

Mars 2020, des milliards d'habitants se confinent chez eux dans le monde entier pour protéger les systèmes hospitaliers fragilisés par la Covid-19 qui fait des ravages chez certaines catégories de la population et nécessite des hospitalisations longues et délicates. La communauté scientifique est alors soumise à rude pression pour produire des connaissances en lien avec la Covid-19 et le coronavirus, trouver des traitements puis un vaccin ainsi que guider les politiques sur la marche à suivre. Le grand public, les médias et les politiques s'intéressent et assistent en direct au fonctionnement de la recherche scientifique.

Pour de nombreuses personnes, c'est la stupeur et le fonctionnement de la recherche s'avère bien différent de l'image d'Épinal et de l'idée qu'a le grand public de la science. Cette incompréhension génère alors de nombreuses tensions qui ont pourri les débats scientifiques, politiques et médiatiques, qui ont généré des fake news et thèses complotistes en tout genre, et, pire que cela, qui ont très probablement fortement entravé la recherche de traitements efficaces et ébranlé la confiance du grand public dans la science.

A terme, ce sont les fondements et le fonctionnement mêmes de la science qui risquent d'être remis en question avec des conséquences encore difficilement anticipables. D'où cette petite remise au point. Nous étudierons différents aspects du fonctionnement de la science dans ce cours et vous trouverez à la fin de ce poly une liste de ressources si vous souhaitez aller plus loin

Problématiques

- *Comment définir la science et à quoi sert-elle ?*
- *Comment fonctionne la recherche scientifique actuelle ?*
- *Comment reconnaître une théorie scientifique ?*
- *Quels sont les niveaux de preuve en sciences ?*

I. Qu'est ce que la science ?

Le terme science renvoie à différentes notions qu'il convient de bien distinguer

- C'est une **communauté de chercheurs** c'est-à-dire des professionnels qui travaillent
- C'est un **ensemble de savoirs et de connaissances** (faits prouvés)
- C'est une **démarche** permettant d'acquérir des connaissances raisonnées sur le monde
- C'est un **ensemble d'applications technologiques**

Remarque importante : Il est important **dans un débat de savoir de quelle science on parle**. Ainsi par exemple, ce n'est pas parce que certaines applications de la science sont moralement discutables qu'il faut rejeter la communauté scientifique ou la démarche scientifique. Il faut ainsi bien distinguer le raisonnement scientifique des questions éthiques soulevées par les applications de la science qui relèvent davantage de choix politiques ou sociétaux. De même, ce n'est pas parce que parfois certains chercheurs dysfonctionnent (conflits d'intérêt, course à la publication, gloire personnelle qui prend le pas sur l'intérêt collectif) que la démarche ou les connaissances acquises doivent être rejetées

La science sert avant tout à comprendre rationnellement et collectivement le monde. Cette compréhension peut éventuellement (mais pas toujours du moins dans l'immédiat) **déboucher sur des applications technologiques** utilisées dans notre vie quotidienne. Ces applications sont alors développées par des entreprises ou des états qui peuvent en tirer des profits. La science ne permet pas de répondre à des questions de sens (Pourquoi l'Homme existe ? La vie a-t-elle un but ?), ne peut pas servir à asseoir une

idéologie (Les hommes et les femmes sont ou ne sont pas égaux ; la société doit être organisée de telle ou telle façon) ou une religion (Dieu existe-t-il ? Si oui est ce celui des chrétiens, des Juifs ou des Musulmans ?). **Ces questions sont légitimes** mais la science ne peut pas y apporter de réponse, ce n'est pas son objectif et la démarche ne s'y prête pas.

Actuellement, **la science est LA méthode qui permet construire les connaissances les plus solides sur le monde réel**. Elle est loin d'être parfaite, la vérité scientifique est toujours relative et en construction (voir III), mais c'est elle qui a permis des applications technologiques majeures à l'origine d'une amélioration considérables de nos conditions de vie (progrès de la médecine par ex) et de technologies qui n'ont pu être développées que grâce à la méthode scientifique. Tout ceci est très bien résumé dans cette citation célèbre et humoristique de Richard Dawkins, un célèbre biologiste anglais ardent défenseur de la pensée scientifique, très critique contre les pseudosciences et athéiste convaincu.



How do we justify, as it were, that science would give us the truth ? **It works**. Planes fly, cars drive, computers compute. If you base medicine on science, you cure people; if you base the design of planes on science, they fly ; if you base the design of rockets on science, they reach the moon. It works ... Bitches."



*Comment peut-on justifier le fait que la science nous permet d'accéder à la vérité ? **La science, ça marche**. Les avions volent, les voitures roulent, les ordinateurs calculent. Si vous basez la médecine sur la science, vous soignez les gens ; si vous basez la conception des avions sur la science, ils volent ; si vous basez la conception des fusées sur la science, elles atteignent la lune. La science ça marche... Et allez vous faire voir (Traduction libre du Bitches qui est en réalité un peu plus vulgaire mais qui traduit bien l'idée derrière).*

II. Comment fonctionne la démarche et la recherche scientifique ?

Vous avez appris depuis le collège au moins le fonctionnement simplifié de la démarche scientifique telle qu'un chercheur doit dans l'idéal l'appliquer. Il est résumé dans le schéma que nous avons fait en classe au tableau à recopier ou à coller ci-dessous.

En réalité, un scientifique **ne travaille jamais tout seul** dans son laboratoire. La science est avant tout une **construction collective**. Tout résultat doit faire l'objet d'une **publication** qui obéit à des critères précis :

- Un **résumé** de l'article qui résume les principales conclusions de l'article
- Une **présentation de l' « état de l'art »** c'est-à-dire une revue de la littérature scientifique qui existe déjà sur le sujet permettant de placer la nouvelle étude dans le contexte de connaissances au moment de sa publication. La première étape en recherche est toujours une longue et parfois fastidieuse phase de bibliographie et de lectures d'articles
- Une **présentation de la méthodologie employée** : matériel, protocole, témoins... Cette présentation doit permettre à n'importe quelle autre équipe de refaire la même expérience pour voir si les résultats sont reproductibles.
- Une **présentation des résultats** la plus complète possible c'est-à-dire en conservant un maximum de données et en justifiant précisément les correctifs qui ont pu être apportés aux résultats si c'est le cas (en cas de défaillance d'un instrument, pour enlever des biais etc).
- Enfin, une **analyse des résultats** dans laquelle les chercheurs quelle(s) conclusion(s) ils tirent de leurs résultats, quelles sont les pistes de recherche ultérieures etc.

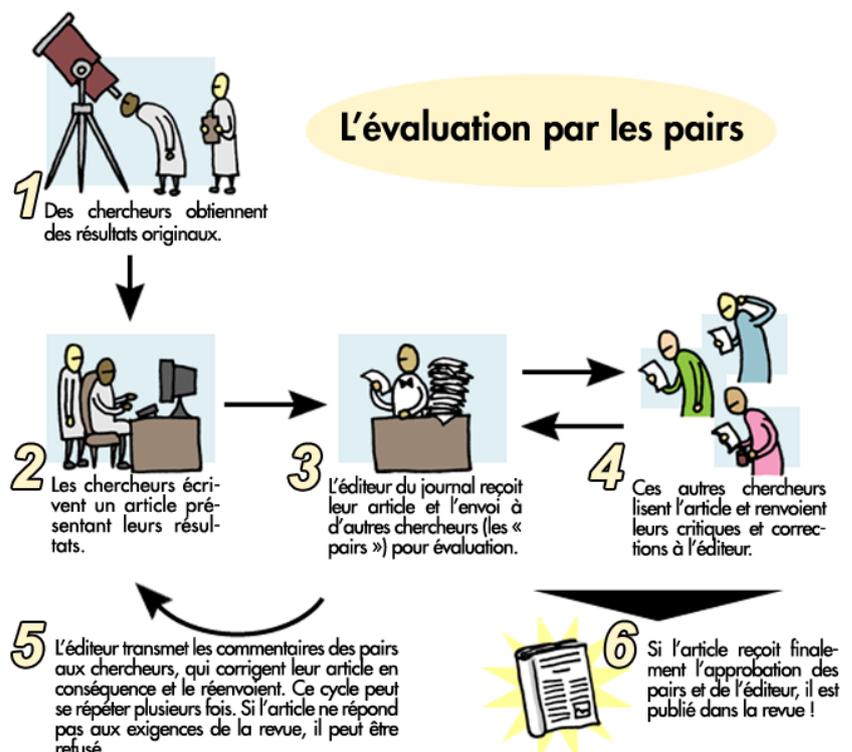


Les deux dernières parties doivent être bien distinguées. Les résultats sont des faits scientifiques, des observations tandis que les analyses sont des interprétations voire des opinions.

L'article est signé par l'ensemble des auteurs qui ont contribué. Il peut facilement y avoir **une dizaine d'auteurs** mais parfois une centaine voire plus. La science est encore une fois **un travail d'équipe**. Les publications sont désormais quasiment uniquement écrites en **anglais** afin d'être lues par le plus grand nombre. **Parler anglais correctement est un préalable indispensable pour toute carrière scientifique.**

Après avoir été écrit, l'article est soumis à une **revue scientifique**. Ces revues sont, à quelques exceptions près, inconnues du grand public. Les articles qui y sont publiés sont généralement incompréhensibles par le commun des mortels.

Avant d'accepter un article, la revue le fait relire par des chercheurs du même domaine qui font ce travail bénévolement : c'est **l'évaluation par les pairs**. Cette relecture permet de mettre en évidence s'il y a lieu les articles de mauvaise qualité, de repréciser certains points flous etc. A l'issue de cette évaluation, l'article est



Publication et soumission d'un article scientifique

http://www.vulgarisation-scientifique.com/wiki/Dictionnaire/Peer_review

accepté avec ou sans modifications ou rejeté. Dans le dernier cas, les chercheurs peuvent soumettre l'article à une autre revue souvent moins prestigieuse et moins exigeante (toutes les revues n'ont pas le même prestige, certaines ont un impact plus important que d'autres).

Cette étape d'évaluation est indispensable pour réguler la qualité des articles et des données publiées.

C'est ce qui distingue un article scientifique d'un billet de blog sur Internet, d'un livre publié sans vérifications ou d'un article de journal grand public. **La revue par les pairs ne garantit pas que tous les articles publiés soient de qualité** même s'il s'agit de la meilleure garantie actuelle. Lorsqu'un article s'avère après publication et soumission à l'ensemble de la communauté scientifique être de mauvaise qualité voire contenir des données trafiquées (ça arrive), l'article peut, particulièrement dans les revues de qualité, être **rétracté** soit par la revue, soit par les auteurs : il reste consultable mais ces résultats ne sont plus considérés comme valides.

Les rétractations sont assez courantes (estimation de 17% mais cela dépend beaucoup des pays, des domaines scientifiques etc). Les plus célèbres sont l'article de Wakefield sur le lien entre les vaccins et l'autisme (publié en 1998 dans le Lancet, revue médicale prestigieuse et retirée en 2010 par la revue), l'article de Séralini sur la dangerosité des OGM (publié en 2012 à l'occasion d'un battage médiatique problématique, retiré en 2013) ou, plus proche, l'article du Lancet établi à partir des données de Surgisphere qui se sont avérées non fiables (article publié puis rétracté par les auteurs en deux semaines !). Les rétractations sont paradoxalement un signe du bon fonctionnement de la science. Un scientifique qui face à la critique argumentée de la communauté scientifique retire de lui-même son article est généralement considéré comme intègre et honnête et donc un bon scientifique (**tout le monde a le droit de se tromper mais pas de s'entêter face à la critique raisonnée**). Les scientifiques qui ne rétractent jamais des articles manifestement faux voire truqués d'eux-mêmes sont généralement vite mal considérés par le reste de la communauté sans en être totalement exclu sauf si les dérapages deviennent trop fréquents. Les revues qui rétractent les articles de mauvaise qualité sont également considérées plus fiables que celles qui ne le font pas.

Le(s) scandale(s) que les médias vous cachent

Malheureusement ce système de publication commence à montrer des limites très sérieuses.

Les revues scientifiques font payer très cher la publication d'articles. La consultation des articles est payante et nécessite des **abonnements très onéreux** ce qui commence à poser un énorme problème particulièrement pour la recherche financée par des fonds publics. Les marges faites par certaines de ces revues sont tellement colossales que certains n'hésitent pas à parler de mafia. Des sites pirates comme sci-hub se sont créés pour accéder gratuitement aux articles scientifiques mais ces sites sont désormais quasi inaccessibles en France suite à des décisions de justice. Pendant la crise du coronavirus, la grande majorité des articles publiés sur le sujet ont été rendu disponibles sans abonnement ou gratuitement par les revues ce qui a contribué aussi significativement à l'accélération du partage des connaissances pendant cette crise



Dirty Biology, la Mafia dont vous n'avez jamais entendu parler

Pire, face à ces possibilités de profit, récemment des revues de très mauvaise qualité sont apparues : ce sont les **revues prédatrices**. Elles sollicitent les chercheurs pour qu'ils publient les résultats (après avoir payé), ne font pas ou mal d'évaluation par les pairs et ne rétractent jamais d'articles. N'importe qui peut alors publier n'importe quoi. Ces revues sont difficilement discernables des autres, mais récemment des listings les recensant sont apparus et circulent dans les laboratoires.

Ce dévoiement du système des revues entre les revues sérieuses qui pour certaines font des profits gigantesques et les revues prédatrices est un problème très sérieux qui met en péril le fonctionnement de la recherche scientifique et pourrait avoir de très graves conséquences à long terme en la bloquant. C'est un véritable scandale qui n'a malheureusement aucun relais dans les médias grand public (mais vous êtes au courant).

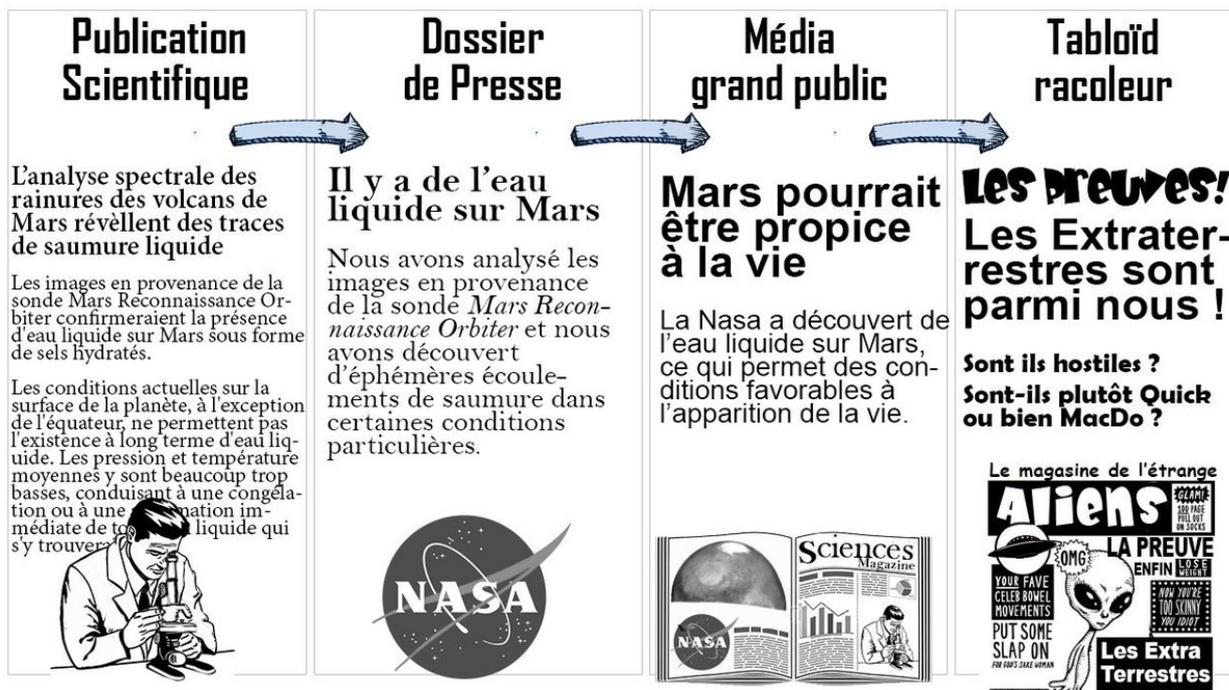
De plus en plus de chercheurs publient sur des sites dédiés, des manuscrits avant revue par les pairs appelés **pre-print**. Ces articles sont alors accessibles par la communauté scientifique ce qui permet de les critiquer plus rapidement. Le problème est que les articles ne sont pas revus par les pairs et **leur qualité est donc très très variable**. La majeure partie des gens (et des journalistes) ne font pas la différence entre un pre-print et un article relu. Dans le cas de la crise du coronavirus, la course à la

publication a généré un nombre de pre-print très important dont de nombreux articles de mauvaise qualité qui ont pourtant fait les gros titres des journaux et ont été présentées comme des études fiables. La publication des pre-prints par les auteurs est liée une volonté de contrer les revues payantes et de rendre la science accessible à tous. Mais malheureusement ce système qui part d'une excellente intention s'avère très problématique particulièrement en période de crise comme nous l'avons vécu.

Enfin, les chercheurs sont de plus en plus soumis au « **Publish or Perish** ». L'organisation de la carrière des chercheurs et le financement de la recherche se basent de plus en plus sur le nombre de publications et le prestige de la revue dans lequel il est publié. Or les revues les plus prestigieuses ne publient que les articles qui montrent des résultats innovants (rarement des répliquions de résultats déjà existants alors que c'est un point fondamental en science). La recherche de financement amène aussi souvent les chercheurs consciemment ou non à embellir leurs résultats ce qui n'est pas toujours évident à voir et conduit à produire de la mauvaise connaissance. Enfin **la course au nombre de publications pose des questions sérieuses sur la qualité des articles : l'inflation du nombre d'articles publiés ces dernières années se fait peut être au détriment de la qualité des recherches.** Ceci a été particulièrement criant dans la crise du coronavirus durant laquelle une proportion importante d'articles scientifiques de mauvaise qualité, peut être majoritaire, ont été publiés. Ce ne serait pas grave si tout cela restait dans le microcosme des scientifiques du domaine car avec beaucoup de temps, le tri entre bons et mauvais articles finit par se faire. Mais dans des situations où la santé publique est en jeu, avec des attentes fortes du grand public et des médias qui font n'importe quoi, la confusion générée est délétère pour l'image de la science et a probablement grandement ralenti voire peut-être rendu impossible la recherche d'un traitement efficace contre la Covid19

Fin de l'aparté

Parfois, **certaines études scientifiques sont relayées par les médias grand public** souvent à partir de dossiers de presse publiés par les laboratoires qui communiquent régulièrement (mais pas toujours) sur leurs résultats. **Il est fondamental de bien distinguer les articles scientifiques originaux du traitement médiatique** qui en est ensuite fait. La plupart des journalistes sont incapables de lire une étude scientifique et la grande majorité d'entre eux, y compris ceux travaillant dans les pages sciences, ne comprennent rien au fonctionnement de la science, à son rythme. La recherche du sensationnalisme qui fait vendre des numéros aggrave le cas ce qui débouche vite sur des contresens bien illustrés ci-dessous (La crise liée au Covid a montré de (trop) nombreux dérapages de ce type)...



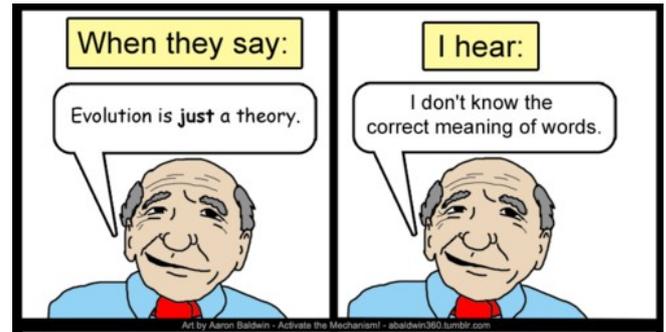
Le traitement médiatique de l'information scientifique (d'après Hygiène mentale, Episode 8)

III. Qu'est ce qu'une théorie scientifique ? (Merci à Philippe Cosentino pour ce texte ci-dessous)

Définition

Une théorie est un ensemble d'explications destiné à servir de cadre pour comprendre un ensemble de faits. Elle s'appuie généralement sur des notions telles que des hypothèses, des lois (souvent mathématiques) ou des modèles.

Remarque : une théorie n'est pas une hypothèse, ni une supposition, même si le langage populaire confond souvent les deux termes.



Les critères d'une proposition scientifique

Pour être qualifiée de scientifique, une proposition doit répondre à certains critères (scientificité).

- Elle doit être réfutable : elle doit être formulée de telle sorte qu'il soit possible de la rejeter. Elle doit être « testable ». Une affirmation irréfutable (comme par exemple « il existe des êtres invisibles et n'interférant pas avec notre monde dans la pièce ») ne peut pas être qualifiée de scientifique.
- Elle doit s'appuyer sur des faits mesurables : les observations doivent être le plus objectives possible et si possible quantifiables.
- Elle doit s'appuyer sur des faits reproductibles : les résultats obtenus à l'issue d'une expérience doivent pouvoir être reproduits indéfiniment. Des résultats que seul un expérimentateur serait capable d'obtenir ne peuvent pas être qualifiés de scientifiques.
- Elle doit être rationnelle : en particulier, elle doit être logique et parcimonieuse (parcimonieuse = elle ne fait pas appel à trop d'hypothèses invraisemblables ou inutiles)
- Elle doit être matérialiste : une explication scientifique ne doit pas faire intervenir de forces ou d'entités immatérielles (non régies par les lois naturelles).



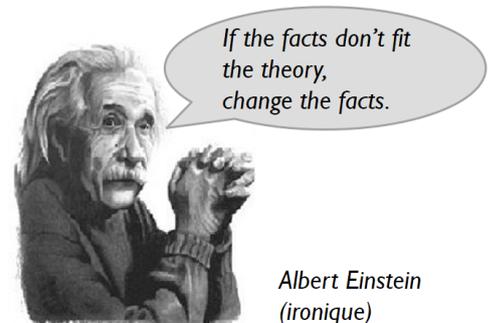
Confirmation et réfutation d'une théorie

Lorsque les faits observés concordent avec ceux prévus par la théorie, celle-ci est confortée.

De plus, une théorie doit permettre non seulement d'expliquer des faits observés, mais également de prédire des résultats ou l'existence de faits qui n'ont pas encore été observés.

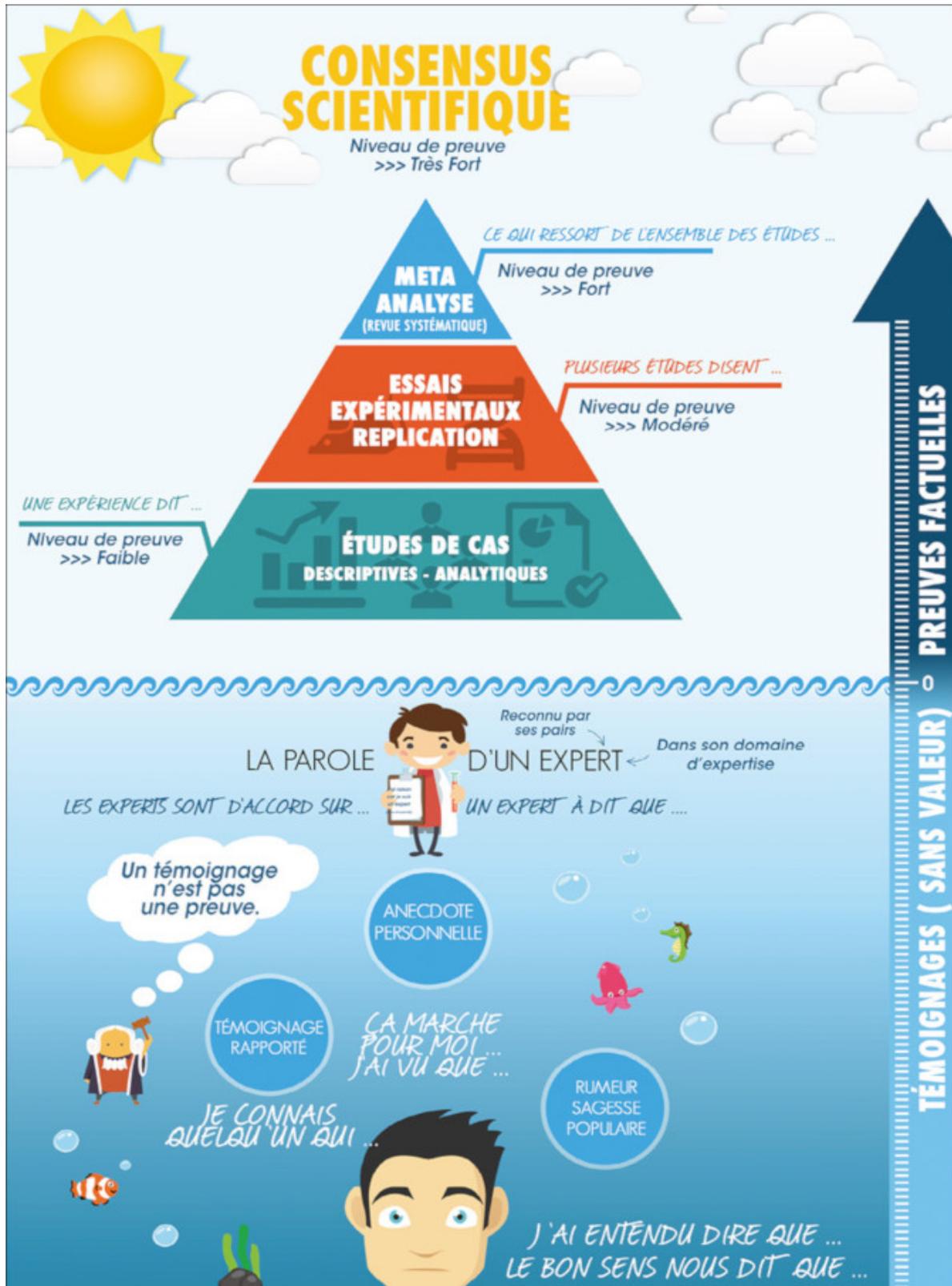
L'observation d'un fait (jusque-là inconnu) qui était prédit par une théorie, est une confirmation très forte d'une théorie.

Lorsque les faits observés ne correspondent pas à ce que prévoit la théorie, il faut la modifier, en préciser les limites, ou la réfuter au profit d'une théorie plus satisfaisante.



IV. Le niveau de preuves en science

En sciences, toutes les propositions n'ont pas le même niveau de preuve. Plus le niveau de preuve est élevé, plus la preuve est de qualité élevée et donc plus il faut lui faire confiance. Le consensus scientifique, lorsqu'il existe et qu'il est consolidé, est ce qui se rapproche le plus de la « vérité » en science.

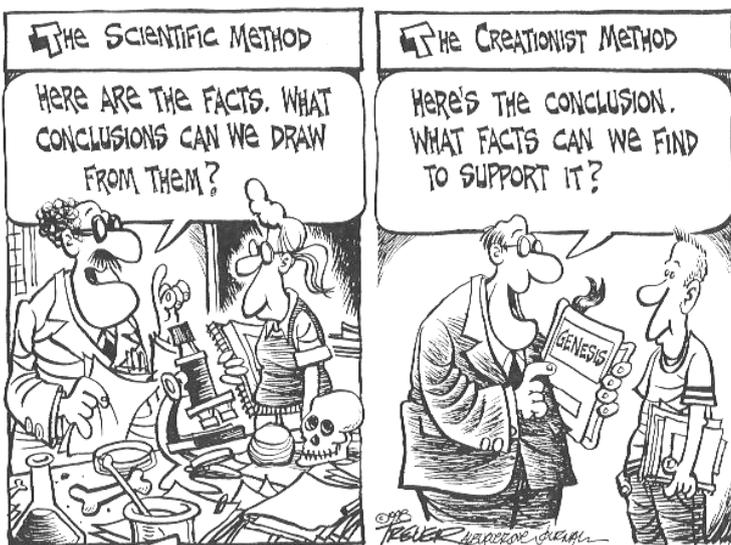


Les niveaux de preuve en médecine

<https://www.pseudo-sciences.org/La-qualite-de-la-preuve-en-medecine>. Remarque: cette pyramide marche aussi pour les autres sciences à quelques détails près sur les essais et études de cas (il n'est pas toujours possible de réaliser des expériences)

Bilan: Quelques notions importantes à avoir en tête

- Ce qui est affirmé sans preuve peut être rejeté sans preuve
- Une affirmation extraordinaire demande des preuves extraordinaires
- Il faut d'abord mettre en évidence l'existence d'un phénomène avant d'en rechercher les causes
- L'absence de preuve ne permet pas de montrer l'existence ou l'inexistence d'une chose
- Corrélation n'est pas causalité
- La science ne prétend pas délivrer de vérité absolue mais plutôt **un état de l'art** correspondant à ce qu'il est raisonnable de penser en fonction des données disponibles à un instant donné
- Une démarche scientifique rigoureuse consiste à **tirer des conclusions en fonction des faits** et non à chercher des faits pouvant aller dans le sens d'une conclusion établie à l'avance.
- Comme toute construction humaine, la science a des défauts. Ce n'est pas pour autant qu'il faut la rejeter car pour citer Dawkins : « **la science, ça marche** ».



Traduction

A gauche: la méthode scientifique
Voici les faits, quelles conclusions peut-on en tirer?

A droite: la méthode créationniste (qui veulent prouver que l'évolution est dirigée par Dieu)

Voici la conclusion, quels faits pouvons-nous trouver pour la confirmer?

Quelques ressources



Vidéo de la chaîne
Hygiène mentale sur
l'ouverture d'esprit et ses
limites



Le Top 5 des choses à
savoir sur la science

Plus de ressources dans le pearltrees suivant :

<http://www.pearltrees.com/paulhiacsvt/coronavirus-et-esprit-critique/id30915615>

