

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

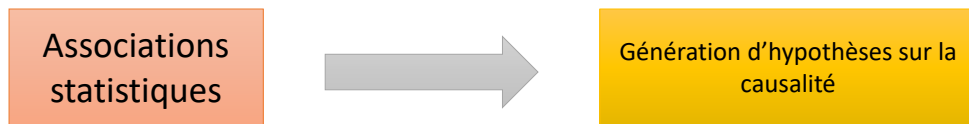
Survol de la journée

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	Retours en plénière pour discussion
16h55 à 17h05	Conclusion

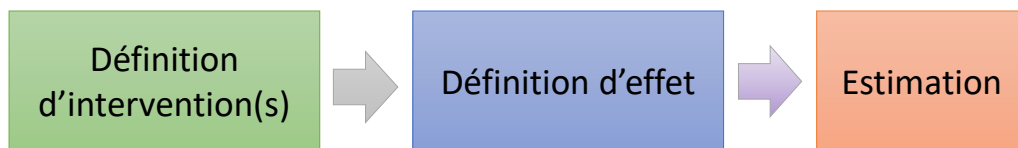
2

Introduction: les effets causaux

- L'épidémiologie traditionnelle:



- Inférence causale:

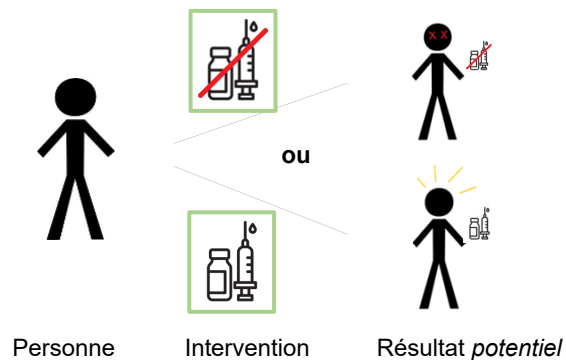


3

Définition
d'intervention(s)

L'intervention et le résultat potentiel / contrefactuel

- Intervention de vaccination pour la grippe saisonnière

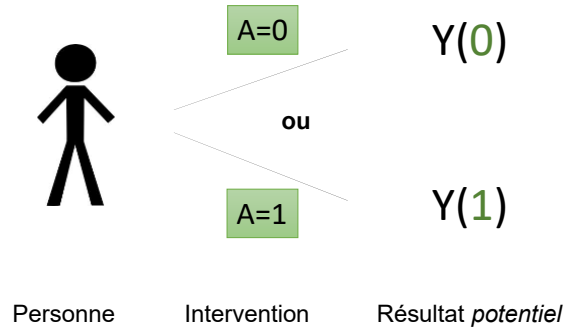


4

Définition
d'intervention(s)

L'intervention et le résultat potentiel / contrefactuel

- Intervention de vaccination pour la grippe saisonnière

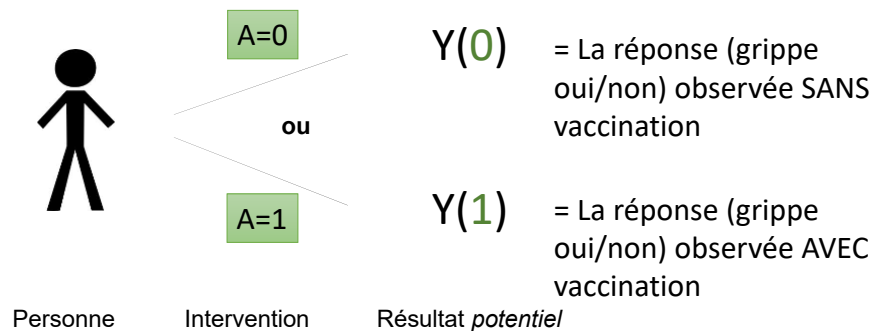


5

Définition
d'intervention(s)

L'intervention et le résultat potentiel / contrefactuel

- Intervention de vaccination pour la grippe saisonnière



6

Définition d'effet

Définition de l'effet avec les résultats potentiels

- Comparaison de paramètres « causaux »

Proportion de la population avec la grippe si personne n'est vacciné = $\Pr [Y(0) = 1]$

Proportion de la population avec la grippe si tout le monde est vacciné = $\Pr [Y(1) = 1]$

7

Définition d'effet

Définition de l'effet avec les résultats potentiels

- Comparaison de paramètres « causaux »

Proportion de la population avec la grippe si personne n'est vacciné = $\Pr [Y(0) = 1]$

Proportion de la population avec la grippe si tout le monde est vacciné = $\Pr [Y(1) = 1]$

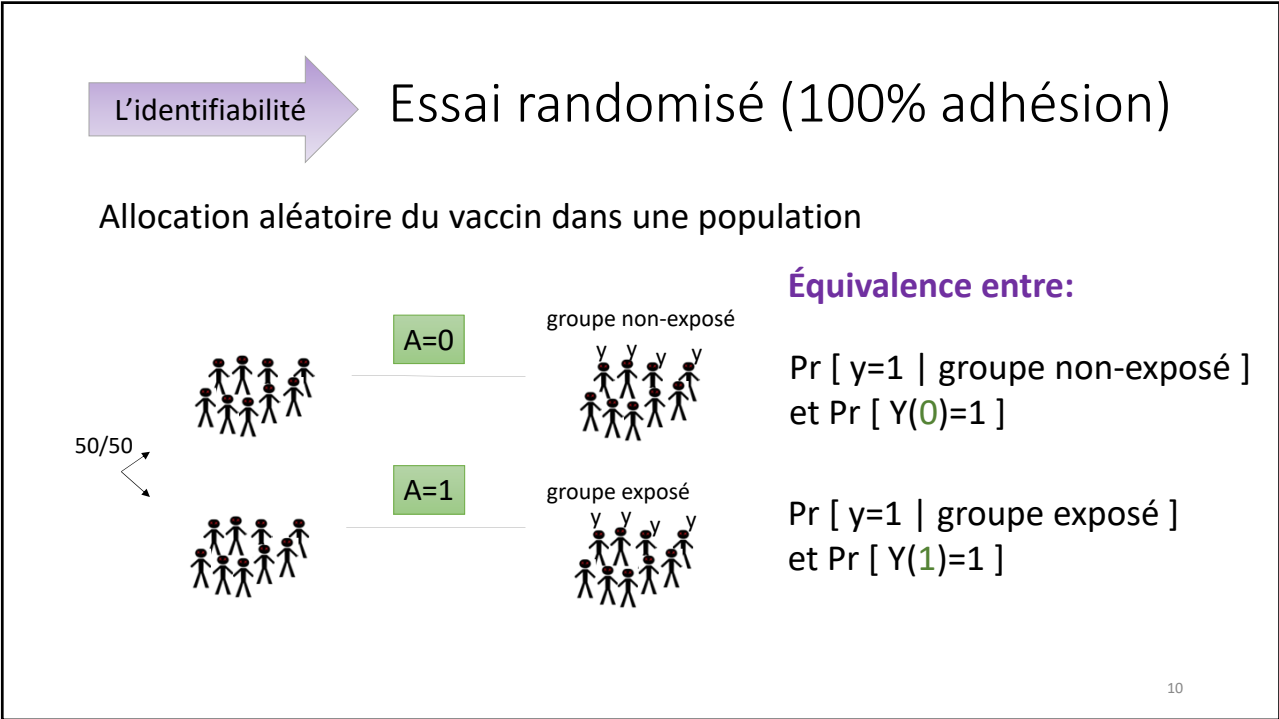
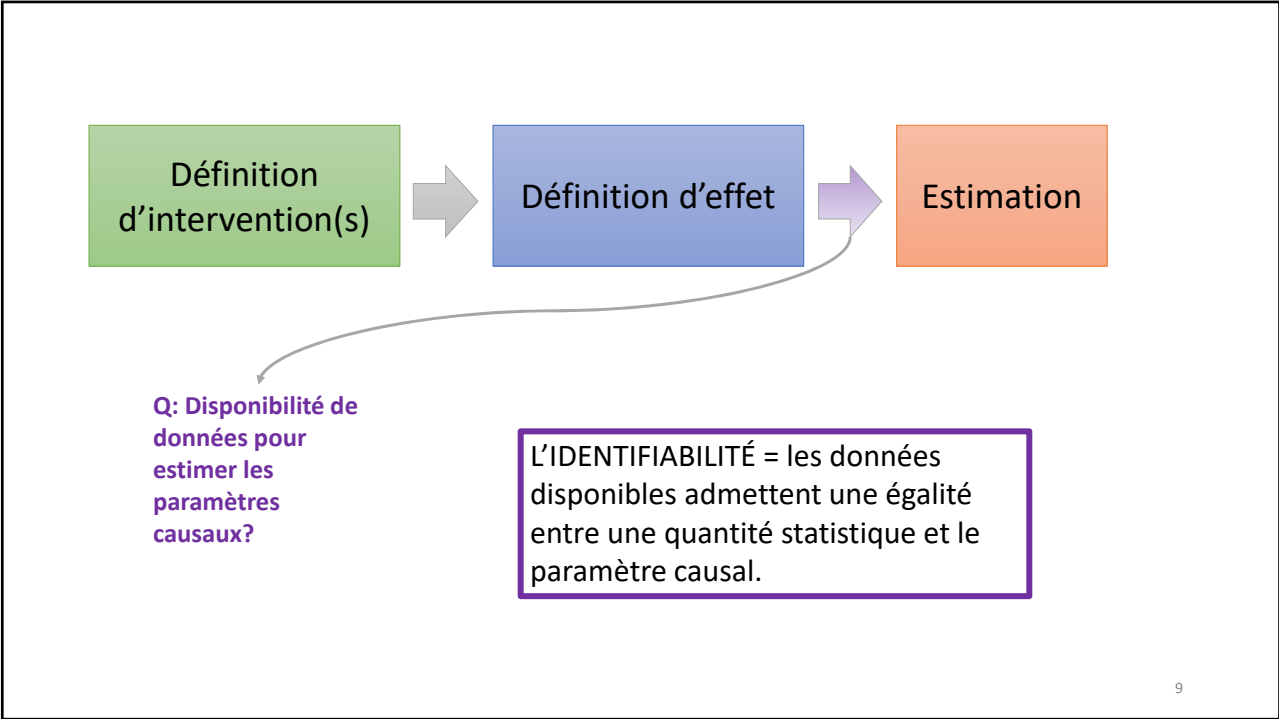
Comparaison:

DR = différence de risques

RR = rapport de risques

RC = rapport de cotes

8



L'identifiabilité

Essai randomisé (100% adhésion)

Allocation aléatoire du vaccin dans une population

- ✓ 1. L'exposition à la vaccination correspond à l'intervention théorique,
- ✗ 2. L'exposition d'un individu n'affecte pas la réponse potentielle d'autrui,
- ✓ 3. Chaque personne dans la population ciblée par l'essai a une possibilité de recevoir le vaccin (ex probabilité de 0,5),
- ✓ 4. L'exposition est indépendante du résultat potentiel

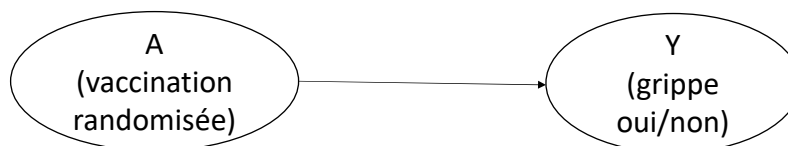
Nous observons directement les résultats potentiels selon l'exposition observée

Le paramètre causal est bien défini pour chaque intervention (A=0 et 1)

Égalité entre le paramètre statistique et le paramètre causal

L'identifiabilité

DAG pour l'essai randomisé



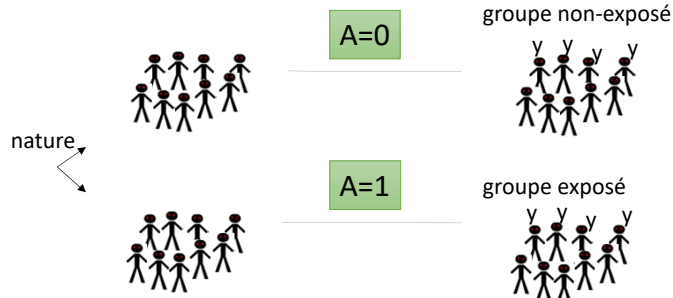
L'absence de chemin ouvert non-causal entre A et Y indique (4) l'indépendance entre l'exposition et le résultat potentiel

12

L'identifiabilité

L'étude observationnelle

Exposition observée d'un vaccin dans une population



Non-équivalence entre:

$\Pr [y=1 \mid \text{groupe non-exposé}]$
et $\Pr [Y(0)=1]$

$\Pr [y=1 \mid \text{groupe exposé}]$
et $\Pr [Y(1)=1]$

13

L'identifiabilité

Étude observationnel

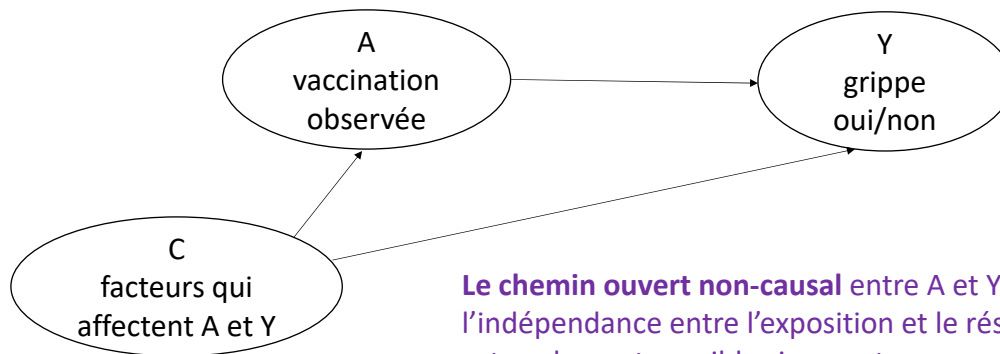
Exposition observée d'un vaccin dans une population

- ✓ 1. L'exposition à la vaccination correspond à l'intervention théorique,
- ✗ 2. L'exposition d'un individu n'affecte pas la réponse potentielle d'autrui,
- ? 3. Chaque personne dans la population a une possibilité de recevoir le vaccin,
- ✗ 4. L'exposition est indépendante du résultat potentiel ...dans une strate des covariables, C

14

L'identifiabilité

Exemple de DAG d'une étude observationnelle



Le chemin ouvert non-causal entre A et Y indique que l'indépendance entre l'exposition et le résultat potentiel est seulement possible si on met une condition sur C.

15

Estimation

Quelques enjeux dans l'estimation des paramètres causaux

- Si les hypothèses causales sont satisfaites, l'estimation du paramètre statistique correspond à l'estimation du paramètre causal.
 - Ex : Le RR causal peut être estimé avec un modèle log-binomial avec ajustement pour facteurs de confusion le cas échéant.
- La pondération inverse par la probabilité de traitement est souvent utilisée pour constituer une indépendance entre l'exposition et les facteurs de confusion dans la population pondérée -> enlève la confusion par les facteurs mesurés.
- La modélisation statistique: **hypothèses de modélisation** ajoutées aux hypothèses causales.

16

Liaison de cadres conceptuels : Bradford-Hill vs. résultats potentiels

Les critères Bradford-Hill (1965)

- Cadre conceptuel classique pour la prise de décision.
- Une liste de critères non suffisants et souvent non nécessaires pour déterminer si la causalité existe.
- Une guide pour diriger le discours scientifique.



Sir Austin Bradford Hill

17

slido

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



Join at [slido.com](https://www.slido.com)
#7404125

① Start presenting to display the joining instructions on this slide.

18

Bradford-Hill Q1

Temporalité: L'effet doit se produire après la cause (et avec un retard si un retard était prévu).

Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?

slido

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



Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?

Start presenting to display the poll results on this slide.

Diapositive 19

DT0 SLIDO :

Question : Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?

Choix de réponse Oui/Non/Incertain

Bonne réponse : Oui

Denis Talbot; 2024-11-14T17:23:01.673

Bradford-Hill Q2

Preuve expérimentale: Des expériences (ou quasi-expériences) peuvent donner une meilleure preuve.

Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?


21

The logo for Slido, consisting of the word "slido" in a lowercase, green, sans-serif font.

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



Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?

 Start presenting to display the poll results on this slide.

22

Diapositive 21

DT0 SLIDO :

Question : Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?

Choix de réponse Oui/Non/Incertain

Bonne réponse : Oui

Denis Talbot; 2024-11-14T17:23:27.688

Bradford-Hill Q3

Cohérence: Des résultats cohérents observés par différentes personnes dans différents endroits avec différents échantillons renforcent la probabilité d'un effet.

Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?

23

The logo for Slido, consisting of the word "slido" in a lowercase, green, sans-serif font.

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



Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?

 Start presenting to display the poll results on this slide.

24

Diapositive 23

DT0 SLIDO :

Question : Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?

Choix de réponse Oui/Non/Incertain

Bonne réponse : Incertain

Denis Talbot; 2024-11-14T17:23:54.502

Bradford-Hill Q4

Force de l'association: Plus grande association -> plus crédible que l'effet est causal.

Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?


25



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



Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?

 Start presenting to display the poll results on this slide.

26

Diapositive 25

DT0 SLIDO

Question : Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?

Choix de réponse Oui/Non/Incertain

Bonne réponse : Incertain

Denis Talbot; 2024-11-14T17:24:20.382

Bradford-Hill Q5

Plausibilité: L'effet est plus crédible quand c'est biologiquement possible. Mais il est possible que la science ne soit pas assez avancée.

Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?


27



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



Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?

 Start presenting to display the poll results on this slide.

28

Diapositive 27

DT0 SLIDO

Question : Pensez-vous que ce critère est représenté dans le cadre de résultats potentiels ?

Choix de réponse Oui/Non/Incertain

Bonne réponse : Non

Denis Talbot; 2024-11-14T17:24:44.817

Annexe résultats potentiels comme données manquantes

Sujet	Age	Vax (A)	Grippe (Y)	Grippe avec Vax (Y ¹)	Grippe sans Vax (Y ⁰)
1	65	1	1		
2	68	0	0		
3	72	0	0		
4	75	1	0		
5	68	0	1		

29

Annexe résultats potentiels comme données manquantes

Sujet	Age	Vax (A)	Grippe (Y)	Grippe avec Vax (Y ¹)	Grippe sans Vax (Y ⁰)
1	65	1	1	1	?
2	68	0	0		
3	72	0	0		
4	75	1	0		
5	68	0	1		

30

Annexe résultats potentiels comme données manquantes

Sujet	Age	Vax (A)	Grippe (Y)	Grippe avec Vax (Y ¹)	Grippe sans Vax (Y ⁰)
1	65	1	1	1	?
2	68	0	0	?	0
3	72	0	0	?	0
4	75	1	0	0	?
5	68	0	1	?	1

On ne peut pas connaître les deux contrefactuels d'un seul individu.

31

Annexe Critères Bradford-Hill

1. **Force de l'association:** Un grand effet = plus crédible?
2. **Cohérence:** Répétition des observations dans différentes populations et dans différentes études.
3. **Spécificité:** La causalité est plus probable si l'association (avec une exposition) se trouve dans une population à un endroit spécifique pour une maladie particulière.
4. **Temporalité:** L'effet doit se produire après la cause (et avec un retard si un retard était prévu).
5. **Relation dose-effet:** L'effet est plus crédible si une augmentation du dosage est associée à une augmentation de l'issue (ou de la probabilité de l'issue). Mais c'est aussi possible que l'exposition ait un effet déclencheur ou une association dose-effet inverse.
6. **Plausibilité:** L'effet est plus crédible quand c'est biologiquement possible. Mais il est possible que la science ne soit pas assez avancée.
7. Cohérence entre l'épidémiologie et ce qui est mesuré dans le laboratoire.
8. **Preuve expérimentale:** Des expériences (ou quasi-expériences) peuvent donner la meilleure preuve.
9. **Analogie:** Si un mécanisme similaire est déjà vérifié, c'est possible que le nouvel effet soit plus crédible par analogie. E.g. après la découverte de la cancérogénicité de certains virus, il est devenu plus plausible par analogie que les autres virus soient la cause de certains cancers.
10. **Réversibilité:** Si on enlève la cause, on enlève l'effet.

32