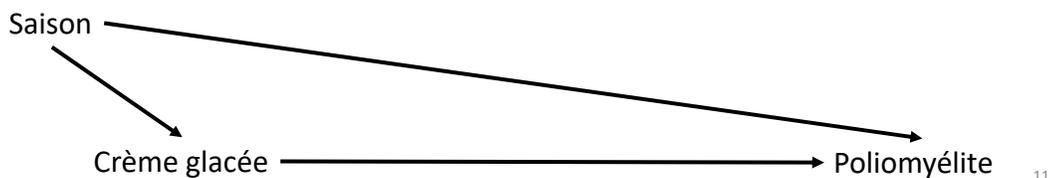
Exercice 1

On a des données sur l'incidence de la poliomyélite (Y) dans différents états des États-Unis et sur la consommation de crème glacée (A).

Dans les états avec plus de crème glacée on observe plus de poliomyélite.

La collecte n'a pas eu lieu dans la même saison (C) partout.

Question 2 : Pour quelle variable doit-on ajuster pour estimer l'effet de la crème glacée sur la poliomyélite ?



slido

Please download and install the Slido app on all computers you use



Pour quelle variable doit-on ajuster pour estimer l'effet de la crème glacée sur la poliomyélite ?

i Start presenting to display the poll results on this slide.

12

Diapositive 11

DT0 SLIDO

Question : Pour quelle variable doit-on ajuster pour estimer l'effet de la crème glacée sur la poliomyélite ?

Choix de réponse avec options a) Saison, b) Crème glacée, c) Poliomyélite, d) Aucune

Bonne réponse = a)

Denis Talbot; 2024-11-14T17:26:15.457

Exercice 2

Étude randomisée pour évaluer l'efficacité d'une intervention pour réduire des facteurs de risque psychosociaux au travail sur la santé mentale 1 an après l'intervention.

Plus d'abandons dans le bras sans intervention que dans le bras avec.

Question 1 : Quel serait le paramètre causal d'intérêt ?

13

DT0

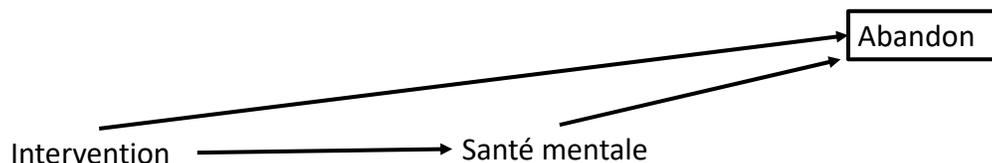
Exercice 2

Étude randomisée pour évaluer l'efficacité d'une intervention pour réduire des facteurs de risque psychosociaux au travail sur la santé mentale 1 an après l'intervention.

Plus d'abandons dans le bras sans intervention que dans le bras avec.

Il semble y avoir plus d'abandons chez ceux avec une moins bonne santé mentale.

Question 2 : Pourquoi l'analyse des sujets n'ayant pas abandonné serait biaisée ?



14

Diapositive 14

DT0 SLIDO

Question : Question 2 : Pourquoi l'analyse des sujets n'ayant pas abandonné serait biaisée ?

Choix de réponses a) Un chemin causal est bloqué b) Un chemin non-causal est ouvert

Bonne réponse = b)

Denis Talbot; 2024-11-14T17:26:45.932

slido

Please download and install the Slido app on all computers you use



Pourquoi l'analyse des sujets n'ayant pas abandonné serait biaisée ?

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

15

Exercice 3

Étude sur l'impact du niveau d'exposition aux PM2.5 sur le taux de mortalité

Niveau socioéconomique serait un confondant important, mais mesuré au niveau du quartier plutôt qu'individuel

Question 1 : Quel serait le paramètre causal d'intérêt ?

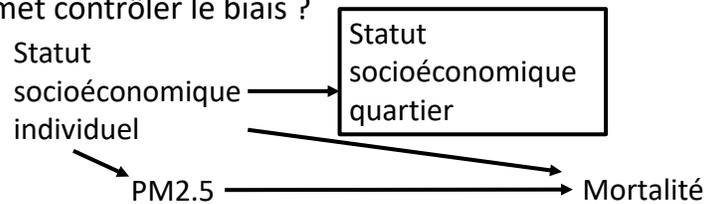
16

Exercice 3

Étude sur l'impact du niveau d'exposition aux PM2.5 sur le taux de mortalité

Niveau socioéconomique serait un confondant important, mais mesuré au niveau du quartier plutôt qu'individuel

Question 2 : Est-ce que le contrôle pour le statut socioéconomique du quartier permet contrôler le biais ?



17

slido

Please download and install the Slido app on all computers you use



Est-ce que le contrôle pour le statut socioéconomique du quartier permet de contrôler le biais ?

① Start presenting to display the poll results on this slide.

18

Diapositive 17

DT0 SLIDO

Question : Est-ce que le contrôle pour le statut socioéconomique du quartier permet contrôler le biais ?

Choix de réponses a) Oui complètement, b) Oui, partiellement, c) Non, pas du tout

Bonne réponse = b)

Denis Talbot; 2024-11-14T17:27:22.439

Exercice 4

Des chercheurs ont étudié l'effet de la vaccination contre la COVID-19 sur le risque de développer un syndrome post-COVID. L'étude était basée sur un groupe de travailleurs de la santé suivis dans le temps. À chaque vague d'infection (trois au total), les chercheurs incluaient les personnes infectées au SRAS-CoV-2 et déterminait leur statut vaccinal (0, 1 ou 2 doses) au moment de l'infection. Dans ce groupe de personnes, la vaccination était obligatoire lorsqu'elle devenait disponible. Ainsi, toutes les personnes avaient 0 dose à la première vague, toutes avaient 1 dose à la deuxième vague et toutes avaient 2 doses à la troisième vague. Les facteurs confondants pertinents ont été identifiés et contrôlés.

Question 1 : Quel serait le paramètre causal ?

19

DT0

Exercice 4

Des chercheurs ont étudié l'effet de la vaccination contre la COVID-19 sur le risque de développer un syndrome post-COVID. L'étude était basée sur un groupe de travailleurs de la santé suivis dans le temps. À chaque vague d'infection (trois au total), les chercheurs incluaient les personnes infectées au SRAS-CoV-2 et déterminait leur statut vaccinal (0, 1 ou 2 doses) au moment de l'infection. Dans ce groupe de personnes, la vaccination était obligatoire lorsqu'elle devenait disponible. Ainsi, toutes les personnes avaient 0 dose à la première vague, toutes avaient 1 dose à la deuxième vague et toutes avaient 2 doses à la troisième vague. Les facteurs confondants pertinents ont été identifiés et contrôlés.

Question 2 : Quelle(s) hypothèse(s) causale(s) n'est pas respectée et empêche l'estimation du paramètre causal ?

20

Diapositive 20

DT0 SLIDO :

Question : Question 2 : Quelle(s) hypothèse(s) causale(s) n'est pas respectée et empêche l'estimation du paramètre causal ?

Choix de réponse avec plusieurs réponses a) Exposition correspond à une intervention, b) Exposition n'affecte pas la réponse d'autrui c) Chaque personne a une possibilité d'obtenir chaque niveau d'exposition d) Exposition indépendante du résultat potentiel

Bonne réponse : b) et c)

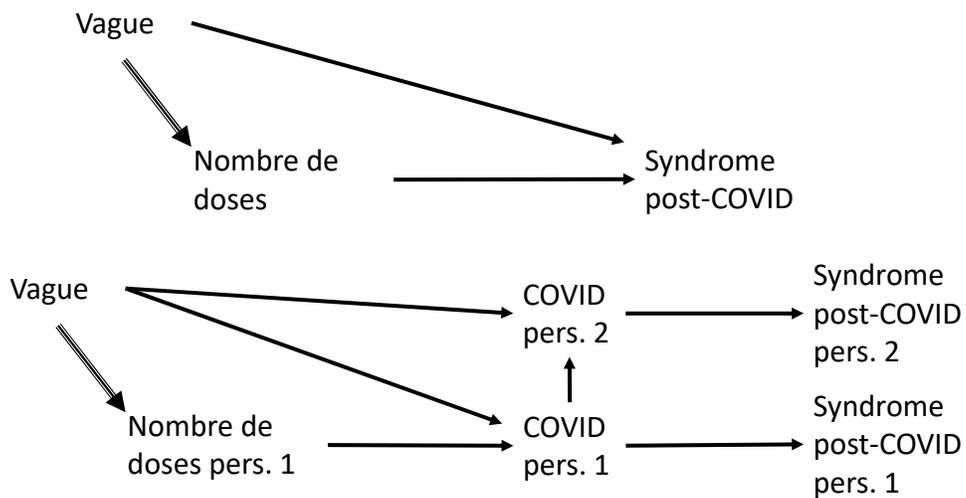
Denis Talbot; 2024-11-14T17:28:05.959



Quelle(s) hypothèse(s) causale(s) n'est pas respectée et empêche l'estimation du paramètre causal ?

Start presenting to display the poll results on this slide.

Exercice 4



Exercice 5

Il a été prouvé que la prise de suppléments d'acide folique par la mère dans la période entourant la conception d'un bébé permet de réduire le risque d'anomalies du tube neural. Soit Y , une variable indiquant la présence d'une anomalie du tube neural ($Y = 1$ si oui, $Y = 0$ si non); A , la prise de suppléments d'acide folique ($A = 1$ si oui, $A = 0$ si non); et soit L , le fait d'avoir une naissance vivante ($L = 1$ si oui, $L = 0$ sinon). Selon les connaissances du domaine d'application, L n'est pas sur le chemin causal entre l'exposition et la réponse, mais est à la fois associée avec l'exposition et la réponse. Le rapport de cote d'anomalie du tube neural est 0,65 (IC à 95% de 0,45 à 0,94) pour les exposés vs les non exposés sans contrôle pour L , alors que le rapport de cote après ajustement est de 0,80 (IC à 95% de 0,53 à 1,20).

Question 1 : Quel serait le paramètre causal d'intérêt ?

23

DT0

Exercice 5

Il a été prouvé que la prise de suppléments d'acide folique par la mère dans la période entourant la conception d'un bébé permet de réduire le risque d'anomalies du tube neural. Soit Y , une variable indiquant la présence d'une anomalie du tube neural ($Y = 1$ si oui, $Y = 0$ si non); A , la prise de suppléments d'acide folique ($A = 1$ si oui, $A = 0$ si non); et soit L , le fait d'avoir une naissance vivante ($L = 1$ si oui, $L = 0$ sinon). Selon les connaissances du domaine d'application, L n'est pas sur le chemin causal entre l'exposition et la réponse, mais est à la fois associée avec l'exposition et la réponse. Le rapport de cote d'anomalie du tube neural est 0,65 (IC à 95% de 0,45 à 0,94) pour les exposés vs les non exposés sans contrôle pour L , alors que le rapport de cote après ajustement est de 0,80 (IC à 95% de 0,53 à 1,20).

Question 2 : Devrait-on restreindre l'analyse aux naissances vivantes ?

24

Diapositive 24

DT0 SLIDO :

Question : Question 2 : Devrait-on restreindre l'analyse aux naissances vivantes ?

Choix de réponse a) Oui, b) Non

Bonne réponse : Non

Denis Talbot; 2024-11-14T17:28:35.564

slido

Please download and install the Slido app on all computers you use



Devrait-on restreindre l'analyse aux naissances vivantes ?

Start presenting to display the poll results on this slide.

25

Exercice 5



American Journal of Epidemiology
Copyright © 2002 by the Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health
All rights reserved

Vol. 155, No. 2
Printed in U.S.A.

Causal Knowledge as a Prerequisite for Confounding Evaluation: An Application to Birth Defects Epidemiology

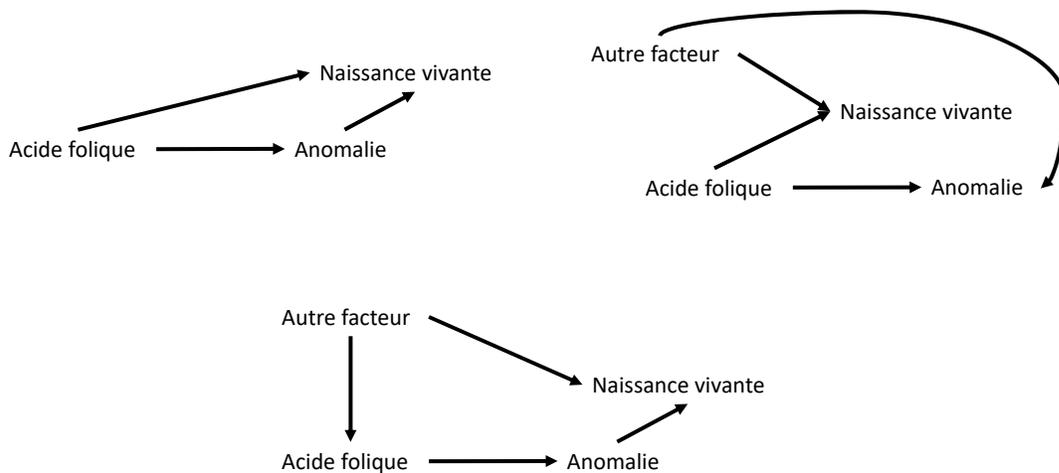
Miguel A. Hernán,¹ Sonia Hernández-Díaz,² Martha M. Werler,² and Allen A. Mitchell²

Common strategies to decide whether a variable is a confounder that should be adjusted for in the analysis rely mostly on statistical criteria. The authors present findings from the Slone Epidemiology Unit Birth Defects Study, 1992–1997, a case-control study on folic acid supplementation and risk of neural tube defects. When statistical strategies for confounding evaluation are used, the adjusted odds ratio is 0.80 (95% confidence interval: 0.62, 1.21). However, the consideration of a priori causal knowledge suggests that the crude odds ratio of 0.65 (95% confidence interval: 0.46, 0.94) should be used because the adjusted odds ratio is invalid. Causal diagrams are used to encode qualitative a priori subject matter knowledge. *Am J Epidemiol* 2002;155:176–84.

abnormalities; causality; confounding factors (epidemiology); inference; selection bias

26

Exercice 5



27

Exercice 6

Une étude portant sur l'association entre l'obésité et le décès chez des patients atteints de mélanomes métastatiques a rapporté que les individus obèses avaient un taux de décès plus faible que les patients non-obèses. Ce résultat est surprenant puisque l'on sait que l'obésité augmente le taux de décès en général.

- L'étude faisait une utilisation secondaire de données d'une étude avec assignation aléatoire du traitement contre le cancer (thérapie ciblée, immunothérapie ou chimiothérapie).
- Quelques études suggèrent que l'obésité augmenterait le risque de développer des mélanomes métastatiques.
- On sait que l'obésité augmente le taux de décès en général.

Question 1 : Quel serait le paramètre causal d'intérêt ?

28

Exercice 6

Une étude portant sur l'association entre l'obésité et le décès chez des patients atteints de mélanomes métastatiques a rapporté que les individus obèses avaient un taux de décès plus faible que les patients non-obèses. Ce résultat est surprenant puisque l'on sait que l'obésité augmente le taux de décès en général.

- L'étude faisait une utilisation secondaire de données d'une étude avec assignation aléatoire du traitement contre le cancer (thérapie ciblée, immunothérapie ou chimiothérapie).
- Quelques études suggèrent que l'obésité augmenterait le risque de développer des mélanomes métastatiques.
- On sait que l'obésité augmente le taux de décès en général.

Question 2 : Analyse restreinte aux personnes avec cancer, pour les causes communes de quelle(s) paire(s) de variables doit-on ajuster ?

29

 slido

Please download and install the Slido app on all computers you use



Analyse restreinte aux personnes avec cancer, pour les causes communes de quelle(s) paire(s) de variables doit-on ajuster ?

 Start presenting to display the poll results on this slide.

30

Diapositive 29

DT0 SLIDO

Question : Analyse restreinte aux personnes avec cancer, pour les causes communes de quelle(s) paire(s) de variables doit-on ajuster ?

Choix de réponse avec plusieurs réponses a) Aucune b) traitement-obésité c) traitement-cancer d) traitement-mortalité e) obésité-cancer f) obésité-mortalité g) cancer-mortalité

Bonne réponse : f et g)

Denis Talbot; 2024-11-14T17:29:15.206

Exercice 6

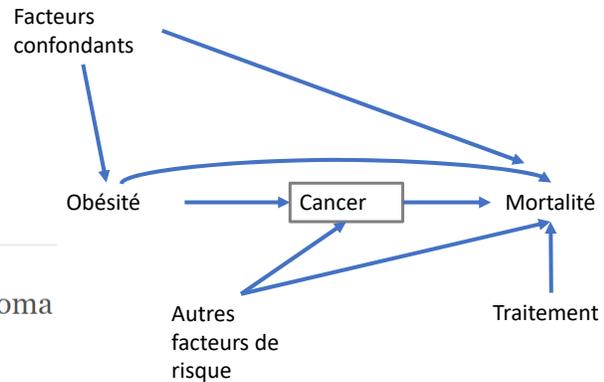
THE LANCET Oncology

Volume 19, Issue 5, May 2018, Page e226

Correspondence

Body-mass index and metastatic melanoma outcomes

Hermann Nabi ^{a, b, d, e}, Jason R Guertin ^{c, e}, Denis Talbot ^{c, e}, Caroline Diorio ^{b, e}



31

Exercice 7

On s'intéresse à l'impact d'une exposition répétée à deux moments à de fortes exigences physiques au travail sur le risque de blessures professionnelles en fin de suivi

Une rétroaction entre les exigences et le risque de blessures est présumée

Question 1 : Quel serait le paramètre causal d'intérêt ?

32

Exercice 7

On s'intéresse à l'impact d'une exposition répétée à deux moments à de fortes exigences physiques au travail sur le risque de blessures professionnelles en fin de suivi

Une rétroaction entre les exigences et le risque de blessures est présumée

Question 2 : Doit-on contrôler pour les blessures survenues avant la fin de l'étude ?

33

slido

Please download and install the Slido app on all computers you use



**Doit-on contrôler pour les
blessures survenues avant la fin
de l'étude ?**

Start presenting to display the poll results on this slide.

34

Diapositive 33

DT0 SLIDO:

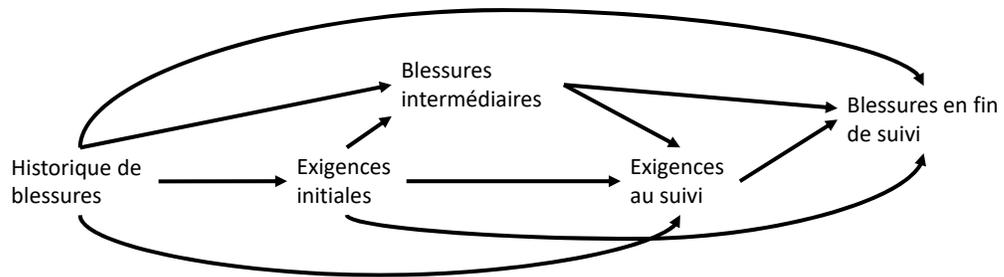
Question : Doit-on contrôler pour les blessures survenues avant la fin de l'étude ?

- a) Oui, mais seulement celles avant la première mesure d'exposition
- b) Oui, mais seulement celles survenues en cours d'étude
- c) Oui, à la fois pour les mesures initiales et en cours d'étude
- d) Non
- e) Aucune de ces réponses

Bonne réponse : e)

Denis Talbot; 2024-11-14T17:29:45.928

Exercice 7



35