

À propos de l'indice de masse corporelle

Jacques Bair

Mots clés : Indice de Quetelet, indice de masse corporelle, IMC, nomogramme de l'IMC, applications de la statistique en médecine, épistémologie de la statistique.

Résumé. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, un indicateur du poids « idéal » pour une bonne santé est fourni par l'indice de QUETELET, encore appelé indice de masse corporelle. Celui-ci est défini par le quotient du poids par le carré de la taille. Dans cette note, nous montrons la façon dont le statisticien belge a introduit cet indice dans un mémoire qu'il a écrit en 1832. Puis, nous rapportons comment ce concept a évolué après QUETELET, en donnant quelques exemples récents de son exploitation en médecine. Enfin, nous concluons par des réflexions de nature pédagogique sur ce sujet.

Introduction

Le mathématicien belge Adolphe QUETELET (1796 - 1874) est un savant qui a eu une grande influence sur le développement des sciences en Europe dans le courant du 19^e siècle. Il peut notamment être considéré comme un des fondateurs de la statistique moderne et, spécialement, de ses applications en sciences humaines. Il est en effet l'auteur d'études statistiques sur l'homme, ainsi qu'en atteste une courte sélection (loin d'être exhaustive) de certains de ses travaux⁽¹⁾ :

- 1825 : *Mémoire sur les lois des naissances et de la mortalité à Bruxelles* (18 p.)
- 1827 : *Recherches sur la population, les naissances, les décès, les prisons, les dépôts de mendicité, etc., dans le royaume des Pays-Bas* (78 p.)
- 1831 : *Recherches sur la loi de la croissance de l'homme* (33 p.)
- 1832 : *Recherches sur le poids de l'homme aux différens âges* (46 p.)
- 1835 : *Sur l'homme et le développement de ses facultés ou Essai de physique sociale* (2 vol., 329 + 334 p.)
- 1869 : *Physique sociale ou Essai sur le développement des facultés de l'homme* (2 vol. 503 + 485 p.)

- 1870 : *Anthropométrie ou Mesure des facultés de l'homme* (479 p.)

Parmi l'œuvre abondante de QUETELET, nous allons porter une attention particulière sur le titre de 1832 dont il est question ci-dessus. Il s'agit d'un mémoire publié par l'Académie Royale de Bruxelles. Ce travail nous paraît intéressant à un double titre : d'une part, il nous permet de comprendre la philosophie de son auteur à propos de ses recherches en statistique et, d'autre part, il contient l'introduction de ce que l'on appelle désormais l'*indice de Quetelet* ou encore l'*indice de masse corporelle* (*IMC*, en abrégé). Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, en abrégé), il s'agit d'un indicateur du poids idéal pour une bonne santé ; celui-ci est simple à calculer puisqu'il est égal au quotient du poids par le carré de la taille : en formule,

$$IMC = \frac{p}{t^2}$$

où p désigne le poids, en kilogrammes, de la personne considérée et t sa taille en mètres.

Nous allons présenter succinctement les différentes parties du mémoire de 1832, en insistant plus particulièrement sur la cinquième d'entre elles où apparaît pour la première fois, et de manière implicite, l'*IMC*. Après cette analyse, nous décrirons ce

⁽¹⁾ Dans ce texte, nous citons des extraits provenant de travaux réalisés par QUETELET, à savoir des titres d'ouvrages qui sont indiqués en caractères italiques et des passages d'un mémoire qui sont écrits entre guillemets. Dans toutes les citations, nous conservons l'orthographe adoptée par l'auteur.

À propos de l'indice de masse corporelle

qu'est devenu cet indice après la mort de son auteur, en donnant des exemples de son application en médecine. Enfin, nous concluons ce travail par quelques réflexions didactiques sur le sujet.

1. Le mémoire de 1832

Ce travail comprend sept parties (plus des « notes » qui ne seront pas examinées ici).

1. « Considérations générales ». Dans cette introduction, l'auteur précise ses objectifs généraux et sa méthode : il désire ne « s'occuper que de ce qui se rapporte aux masses », ce qui l'a « conduit à la considération de l'homme moyen, qui, par rapport au système social, peut être considéré comme l'analogue du centre de gravité dans les corps ». En d'autres termes, QUETELET s'intéresse à certaines caractéristiques de l'être humain en faisant « abstraction des individus » et en étudiant « en masse » ses observations ; cette dernière locution pourrait être traduite de nos jours par l'adverbe « statistiquement ». En fait, l'auteur propose ici une véritable révolution d'un point de vue épistémologique, en cherchant à travailler dans les sciences humaines selon les « mêmes règles d'observation que l'on suit dans l'étude des sciences physiques », évoquant même l'existence d'une « véritable mécanique sociale » ; il se justifie notamment en affirmant que « tout ce qui se rattache à l'espèce humaine, considérée en masse, est de l'ordre des faits physiques ; c'est-à-dire que plus le nombre des individus que l'on observe est grand, plus les particularités individuelles, soit physiques, soit morales, s'effacent et laissent prédominer la série des faits généraux qui dépendent des causes en vertu desquelles la société existe et se conserve. »

2. « Du poids de l'homme ». L'auteur explique pourquoi il s'est particulièrement intéressé à l'étude de la taille et du poids des hommes. Il motive ses études comme suit : « abstraction faite de l'intérêt que présente la détermination de l'homme aux différents âges et dans les recherches relatives à l'homme moyen, elle peut présenter encore un élément important, comme nous le verrons mieux par la suite, pour la solution de ce problème de médecine légale : déterminer l'âge d'un individu, après sa mort, par l'ensemble de ses qualités physiques. Dans ce sens, le poids serait un des élémens qu'il faudrait joindre

au signalement des individus, et ce caractère physique prend naturellement place à côté de celui que fournit la taille. »

3. « Poids et taille des enfans nouveau-nés ». Observations numériques à l'appui, QUETELET constate que « dès la naissance, il existe une inégalité pour le poids et pour la taille entre les enfans des deux sexes, cette inégalité est à l'avantage des garçons. »

4. « Du poids de l'homme et de la femme aux différens âges ». QUETELET note, en ce qui concerne ses travaux sur le poids et la taille, qu'il « était intéressant de faire marcher de front le développement de ces deux élémens chez les mêmes individus ». Il explique ensuite comment il traite ses observations. Par exemple, il corrige ses données relatives au poids par celui des vêtements : « le poids moyen des vêtemens, aux différens âges, est la dix-huitième partie du poids total pour l'homme, et la vingt-quatrième partie du poids total pour la femme ». Il constate, à nouveau, que « à égalité d'âge, l'homme est généralement plus pesant que la femme ; vers l'âge de douze ans seulement, un individu de l'un ou de l'autre sexe a le même poids ». Par ailleurs, il observe également que le poids varie selon l'âge ; ainsi, « l'homme atteint le maximum de son poids vers 40 ans ; et il commence à perdre d'une manière assez sensible vers 60 ans : à l'âge de 80 ans, il a perdu environ six kilogrammes de son poids. Sa taille a aussi sensiblement diminué ; cette diminution est d'environ sept centimètres », tandis que « la femme parvient au maximum de son poids plus tard que l'homme ; c'est vers l'âge de cinquante ans qu'elle pèse le plus ; à partir de l'âge de 19 ans environ, le développement de son poids est à peu près stationnaire, jusqu'à l'époque où elle cesse de procréer ».

5. « Relations entre les tailles et les poids de l'homme et de la femme ». Dans cette cinquième section du mémoire, QUETELET observe tout d'abord que « si l'homme croissait également dans toutes ses dimensions, les poids seraient aux différents âges comme les cubes des tailles. Or, ce n'est pas ce que l'on observe effectivement ». Il signale toutefois que cette observation ne vaut pas dans deux cas particuliers, celui des bébés « dans la première année qui suit la naissance » et celui des adolescents de « l'époque de la puberté » jusqu'à l'âge adulte « à peu près vers 25 ans ». Hormis ces

(²) Une phrase identique figure aussi dans l'ouvrage de 1835 cité plus haut.

À propos de l'indice de masse corporelle

cas spéciaux, l'auteur énonce sa règle-clé⁽²⁾ qui introduit de façon implicite l'*IMC* : « si nous comparons maintenant entre eux les individus entièrement développés et régulièrement construits, pour connaître les relations qui peuvent exister entre le poids et la taille, nous trouverons que *les poids chez les individus développés et de hauteur différente, sont à peu près comme les carrés des tailles* ».

L'auteur justifie ensuite ses résultats de la manière suivante. Il indique d'abord qu'il a tenu compte des « douze individus les plus petits pour l'un et l'autre sexe, et les douze individus les plus grands parmi tous ceux qui ont été soumis à nos observations », sans indiquer la nature ni la provenance de sa base de données ; toutefois, dans la section suivante de ce même mémoire, l'auteur signale d'une manière assez vague qu'il a observé « une population de 10,000 âmes ».

Puis, il fournit le tableau suivant comprenant ses observations :

Individus observés	Taille	Rapport du poids à la taille
Hommes les plus petits	1,511	36,7
Hommes les plus grands	1,822	41,4
Femmes les plus petites	1,456	35,6
Femmes les plus grandes	1,672	38,0

QUETELET tire de ce tableau la conclusion suivante : « Ainsi les tailles ont varié, pour les hommes et les femmes entièrement développés et régulièrement construits, dans les limites qui sont comme 5 est à 6 environ ; il en est à peu près de même des rapports du poids à la taille pour les deux sexes ; d'où suit naturellement, comme nous l'avons déjà dit plus haut, que les poids sont comme les carrés des tailles ». Il ajoute une note en bas de page qui précise le raisonnement suivi : « En nommant t et T les tailles, p et P les poids correspondants des individus les plus petits et les plus grands, nous avons en effet, à peu près exactement, par les nombres de la première colonne relatifs aux hommes, $t : T = 5 : 6$, et par ceux de la seconde colonne $\frac{p}{t} : \frac{P}{T} = 5/6$, d'où l'on tire $t : T = \frac{p}{t} : \frac{P}{T}$, ou bien $t^2 : T^2 = p : P$. Il en est de même pour les nombres relatifs aux femmes ».

6. Il convient encore de signaler que QUETELET n'a jamais défini explicitement l'indice qui porte désormais son nom, et qu'il n'a pas cherché à étudier

l'influence du poids des hommes sur leur santé. Ses efforts ont porté sur la détermination du « poids moyen ». Ainsi, dans l'avant-dernière section du mémoire analysé, l'auteur a fourni une « table des poids d'une population » pour « déterminer le poids d'une population composée d'hommes, de femmes et d'enfants, ou d'une population composée d'individus pris entre les limites de certains âges : elle a été formée en prenant dans une table de population les nombres relatifs à chaque âge et en les multipliant par les poids des individus qui ont cet âge ».

7. Enfin, la dernière section est consacrée au thème « grandeur et poids du squelette humain » ; pour l'anecdote, signalons que cette ultime section est numérotée V (et non VII) dans le texte original [4].

2. L'IMC après Quetelet

Il apparaît que l'exploitation des recherches de QUETELET dans les sciences de la santé remonte surtout aux années ultérieures à la seconde guerre mondiale (d'après [2]). À cette époque, on s'est particulièrement intéressé à des liens éventuels entre le poids et la durée de vie, notamment à l'influence de l'obésité sur des maladies cardio-vasculaires ou le diabète. En particulier, les assureurs recherchaient un indice, à la fois simple et ne réclamant que peu de données, susceptible de mesurer le risque de décès de leurs clients. Ainsi, plusieurs auteurs publièrent, en 1972, une étude qui confirmait les travaux du savant belge en liant la surcharge de graisse à l'indice *IMC*, que les auteurs créèrent réellement à cette occasion et appelèrent, en anglais *The Body Mass Index* (*BMI*, en abrégé) [3].

Actuellement, l'indice de QUETELET est utilisé couramment dans les milieux de la santé (médical, diététique, ...) et est même souvent évoqué dans les médias quotidiens⁽³⁾. De nombreux logiciels libres effectuent automatiquement le calcul de l'indice quand sont introduites les données du poids (en *kg*) et de la taille (en *m*). Il est également possible de déterminer l'indice au moyen du *graphique de l'indice de masse corporelle*, encore appelé *nomogramme de l'IMC* : il s'agit d'une figure plane obtenue en portant en abscisses les tailles (en *cm*) et en ordonnées les poids (en *kg*) et où sont représentées les courbes comprenant tous les points du plan donnant lieu à un même *IMC*⁽⁴⁾. On peut trouver des

⁽³⁾ Comme en atteste, par exemple, une récente étude sur le surpoids apparent des policiers belges !

⁽⁴⁾ Ce sont donc, mathématiquement, des courbes de niveau d'équation implicite $\frac{y}{x^2} = k$ où k désigne une constante comprise généralement entre 14 et 50.

À propos de l'indice de masse corporelle

nomogrammes de l'*IMC* sur la Toile, par exemple aux adresses électroniques suivantes : http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/weights-poids/guide-ld-adult/bmi_chart-graph_imc-fra.php ou encore https://fr.wikipedia.org/wiki/Indice_de_masse_corporelle.

Le recours très fréquent à l'*IMC* s'explique notamment par le fait que cet indice permet une classification de l'état nutritionnel du sujet ainsi que son niveau de maigreur ou d'obésité. L'OMS et l'*International Obesity Task Force* fournissaient, en 1998, un classement complet du poids chez les adultes ; en voici une version simplifiée, fournie par *Santé Canada* (www.santecanada.ca/nutrition), évaluant également le risque de développer des problèmes de santé⁽⁵⁾ :

Classification	<i>IMC</i> (kg/m^2)	Risque
Poids insuffisant	< 18,5	Accru
Poids normal	18,5 - 24,9	Moindre
Excès de poids	25,0 - 29,9	Accru
Obésité niveau I	30,0 - 34,9	Élevé
Obésité niveau II	35,0 - 39,9	Très élevé
Obésité niveau III	$\geq 40,0$	Extr. élevé

De nombreux travaux statistiques confirment les informations contenues dans ce tableau. Contentons-nous de mentionner deux travaux allant dans cette direction.

Une première étude [1] a été réalisée par plus de trente chercheurs, sur 1,46 million d'américains, de race blanche, âgés entre 19 et 84 ans, des deux sexes et de tous poids ; l'*IMC* médian y est de 26,2. Les scientifiques ont enregistré, pendant la durée de leurs recherches, soit plus de 10 ans en moyenne, plus de 160 000 décès ; ils ont évalué, à l'aide de techniques statistiques évoluées, le risque de décès des personnes en bonne santé et non fumeurs en fonction de l'*IMC* des sujets analysés. En adoptant comme risque de référence, égal à 1, celui qui correspond aux femmes ayant un *IMC* compris entre 22,5 et 24,9, ils ont obtenu les résultats rassemblés dans ce nouveau tableau :

<i>IMC</i>	Niveau moyen du risque
De 15 à 18,4	1,47
De 18,5 à 19,9	1,14
De 20 à 24,9	1
De 25 à 29,9	1,13
De 30 à 49,9	2,51

Des résultats assez similaires ont été publiés dans une autre étude [5] réalisée, pendant un peu moins de 10 ans, sur plus d'un million d'asiatiques qui sont a priori peu enclins à l'obésité. L'originalité de cette recherche consiste probablement à constater qu'un *IMC* trop faible augmente très fortement le risque de mortalité : par exemple, le risque est de 2,8 pour un indice égal à 15.

Il convient encore de signaler que, de nos jours, les limites de l'*IMC* sont relativement bien connues. Cet indice, bien que très utile et facile à calculer, n'a pas pour vocation, par exemple, de caractériser la masse musculaire ou osseuse. Il est peu adapté pour certaines catégories de personnes, telles que des sportifs (qui, malgré un poids important dû à une musculation développée, sont malgré tout en bonne santé physique), ou encore des enfants, des femmes enceintes ainsi que des personnes âgées.

L'indice de QUETELET est en réalité un indice, parmi beaucoup d'autres, qui permet de savoir si une personne donnée possède un poids idéal. Parmi les autres indices ayant le même objectif, contentons-nous d'en signaler quelques-uns qui sont également assez faciles à utiliser et qui sont donc complémentaires à l'indice de QUETELET, même s'ils n'ont peut-être pas fait l'objet d'études statistiques aussi poussées que dans le cas de celui-ci : le tour de taille, le rapport entre la circonférence abdominale et la taille, le rapport entre la circonférence abdominale et le tour de hanches, l'indice de BROCA, l'indice de LORENTZ, l'indice de CREFF, l'indice de MONNEROT-DUMAINE, ...

3. En guise de conclusion

Pour terminer cet article, nous avons cherché à pérorer quelques situations au cours desquelles un professeur de mathématiques pourrait parler de l'*IMC* à ses élèves.

⁽⁵⁾ Les maladies recensées sur le site de *Santé Canada* sont le diabète (de type 2), la lipidémie anormale, l'hypertension, des maladies coronariennes, des maladies de la vésicule biliaire, l'apnée obstructive du sommeil, certains types de cancer (source : www.santecanada.ca).

À propos de l'indice de masse corporelle

En premier lieu, nous pensons que le sujet traité fait référence à différents contenus mathématiques figurant dans les programmes de l'enseignement secondaire, aussi bien dans les chapitres d'algèbre que dans ceux d'étude des fonctions et de traitement des données. Plus précisément, un enseignant pourrait de façon ponctuelle évoquer des informations contenues dans cette note pour :

- effectuer un travail mathématique sur les proportions ;
- représenter graphiquement un problème (en construisant le nomogramme formé en fait de paraboles) et l'exploiter dans des cas réels ;
- étudier des séries statistiques doubles, par exemple analyser des relations entre poids et tailles d'individus, ou encore entre l'*IMC* et le risque de développer des problèmes de santé ;
- présenter aux élèves un travail informatique concret en exploitant des données réelles et en utilisant un tableur ;
- ...

En deuxième lieu, le sujet étudié semble intéressant pour développer des compétences transversales préconisées dans les programmes officiels, notamment celles liées à la modélisation ; effectivement, il fournit une opportunité pour

- travailler sur un exemple concret de modélisation ;
- comparer le modèle fourni par QUETELET avec d'autres modèles, par exemple avec celui que l'on pourrait obtenir, à partir des mêmes données, en recherchant la droite des moindres carrés relative aux logarithmes des données (en expliquant pourquoi un tel changement de coordonnées semble s'imposer ici) ;
- insister sur la méthodologie suivie par QUETELET, notamment sur une analyse minutieuse des données statistiques. En effet, la lecture du mémoire en question nous permet d'imaginer que le savant, qui avait enregistré de nombreuses données, ne s'était pas lancé aveuglément dans des calculs⁽⁶⁾, mais au contraire qu'il avait bien analysé ses observations de manière à ne retenir

qu'un petit nombre d'entre elles qui étaient pertinentes ;

- ...

Enfin, ce thème offre une occasion d'avoir des réflexions plus « métamathématiques » puisqu'il permet d'« intégrer la savoir dans une culture scientifique et humaniste », ce qui est conforme à une formulation donnée dans le référentiel officiel relatif aux compétences terminales (<http://www.enseignement.be/>) ; de fait, il permet de

- mettre en évidence l'utilité concrète de la statistique ;
- susciter la curiosité intellectuelle et développer la culture scientifique des élèves, en particulier les initier à l'épistémologie de la statistique ;
- engendrer une réflexion citoyenne sur la santé en général, et plus spécifiquement sur les dangers d'un excès ou d'un déficit de poids ;
- ...

Pour en savoir plus

- [1] BERRINGTON DE GONZALEZ A. *et al*, Body-Mass Index and Mortality among 1.46 Million White Adults, *New England Journal of Medicine*, n° 363 (23), 2010, pp. 2211 - 2219.
- [2] EKNOYAN G., Adolphe Quetelet (1796 - 1874) - the average man and indices of obesity, *Oxford Journal - Medicine - Nephrology Dialysis Transplantation*, volume 23, 2007, Issue I, pp. 47 - 51.
- [3] KEYS A. - FIDANZA F. - KARVONEN MJ. - KIMURA N. - TAYLOR H.L., Indices of relative weight and adiposity, *J. Chronic Dis*, n° 25, 1972, pp. 329 - 343.
- [4] QUETELET A., *Recherches sur le poids de l'homme aux différents âges*, M. HAYEZ imprimeur de l'académie royale, Bruxelles, 1833.
- [5] ZHENG W. - MCLERRAN D.F. - ROLLAND B. *et al.*, Association between body-mass index and risk of death in more than 1 million Asians, *New England Journal of Medicine*, n° 364 (8), 2011, pp. 719 - 729.

Jacques Bair est professeur émérite de l'Université de Liège. ✉ j.bair@ulg.ac.be

⁽⁶⁾ D'ailleurs, les ordinateurs et autres calculatrices électroniques n'existaient pas au 19^e siècle.