

Pensée critique

Stéphan Reeb
Département de biologie
Université de Moncton, Canada
© 2011

I. Introduction

Faire preuve de pensée critique, c'est utiliser sa raison pour évaluer le bien-fondé d'un point de vue (dans la vie de tous les jours) ou d'une conclusion. Appliquer la pensée critique, pour utiliser une expression commune, consiste à ne pas tout prendre pour du « cash ». Ça consiste plutôt à évaluer le plus objectivement possible la qualité des preuves qui appuient un énoncé.

Toutes les sections qui suivent, sauf les deux dernières, identifient des erreurs communes qui tendent à nous faire accepter des croyances ou des énoncés sans qu'on ait vraiment de bonnes raisons de le faire. L'avant-dernière section parle de pensée critique dans le monde de la médecine. La dernière section, quant à elle, donne une introduction au mouvement sceptique.

Certaines sections incluent des questions pour stimuler votre réflexion. Mes réponses à ces questions sont compilées à la fin de cet article.

II. Argument *ad populum* (raison du peuple, argument d'autorité)

L'argument *ad populum* dit que quelque chose doit être vrai simplement parce que tout le monde y croit.

C'est bien sûr un argument fallacieux. Il est tout à fait possible que tout le monde se trompe. Par exemple, il était un temps où tout le monde croyait que la Terre était plate; une majorité d'Américains ne croient pas en la théorie de l'évolution par sélection naturelle; beaucoup de gens croient que les chiropraticiens peuvent aider à guérir des maux autres que le mal de dos.

Bien que fallacieux, l'argument *ad populum* fait souvent des victimes car il fait appel à notre désir d'appartenance ou à notre amour de la tradition.

Exemples d'arguments *ad populum* :

- « Toutes les cultures humaines croient en un être suprême, ce qui prouve que Dieu existe. »
- « Ce livre est un best-seller, donc il doit forcément être bon. »
- « Les gens ont toujours fait cela comme ça, donc c'est la bonne façon de procéder. »
- « Cette opération est très bonne. D'ailleurs, elle a commencé à être pratiquée par les Chinois il y a 3000 ans. »

Bien entendu, il est aussi possible que la majorité des gens aient raison. Il n'y a tout simplement pas de garantie ni dans un sens ni dans l'autre. Si on veut utiliser l'opinion de la majorité pour avoir une idée de la véracité ou de la valeur d'une opinion, essayons au moins de savoir quel genre de personnes constituent cette majorité. S'agit-il de personnes qui sont qualifiées pour avoir une opinion bien fondée sur le sujet à l'étude? S'agit-il de personnes qui ont un parti pris pour des raisons subjectives et qui ne sont pas disposées à entendre la critique?

Précautions à prendre :

Donc, face à un énoncé (ex. : « la chiropratique peut guérir le cancer » ou « l'évolution n'existe pas »), posez-vous les questions suivantes :

1) La source de l'énoncé est-elle fiable?

En général, les scientifiques sont une source fiable. Mais attention, pas toujours! Il arrive que des scientifiques aient tort. Il arrive que des études soient publiées, même dans une revue arbitrée, et que ces études comportent des erreurs ou des lacunes. Il arrive que les résultats scientifiques laissent place à différentes interprétations. Mais tôt ou tard (et assez souvent plus tôt que tard), ces erreurs et lacunes sont corrigées dans des études ultérieures (les scientifiques adorent corriger les erreurs des autres!), et donc éventuellement la science dans son ensemble donne des énoncés fiables.

2) L'énoncé a-t-il été vérifié par une source indépendante?

Dans le paragraphe ci-haut, je parle de « revues arbitrées ». Avant d'être accepté pour publication dans une revue scientifique, un article rapportant les résultats d'une étude doit être jugé, « arbitré », par au moins deux experts qui oeuvrent dans le domaine et qui n'ont pas de lien avec les auteurs de l'étude. C'est donc dire qu'en général (en général seulement, parce qu'il arrive parfois que les arbitres font mal

leur travail) les articles publiés dans des revues arbitrées ont été bien vérifiés par des sources indépendantes.

- 3) Les preuves supportant cet énoncé sont-elles à la mesure de l'importance de l'énoncé, aussi bien en termes de leur qualité que de leur quantité?

Dans la mesure du possible, plutôt que de seulement se fier à l'opinion publique, essayez d'apprendre quels sont les faits ou preuves qui supportent l'énoncé, et faites-vous votre propre opinion critique sur la validité de l'énoncé. Gardez l'œil ouvert pour les lacunes présentées dans le reste du présent document (ex. : picorage, biais d'échantillonnage, argument *post hoc*, etc.). Et n'oubliez pas, dans les mots de Carl Sagan : « Extraordinary claims require extraordinary evidence ». Si l'énoncé vous semble important, ou renversant, exigez des preuves convaincantes, et aussi abondantes que possible.

III. Argument d'ignorance (« *Argument from ignorance* », *Argumentum ad ignorantiam*)

Un argument d'ignorance constitue à admettre son ignorance sur un certain point A, ou même démontrer que A est faux, et à partir de là se permettre de faire une affirmation sur un point B.

C'est un argument fallacieux. Être ignorant de A, ou prouver que A est faux, ne rend pas automatiquement l'hypothèse alternative B vraie. Après avoir dit « je ne sais pas ce que XYZ était », on devrait arrêter là!

Exemples d'arguments d'ignorance :

« Je ne sais pas ce qu'étaient ces lumières qui bougeaient dans le ciel. Ça devait être des soucoupes volantes. »

« On ne sait pas qui ou quoi a créé l'Univers. Ça peut seulement être Dieu. »

« Jean n'a pas d'alibi (je suis ignorant de ce qu'il faisait), donc il a commis le crime. »

« Il n'y a pas de preuve que la vie après la mort n'existe pas, donc la vie après la mort existe. »

« On ne peut pas être certain que l'homéopathie n'a pas d'effet, donc pratiquons l'homéopathie. »

« Je dis que le gouvernement essaie de nous endoctriner avec des messages subliminaux à la télévision. Tu n'as pas trouvé d'évidence du contraire, ce qui prouve que j'ai raison. »

« Je ne sais pas comment ce magicien a pu faire cela, donc la magie existe. »

« Je n'arrive pas à concevoir une durée de temps aussi longue que des millions d'années, donc la Terre ne peut pas être vieille de 4.5 milliards d'années. »

« Les biologistes sont incapables d'expliquer l'évolution de l'œil, donc la théorie de l'évolution est fausse. » (À noter, soit dit en passant, que les biologistes ont en fait de bonnes hypothèses pour expliquer l'évolution de l'œil.)

« Je n'arrive pas à comprendre comment les animaux peuvent être si parfaitement adaptés à leur milieu, donc ça doit être une entité surnaturelle qui les a créés. »

La véracité d'une hypothèse devrait dépendre des évidences pour ou contre cette hypothèse elle-même, et non pas des ignorances ou des évidences vis-à-vis une hypothèse alternative.

Il est peut-être facile de rire des gens qui croient aux OVNI (Objets Volants Non-Identifiés) ou dans l'homéopathie, mais même en science les arguments d'ignorance peuvent faire des victimes. En effet, il arrive que certains scientifiques, pour essayer d'expliquer un phénomène, émettent deux hypothèses (A et B) mutuellement exclusives. Ils font une expérience qui réfute l'hypothèse B, et à partir de cela ils se permettent de dire que l'hypothèse A est supportée. C'est une erreur. Réfuter B n'est pas équivalent à prouver A. Peut-être que A et B sont toutes les deux fausses, et que c'est une autre hypothèse C, à laquelle on n'a pas pensé, qui est la bonne.

À noter qu'il demeure quand même très utile de réfuter des hypothèses alternatives à notre hypothèse principale. Plus on élimine les hypothèses alternatives, plus on prend confiance en l'hypothèse principale qui reste (en anglais, on parle alors de « strong inference »). Mais il faut aussi tester notre hypothèse principale. Le fardeau de la preuve repose sur les épaules de la personne qui fait l'hypothèse. Il faut essayer d'inventer des situations où les prédictions faites par notre hypothèse principale pourraient ne pas se réaliser. Plus on essaie de tester notre hypothèse principale, et plus on s'aperçoit que ses prédictions continuent à se réaliser, alors plus on devient confiant que cette hypothèse est vraie.

Dilemme de l'oeuf et de la poule :

Parfois, certaines juxtapositions de facteurs reflètent une relation de cause-à-effet, mais il n'est pas toujours évident quel facteur est apparu en premier, et donc quel facteur est la cause et quel facteur est l'effet.

Une étude par Simon LeVay, du Salk Institute en Californie, a documenté que chez les hommes homosexuels, le noyau hypothalamique INAH3 est 2-3 fois plus développé que chez les hommes hétérosexuels (la grosseur de INAH3 est mesuré par dissection du cerveau après la mort des individus concernés). On sait très bien que le cerveau cause le comportement, et donc les résultats de cette étude nous suggèrent automatiquement que l'homosexualité est, en partie du moins, causée par le développement inhabituel de certaines parties du cerveau. Mais les experts savent très bien que le comportement ou les habitudes de vie peuvent elles aussi, parfois, influencer le développement du cerveau. Peut-être donc que ce sont les habitudes de vie homosexuelles qui ont causé le plus grand développement du noyau INAH3 plutôt que vice-versa. Ou peut-être que les habitudes de vie influence le développement du cerveau qui, à son tour, influence le comportement dans une boucle de rétroaction de type « boule de neige ». Il faudrait trouver une façon de mesurer le développement du noyau INAH3 à différents stades de la vie, avant et après l'apparition des habitudes de vie homosexuelles, plutôt que seulement à la fin de la vie. Morale de l'histoire : attention aux suggestions automatiques.

V. Picorage (« *Cherry picking* »)

« The root of all superstition is that men observe when a thing hits, but not when it misses » – Francis Bacon

Le picorage consiste à ne retenir que les faits qui soutiennent une hypothèse ou un point de vue donné, et à « oublier » ou ignorer les faits qui vont plutôt à l'encontre de notre hypothèse préférée (en psychologie, on parle de biais confirmationnel, ou « confirmation bias »). Cette erreur est malheureusement très courante, aussi bien dans la vie de tous les jours que dans l'aventure scientifique.

Mémoire sélective dans la vie de tous les jours :

On a souvent tendance à se souvenir des occasions où une de nos croyances a été supportée, et à inconsciemment oublier les autres occasions, au moins tout aussi nombreuses, où notre croyance a été contredite.

On se souvient de la fois où une de nos prémonitions (ou un de nos rêves) s'est fait confirmer, et on oublie toutes les fois, bien plus nombreuses, où nos prémonitions ou nos rêves n'ont pas été confirmés. À cause de cela, on dit que les humains peuvent « lire le futur », alors qu'en fait la prémonition confirmée n'était qu'une heureuse coïncidence, le fruit du hasard.

On se souvient de la fois où la prise d'un médicament naturel a été suivie d'une amélioration de santé, et on oublie toutes les fois où ce même médicament naturel n'a pas eu d'effet. Mais l'amélioration de santé la première fois était probablement fortuite et serait survenue même si on n'avait pas pris le médicament.

On se rappelle de toutes les fois où notre arthrite s'est empirée lorsqu'il pleuvait, et de là on dit que la météo influence l'arthrite, alors qu'en fait les études démontrent que les crises d'arthrite surviennent aussi souvent par beau temps que par mauvais temps.

On se souvient de la fois où, en tant que gardien de but, on a commencé une partie en faisant une prière aux poteaux de notre but et notre partie s'est super bien déroulée, et donc on devient superstitieux et on fait maintenant une prière à nos poteaux à toutes les parties, sans remarquer que beaucoup de ces parties ne tournent pas mieux que ce à quoi on pourrait s'attendre de par le hasard.

On dit « je n'ai jamais de chance aux dés » alors qu'en fait on est chanceux aussi bien que malchanceux (c'est qu'on se souvient seulement de nos malchances).

Coïncidences et variation naturelle :

Quelles sont les chances d'obtenir 7 « piles » ou 7 « faces » de suite lorsqu'on tire à pile ou face? La plupart des gens pensent que c'est presque impossible. Cependant, si vous tirez 100 fois à pile ou face, les statistiques démontrent qu'il est pratiquement garanti que vous obtiendrez au moins une série de 7 piles ou de 7 faces de suite. Ceci illustre quelque chose dont on devrait tous être conscient : le hasard crée parfois des patrons qui semblent indiquer une « intelligence » à l'oeuvre, une relation de cause à effet réelle. Morale de l'histoire : quand on voit un patron, il ne faut pas seulement émettre une hypothèse de cause à effet et en rester là. Il faut élargir nos observations et voir si notre hypothèse est supportée en dehors de notre seule observation originale.

En 1979, dans une banlieue de Denver, plusieurs enfants ont été diagnostiqués avec la leucémie. Un épidémiologiste a visité la banlieue et a remarqué que toutes les maisons des enfants affectés étaient situées près de

lignes de haute tension. Ceci fut à l'origine d'une peur irraisonnée du champ magnétique des lignes à haute tension pendant plusieurs années. Pourtant, il y avait des millions d'enfants qui vivaient près de lignes de haute tension ailleurs aux États-Unis sans souffrir de leucémie. Pourquoi se rappeler seulement de la coïncidence de Denver et oublier tous les autres cas négatifs? Le cas de la banlieue de Denver n'était que le fruit du hasard.

Un patient qui avait un cancer et à qui on avait dit qu'il ne lui restait que 3 mois à vivre a décidé de prendre des pilules de cartilage de requin. Deux ans plus tard, il est encore en vie. Ceci est une bonne excuse pour étudier de plus près les effets thérapeutiques du cartilage de requin, mais ce seul patient est-il une preuve que ce traitement fonctionne? Après tout, il arrive parfois que des gens survivent au cancer plus longtemps que prévu sans que l'on sache exactement pourquoi. (Soit dit en passant, plusieurs études ont été faites, et les résultats sont que le cartilage de requin ne guérit pas le cancer.)

Titre dans les journaux : « Les étudiants performant mieux en mathématiques et en français qu'il y a 10 ans. » Les tests nationaux de mathématiques et langage séparent les étudiants par année (grade). Parmi tous les grades testés, c'est pratiquement garanti, juste à cause du hasard, que certains vont avoir de meilleurs résultats qu'il y a 10 ans, alors que d'autres seront pires. C'est seulement en ignorant les grades qui sont pires qu'on peut dire qu'il y a eu amélioration. De plus, cette amélioration peut n'être que temporaire, ou complètement différente si on avait pris un intervalle autre que 10 ans. Le titre de l'article est donc un exemple de picorage qui donne une mauvaise impression de la situation réelle.

Un type particulier de picorage (qu'on pourrait aussi appeler « expédition de pêche ») est d'analyser de grandes bases de données jusqu'à temps qu'on s'adonne à trouver un patron quelconque, déclarer ce patron comme étant significatif, et inventer des explications possibles pour ce patron inhabituel. Le problème est que « significatif », pour les tests statistiques, veut dire qu'il y a moins de 1 chance sur 20 ($p < 0.05$) que le résultat soit dû au hasard. Mais cela veut aussi dire que si tu testes au moins 20 relations possibles dans ton « expédition de pêche », il se pourrait fort bien que tu tombes sur une relation qui apparaît « significative » mais qui n'est tout simplement que le fruit du hasard.

Aux Olympiques de 2004, les adversaires dans les matches de lutte, boxe, et judo portaient soit des maillots rouges ou des maillots bleus (comme dans toutes les autres Olympiques, d'ailleurs). Les maillots rouges ont gagné 55% des matches en 2004, une faible déviation du résultat attendu de 50%, mais significatif quand même vue la très grande taille d'échantillonnage. Aussitôt un article scientifique fut publié (dans la prestigieuse revue *Nature*, rien de moins) qui disait que ces résultats suggèrent que la couleur rouge intimide

les gens et est perçue comme dominante. Mais ces résultats ne seraient-ils pas tout simplement le fruit du hasard suite à une expédition de pêche?

Q12 Quelle serait la façon la plus simple de poursuivre l'étude?

Une étude en Floride a examiné à quels jours du mois les crimes avaient lieu. Dans le comté de Dade, les chercheurs ont trouvé qu'il y avait plus de crimes commis le jour de la pleine lune que n'importe quel autre jour du mois.

Q13 Les journaux se sentiraient-ils justifiés de publier des articles du genre « Regardez le calendrier avant de sortir dehors la nuit : les chercheurs observent plus de crime lors de la pleine lune » ?

Les expéditions de pêche sont un peu comme du picorage parce que les patrons trouvés à la pêche sont rarement testés pour voir s'ils sont répliquables. On garde le patron positif observé, mais on refuse de tester sa généralité parce qu'on a peur que la coïncidence ne se répétera pas.

Les patrons qui sont détectés suite à une expédition de pêche dans une grande base de données, et pour lesquels on invente des explications, devraient immédiatement être testés en faisant des prédictions basées sur l'explication donnée, et en regardant si ces prédictions se réalisent en dehors du strict contexte original de l'observation.

Découverte d'un « nouveau » patron qui a en fait toujours existé :

Un autre type particulier de picorage est de parler d'un phénomène comme s'il était nouveau et d'ignorer qu'il a en fait toujours existé.

Par exemple, basé sur une prédiction de collision entre la Terre et une planète inconnue, plusieurs gens superstitieux croyaient que la fin du monde arriverait en décembre 2012. Certains ont apporté comme "preuve" une épidémie de mortalité animale massive dans le monde au début de 2011, comme signe avant-coureur de la présumée fin du monde en 2012 :

[3 jan. 2011](#) – Plus de 100,000 poissons (« drum fish ») sont trouvés morts dans une rivière de l'Arkansas; causes inconnues;

[3 jan. 2011](#) – Des douzaines d'oiseaux morts tombent dans l'arrière-cour d'une dame, au Kentucky; causes inconnues;

[3 jan. 2011](#) – Des dizaines de milliers de poissons morts échouent dans la baie de Chesapeake, au Maryland; apparemment à cause de l'eau trop froide;

[3 jan. 2011](#) – 100 tonnes de poissons morts échouent sur les côtes du Brésil; causes inconnues;

4 jan. 2011 – Plusieurs lamantins (« manatees ») morts sont retrouvés sur la côte floridienne; causes inconnues;
4 jan. 2011 – Des milliers de poissons morts échouent dans un ruisseau, en Floride; causes inconnues;
4 jan. 2011 – Des centaines de poissons morts échouent sur les berges de la rivière St. Clair, en Ontario; causes inconnues;
4 jan. 2011 – Des centaines d’oiseaux (des carouges et des mainates) sont retrouvés morts sur une autoroute, en Louisiane, souffrant de lésions internes (non-dues uniquement à leur chute) et de caillots sanguins;
5 jan. 2011 – Des centaines d’oiseaux morts sont trouvés au Texas, sur une autoroute; causes inconnues;
5 jan. 2011 – De grandes quantités de poissons morts échouent sur des plages de la Nouvelle-Zélande; causes inconnues;
5 jan. 2011 – Jusqu’à 100 oiseaux (des choucas) sont retrouvés morts sur une route, en Suède; causes inconnues;
6 jan. 2011 – Plus de 40,000 crabes (« Devil crabs ») morts échouent sur les côtes de la Grande Bretagne; causes inconnues;
7 jan. 2011 – Plus de 1,000 colombes (« turtle doves ») mortes sont retrouvées en Italie; causes inconnues;
11 jan. 2011 – Un nombre incalculable de poissons morts retrouvés en Grande-Bretagne, dans un ruisseau; causes inconnues;
11 jan. 2011 – Des milliers d’aloses (« gizzard shad fish ») morts flottent sur l’eau du Lac Michigan et échouent sur des berges avoisinantes de la ville de Chicago, en Illinois; le temps froid en serait la cause.

Mais les penseurs critiques parmi nous diront qu'il ne s'agit ici que d'un exemple de "village global". Les épisodes de mortalités animales massives ont toujours existé. Cependant, elles ont toujours été reléguées à la section des nouvelles locales, de telle sorte qu’il était difficile de réaliser qu’il y en avait plusieurs dans le monde entier. Mais voici qu’avec l’internet, il est maintenant possible d’accéder à toutes les nouvelles locales du monde entier. En les regroupant, on donne l’impression d’une nouvelle épidémie mondiale, alors qu’en fait le phénomène a toujours existé.

Q14 Que faudrait-il faire pour voir si cette explication plus posée est la bonne?

Précautions à prendre :

Les scientifiques et les penseurs critiques doivent faire bien attention de ne pas succomber à la tentation du picorage.

- Si parmi toutes les données qu’on obtient dans une expérience, il y en a une ou deux qui tombent « à côté de la *track* », il ne faut pas les éliminer arbitrairement de l’analyse. Il faut essayer de trouver pourquoi ces données sont inhabituelles. Si on confirme de bonnes raisons (e.g.

l'appareil de mesure fut trouvé défectueux cette journée là; l'animal était malade; la donnée n'était pas écrite à la bonne place dans les registres de l'expérience), alors on peut éliminer ces données inhabituelles (mais on doit aussi éliminer toutes les autres données auxquelles les mêmes raisons s'appliquent). Si on ne peut pas trouver pourquoi la donnée est inhabituelle, alors il faut l'inclure dans l'analyse. À noter cependant qu'il existe des méthodes statistiques qui permettent d'éliminer les données aberrantes (« *outliers* »), les données jugées le plus objectivement possible comme étant trop inhabituelles.

- Il ne faut pas tirer des conclusions qui ignorent certains résultats obtenus dans notre étude, même si on est honnête et qu'on prend la peine de rapporter ces résultats contrariants dans les articles qu'on écrit. Dans la discussion de nos articles, il faut expliquer pourquoi on pense que ces résultats contrariants ne contredisent pas vraiment la conclusion générale qu'on tire de notre étude.
- Quand on soutient un point de vue dans un débat scientifique, il ne faut pas ignorer les études qui semblent contredire notre point de vue. Au contraire, il faut les considérer sérieusement, les mentionner, et dire pourquoi on pense que ces études ne sont pas assez bonnes pour réfuter notre point de vue.

VI. Comparaison « pommes et oranges »

La comparaison est un outil fondamental dans l'entreprise scientifique et dans la découverte de nouvelles connaissances. On compare des groupes expérimentaux entre eux, et on les compare avec des groupes témoins (contrôles). Mais attention : avant de tirer des conclusions sur l'effet expérimental d'une variable, il faut s'assurer que les groupes qu'on compare ne diffèrent qu'au niveau de cette variable seulement. S'il y a d'autres différences dans la constitution des groupes, alors on ne peut pas savoir laquelle de ces différences a causé l'effet expérimental. En d'autres mots, pour reprendre une expression de la vie de tous les jours, il ne faut pas comparer des pommes avec des oranges.

Titre de journaux : « Nos enfants préscolaires performant mieux sur les tests d'intelligence que il y a 20 ans. » Ah, mais les tests sont-ils exactement les mêmes? Les chances sont que les tests d'intelligence ont changé en 20 ans, et donc leurs résultats ne sont pas vraiment comparables.

Affirmation d'une entreprise : « Le salaire moyen de nos employés a augmenté sans cesse depuis les 25 dernières années ». Oui, mais tout le monde sait que la valeur du dollar diminue d'année en année à cause de l'inflation. Un dollar de 2010 n'est pas comparable à un dollar de 1985. Si l'augmentation de salaire est la même que l'inflation, alors le pouvoir d'achat des employés n'a PAS augmenté au fil des années. Si on tenait compte de l'inflation et qu'on exprimait tous les salaires en « dollars 1985 » par exemple, peut-être que ces salaires seraient en fait restés les mêmes.

Déclaration du gouvernement : « Il y a 5 ans, nous avons coupé le budget des services de santé de 3 millions de dollars. Aujourd'hui, notre gouvernement redresse la situation et augmente ce budget de 3 millions de dollars ».

Q15 Ça donne l'impression qu'on est revenu à la situation d'origine, mais est-ce le cas?

Résultat d'une étude historique : « Pendant la guerre hispano-américaine de 1898, le taux annuel de mortalité dans la marine américaine était de 9 sur 1000, tandis que dans la population générale de la ville de New York, le taux annuel de mortalité était de 16 sur 1000. Étonnamment, il était plus dangereux de vivre à New York que de faire la guerre dans la marine américaine. »

Q16 Trouvez le problème avec cette conclusion.

Déclaration : « Il y a plus d'accidents d'auto entre 7 am et 8 am que entre 2 pm et 3 pm; donc il est plus dangereux de conduire le matin que l'après-midi. »

Q17 Trouvez le problème avec cette conclusion (pour vous inspirer, sachez qu'il y a aussi beaucoup plus d'accidents par beau temps que par temps brumeux, donc pour être consistant il faudrait dire qu'il est plus dangereux de conduire par beau temps, ce qui bien sûr est ridicule).

Déclaration fictive : « Les cancers du pancréas sont à la hausse dans notre société moderne. Au Canada par exemple, dans toutes les années 1990, il y a eu 2965 diagnostics de cancer du pancréas, alors que dans toutes les années 1950 il y en avait eu seulement 1623. »

Q18 Trouvez au moins deux raisons pour lesquelles il y a maintenant plus de diagnostics de cancer du pancréas au Canada, sans que cela veuillent nécessairement dire que votre chance d'avoir ce cancer est maintenant plus grande que celle de vos grands-parents. (Notez que les chiffres que je donne dans cet exemple sont fictifs.)

Pour essayer de nous convaincre que le cartilage de requin est un bon médicament naturel contre le cancer, l'auteur d'un livre sur le sujet mentionne que sur 7,500 carcasses de requins collectionnées par le musée Smithsonian, seulement 30 avaient des tumeurs, un taux de seulement 0.04 %, alors que les chances de mourir de cancer chez l'être humain sont 1 sur 4, ou 25%.

Q19

Mais est-ce une comparaison valide?

En science, la notion de comparaison entre pommes et oranges mène à une précaution bien simple : vos expériences devraient comporter un (ou des) groupe(s) expérimental(aux) et un (ou des) groupe(s) témoin(s). Le groupe témoin devrait être le plus semblable possible au groupe expérimental, à tous les points de vue sauf pour la présence/absence du facteur expérimental à l'étude. Malheureusement, parfois cela est difficile à accomplir, ce qui rend difficile l'interprétation des résultats.

- Quand vous lisez de façon critique un article scientifique, regardez attentivement comment les groupes témoins (contrôles) ont été constitués, et demandez-vous si ces groupes sont appropriés. Est-il raisonnable de penser que les résultats de l'étude pourraient être dus à un autre facteur que celui qui figure dans la conclusion de l'étude, facteur qui n'a pas été contrôlé dans la constitution des groupes témoins?
- Dans les articles scientifiques que vous écrivez, décrivez précisément comment vos groupes expérimentaux et vos groupes témoins ont été constitués, et comment ils ont été soumis à des manipulations différentes.
- À part la variable étudiée, les groupes expérimentaux et témoins de vos études devraient être les plus semblables possible. Lisez attentivement le module sur l'échantillonnage biaisé.

Effet d'ordre (« order effect »):

Un cas particulier de comparaison pommes et oranges est l'effet d'ordre. Souvent, pour rendre le groupe expérimental et le groupe témoin le plus semblable possible (un noble but), on utilise les mêmes sujets dans les deux groupes. Par exemple, dans le cas de personnes, on applique la manipulation témoin à Jean et on mesure sa réponse, et puis par la suite on applique la manipulation expérimentale à Jean et on mesure sa réponse encore pour voir si elle est différente. Le problème potentiel avec cette approche, c'est que Jean la deuxième fois n'a pas le même niveau d'expérience personnelle que Jean la première fois. Il faut alors se demander si la différente réponse de Jean la deuxième fois est due à la manipulation expérimentale, ou à son niveau d'expérience personnelle différent. Dans le cas de traitements qui durent

longtemps, il y a aussi une bonne différence d'âge qui peut survenir, et on sait que l'âge peut avoir des effets sur beaucoup de variables.

Vous voulez voir si un certain régime alimentaire affecte la pression artérielle. Vous travaillez avec des rats. Vous prenez un groupe de 10 rats et vous les nourrissez avec une moulée ordinaire pendant 6 mois, mesurant leur pression artérielle à toutes les semaines. Ensuite vous les nourrissez pendant un autre 6 mois avec la même moulée ordinaire mais à laquelle vous avez ajouté un certain nutriment. Encore une fois vous mesurez leur pression artérielle à toutes les semaines, et vous observez qu'elle est plus haute en moyenne qu'auparavant.

Q20 Êtes-vous justifiés de conclure que le nutriment ajouté à la moulée a causé une hausse de pression artérielle chez vos sujets?

Quelques semaines avant l'équinoxe d'automne (autour du 21 septembre) vous apprenez qu'il existe une croyance que les œufs intacts peuvent se tenir debout tout seul sur une table, mais seulement à l'équinoxe de printemps (autour du 21 mars) et à l'équinoxe d'automne, quand la longueur du jour et de la nuit sont exactement la même (12 h). Sachant que l'équinoxe d'automne approche, vous décidez de tester cette croyance en essayant maintenant, avant l'équinoxe, de faire tenir des œufs debout sur une table. Vous échouez. Quelques semaines plus tard, à l'équinoxe (21 septembre), vous essayez de nouveau et miracle! Ça fonctionne!

Q21 Avez-vous des commentaires à faire?

Dans un épisode de l'émission *Blockbusters*, Tony Belleci a testé l'idée qu'un départ en bicyclette peut être plus rapide si la roue arrière de la bicyclette tourne déjà dans les airs et qu'on laisse cette bicyclette retomber sur le sol. Trois fois de suite ils ont mesuré le temps pris par Tony pour franchir une certaine distance en partant avec une bicyclette immobile, et trois fois ensuite ils ont mesuré le temps pour franchir cette même distance en partant avec une bicyclette dont la roue arrière tournait déjà dans les airs et qu'on laissait tomber et faire contact avec le sol.

Q22 Y a-t-il un effet d'ordre potentiel?

La seule façon de procéder quand on soupçonne qu'un effet d'ordre pourrait influencer nos résultats, c'est de séparer notre groupe de sujets en deux sous-groupes de taille égale. Un sous-groupe recevra le traitement témoin en premier et le traitement expérimental en deuxième; l'autre sous-groupe, au contraire, recevra le traitement expérimental en premier et le traitement témoin en deuxième. De cette façon, s'il y a un effet de l'âge ou de l'expérience personnelle, cet effet favorisera également le traitement témoin et le traitement expérimental lorsque toutes les données seront analysées ensemble.

VII. Différence insignifiante

« A difference is a difference only if it makes a difference » – Darrel Huff, dans « How to Lie with Statistics »

Pour répéter l'introduction de la section précédente, la science consiste souvent à faire des comparaisons. On compare des groupes expérimentaux entre eux et avec des groupes témoins (contrôles). Il y a invariablement des différences entre les résultats moyens de chaque groupe, et pour voir si ces différences sont le fruit de notre manipulation expérimentale ou simplement le fruit du hasard, on utilise des tests statistiques (avec l'idée que si le test nous dit que la différence n'est pas due au hasard, alors on pourra imputer la différence à l'effet expérimental, à la variable qu'on a fait varier d'un groupe à l'autre).

Quand les tests statistiques nous disent que la différence est trop grande pour être le fruit du seul hasard, on emploie des expressions du genre « Mes résultats sont significatifs » ou « Les différences sont statistiquement significatives » ou « La variable A s'est avérée significativement plus élevée dans le groupe X que dans le groupe Y ».

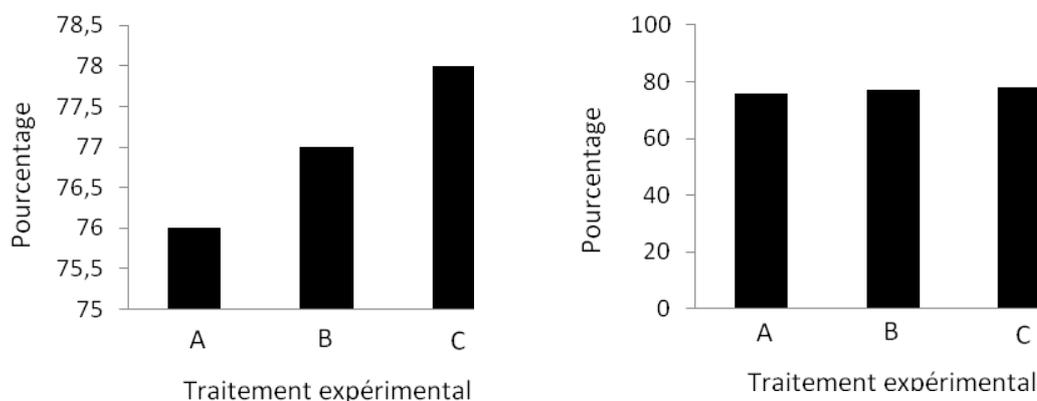
De telles expressions nous renseignent sur la présence d'un effet expérimental, mais elles ne nous disent rien sur l'ampleur de cet effet. Pour connaître cette ampleur, il nous faut voir les résultats moyens eux-mêmes. Malheureusement, de plus en plus les articles scientifiques ont tendance à donner le résultat des tests statistiques sans donner les résultats originaux eux-mêmes (ou, parfois, sans les représenter d'une façon objective). Le problème ici est que la simple existence d'un effet ne veut pas nécessairement dire que cet effet est important ou intéressant. L'effet, bien que présent, peut être tellement petit qu'il est en fait « insignifiant » dans le parler de tous les jours. En biologie, on dit souvent que « une signifiante statistique n'équivaut pas à une signifiante biologique ».

Vous lisez un article de journal qui dit que le taux d'un certain type de cancer a doublé en 10 ans. Wow! Mais si c'est seulement le passage de 1 cas par 10,000 habitants à 2 cas par 10,000 habitants (c'est donc le double), ce n'est pas comme si vous devriez trop vous alarmer!

Vous mesurez le succès de reproduction des étourneaux qui vivent en ville versus ceux qui vivent en campagne. Vous obtenez une différence significative en faveur de ceux de la ville. Êtes-vous justifiés de penser que vos résultats sont renversants? Si on parle d'une différence significative de 4.6 jeunes par année par couple versus 2.8 jeunes, alors là, oui. Mais si on parle seulement d'une différence significative de 4.6 versus 4.4 jeunes par

année, alors là, d'accord vous avez découvert un facteur qui effectivement influence le succès de reproduction des étourneaux, mais ce n'est pas un facteur très important.

Considérez les deux graphiques suivants. Celui de gauche semble représenter des différences importantes. Mais quand on remarque que les valeurs sont en fait des pourcentages, et qu'on rapporte ces valeurs sur une échelle de 0 à 100 comme on devrait toujours le faire pour des pourcentages (graphique de droite), alors on s'aperçoit que les différences étaient en fait bien peu importantes.



Une différence statistiquement significative n'est donc pas toujours une différence de grande envergure. Il arrive parfois que les gens font l'erreur miroir : ils voient une grande différence entre deux groupes expérimentaux, mais malheureusement les tests statistiques démontrent que cette différence n'est pas significative (elle peut très bien être due au seul hasard). Malgré cela, les gens oublient le résultat du test statistique et continuent de parler comme si la différence était réelle. Non, non, non ! Si le test statistique dit « non-significatif », alors dans votre tête vous devriez toujours considérer les valeurs des différents groupes comme étant égales, peu importe leur différence mesurée.

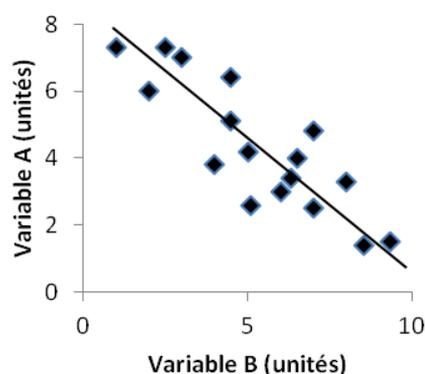
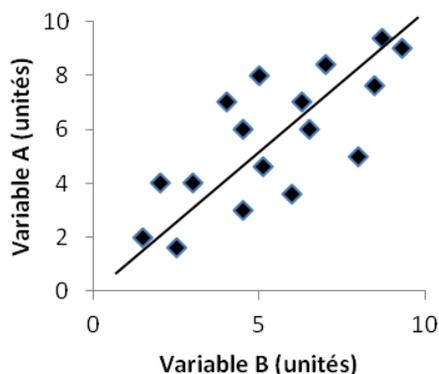
Si vous lisez les résultats d'un sondage qui dit qu'un parti politique remportera 55 % du support populaire lors des prochaines élections alors que l'autre parti n'en aura que 45 %, avec une marge d'erreur de 14 points de pourcentage, sachez alors qu'il n'y a pas de différence entre les deux partis. La différence mesurée entre eux (10 points de pourcentage) est moins que la marge d'erreur du sondage.

Précautions à prendre :

- Si vous rapportez un effet significatif de votre manipulation expérimentale, dites aussi quelle est l'ampleur de cet effet. Donnez des chiffres.
- Si vous entendez parler d'un effet significatif, posez-vous la question : Quelle est l'ampleur de cet effet? Cette différence statistiquement significative fait-elle vraiment une différence? Exigez de voir les chiffres.
- Quand vous regardez un graphique, prêtez attention à l'échelle des unités sur l'axe des y. L'échelle commence-t-elle à 0 comme elle le devrait? Sinon, les chiffres sur l'échelle révèlent-ils un effet qui est plutôt mince?
- Si les différences entre les groupes expérimentaux ne sont pas statistiquement significatives, alors traitez les groupes comme s'ils étaient égaux (si la puissance de votre test statistique est grande) ou potentiellement égaux (si la puissance du test n'est pas très grande). Ne les traitez pas comme s'ils étaient différents, peu importe la différence entre les valeurs moyennes des groupes. À la rigueur, si la différence entre les groupes va dans la direction à laquelle vous vous attendiez mais qu'elle n'est pas significative statistiquement, suggérez des études futures afin d'augmenter la puissance de vos tests statistiques.

VIII. Corrélations

Plusieurs recherches scientifiques trouvent des résultats qui s'expriment sous la forme suivante : plus que la variable A augmente, plus que B augmente aussi. Ou bien : plus que A augmente, plus que B diminue. On parle alors de corrélation positive (le premier cas) ou de corrélation négative (le deuxième cas). Dans les articles scientifiques, les corrélations sont habituellement représentées sous forme graphique, avec une ligne de régression, comme ceci :



Les médias aiment bien couvrir de tels résultats scientifiques parce qu'ils semblent directs et faciles à comprendre. Mais l'interprétation des corrélations recèle des problèmes cachés dont il faut tenir compte.

Corrélation ≠ Causation

Vous rappelez-vous des variables confondantes? On en avait parlé dans la section sur les arguments *post hoc*. Une variable semble en causer une autre dans le temps, mais en fait elles sont toutes les deux le résultat d'une troisième variable, dite confondante. Il s'avère que les variables confondantes sont un problème non seulement dans le cas des arguments *post hoc*, mais aussi dans le cas des corrélations. Une variable semble directement en influencer une autre, mais en fait elles sont toutes les deux le résultat d'une variable confondante.

Choisissez au hasard 20 villes de grandeur différente. Pour chaque ville, mesurez le nombre de jeunes « *skinheads* » dans la ville et le nombre d'incendies par année. Vous trouverez rapidement une corrélation positive : plus il y a de *skinheads*, plus il y a d'incendies. Preuve que les *skinheads* déclenchent les incendies!

Q23

N'est-ce pas?

Une corrélation suggère une relation de cause-à-effet, mais ne la prouve pas. Une corrélation significative est donc une invitation à faire des études plus poussées où l'on pourra faire varier systématiquement la variable A, en gardant le reste des conditions le plus uniforme possible (pour éliminer l'effet de variables confondantes), et voir si B continue à varier proportionnellement à A.

Corrélation ≠ Effet important

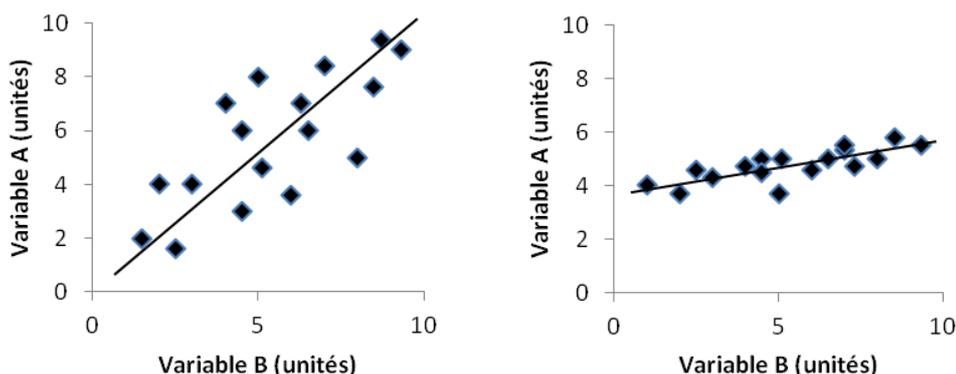
Tout comme on l'a vu dans la section précédente, un effet peut être réel mais peu important. De la même façon, une corrélation peut être statistiquement significative mais plutôt insignifiante dans le parler de tous les jours.

Si vous lisez, dans la presse, qu'une étude vient de démontrer une corrélation entre la consommation de vin et le risque de souffrir d'artériosclérose, la corrélation voulant que plus on boit de vin, moins on risque de souffrir de la maladie, serez-vous tenté – au nom de la bonne santé, vous comprenez bien – de doubler votre consommation hebdomadaire de Cabernet Sauvignon?

Si vous le faites, vous allez vite vous apercevoir que vos dépenses à la Commission des Alcools elles aussi vont doubler, et c'est peut-être à ce moment-là que l'idée va vous frapper : c'est bien beau de diminuer les

risques d'artériosclérose, mais le jeu en vaut-il la chandelle? Par quel pourcentage les risques sont-ils en fait diminués si on double sa consommation de vin? Si vous apprenez que le risque est diminué par seulement 1 % pour chaque doublement dans la consommation (un chiffre fictif ici), alors vous en arriverez probablement à la conclusion que l'effet de l'alcool, même s'il est peut-être bien réel, n'est tout de même pas très fort. La relation serait réelle (elle aurait une signifiante statistique) mais elle n'influencerait pas tellement votre vie.

Les études rapportant des corrélations devraient toujours quantifier l'ampleur de l'effet. Si les résultats sont donnés sous forme de graphique, on devrait toujours porter attention à l'axe des y et à la pente de la ligne de régression, les pentes plus à pic (pour un même axe des y) indiquant des effets plus forts. Dans le graphique de droite, la variable B a moins d'effet sur la variable A que dans le cas du graphique de gauche.



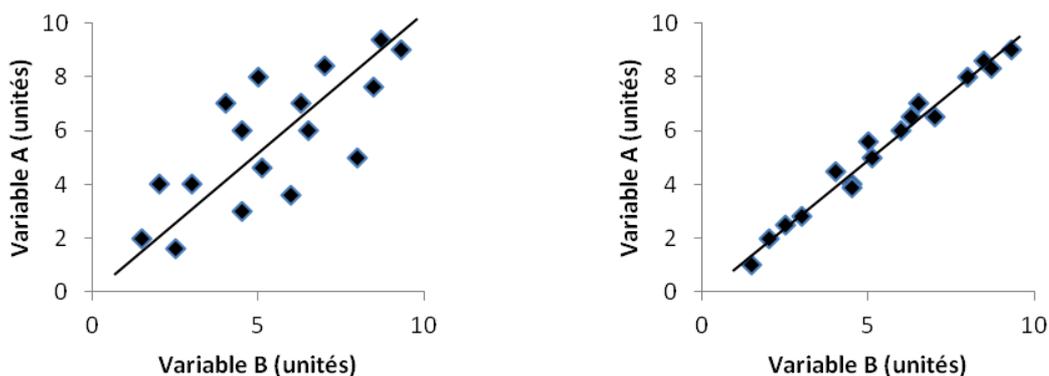
Pourcentage de variation expliquée

Les deux graphiques suivants montrent deux corrélations qui dénotent le même effet (la pente des deux lignes de régression est la même) et les analyses statistiques désignent cet effet comme étant également réel dans les deux cas (les points du premier graphique sont mieux alignés mais ils sont moins nombreux, tandis que ceux du deuxième graphique sont plus nombreux mais aussi plus éparpillés). Dans les médias, ces deux résultats seraient probablement rapportés par exactement la même phrase : la (insérez ici le nom d'une variable A) est corrélé avec (insérez ici le nom de la variable B); B augmente de tel ou tel pourcentage avec telle ou telle augmentation de A.

Si chaque point représente un être humain chez qui on a mesuré deux variables (la consommation d'une certaine substance d'une part, disons, et le risque d'une certaine maladie d'autre part), ces résultats vous intéresseront et vous porteront peut-être à changer vos habitudes de vie. Mais voilà, vous

risquez d'être déçus par les conséquences. La raison est que les corrélations sont des phénomènes moyens. Ils s'appliquent à la moyenne de la population. Or, certaines causalités sont ouvertes à beaucoup d'influences extérieures qui viennent brouiller les cartes. Dans de tels cas, la moyenne s'accompagne d'une très grande variance (le graphique de corrélation montre un large nuage de points), comme cela arrive souvent dans le cas de la physiologie humaine. Les chances sont bonnes que vous ne saurez pas où vous, personnellement, vous situez à l'intérieur de cette variance. Peut-être serez-vous chanceux : peut-être que vous tomberez dans la moyenne, ou même mieux qu'elle. Mais peut-être aussi serez-vous pire que la moyenne, et l'effet ne s'appliquera pas tellement bien à vous.

Ce problème est particulièrement aigu dans le cas de résultats rapportés par les médias, car la meilleure façon d'apprécier la variance est de la visualiser sur un graphique (comment est-ce que le nuage de points est large), et les médias habituellement ne publient pas de tels graphiques.



En termes de statistique, il faut donc porter attention au « pourcentage de variance expliquée » par la corrélation (ce pourcentage est le carré du paramètre « r » calculé lors de l'analyse de corrélation). Si le pourcentage est élevé, cela veut dire que la variable A est très influencée par la variable B et par pas grand-chose d'autre (le nuage de points sur le graphique est mince). Si le pourcentage est faible, cela veut dire que A est influencée par B mais aussi par beaucoup d'autres variables qui n'ont pas été contrôlées dans l'étude (le nuage de points est large). Dans ce dernier cas, faire varier B ne garantit pas un grand changement dans la variable A; en moyenne oui, il va y avoir un changement, mais sur une base individuelle, qui sait?

« Notre étude a démontré que l'incidence du facteur A influence significativement la fréquence de la maladie B ($r = 0.269$); il faudra donc veiller à diminuer A si on veut limiter la maladie B ».

Q24

Avez-vous des commentaires à faire?

Danger de l'extrapolation :

Les corrélations illustrent des relations linéaires. Cependant, il n'y a aucune garantie qu'une relation demeure linéaire avec la même pente pour toute l'étendue des valeurs possibles d'une variable. En dehors de l'étendue des valeurs des variables testées dans la corrélation, peut-être que la ligne changerait de pente, ou peut-être qu'elle deviendrait courbée (comme dans le cas d'une relation logarithmique ou exponentielle) plutôt que linéaire. Morale de l'histoire : ne prenez rien pour acquis en ce qui concerne la relation entre deux variables en dehors de l'étendue des valeurs rapportées par une corrélation (le jargon dirait : n'extrapolez pas).

IX. Échantillonnage biaisé

Quand on ne peut pas mesurer toute une population, on se contente de mesurer un échantillon, et de là on extrapole nos conclusions à toute la population. Mais pour extrapoler ainsi, il faut que l'échantillon soit représentatif de la population. Pour cela, il faut que l'échantillon ait été sélectionné au pur hasard, ce qui n'est pas toujours réalisable. La sélection non-aléatoire de l'échantillon peut mener à une sous-représentation de certains éléments de la population. Si cela arrive, on dira que l'échantillon est biaisé. Les échantillons très biaisés rendent risqués la généralisation à toute la population des résultats obtenus à partir de l'échantillon.

Les sondages auprès des êtres humains sont habituellement biaisés. Premièrement parce que ces sondages se font sur une base volontaire; les réponses qu'on obtient sont seulement celles de ceux qui étaient prêts à donner leur opinion. Deuxièmement parce que les gens ne disent pas toujours la vérité, surtout en ce qui concerne les questions qui ont trait à l'âge, au salaire annuel, aux pratiques morales, aux pratiques sexuelles, etc. Troisièmement parce que certaines des questions demandent des réponses subjectives plutôt qu'objectives (des estimés plutôt qu'une mesure précise, un souvenir de quelque chose plutôt qu'une mesure actuelle, une impression générale plutôt qu'une action mesurable).

Les biais dans les sondages sont pratiquement impossibles à éviter. Faites un sondage auprès des gens dans la rue, et vous manquez les jeunes mères de familles ou les gens qui ne sortent pas beaucoup. Faites un sondage porte à porte pendant le jour, et vous manquez les gens qui travaillent au bureau le jour. Faites un sondage au téléphone le soir, et vous manquez les gens qui vont souvent au

cinéma ou au club. Votre seul espoir est que le biais ne soit pas trop grand, et que l'estimé que vous en retirerez ne sera pas trop loin de la réalité.

Les résultats de sondages sonnent très impressionnants, habituellement parce qu'ils sont exprimés sous forme de chiffres bien précis. Mais il faut leur appliquer notre pensée critique.

« Cinq ans après qu'ils aient gradué, les finissants de 2003 de la Faculté des sciences avaient un salaire moyen de 42,535 \$ »

Q25 La façon dont le sondage a été fait pourrait affecter la validité de ce salaire estimé. Comment?

« Lors de sa dernière réunion, le syndicat a voté à 86% pour la grève. »

Q26 Cela veut-il dire que 86 % des syndiqués veulent avoir la grève?

« Les femmes se lavent plus souvent que les hommes! Un sondage réalisé auprès de 1000 femmes et 1000 hommes de la région de Moncton a révélé que les femmes prennent en moyenne 5.6 bains ou douches par semaine, alors que les hommes n'en prennent que 3.1. » (Cet exemple est fictif!)

Q27 Feriez-vous confiance à un tel résultat?

Les biais d'échantillonnage peuvent également survenir lors d'études scientifiques, tout particulièrement en biologie et en médecine. Les sciences de la vie font plus souvent appel à l'échantillonnage que les sciences physiques, puisque les entités biologiques (ex. : individus d'une même espèce) sont plus variables que les entités physiques (ex. : atomes d'un même élément). Le biais peut venir du fait que seuls des volontaires ont été utilisés pour l'étude, ou seuls des animaux provenant d'un même endroit ou d'un certain type de capture.

Des biologistes sont curieux de savoir si différentes espèces de poissons exhibent le même niveau de crainte face à un prédateur. Ils mesurent combien de temps divers individus de différentes espèces prennent pour sortir d'un abri après qu'on leur ait présenté, en aquarium, l'image d'un brochet (un gros poisson prédateur d'autres poissons). Ils s'aperçoivent que l'espèce A sort plus rapidement que l'espèce B, et donc ils concluent que l'espèce A a moins peur des prédateurs. Mais en lisant attentivement la section « Matériel et méthodes » de l'article scientifique, vous découvrez que les poissons de l'espèce A ont été obtenus en nature à l'aide d'une nasse à menés (une trappe en forme d'entonnoir dans laquelle le poisson doit entrer par lui-même) alors que les poissons de l'espèce B ont été obtenus en passant un grand filet le long d'une plage.

Q28 Critiquez la conclusion de l'étude à la lumière de sa méthodologie.

Vous êtes une physiologiste qui veut mesurer la performance des muscles d'une espèce de poisson lors de l'exercice (nage) soutenu. Vos poissons ont été élevés en laboratoire à partir de parents sauvages, donc pas de problème de biais de capture. Tous ces poissons sont gardés dans un même aquarium commun. Quand vient le temps de faire vos expériences, vous choisissez vos spécimens « au hasard » à l'aide d'une épuisette (un petit filet) dans le grand aquarium.

Q29 Critiquez cette façon de procéder.

X. Pourcentages

Exprimer un résultat en pourcentage est souvent dangereux. Le problème est qu'il n'est pas toujours clair ce qu'est 100 %.

Pourcentage de réduction ou d'augmentation :

Un traitement expérimental abaisse la valeur d'une variable de 75 à 50. La réduction est-elle de $(75-50) / 75 = 33\%$, ou est-elle de $(75-50) / 50 = 50\%$?

La réponse est qu'il faut toujours calculer le pourcentage de changement en divisant par la valeur originale (i.e., c'est la valeur originale qui représente 100%). Donc, une baisse de 75 à 50 est une baisse de $(75-50) / 75 = 33\%$. Mais remarquez maintenant qu'une hausse doit aussi être calculée à partir de la valeur originale. Donc une hausse de 50 à 75 représente une augmentation de $(75-50) / 50 = 50\%$. On en arrive avec la conclusion vraie, mais troublante, que pour revenir à la situation d'origine après une baisse de 33%, ça nous prend une augmentation de 50% !

L'employeur offre au syndicat une réduction de salaire de 20% ce mois-ci, suivi d'une augmentation de salaire de 22% à partir du mois suivant.

Q30 Le syndicat devrait-il accepter?

Vous voulez un autre exemple de confusion possible? Demandez à une personne dans la rue ce qu'est une augmentation de 100 %, et elle vous dira probablement que c'est un doublement. Demandez maintenant à une autre personne de la rue ce qu'est une augmentation de 200 %, et elle vous dira elle aussi que c'est un doublement !!! Qui a tort et qui a raison? La deuxième personne a tort : une augmentation de 200 % est en fait un triplement, mais vous pouvez voir comment facilement l'expression 200 % peut suggérer un doublement.

(Personnellement, je préfère exprimer une augmentation avec un facteur X plutôt qu'un pourcentage. Une augmentation de 50 à 75 est une augmentation par un facteur 1.5 X. Un doublement est une augmentation 2X plutôt que 100% ou 200%. Et je préfère exprimer une diminution sous la forme « a diminué à 66% de sa valeur originale ».)

Valeur 100 % qui change :

Un article de vulgarisation récent faisait état d'une étude qui a découvert que, dans les villes, le pourcentage de bactéries qui flottent dans l'air et qui proviennent de crottes de chiens, plutôt qu'en provenance d'autres sources, augmentent en hiver. Si on s'en tenait à cet énoncé seulement (ce que beaucoup de journalistes feraient), on penserait tout de suite que le nombre de crottes de chien laissées dehors augmente en hiver, ou que le froid les fait persister plus longtemps. Mais non, quand on lit les détails de l'étude, on s'aperçoit que le nombre absolu de bactéries flottantes en provenance de crottes de chien ne change pas au fil des saisons. Ce qui change, c'est la valeur 100%, le total de bactéries flottantes dans l'air. En été, la majeure partie des bactéries volatiles viennent des feuilles d'arbre et de la terre du sol, et donc le pourcentage dû aux crottes de chien est faible. Mais en hiver, il n'y a plus de feuilles et le sol est isolé de l'air par une couche de neige. Ces bactéries disparaissent, le total de bactéries volatiles diminue, et donc le pourcentage (la fraction) dû aux crottes augmente. Le résultat, donc, n'avait rien à voir avec les crottes de chien. Le seul vrai changement était au niveau des feuilles et de l'exposition du sol. (Mais bien sûr, un article qui parle de respirer des bactéries en provenance de crottes de chien est bien plus frappant – et, soit dit en passant, ne vous inquiétez pas, le nombre absolu de ces bactéries fécales est beaucoup trop faible pour nous causer des maladies.)

Valeur 100 % difficile à définir :

« Notre presseur de jus de fruit peut extraire 26 % plus de jus. » Wow, j'le veux mais, à bien y penser, que représente 100 % ici? 26 % de plus par rapport à quoi? L'annonce ne le dit pas. Si c'est 26 % de plus que leur compétiteur le plus performant, alors là je suis impressionné. Mais si c'est 26% de plus que de presser le fruit à la main, il n'y a pas de quoi s'émerveiller, car tous les presseurs font mieux qu'à la main.

Taille d'échantillonnage masquée :

Un autre danger des pourcentages est qu'ils peuvent cacher une faible taille d'échantillon. Si vous lisez « 67% de répondants préfèrent notre produit », vous êtes impressionnés, n'est-ce pas? Vous imaginez tout de suite qu'au moins

100 personnes ont été testées. Mais il se peut que seulement 3 personnes aient été interviewées, et que 2 des 3 aient préféré le produit (= 67%). Un résultat basé sur seulement trois personnes testées, c'est beaucoup moins impressionnant.

Précautions à prendre :

- Essayez d'obtenir les chiffres originaux, les valeurs absolues, ou si vous êtes une journaliste ou un vulgarisateur scientifique, donnez les chiffres originaux en plus du pourcentage.
- Si vous lisez « X % » dans un article scientifique, posez-vous la question « X % de quoi? » (que représenterait 100 % ?). Si la réponse ne vous est pas évidente, ou si la réponse apparemment évidente n'est en fait pas la bonne, l'article est mal écrit.

XI. Pensée critique en médecine

Beaucoup de fausses croyances sont motivées par l'espoir, et s'il y a une facette de notre vie où l'espoir joue un rôle important, c'est bien face à la maladie. Il y a donc beaucoup de fausses croyances et de charlatanisme en médecine. La médecine est donc un domaine où la pensée critique se doit d'être pratiquée.

Médecine alternative :

Presque par définition, la médecine « alternative » (ou médecine « naturelle ») est la médecine qui ne fonctionne pas.

Aussitôt qu'on a des preuves que quelque chose de la médecine alternative ou naturelle fonctionne sans occasionner de réactions secondaires indésirables, ce quelque chose cesse d'appartenir à la médecine alternative et commence à faire partie de la médecine conventionnelle. Les médecins ne sont pas fous; ils veulent guérir leurs patients. Si un traitement fonctionne sans causer des réactions secondaires nuisibles et sans avoir de conséquences immorales, alors peu importe que ce traitement soit « naturel » ou synthétique, peu importe que le mécanisme de ce traitement soit complètement compris ou non, peu importe que ce traitement ait été développé par des compagnies pharmaceutiques multinationales ou par un shaman dans la jungle sud-américaine, les médecins vont tous commencer à prescrire ce traitement si efficace et il fera maintenant partie de la médecine conventionnelle. Ce qui reste dans la médecine « alternative », ce sont les traitements pour lesquels on n'a pas de preuves solides qu'ils fonctionnent, et ce, bien souvent, malgré les nombreuses expériences scientifiques qui les ont testés. Plus on teste ces traitements « alternatifs » sans obtenir de résultats convaincants, plus il devient évident que ces traitements ne

fonctionnent pas (ou, du moins, pas en dehors de l'Effet Placebo – voir plus bas). À noter cependant que les tests doivent être faits; la médecine naturelle ou alternative ne devrait pas être ignorée, elle doit tout simplement être testée et évaluée plutôt que d'être acceptée aveuglément.

Exemples de médecine alternative pour lesquels les nombreux tests n'ont pas révélé de preuve (en dehors de l'effet placebo – voir plus bas) :

Acupuncture

Chiropratique pour des choses autres que les maux de dos.

Magnétothérapie

Homéopathie

Réflexologie (pressions sur le pied qui guérissent des maux ailleurs dans le corps)

Hypnose, prières, aromathérapie, vitamine E, toucher thérapeutique, etc.

Pour le rhume ou la grippe : vitamine C, ginseng, échinacées, zinc, Cold-FX, etc., etc. (Le seul traitement pour le rhume ou la grippe est le repos; certains antibiotiques peuvent aussi traiter les infections de gorge qui accompagnent parfois le rhume ou la grippe – mais pas le rhume ou la grippe eux-mêmes, qui sont des maladies virales alors que les antibiotiques combattent seulement les bactéries.)

Les adhérents de la médecine alternative citent parfois des études scientifiques qui supportent l'efficacité de leur traitement non-conventionnel (ou qui trouvent des problèmes avec les traitements conventionnels). Mais il est important de réaliser que ce ne sont pas toutes les études scientifiques qui sont bien faites. Même les études qui réussissent à être publiées dans des revues arbitrées peuvent présenter des défauts que les arbitres n'ont pas réussi à remarquer, comme par exemple :

Les doses utilisées sont beaucoup trop élevées ou beaucoup trop basses; elles ne pourraient pas être utilisées comme traitement dans la vie de tous les jours;

Les tests ont été faits sur des animaux et on n'a pas de certitude qu'un être humain réagirait de la même façon;

Les sujets humains savaient à l'avance à quel groupe expérimental ils appartenaient et cela a pu influencer leur description de comment ils se sentaient par la suite;

Les groupes témoins (contrôles) ne sont pas de vrais groupes témoins;

Les difficultés d'interprétation des résultats occasionnés par le traître Effet Placebo (voir ci-dessous);

Les tailles d'échantillonnage étaient trop faibles, ou l'échantillonnage était biaisé, ou les tests statistiques étaient inappropriés;

Les données qui ne concordaient pas avec la conclusion souhaitée ont été « oubliées », ou on a trouvé une excuse peu convaincante pour les éliminer;

Les auteurs de l'étude ont donné une conclusion qui est beaucoup trop ferme et générale, à la lumière des résultats vagues et des quelques paramètres qu'ils ont étudiés.

Pour des questions aussi importantes que celles reliées à la santé humaine, vous pouvez être certains qu'il y aura plus d'une étude qui sera faite sur une certaine question. Certaines de ces études attireront l'attention sur les erreurs des autres études. En fin du compte, s'il y a suffisamment d'études effectuées, un consensus finira par s'établir et les experts du domaine seront au courant du consensus. Pour juger de l'efficacité d'un traitement, il vaut mieux attendre un peu et se fier à l'opinion des experts dans le domaine plutôt qu'à une seule étude.

Certains traitements « alternatifs » ne font pas vraiment de mal. Ils vous font dépenser votre argent pour rien, mais les gens après tout sont libres de faire ce qu'ils veulent avec leur argent. Là où la médecine alternative a une conséquence plus sournoise et pernicieuse, c'est quand les gens deviennent tellement convaincus de la pseudo-efficacité du pseudo-traitement qu'ils commencent à ne se fier qu'à ce traitement et ils négligent d'aller voir leur médecin et d'obtenir aussi le traitement conventionnel. Il va sans dire que les conséquences de ne pas obtenir le traitement conventionnel peuvent être très graves (dépendamment de la maladie). Si tu fais une réaction anaphylactique en réponse à une piqure d'abeille, va te faire donner une injection d'épinéphrine à l'hôpital plutôt que de boire du thé à la menthe ... sinon tu vas mourir.

Les traitements alternatifs (surtout s'ils sont faciles, comme prendre une pilule d'un « élément naturel ») peuvent aussi dérailler les efforts plus grands qui sont requis par les vrais traitements. Dans le cas de l'obésité en particulier, il existe plusieurs « régimes miracles » qui font appel à des choses faciles à faire, comme prendre une pilule, alors que le seul vrai traitement pour minimiser les risques d'obésité ou pour perdre du poids est de faire de l'exercice et de manger moins de gras (quelque chose qui est difficile à faire). Dans les mots de Richard Veech, du National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism : « People don't want to exercise. They don't want to eat healthy food. They don't want to stop drinking; they don't want to stop smoking; they don't want to stop having dangerous sex. They want to take a pill. Well, good luck. » (Extrait de « Bad Medicine », par Christopher Wanjek, 2003, John Wiley and Sons Inc.)

Une dernière pensée : il n'y a aucune évidence que les gens qui vantent les mérites de la médecine alternative vivent plus vieux que le reste de la population, en moyenne. C'est comme les gens qui prétendent avoir des pouvoirs psychiques : ils ne gagnent jamais à la loterie. Hmmmm comme c'est bizarre.

Effet placebo :

Un médicament placebo est une substance ou une manipulation sans effet physiologique que l'on donne à un patient en lui faisant croire qu'il s'agit d'un vrai médicament. L'effet placebo est une légère amélioration de santé d'un patient qui croit avoir obtenu un médicament efficace alors qu'en fait le médicament n'était pas efficace. Cette amélioration de santé est parfois uniquement subjective, mais parfois elle est réelle aussi, bien qu'invariablement faible. De toute évidence le cerveau peut involontairement influencer l'état de santé d'un patient, bien que cette influence soit faible et que le mécanisme impliqué soit encore mal connu.

Le problème causé par l'effet placebo est que certaines personnes qui croient en un pseudo-médicament ou un pseudo-traitement peuvent voir leur état de santé s'améliorer sans réaliser que c'est seulement un effet placebo, et donc ils deviennent encore plus convaincus que ce médicament ou traitement est efficace. Ils refusent alors tout autre médicament plus conventionnel, même si le médicament traditionnel est bien plus efficace que le petit effet placebo causé par le pseudo-médicament. Donc, l'effet placebo perpétue la croyance en des médicaments ou traitements bidons.

XII. Scepticisme scientifique (scepticisme contemporain, scepticisme rationnel, zététique)

« Le dur chemin de la vérité passe par le doute » – *Cyrille Barrette*

« Garder l'esprit ouvert, sans se fermer les yeux » – *Michel Toulouse*

« We should be open-minded, but not so open-minded that our brain falls out »

– *Richard Dawkins, The enemies of reason; mais aussi attribué à James Oberg, Carl Sagan, et autres*

Le scepticisme est une façon de penser qui consiste à n'accepter comme vérité que les choses qui ont des bonnes preuves à l'appui. Le ou la sceptique reconnaît comme fausses les croyances ou hypothèses pour lesquelles il y a de bonnes preuves qu'elles sont fausses, reconnaît comme vraies les croyances ou

hypothèses pour lesquelles il y a de bonnes preuves qu'elles sont vraies, et reconnaît comme incertaines et dignes d'études futures les croyances ou hypothèses pour lesquelles les preuves sont encore vagues ou contradictoires.

Le ou la sceptique reconnaît que la science est le meilleur outil que l'humain possède afin de trouver la vérité appuyée par des preuves raisonnables.

Les sceptiques s'amuse souvent à exposer les erreurs de nos croyances fallacieuses pour lesquelles il n'y a pas de bonnes preuves (astrologie, paranormal, charlatanisme, médecine alternative, etc.). Un autre objectif du mouvement sceptique, plus difficile à atteindre, est de promouvoir la pensée critique au sein de la population.

Ressources internet:

<http://www.sceptiques.qc.ca/index.html>

<http://www.skeptic.com>

<http://www.csicop.org>

<http://www.zetetique.org>

http://www.youtube.com/watch?v=eUB4jon2UDU&feature=player_embedded

Magazines :

Skeptic

Skeptical Inquirer

Le Québec Sceptique

Livres :

Barrette, C., 2006, *Mystère sans magie : science, doute et vérité*, Éditions Multimondes : Québec. Disponible à la bibliothèque Champlain : Q 158.5 B37.

Rostand, J., 1953, *Ce que je crois*, Éditions Bernard Grasset : Paris. Un classique de la littérature sceptique française, par un biologiste de renom.

Shermer, M., 2002, *Why people believe weird things*, St Martin`s Griffin : New York. La version révisée de l'excellent original de 1997, par un auteur prolifique au sein du mouvement sceptique. Michael Shermer a aussi écrit « *The Believing Brain* », « *Science Friction* », and « *The Borderlands of Science* ».

Chabris, C., et Simons, D. 2010, *The invisible gorilla (and other ways our intuitions deceive us)*, Crown Publishers : New York. Un livre révélateur sur l'imperfection de notre attention, de notre mémoire, de notre confiance en soi (ou de la confiance des autres en eux-mêmes), de nos capacités mentales, et de nos tendances à voir des patrons et des causes là où il n'y a que hasard et coïncidence.

Goldacre, B., 2008, *Bad Science*, McClelland and Stewart : Toronto. Ben Goldacre est un médecin qui rédige la rubrique « *Bad Science* » dans l'hebdomadaire britannique *The Guardian*. Dans ce livre extrêmement révélateur, il expose les fausses conclusions et les mauvaises procédures de plusieurs études dans le monde de la médecine et de la nutrition.

Aussi : *Superstition*, par Robert L. Park. *Nonsense on stilts*, par Massimo Pigliucci. *Proofiness*, par Charles Seife. *The demon-haunted world*, par Carl Sagan.

Deux autres citations sur le scepticisme scientifique :

« Don't you believe in flying saucers, they ask me? Don't you believe in telepathy? — in ancient astronauts? — in the Bermuda triangle? — in life after death? No, I reply. No, no, no, no, and again no. One person recently, goaded into desperation by the litany of unrelieved negation, burst out "Don't you believe in *anything*?" "Yes", I said. "I believe in evidence. I believe in observation, measurement, and reasoning, confirmed by independent observers. I'll believe anything, no matter how wild and ridiculous, if there is evidence for it. The wilder and more ridiculous something is, however, the firmer and more solid the evidence will have to be. » — *Isaac Asimov, The roving mind*

« What does it mean to be a skeptic? Some people believe that skepticism is rejection of new ideas, or worse, they confuse “skeptic” with “cynic” and think that skeptics are a bunch of grumpy curmudgeons unwilling to accept any claim that challenges the status quo. This is wrong. Skepticism is a provisional approach to claims. It is the application of reason to any and all ideas - - no sacred cows allowed. In other words, skepticism is a method, not a position. Ideally, skeptics do not go into an investigation closed to the possibility that a phenomenon might be real or that a claim might be true. When we say we are “skeptical,” we mean that we must see compelling

evidence before we believe. Skeptics are from Missouri - - the “show me” state. When we hear a fantastic claim we say, “that’s nice, prove it.”

Skepticism has a long historical tradition dating back to ancient Greece when Socrates observed: “All I know is that I know nothing.” But this pure position is sterile and unproductive and held by virtually no one. If you are skeptical about everything, you would have to be skeptical of your own skepticism. Like the decaying subatomic particle, pure skepticism uncoils and spins off the viewing screen of our intellectual cloud chamber.

Modern skepticism is embodied in the scientific method, that involves gathering data to formulate and test naturalistic explanations for natural phenomena. A claim becomes factual when it is confirmed to such an extent it would be reasonable to offer temporary agreement. But all facts in science are provisional and subject to challenge, and therefore skepticism is a method leading to provisional conclusions. Some claims, such as water dowsing, ESP, and creationism, have been tested (and failed the tests) often enough that we can provisionally conclude that they are not valid. Other claims, such as hypnosis, the origins of language, and black holes, have been tested but results are inconclusive so we must continue formulating and testing hypotheses and theories until we can reach a provisional conclusion.

The key to skepticism is to continuously and vigorously apply the methods of science to navigate the treacherous straits between “know nothing” skepticism and “anything goes” credulity. Over three centuries ago the French philosopher and skeptic, René Descartes, after one of the most thorough skeptical purges in intellectual history, concluded that he knew one thing for certain: *Cognito ergo sum* - - I think therefore I am. But evolution may have designed us in the other direction. Humans evolved to be pattern-seeking, cause-inferring animals, shaped by nature to find meaningful relationships in the world. Those who were best at doing this left behind the most offspring. We are their descendants. In other words, to be human is to think. To paraphrase Descartes: *Sum Ergo Cognito* - - I Am Therefore I Think. » – *Michael Shermer, editor, preface to Skeptic Magazine*

XIII. Réponses aux questions :

1) Il faudrait (idéalement) forcer une groupe de personnes à prendre régulièrement des aliments edulcorés au Nutrasweet, et un autre groupe de personnes à éviter totalement le Nutrasweet, et voir si le taux de cancer du cerveau dans ces deux groupes diffèrent au fil du temps. Comme il est difficile de forcer les gens à faire quoi que ce soit, on peut aussi faire l’expérience avec des animaux de laboratoire (eux, on peut les forcer, à l’intérieur de certaines limites contrôlées par les comités de soins aux animaux), mais on ne peut pas être

certain que leur réponse physiologique au Nutrasweet est la même que pour l'être humain. Ou bien, on peut chercher les gens qui évitent volontairement et systématiquement le Nutrasweet, et voir si leur taux de cancer du cerveau est moindre que dans la population en général, mais on se heurte alors au risque d'avoir des variables confondantes (les gens qui évitent le Nutrasweet sont probablement très conscients de ce qu'ils mangent et ils évitent probablement beaucoup d'autres choses, et donc on ne pourra pas savoir quel aspect de leur nutrition mène à un plus faible taux de cancer, si effectivement on observe moins de cancer chez eux).

2) Il faudrait prendre un groupe de personnes qui ont mal au genou, donner le traitement à l'essai à la moitié de ce groupe, donner un placebo (un faux médicament – mais les gens ne savent pas que ce médicament est inefficace) à l'autre moitié, et voir si le traitement donne de meilleurs résultats que le placebo. Si les maux de genou ont tendance à guérir d'eux-mêmes, les deux groupes auront les mêmes résultats (la guérison surviendra au bout du même intervalle de temps, en moyenne), démontrant ainsi que le traitement à l'essai n'a pas vraiment d'effet.

3) Ce n'est pas un support très fort. Peut-être que ces poissons se reproduisent tout le temps, pleine lune ou pas. Peut-être que ces poissons se sont adonnés à se reproduire le jour de la pleine lune ce mois-là, seulement par hasard; donc ce ne serait pas la norme. Il faut faire des observations pendant plusieurs jours du mois, et pendant plusieurs mois en ligne, ou même plusieurs années en ligne, pour s'assurer que ces poissons se reproduisent seulement le jour de la pleine lune.

4) Tout comme dans la question # 2 ci-dessus, il nous faut un groupe expérimental (port du bracelet imposé aux patients) et un groupe placebo (par exemple : port d'un bracelet en plastique orange, qu'on présentera comme étant « spécial », imposé aux patients). Il suffit alors de comparer l'évolution de la dépression dans ces deux groupes.

5) Les chances sont bonnes que la récession serait survenue peu importe quel parti aurait été élu. Une preuve de cela est que les récessions ont tendance à survenir dans plusieurs pays en même temps, peu importe que ces pays ont eu des élections récemment ou non. Qu'un parti soit élu avant une récession n'est pas une preuve que le parti a causé la récession.

6) La variable confondante pourrait être l'ouverture d'esprit. Les gens avec une plus grande ouverture d'esprit aurait plus de chance de prendre des cours en dehors de leur discipline, comme des cours d'appréciation de l'art, et aurait aussi plus de chance de penser en dehors de l'enveloppe et ainsi mieux diagnostiquer les maladies mystérieuses. Donc, ça ne donnerait pas grand-chose de forcer les futurs médecins à prendre des cours d'art; il faudrait plutôt leur inculquer l'ouverture d'esprit.

- 7) La variable confondante pourrait être la tendance à tomber malade. Les gens qui ont très tendance à tomber malade pourraient avoir plus de difficulté à se marier (peu de gens sont prêts à passer leur vie à s'occuper d'un partenaire toujours malade), et aussi plus tendance à mourir plus jeune (à cause de ses maladies répétées). Ce ne serait donc pas l'état d'être marié comme tel qui contribuerait à la survie.
- 8) Peut-être que les gens qui fument sont par nature moins soucieux des conséquences de leurs actes (ils continuent de fumer même s'ils savent très bien que la cigarette est très mauvaise pour la santé à long terme). S'ils sont moins soucieux à ce niveau-là, les chances sont bonnes que beaucoup d'entre eux sont aussi moins soucieux de leurs résultats scolaires, et donc ils se forcent moins à l'école. Ce ne serait donc pas le fait de fumer qui cause les moins bons résultats scolaires; les deux paramètres seraient plutôt le fruit commun de l'insouciance.
- 9) Peut-être que les jeunes qui viennent de familles plus riches ont plus de chance d'aller à l'université (parce qu'ils peuvent plus se le permettre), et plus de chances d'avoir de bons emplois payants (à cause des « connections » de leurs parents riches). Ou peut-être que les gens plus ambitieux prennent la peine d'aller à l'université et prennent aussi la peine de chercher les emplois payants. La variable confondante pourrait être les circonstances socio-économiques de la famille ou l'ambition de la personne. Je ne dis pas que c'est forcément le cas, mais c'est une possibilité qui vaut la peine d'être considérée.
- 10) Peut-être que les femmes à caractère plus indépendant aiment plus l'idée de vivre seule, et aiment plus l'idée d'aller à l'université pour apprendre comment se débrouiller par elles-mêmes. La variable confondante serait l'indépendance. Ce ne serait pas l'université qui cause le célibat.
- 11) Les gens qui mangent des céréales régulièrement le matin ont probablement plus tendance à faire attention à leur santé en général, et c'est probablement cette grande tendance, plutôt que le seul fait de manger des céréales, qui explique pourquoi ces gens ont moins de troubles cardiovasculaires.
- 12) La façon la plus simple est de voir si le même phénomène est survenu lors des autres Olympiques (il ne l'est pas, donc ce n'était qu'une coïncidence en 2004).
- 13) La pleine lune est visible dans tous les comtés, donc il faut voir si le patron du comté de Dade se répète dans les autres comtés. Il s'avère qu'il est survenu seulement dans le comté de Dade, ce qui indique un effet du hasard. Les journaux devraient éviter des articles sensationnalistes qui sont basés sur un patron unique.
- 14) Ça demanderait beaucoup de travail, mais il faudrait ratisser toutes les nouvelles locales de tous les pays pour toute une série d'années bien avant 2012,

pour voir si les cas de mortalités massives étaient nombreux à ces moments-là aussi.

15) On ne peut pas comparer les dollars d'aujourd'hui avec ceux d'il y a cinq ans. Trois millions de dollars aujourd'hui valent moins que 3 millions de dollars il y a 5 ans. La rehausse d'aujourd'hui est donc moins grande que la coupure d'il y a 5 ans. On s'est fait avoir!

16) La population de la marine n'est pas comparable à celle de la ville, car elles ne sont pas composées de personnes du même âge. En ville, il y a beaucoup de personnes âgées qui meurent de vieillesse, ce qui n'est pas le cas de la marine. Il faudrait comparer le taux de mortalité dans la marine avec le taux de mortalité de personnes de la ville qui appartiennent à la même tranche d'âge que les gens de la marine. C'est assez certain qu'un marin militaire en temps de guerre a plus de chance de mourir qu'un citoyen du même âge.

17) Il y a plus de personnes qui conduisent le matin, donc c'est certain qu'il y aura plus d'accidents au total, ce qui ne veut pas dire qu'il y aura plus d'accident par conducteur présent sur la route. Pour standardiser la comparaison, il faut exprimer la variable en termes de nombre d'accidents par conducteur présent. On s'apercevrait alors que le risque pour chaque conducteur n'est pas différent entre le matin et l'après-midi, ou est moindre par temps ensoleillé que par temps brumeux.

18) Il y a plus de diagnostics en nombre absolu maintenant simplement parce qu'il y a plus de personnes dans le pays (la population a augmenté au fil des ans; ici encore, il faudra standardiser en comptant le nombre de diagnostics par tranche de 1000 personnes) et aussi probablement parce que les techniques de détection du cancer du pancréas se sont améliorées au fil des ans.

19) On ne peut pas comparer une population humaine qui, grâce au progrès de la médecine moderne et à la technologie, peut vivre assez vieux pour se retrouver avec le cancer, avec une population d'animaux sauvages qui n'a jamais la chance de vivre assez vieux pour avoir le cancer. Si les requins ont moins de cancer, ce n'est pas à cause de leur cartilage, mais plutôt dû au fait qu'ils meurent de prédation ou de maladies avant d'avoir la « chance » de développer le cancer.

20) Six mois pour un animal qui vit 2-3 ans, c'est beaucoup. La deuxième fois, les animaux étaient bien plus âgés, et on sait déjà que le durcissement des artères qui survient naturellement avec l'âge cause l'hypertension. Donc l'hypertension artérielle était peut-être due à l'âge plutôt qu'au régime alimentaire.

21) La deuxième fois, vous avez probablement profité de la pratique obtenue la première fois.

22) Peut-être que la deuxième fois il était devenu fatigué. Mais peut-être qu'au contraire il a profité du réchauffement ou de la pratique de la première fois. On ne sait pas, mais ce sont des possibilités raisonnables.

23) La variable confondante est la population totale de la ville. Plus une ville est grande, plus il y a de *skinheads* dedans, et plus il y a d'incendies peu importe leur cause. La variable « *skinheads* » n'est pas la cause de la variable « incendies ». Les deux variables sont plutôt le résultat d'une même variable confondante : le nombre total d'individus par ville.

24) $r = 0.269$, donc $r^2 = 0.072$, ce qui veut dire que la variation du facteur A explique seulement 7.2 % de la variation dans l'incidence de la maladie. De toute évidence, il y a beaucoup d'autres facteurs qui contribuent à l'incidence de la maladie. C'est une question de jugement si une influence aussi faible que 7 % justifiera l'argent et les moyens que vous voudrez consacrer à combattre le facteur A.

25) Les gens qui travaillent dans des domaines non-relés à leur champ d'études (et ces domaines payent peut-être moins bien) sont peut-être plus durs à rejoindre et ont donc tendance à être exclus du calcul de la moyenne. De plus, les gens qui font de petits salaires pourraient avoir honte et mentir au sujet du salaire qu'ils font.

26) Ce ne sont pas tous les syndiqués qui se présentent aux réunions syndicales quand les votes de grève sont pris. En général, les militants ont plus tendance à se présenter, et donc le résultat des votes tend à surestimer le pourcentage réel de syndiqués qui veulent faire la grève.

27) Les sondages habituellement ne demandent pas aux gens de compter fidèlement la fréquence d'un événement sur une période de plusieurs semaines et de recontacter les sondeurs avec la réponse. Plutôt, ils demandent aux gens de leur donner immédiatement une réponse estimée. Mais toute estimation ouvre la porte au biais inconscient. Il est tout à fait possible que les femmes, qui sont souvent plus sensibles aux questions d'apparence, aient plus tendance à surestimer inconsciemment le nombre de fois par semaine où elles prennent une douche ou un bain.

28) Les nasses à menés ont plus tendance à capturer les individus déjà curieux ou téméraires (car il ne faut pas avoir peur pour entrer volontairement dans une nasse) tandis que les filets tendent plutôt à capturer tous les individus sans discrimination. La méthode de capture a donc biaisé notre échantillon de l'espèce A en faveur d'individus téméraires. Pas surprenant qu'ils aient donné des indications d'être moins peureux! Si les deux espèces avaient été capturées de la même façon, peut-être que leurs niveaux de témérité révélée dans l'expérience auraient été similaires.

29) Il est toujours difficile de capturer des poissons rapides avec une éprouvette. Choisir les poissons expérimentaux avec une éprouvette revient à biaiser notre échantillon en faveur des individus lents (notre échantillonnage n'est donc pas au hasard). Notre mesure de performance musculaire lors de la nage dans notre expérience ne représentera pas les vraies capacités de l'espèce en général.

30) Non. Faites les calculs, et vous verrez que ça prend une augmentation de 25 % pour pleinement compenser une diminution originale de 20 %.