

L'Année psychologique

<http://www.necplus.eu/APY>

Additional services for *L'Année psychologique*:

Email alerts: [Click here](#)

Subscriptions: [Click here](#)

Commercial reprints: [Click here](#)

Terms of use : [Click here](#)



L'« effet Flynn » et ses paradoxes

Serge Larivée, Carole Sénéchal et Pierre Audy

L'Année psychologique / Volume 112 / Issue 03 / July 2012, pp 465 - 497

DOI: 10.4074/S0003503312003065, Published online: 04 July 2012

Link to this article: http://www.necplus.eu/abstract_S0003503312003065

How to cite this article:

Serge Larivée, Carole Sénéchal et Pierre Audy (2012). L'« effet Flynn » et ses paradoxes. *L'Année psychologique*, 112, pp 465-497 doi:10.4074/S0003503312003065

Request Permissions : [Click here](#)



L'« effet Flynn » et ses paradoxes

Serge Larivée^{1*}, Carole Sénéchal² et Pierre Audy³

¹École de psychoéducation, Université de Montréal, Canada

²Faculté d'éducation, Université d'Ottawa, Canada

³Département de Psychologie, Université de Montréal, Canada

RÉSUMÉ

Ce texte comprend deux parties. Dans la première, nous rappelons brièvement les causes possibles de l'effet Flynn. Par la suite, nous consacrons la majeure partie du texte à discuter de cinq paradoxes susceptibles de remettre en question la pertinence des interprétations de l'effet Flynn : le paradoxe du retard mental chez nos ancêtres, le paradoxe des jumeaux ou comment la génétique joue un rôle, le paradoxe du facteur g ou gf contre gc , le paradoxe de l'absence apparente de boum culturel et le paradoxe des familles nombreuses. En plus de commenter ce dernier paradoxe, nous répondrons à trois questions : la dysgénie est-elle à l'œuvre, l'effet Flynn a-t-il atteint sa limite et à qui profite l'effet Flynn ?

The Flynn effect and its paradoxes

ABSTRACT

This text consists of two parts. In the first one we recall briefly the causes and extent of the Flynn effect. Thereafter, we will devote the bulk of the text to discuss five paradoxes might call into question the relevance to the Flynn effect: the paradox of intellectual disability in our ancestors, the twins paradox or how genetics plays a role, the paradox of the g factor or gf against gc , the paradox of the apparent absence of cultural boom and the paradox of large families. Other than commenting this last paradox, we answer the following questions: Is dysgenics a real factor? Has the Flynn effect reach a limit? Who benefits from the Flynn effect?

Tuddenham (1948) fut l'un des premiers, sauf erreur, à montrer, à l'aide d'un large échantillonnage de soldats américains, une augmentation de près d'un écart-type entre les deux Grandes Guerres, à un test d'habilités mentales (*Army Alpha*), mais il revient à Flynn, au cours des années 1980,

*Correspondance : Serge Larivée, École de psychoéducation, Université de Montréal, Casier postal 6128, Succursale Centre-ville, Montréal (Québec), Canada H3C 3J7. E-mail : serge.larivee@umontreal.ca

Remerciements. Nous remercions F. Filiatrault, J. R. Flynn et A. Quiviger dont les commentaires judicieux ont permis d'améliorer sensiblement le texte.

d'avoir clairement identifié le phénomène, connu désormais sous le nom d'« effet Flynn » (EF). En fait, l'EF renvoie à une augmentation de l'ordre de trois à cinq points de QI par décennie au cours des 100 dernières années. À la suite d'une analyse de 73 études publiées entre 1932 et 1978 ($n = 7\,431$), Flynn (1984) faisait état d'une telle augmentation aux États-Unis : sur une période de 46 ans, le niveau intellectuel des Américains aurait ainsi gagné 13,8 points. Depuis, Flynn (1987, 1998, 2007/2009) et d'autres chercheurs (Colom & Garcia-López, 2003 ; Colom, Andrés-Pueyo, & Juan-Espionsa, 1998 ; Colom, Lluís-Front, & Andrés-Pueyo, 2005 ; Daley, Whaley, Sigman, Espinosa, & Newman, 2003 ; Lynn & Hampson, 1986 ; Meisenberg, Lawless, Lambert, & Newton, 2005, 2006 ; Must, Must, & Raudik, 2003 ; Teasdale & Owen, 1987) ont confirmé le phénomène dans vingt-huit pays des cinq continents, dont dix-sept pays d'Europe.

Pour vérifier la stabilité, la diminution ou la progression intergénérationnelle des scores de QI, on peut, par exemple, faire passer à un échantillon contemporain deux versions (l'ancienne et la nouvelle) du même test. Dans ce cas, les sujets obtiennent habituellement des scores plus élevés quand on leur soumet l'ancienne version, ce qui soulève la nécessité d'établir périodiquement de nouvelles standardisations des tests d'intelligence pour respecter le postulat de la moyenne à 100 points et d'un écart-type de 15 points. Ce texte comprend deux parties de longueur inégale. Après avoir rappelé sommairement les causes possibles de l'EF, nous discutons des cinq paradoxes en découlant : le paradoxe du retard mental, celui des jumeaux, celui du facteur *g*, celui de l'absence de boum culturel et celui des familles nombreuses. Lors de la présentation du cinquième paradoxe, nous tenterons de répondre à trois questions : la dysgénie est-elle à l'œuvre, l'EF a-t-il atteint sa limite et à qui profite l'EF ?

LES CAUSES POSSIBLES DE L'EFFET FLYNN

Si l'existence de l'EF est largement reconnue, sa signification et son explication font encore l'objet de débats (Wicherts, Borsboom, & Dolan, 2010). Les hypothèses explicatives de sa présence ont été présentées en détail ailleurs (Flieller, 2001 ; Flynn, 1998 ; Jensen, 1998 ; Larivée, Sénéchal, & Audy, 2008 ; Neisser, 1998). Nous nous contentons ici d'un bref survol. Ainsi, on attribue habituellement le phénomène de l'effet Flynn à un ou plusieurs des sept facteurs environnementaux suivants : l'attitude différente des répondants au fil des générations (Brand, 1987, 1990 ; Brand, Freshwater, & Dockrell, 1989), la plus grande

exposition aux situations de tests (Neisser, 1998), des variables reliées à la scolarisation : précocité, accessibilité, durée (Barber, 2005 ; Ceci, 1991, 1992 ; Ceci & Williams, 1997 ; Emmanuelsson & Svenson, 1986 ; Flieller, 1989 ; Flieller, Manciaux, & Kop, 1994 ; Husén & Truijman, 1991 ; McDonald, 2010), l'urbanisation et l'industrialisation (Cole & Cole, 1993 ; Hernandez, 1995, 1997 ; Lynn, 1979, 1980, 1988), que Flynn (2009) considère désormais comme l'hypothèse la plus plausible des changements dans l'environnement familial, particulièrement, au niveau des attitudes parentales (Bronfenbrenner, 1989 ; Bronfenbrenner & Ceci, 1994), l'augmentation du nombre et de la complexité des médias visuels (Barber, 2010 ; Fernandez-Ballesteros, Juan-Espinosa, & Abad, 2001 ; Neisser, 1998) et une amélioration de l'environnement biologique relatif à la santé et à la nutrition (Arija, Fernandez-Ballart, Murphy, Biarnes, & Canals, 2006 ; Colom *et al.*, 2005 ; Lynn, 1990, 1998 ; Steen, 2009). En plus des facteurs environnementaux, une cause génétique, l'hétérosis a aussi été évoquée (Mingroni, 2004, 2007). Nous en discuterons lorsque nous aborderons le paradoxe des jumeaux.

À première vue, ces sept hypothèses semblent toutes plausibles et ne sont pas mutuellement exclusives. Par exemple, l'urbanisation et l'amélioration des conditions de vie sont non seulement liées à l'EF mais elles ont probablement contribué aussi à l'amélioration du système scolaire et à des changements dans l'environnement familial. Le développement de la technologie et des médias a rendu les sociétés occidentales plus complexes, ce qui tend à augmenter la charge cognitive pour traiter les informations abstraites et symboliques de plus en plus abondantes. Or, plus un environnement est complexe, plus il requiert d'habiletés pour s'y adapter, puisqu'il exerce une poussée accommodative sur les schèmes du sujet, forçant ainsi celui-ci à les modifier s'il veut rester adapté à son environnement (Piaget, 1975). Il devient alors difficile de départager les effets spécifiques de chacune des variables environnementales mentionnées quand, en outre, certaines jouent différemment selon les époques. Par exemple, l'amélioration de la nutrition a sans doute contribué à l'augmentation des performances intellectuelles au moins jusqu'au milieu du XX^e siècle et son impact a probablement diminué par la suite. Lynn (2009) continue de défendre l'amélioration de la nutrition en bas âge à titre de facteur explicatif de l'EF, contrairement à l'opinion de Flynn (2009) lui-même. *A contrario*, l'environnement visuel est devenu de plus en plus riche au fil des ans (Flieller, 2001), ce qui a entraîné une maîtrise accrue des habiletés visuospatiales d'où probablement la meilleure performance de la génération actuelle aux tests non verbaux (intelligence fluide) particulièrement à ceux de type *Matrices de Raven (MR)*.

CINQ PARADOXES

Nous soulevons ici cinq paradoxes reliés à l'EF dont les quatre premiers ont été discutés par Flynn (2007/2009) lui-même ainsi que par Dickens et Flynn (2001, 2002) : le paradoxe du retard mental chez nos ancêtres, celui des jumeaux ou comment la génétique joue son rôle, celui du facteur *g*, celui de l'absence du boum culturel et celui des familles nombreuses.

Le paradoxe du retard mental chez nos ancêtres

Échelonnée sur plus de 100 ans, l'augmentation des scores aux tests d'intelligence est telle que si on appliquait le même constat à rebours, on devrait conclure qu'une grande partie de nos ancêtres étaient déficients intellectuels. Ainsi, en analysant les scores aux *MR* chez des individus nés entre 1877 et 1977, Flynn (1999) montre qu'un individu dont le score serait situé dans le 90^e percentile en 1877 aurait régressé au 4^e percentile en 1977, ce qui impliquerait que la majorité des individus nés vers 1877 étaient déficients. Inversement, les individus actuels, comparativement à leurs arrière-grands-parents, seraient surdoués. Évidemment, non seulement le gros bon sens empêche d'adhérer à un tel raisonnement, qui est d'ailleurs contraire à l'histoire, ce qui fait conclure à Flynn (1996, 2007/2009, 2008) que l'augmentation des scores de *QI* ne correspond pas nécessairement à une augmentation de l'intelligence.

En fait, non seulement, nos ancêtres n'étaient pas déficients ou moins intelligents, mais leur intelligence était fort bien adaptée à la réalité quotidienne de leur époque, c'est-à-dire ancrée dans le concret. À cet égard, le recours à la *Vineland Adaptive Behavior Scale* (*VABS*), une échelle d'évaluation des comportements adaptatifs au quotidien mise au point par Goddard (1916), montre que les compétences nécessaires à l'adaptation au monde environnant sont, chez les enfants de sept à dix-huit ans, demeurées stables au cours du XX^e siècle pendant que celles reliées au *QI* progressaient. Par exemple, aucun gain n'a été observé aux sous-tests *Communication* et *Socialisation* du *VABS*. Par ailleurs, comme l'implantation massive de la science et de la technologie nous a libérés en grande partie des situations concrètes, le raisonnement, la logique et la formulation d'hypothèses sont devenus des instruments cognitifs privilégiés, sinon nécessaires, pour résoudre les problèmes plus abstraits. Ce faisant, le travail professionnel a mis en valeur la nécessité d'être novateur, augmentant du coup le nombre d'individus capables de résoudre d'emblée de nouveaux problèmes indépendamment des règles préétablies. Ainsi,

nous serions plus doués que nos grands-parents quant au raisonnement abstrait et aux aptitudes visuospatiales, sans les dépasser pour autant sur d'autres aspects de l'intelligence. L'analyse du paradoxe du facteur *g* apportera un éclaircissement supplémentaire à ce premier paradoxe. Examinons d'abord le rôle éventuel de la génétique.

Le paradoxe des jumeaux ou comment la génétique joue son rôle

Les travaux en génétique comportementale, particulièrement ceux concernant les jumeaux identiques, ont mis en évidence qu'une part importante des performances intellectuelles est attribuable à des facteurs génétiques (Scarr, 1997, 1998 ; Plomin & Daniels, 1987 ; Plomin & Petrill, 1997). En fait, si en bas âge la part de la variance dans les scores de QI attribuable à l'environnement est nettement plus élevée que la part attribuable à la génétique, la proportion s'inverse dès le début de l'adolescence. De plus, il est clairement établi que des jumeaux identiques élevés séparément dès la naissance ont *grosso modo* le même QI en raison vraisemblablement de leurs gènes identiques (Pedersen, Plomin, Nesselroader, & Mc Cleary, 1992). Pourtant l'augmentation temporelle des scores de QI est assez forte pour être imputable à la présence d'importants facteurs environnementaux (Flynn, 2007/2009). Comment dès lors concilier des explications strictement environnementales avec le rôle de la génétique ? Ce paradoxe se résout relativement bien si on fait appel au concept d'*hétérosis*.

En plus des causes environnementales à la source de l'EF, des chercheurs (Mingroni, 2004, 2007 ; Jensen, 1998 ; Neel, 1994 ; Storfer, 1990, 1999) font appel à une cause génétique, l'*hétérosis*, qui se traduit dans le monde animal et végétal par les meilleures performances des individus hybrides, porteurs de gènes provenant de géniteurs de race différente. Dans ces circonstances, on note que les allèles récessifs s'atténuent au profit des allèles dominants. Même si Mingroni reconnaît qu'on n'a pas encore identifié de gènes spécifiques de l'intelligence, il invoque trois raisons en faveur de cette hypothèse. Premièrement, ce mécanisme rendrait compte de l'héritabilité du QI et du peu d'effets de l'environnement partagé sur le QI, résultat difficilement compatible avec les hypothèses environnementales. Deuxièmement, l'hétérosis peut rendre compte d'un certain nombre d'autres tendances séculaires concomitantes à celles du QI, par exemple les changements intergénérationnels concernant la taille des individus. Troisièmement, l'hétérosis est non seulement un facteur causal

très spécifique de la tendance observée dans les scores de QI, mais elle demeure une hypothèse difficilement testable.

En fait, trois conditions doivent être réunies pour qu'on puisse attribuer à l'hétérosis un impact sur la hausse des QI au fil des ans. Premièrement, une population doit, au point de départ, être relativement homogène de manière à ce qu'il y ait plus d'homozygotes que d'hétérozygotes. Deuxièmement, cette population doit avoir subi un changement démographique favorisant un mode d'accouplement aléatoire, entraînant alors au fil des générations une hausse de la fréquence d'hétérozygotes et une baisse de la fréquence d'homozygotes. À cet égard, l'hétérosis est probablement impliquée dans le phénomène d'urbanisation invoqué à titre de cause environnementale. On aurait alors une explication à la fois génétique et environnementale de l'augmentation du QI moyen des habitants des grands centres urbains en Angleterre et en France (Lynn, 1988). Troisièmement, les traits en question doivent présenter une dominance directionnelle, « avec plus des gènes dominants qui orientent le trait vers une direction et plus de gènes récessifs qui poussent le trait dans la direction opposée » (Mingroni, 2007, p. 807). Toute augmentation du ratio hétérozygote/homozygote en faveur des premiers infléchira la distribution du trait en direction de la dominance (Griffiths, Gerbart, Lewontin, & Miller, 2000).

Finalement, compte tenu de la forte héritabilité du QI, Mingroni (2004, 2007) conclut qu'il subsiste toujours une confusion entre les causes et les effets en ce qui concerne les variables environnementales. À cet égard, il considère que l'hétérosis est probablement l'explication la plus plausible de l'EF. Cependant, cette conclusion repose sur la prémisse que les gains de QI au fil des générations sont des gains réels qui impliquent des variations des performances des individus sur les facteurs latents, tel le facteur *g*, que les tests d'intelligence prétendent généralement mesurer. Pourtant, il est loin d'être certain que ces gains correspondent à des gains réels sur des facteurs latents (Rodgers, 1999 ; Rushton, 1999 ; Wicherts, Dolan, Hessen, Oosterveld, Van Baal, Boomsma, & Span, 2004). De plus, la proposition de Mingroni explique mal pourquoi les résultats de mesures d'aptitudes cognitives augmentent dans certains cas, diminuent dans d'autres ou demeurent relativement stables entre les générations. À ce sujet, Schaie (2005) note que ce sont les aptitudes de raisonnement inductif et de vitesse perceptive qui progressent le plus d'une cohorte à l'autre depuis le début du XX^e siècle, alors que les aptitudes numériques et verbales augmentent jusque dans les années 1920 pour les aptitudes numériques, et dans les années 1950 pour les aptitudes verbales, puis elles diminuent par la suite. Les facteurs de sélection qui peuvent favoriser une dominance directionnelle spécifique de certaines opérations mentales et, de surcroît,

orienter dans différentes directions une même aptitude cognitive sur de courtes périodes de temps mettent sérieusement en cause cette théorie.

Par ailleurs, l'hétérosis agirait-elle davantage chez les individus les moins doués (Colom *et al.*, 2005 ; Kanaya, Scullin, & Ceci, 2003 ; Sundet, Barlaug, & Torjussen, 2004) ? Autrement dit, pourquoi les individus moins doués auraient-ils connu un rythme de progression supérieur dans leurs niveaux d'hybridation intragroupe ? Sauf erreur, cette question demeure sans réponse.

Dickens et Flynn (2001) proposent une autre hypothèse susceptible d'expliquer l'augmentation temporelle des scores de QI. Cette hypothèse repose sur deux postulats : les individus qui excellent dans une habileté se donnent habituellement les moyens de la parfaire et, ce faisant, leurs gènes sont avantagés puisque les différences génétiques persistent. Par exemple, les individus dont la taille et la rapidité se situent au-dessus de la moyenne sont susceptibles d'exceller au basket-ball ou au volley-ball. Au début, les effets de cet avantage peuvent être modestes, mais comme ils excellent, ils ont plus de chance d'aimer jouer et joueront probablement plus que beaucoup d'autres. Dans un tel cas, un avantage génétique ajouté à des facteurs environnementaux (par exemple, le temps passé à jouer et à se pratiquer) favorise l'amélioration des habiletés. Dans de telles conditions, un avantage génétique même modeste peut entraîner une amélioration considérable de la performance. Cette hypothèse paraît d'autant plus intéressante qu'elle explique comment un petit changement génétique peut déboucher sur des résultats remarquables avec le temps.

Indépendamment du modèle développé par Dickens et Flynn (2001, 2002), vivement contesté par ailleurs (Loehlin, 2001 ; Rowe & Rodgers, 2002), il ne fait aucun doute que des conditions environnementales de plus en plus propices au développement de l'intelligence se sont mises en place au cours du XX^e siècle dans les sociétés industrialisées. On peut penser que ces conditions environnementales ont permis, dans une perspective épigénétique, d'actualiser les habiletés cognitives des individus. L'effet multiplicateur qui s'en est suivi explique probablement l'EF.

Le paradoxe du facteur *g* ou *gf* contre *gc*

La communauté scientifique reconnaît l'importance du facteur *g* pour caractériser l'intelligence générale (Gottfredson, 1997 ; Jensen, 1998 ; Neisser *et al.*, 2002). La question ici est comment expliquer que l'augmentation des scores de QI ne soit pas uniforme d'un test à l'autre et entre les sous-tests du même test, comme c'est le cas pour les échelles de Weschler. Si c'était vraiment l'intelligence générale représentée par *g*

qui augmentait, les mêmes tests et sous-tests saturés à peu près également en facteur g – comme les sous-tests *Similitudes* et *Information* – devraient montrer sensiblement le même rythme de progression. Or, ce n'est pas le cas. Sur une même période de 55 ans, les augmentations les plus marquées s'observent aux *MR* (27, 5 points), au sous-test *Similitude* de l'échelle verbale du WISC (24 points) et aux cinq sous-tests de l'échelle non verbale du WISC (17 points). Par ailleurs, on observe une augmentation de 11 points au sous-test *Compréhension* de l'échelle verbale et une faible augmentation de 3 points aux autres sous-tests de l'échelle verbale (*Information*, *Arithmétique* et *Vocabulaire*) (voir Figure 1). De tels résultats montrent que les enfants contemporains sont particulièrement capables de résoudre de nouveaux problèmes visuospatiaux sans que cette capacité ait fait nécessairement l'objet d'un apprentissage formel. Par ailleurs, les réponses aux sous-tests de l'échelle verbale relèvent plutôt d'un apprentissage de nature scolaire. Les réponses aux items des sous-tests *Information* et *Vocabulaire* relèvent en effet essentiellement de connaissances apprises et non de la capacité à résoudre des problèmes sur-le-champ.

Bien sûr, la saturation du facteur g dans diverses épreuves n'est pas la seule cause des différences de performances à des épreuves spécifiques. Certaines épreuves peuvent être contaminées du fait qu'elles requièrent différentes habiletés utilisées dans les fonctions exécutives, le discours interne, voire, de manière distincte, des modèles mentaux (Monette & Bigras, 2008). Ainsi il n'y a pas de raison de croire que l'augmentation des performances à des épreuves soit homogène, et ce, même si elles sont saturées de manière équivalente en g . L'argumentation développée ici devrait nous aider à résoudre aussi l'absurdité du premier paradoxe découlant du compte à rebours de l'augmentation des scores de QI et celui concernant le facteur g . Pour ce faire, Flynn (2007/2009 ; Flynn & Widaman, 2008) recourt à la distinction entre la pensée préscientifique et scientifique. Dans le cadre de la théorie opératoire piagétienne, la pensée préscientifique s'apparenterait à la pensée opératoire concrète (Piaget & Inhelder, 1959) et la pensée scientifique à la pensée opératoire formelle (Inhelder & Piaget, 1955 ; Larivée, 2007). Par exemple, à la question « qu'ont en commun les chiens et les lapins », item typique du sous-test *Similitude*, les citoyens du début du XX^e siècle auraient fourni, selon Flynn (2009), une réponse concrète du genre « on utilise les chiens pour attraper les lapins », alors que la réponse actuelle pour obtenir le maximum de points relève d'un raisonnement abstrait : « les deux sont des mammifères ».

Les sujets de l'époque dite préscientifique utilisaient en fait des réponses de nature perceptive et fonctionnelle, alors que celles des sujets de l'époque

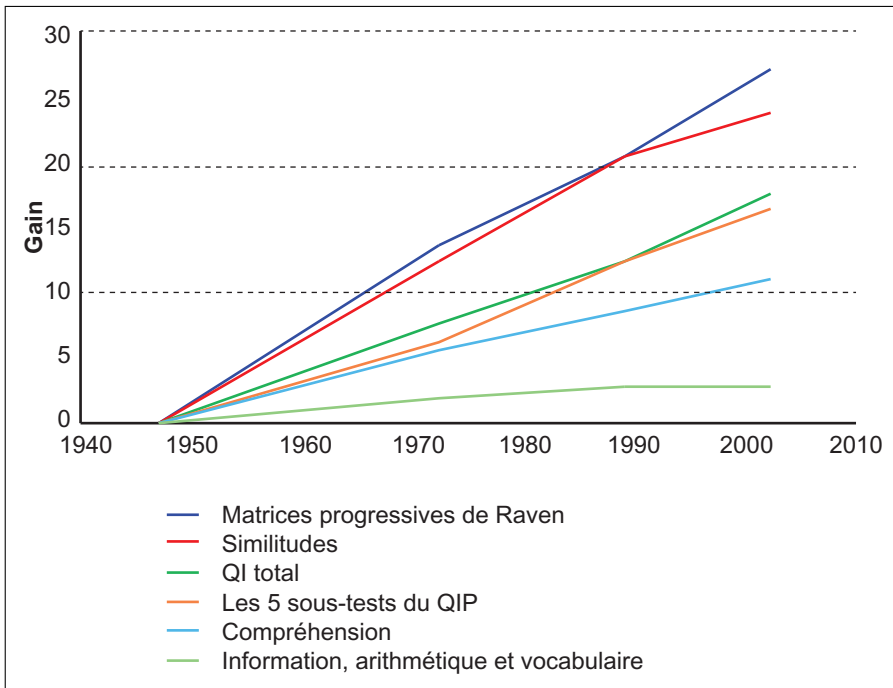


Figure 1. Augmentation aux États-Unis des scores de QI entre 1947 et 2002 aux Matrices de Raven, au QIT du WISC, à cinq sous-tests de l'échelle de performance du WISC et à cinq autres sous-tests du WISC (Flynn, 2007/2009, p. 8)

Figure 1. Increase U.S. scores in IQ between 1947 and 2002 the Raven Matrices, the Full Scale IQ of the WISC, five subtests of the WISC Performance Scale and other five subtests of the WISC (Flynn, 2007/2009, p. 8)

scientifique se traduisent plus souvent en catégories mises de l'avant par la science. Qui plus est, même si les sujets de l'époque préscientifique savent que les chiens et les lapins sont des mammifères, ils n'en ont cure puisqu'une réponse qui implique la primauté de l'abstrait sur le concret ne leur est d'aucune utilité dans leur univers spatio-temporel. La contrainte exercée sur les individus actuels pour fonctionner de plus en plus à un niveau abstrait se traduit par un plus grand nombre d'entre eux qui atteignent le stade des opérations formelles (voir la section « l'EF a-t-il atteint sa limite ? »). Fonctionner à un certain niveau d'abstraction libère en quelque sorte l'esprit grâce entre autres à une inhibition accrue des systèmes

perceptifs et permet d'accéder à une formation de meilleure qualité et de plus longue durée. Convenons tout de même que si fonctionner à un niveau abstrait offre des avantages, il n'est pas requis dans un grand nombre de tâches quotidiennes.

Revenons un instant à la distinction *gf/gc*. Les gains aux tests non verbaux par rapport aux tests verbaux, particulièrement les tests réputés culturellement neutres tels les *MR* ou le *Culture Free Test* de Cattell et Cattell (1955) sont censés mesurer l'intelligence fluide (*gf*) considérée au moins en partie d'origine génétique et font essentiellement appel aux habiletés de résolution de problèmes. À l'opposé, les tests verbaux mesurent l'intelligence cristallisée (*gc*) laquelle est influencée par les facteurs socioculturels. Or, comme les principaux facteurs invoqués pour expliquer cette hausse sont d'ordre environnemental, il devient difficile d'affirmer que les résultats à ces tests sont indépendants de la culture et de l'éducation. À cet égard, on se serait attendu à une augmentation des scores aux tests les plus sensibles à l'influence culturelle, à l'éducation et aux diverses facettes environnementales évoquées précédemment. Devant ce constat, Flynn (1998) n'a pas hésité à conclure, à la manière de Mackintosh (2001) que « les efforts pour identifier les facteurs environnementaux qui ont entraîné des gains de QI n'ont pas donné grand-chose » (p. 49).

En ce qui concerne les tests verbaux, soulignons la difficulté supplémentaire de comparer les habiletés verbales entre les générations. En effet, comme la langue utilisée dans une société évolue, la comparaison intergénérationnelle des habiletés verbales devient difficile, car certains mots et certaines expressions familiers à la première cohorte ne sont plus utilisés par la seconde (Emanuelsson & Svensson, 1986, 1990 ; Emanuelsson, Reuterberg, & Svensson, 1993). Pourtant, lorsqu'on effectue des analyses factorielles incluant des tests de QI et des tests d'aptitudes scolaires, un facteur général assimilable à *g* se dégage des deux types de tests. Toutefois, lorsque *g* découle d'un test qui n'implique pas d'items de nature scolaire correspondant à *gf* (par exemple, les *MR*), les scores bruts augmentent ; par contre, lorsque les items sont de nature scolaire correspondant à *gc* (lectures, mathématiques), les scores bruts diminuent. Or *g* ne peut pas varier dans des sens opposés.

Outre le recours de Flynn à la distinction entre la pensée préscientifique et scientifique pour expliquer le paradoxe du facteur *g*, trois autres explications peuvent s'ajouter. La première implique le fait que des épreuves puissent être contaminées par différentes habiletés utilisées dans les fonctions exécutives ou dans le discours interne. Kvist et Gustafsson (2007) ont montré que la relation entre le facteur *g* et l'intelligence fluide (*gf*) varie en fonction de la diversité culturelle. On peut en effet imaginer

que le poids du facteur g dans des tâches de raisonnement varie en fonction de la nature des savoirs propre à une culture. Par exemple, il est plus facile de raisonner adéquatement sur la vitesse d'un projectile quand on possède des bases de connaissances et des modèles mentaux propres aux phénomènes de la physique. À l'inverse on peut s'attendre à ce que le facteur g soit un déterminant de la complexité des représentations mentales pouvant être manipulé par un individu.

La seconde explication complète en quelque sorte l'hypothèse de Flynn : l'explication épigénétique. En effet, si on accepte que les conditions environnementales se soient améliorées, il est normal que les scores aux tests ou aux sous-tests de QI réputés être saturés en facteur g et gf , qui relèvent plus de la génétique que de l'environnement, augmentent puisque les gènes ont besoin d'un environnement approprié pour s'exprimer. Cette explication est évidemment complémentaire à celle de l'hétérosis (Jensen, 1998).

La troisième explication est plus pragmatique. Kaufman (2010) fait ici deux reproches à Flynn. Il considère que son explication de l'augmentation substantielle des scores au sous-test des similitudes des échelles de Weschler et aux *MR* tient mal la route. Il lui reproche de ne pas tenir compte des changements substantiels du contenu des tests, des procédures d'administration ni de la manière de noter les réponses des enfants au moment du passage du WISC (1947) au WISC-R (1972), particulièrement au sous-test des *Similitudes*. Dans ce cas particulier, la différence entre les deux versions n'est pas mince. Par exemple, Kaufman (2010) montre, à l'aide de plusieurs exemples, que non seulement les items du WISC-R sont plus faciles, mais les consignes de départ sont plus aidantes. En examinant les gains de 23,8 points au sous-test des *Similitudes* entre 1947 (WISC) et 2002 (WISC-IV), près de 60 % de ceux-ci (13,8 points) ont eu lieu au moment du passage du WISC au WISC-R, soit en vingt-cinq ans, alors que le gain des 10,0 autres points observés lors du passage du WISC-R au WISC-IV s'est échelonné sur trente ans. En fait, si Flynn (2007/2009) a raison d'attribuer à la technologie scientifique le passage du raisonnement concret au raisonnement abstrait, son argument perd en force du fait qu'il situe le niveau de base en 1949.

Le même raisonnement ne peut guère s'appliquer aux *MR* et Kaufman le reconnaît. Il précise toutefois deux éléments qui minimisent l'explication de Flynn. Premièrement la réussite à un item supplémentaire peut avoir une incidence de trois points lorsque les *MR* sont transformés en QI. Deuxièmement, force est de constater que le type de problèmes inhérent aux *MR* est devenu de plus en plus accessible au public. Chaque nouvelle génération a bénéficié d'un environnement visuel de plus en plus riche.

Les enfants d'aujourd'hui voient des images partout et sont constamment exposés, grâce entre autres à l'ordinateur, à des graphiques, à des jeux vidéo impliquant des mouvements de rotation de toute sorte, ce qui favorise les habiletés (raisonnement fluide) que mesurent les *MR* (Greenfield, 1998). De plus, la fréquentation de librairies et des sites web permet de trouver facilement des livres ou des exercices similaires aux *MR*, ce qui aurait pour effet d'uniformiser en quelque sorte les compétences cognitives des différentes cultures en matière d'inférence. Un tel constat n'est pas incompatible avec la théorie intégrée CHC (Cattell-Horn-Carroll) de Alfonso, Flanagan et Radwan (2005) qui n'entérinent pas l'existence du facteur *g* malgré les études factorielles robustes de Carroll (1993).

Le paradoxe de l'absence apparente de boum culturel

Les gains intergénérationnels (d'environ 9 à 15 points) aux *MR* et aux échelles de Wechsler devraient théoriquement se traduire dans l'un ou l'autre domaine culturel. Nous avons répondu partiellement à cette question en tentant de résoudre le paradoxe du facteur *g* selon lequel les gains ne sont pas répartis également en fonction de tous les tests. Mais il y a plus. Les données relatives aux tests de la *National Association of Educational Program* (NAEP) passés par les élèves de 4^e, 8^e et 12^e années sont éclairantes. De 1971 à 2002, les élèves de 4^e et 8^e années (11 ans) ont présenté des gains en lecture équivalant à près de quatre points de QI, gains perdus chez les élèves de 12^e année (Flynn, 2007/2009). Or, comme on l'a vu plus tôt, les gains au cours de la même période aux sous-tests *Information et Vocabulaire* de l'échelle verbale du WISC sont inexistantes. Autrement dit, les enfants actuels apprennent peut-être à lire plus tôt que leurs grands-parents, mais cet apprentissage ne semble pas se traduire par une augmentation du vocabulaire nécessaire à la compréhension de textes plus difficiles, ce qui signifie qu'ils ne seraient pas supérieurs à leurs grands-parents en termes de vocabulaire et d'informations générales.

Flynn (2007/2009) dresse un portrait similaire en ce qui concerne l'arithmétique. De 1973 à 2000, les élèves de 4^e et 8^e années soumis aux tests de la NAEP ont fait des progrès équivalents à presque sept points de QI, lesquels disparaissent en 12^e année. Comment expliquer de tels résultats ? La nature des tests en question offre une réponse. Le test de la NAEP montre que les enfants actuels maîtrisent plus rapidement que leurs parents l'habileté à compter. Pour sa part, le sous-test Arithmétique de l'échelle verbale du WISC mesure certes la même habileté, mais aussi quelque chose de plus. Les questions du WISC sont posées verbalement. Pour plusieurs enfants, la maîtrise des opérations de base en arithmétique (addition,

soustraction, multiplication, division) ne suffit pas pour résoudre les problèmes posés verbalement et mis en contexte comme dans l'exemple suivant : « si trois boules de gomme coûtent 0,05 \$, combien coûteront 24 boules ? » Flynn formule l'hypothèse que si plusieurs enfants ne parviennent plus à identifier les opérations à effectuer (ici diviser et multiplier) lorsque le problème est contextualisé, c'est que, même s'ils maîtrisent les opérations de base, ils n'ont pas fait de progrès dans l'acquisition des habiletés reliées au raisonnement mathématique. Il n'est guère surprenant dès lors qu'ils ne parviennent pas à mieux résoudre les problèmes d'algèbre et de géométrie que la génération qui les précède. Bref, savoir compter en bas âge aurait peu à voir avec l'acquisition d'habiletés reliées au raisonnement mathématique.

Par ailleurs, la baisse de cinq points de 1963 à 1991 au *Scholastic Aptitude Test* (SAT), un bon prédicteur de la réussite scolaire et ce, alors que les scores aux WAIS et WAIS-R augmentaient de trois points, s'explique peut-être tout simplement par le processus de démocratisation de l'enseignement. Notamment, de 1951 à 1990, le nombre d'individus inscrits à l'examen du SAT en vue de poursuivre des études postsecondaires a considérablement augmenté. Pour la seule période 1951 à 1968, le pourcentage est passé de 5 % à 30 %. Or, si auparavant seuls les individus les plus brillants et les plus fortunés accédaient aux études postsecondaires, de nos jours la plus grande accessibilité aux études n'implique pas *ipso facto* un accroissement des capacités intellectuelles chez tous les élèves (Larivée, 2009).

Enfin, l'augmentation des scores de QI dans plusieurs pays occidentaux aurait dû aussi entraîner, selon Flynn (1987, 1998), une explosion culturelle et technologique. Or, celui-ci est d'avis que tel n'est pas le cas, ce qui lui fait conclure que l'intelligence n'a pas progressé. Ce pessimisme de Flynn n'est pas partagé par tous. D'autres auteurs (Flieller, 1989 ; Greenfield, 1998 ; Lynn, 1990 ; Schooler, 1998 ; Storfer, 1990) signalent au contraire une panoplie de progrès tangibles : croissance des découvertes scientifiques, élévation générale des qualifications professionnelles, accélération du développement technologique et surtout une remarquable adaptation des citoyens de tous les âges à la révolution informatique. Un boum culturel se serait donc produit.

Le paradoxe des familles nombreuses

Après avoir présenté brièvement le phénomène de la dysgénie, la réponse à deux questions devrait permettre de résoudre le cinquième paradoxe : l'EF a-t-il atteint sa limite ? À qui profite l'EF ?

La dysgénie

Galton (1869) fut le premier à évoquer le phénomène de la dysgénie, un phénomène contraire à celui de l'effet Flynn. Pour Galton, il s'agissait d'une détérioration génétique de l'intelligence qu'il attribuait à deux facteurs : la sélection naturelle de moins en moins à l'œuvre due à la réduction de la mortalité des moins aptes au plan des aptitudes intellectuelles et la tendance des individus moins intelligents à avoir plus d'enfants.

Au cours de la première moitié du XX^e siècle, le phénomène de la dysgénie est confirmé par Lentz (1927) aux États-Unis et par Cattell (1937) et Burt (1952) en Angleterre. Puis, après un déclin marqué de ce point de vue, des chercheurs le réintroduisent graduellement. À cet égard, les travaux de Lynn (1996, 1998, 2001 ; Lynn & Harvey, 2007 ; Lynn & Van Court, 2004) et de Vining (1995) sont importants. Il s'en dégage une relation négative entre le SSE et la fertilité, l'intelligence des parents et le nombre d'enfants par famille ainsi qu'entre le niveau d'éducation et la fertilité.

Par exemple, Herrnstein et Murray (1994) ont montré que les couples qui possèdent de bonnes habiletés intellectuelles ont en moyenne moins d'enfants que ceux qui présentent des QI plus faibles. Ainsi, les femmes américaines dont le QI moyen est de 111 ont en moyenne 1,6 enfant alors que celles dont le QI moyen est de 81 ont en moyenne 2,6 enfants. Sur la base de ces résultats, on devrait s'attendre à ce que le QI moyen de la population baisse. Pour Retherford et Sewell (1989), le paradoxe des familles nombreuses peut être résolu grâce à la distinction entre l'intelligence phénotypique et l'intelligence génotypique. En fait, l'intelligence phénotypique augmenterait alors que la composante génétique déclinerait. Pour estimer l'ampleur de ce déclin aux États-Unis, ils utilisent la formule suggérée par Plomin, de Fries et McClearn (1990), soit $R = h^2S$ où R est le changement dans la valeur génétique résultant de la fertilité différentielle, h^2 est l'héritabilité du trait attribuable aux gènes additifs et S est la sélection différentielle, c'est-à-dire la différence entre les deux générations. Dans leur calcul de la différence de QI entre les deux générations, Retherford et Sewell (1989) montrent que les QI sont similaires. Les résultats de leur analyse indiquent que le QI moyen de la génération des enfants (S) est de 0,81 point de QI plus faible que celui des parents. Le calcul de l'héritabilité (h^2 -narrow heritability) est 0,57 point par génération, un résultat qui correspond à l'ampleur de la fertilité dysgénique trouvée dans plusieurs pays économiquement développés (Lynn, 1996).

Sur la base du même calcul, Lynn et Harvey (2008) cherchent à évaluer le déclin du QI génotypique mondial de 1950 à 2000 et à anticiper les résultats de 2050. En admettant que, dans les pays économiquement

développés, une forte héritabilité soit 0,50 et une faible héritabilité, 0,15, ils proposent sur la base d'une héritabilité de 0,35 que le déclin du QI mondial soit de 0,86 point de QI par génération. Sur la base du même calcul, ils estiment qu'en 2050 le QI mondial aura décliné de 1,27 point (0,64 par génération), ce qui se rapproche du résultat obtenu par Retherford et Sewell (1989) aux États-Unis (0,57) et par Lynn dans plusieurs pays développés. Ces calculs théoriques sur les dangers potentiels que représente le taux de natalité supérieur des individus moins intelligents ne prennent toutefois pas en considération un grand nombre de variables. En fait, l'introduction de garderies de qualité pour les enfants défavorisés pourrait à elle seule compenser cette baisse « supposée et anticipée » de capacité intellectuelle chez les individus dits moins intelligents, parce qu'essentiellement défavorisés d'un point de vue socio-économique. L'effet à long terme des garderies sur le développement intellectuel des enfants défavorisés est aujourd'hui clairement établi (Geoffroy, Côté, Borge, Larouche, Séguin, & Rutter, 2007 ; Tucker-Drob, Rhemtulla, Harden, Turkheimer, & Fask, 2011). Ceci est certainement en relation avec l'EF. Le développement de l'individu ne peut s'expliquer qu'à travers un environnement social et historique qui, ensemble, constitue un système auto organisé en évolution.

Quoi qu'il en soit, si on compare le taux estimé de décroissance (en bas de 1 point de QI par génération) au taux de croissance de l'EF, la décroissance de l'intelligence générale est largement compensée par l'effet Flynn. Il reste cependant à savoir si cette croissance va se poursuivre indéfiniment, si elle va s'arrêter ou si le phénomène de la dysgénie pourrait s'accroître.

L'EF a-t-il atteint sa limite ?

Les gains annuels de QI ne sont probablement pas étrangers aux changements dans l'environnement social. Peut-on considérer que l'adaptation du fonctionnement cognitif est terminée et que les gains de QI sont arrêtés ou à tout le moins ralentissent ? De 1932 à 2007 (sept décennies), les scores aux échelles de Weschler ont augmenté de 22 points, soit 0,312 point de QI par année (Flynn & Weiss, 2007), un résultat qui rejoint d'autres analyses de Flynn (1988) où il observait des gains similaires entre 1970 et 1990 aux échelles de Weschler. Par exemple, les résultats de la comparaison WISC-R/WISC-III (1972-1989) ($n = 13$ études), ressemblent à ce qu'on savait déjà : 0,31 point/an pour le QIT, 0,22 point/an pour le QIV et 0,36 point/an pour le QIP. Encore une fois, les épreuves (QIV) les plus apparentées à l'apprentissage scolaire sont les moins sensibles à l'EF. Il faut souligner

cependant que les échelles de Wechsler ne sont pas les meilleurs tests pour évaluer l'EF (Rodgers, 1999 ; Zhu & Tulskey, 1999). Ce dernier est en effet plus prononcé dans les tests d'intelligence fluide de nature non verbale associés au raisonnement inductif, et dans les tests visuospatiaux du type *MR*, qu'aux tests d'habiletés verbales mesurées par le QIV des échelles de Wechsler (voir Figure 1). Encore là, des nuances s'imposent puisque Truscott et Frank (2001) ont montré que le gain annuel moyen des résultats aux sous-tests du QIV et du QIP n'est pas systématique. Quoi qu'il en soit, en plus des résultats de Sundet *et al.* (2004) présentés plus haut, six études effectuées en Suède (Emanuelsson *et al.* 1993), au Danemark (Teasdale & Owen, 2005, 2008), en Australie (Cotton, Keily, Crêter, Thomson, Babcock, & Creton, 2005) et en Angleterre (Shaker, Ginsberg, & CEO, 2007 ; Shaker et Ginsberg, 2009) tendent à montrer sinon la fin, mais du moins le ralentissement de l'effet Flynn.

Emanuelsson *et al.* (1993) ont évalué à cinq reprises (de 1961 à 1990) les changements chez les écoliers suédois sur des mesures verbales, spatiales et de raisonnement, tirés des tests du modèle de Thurstone (1938). Sauf pour l'échantillon de 1990 ($n = 4\ 417$), le nombre de sujets évalués varie de 9 108 à 12 166, représentant de 87,7 % à 95,5 % de l'ensemble des élèves. Au-delà d'une certaine fluctuation (alternance entre des hausses et des baisses) au cours de ces trente années, les auteurs font trois constats. Premièrement, entre 1960 et 1990 les habiletés verbales sont demeurées sensiblement les mêmes. Deuxièmement, si les habiletés spatiales se sont grandement améliorées (0,5 E.T. pour les filles et 0,3 E.T. pour les garçons), cette progression eut lieu essentiellement au cours des années 1960 et 1970. Troisièmement, l'amélioration de la performance au test de raisonnement est également apparue au cours de la même décennie, suivie en outre d'une légère hausse entre les années 1980 et 1990 chez les garçons et d'une faible diminution chez les filles. Au total, il semble que dès le début des années 1980, le rythme d'amélioration des habiletés intellectuelles telles que mesurées par des tests psychométriques ait grandement ralenti, sinon plafonné. Comme les scores de QI continuent d'augmenter dans d'autres pays, on ignore s'il s'agit d'un arrêt temporaire ou d'un plafond définitif. Quoi qu'il en soit, le plafond observé dans l'augmentation des scores de certains pays scandinaves est concomitant avec celui de la taille, alors que dans d'autres pays européens (Belgique, Portugal et Espagne) le QI et la taille, deux phénomènes sensibles entre autres à l'hétéroéros, poursuivent leur progression (Larnkjaer, Schroder, Schmidt, Jorgensen, & Michaelsen, 2006).

Teasdale et Owen (2005) ont analysé les résultats à un test d'intelligence à passation collective, le *Borg Priens Prove* (BPP) administré à des conscrits

danois (entre 23 000 et 35 000 par année) de 1959 à 1979, puis de 1989 à 2004. Le BPP est composé de quatre sous-tests : des matrices similaires à celles de Raven (19 items), des analogies verbales (24 items), des séquences numériques (17 items) et des figures géométriques (18 items). Les scores varient de 0 à 78 et ramenés sur une échelle en stanines de 1 à 9. Deux constats se dégagent de leurs résultats.

Premièrement, le score moyen a augmenté de façon constante entre 1959 à 1998. Au cours de la même période, la variance (E.T.) a aussi diminué de façon générale passant de 2,02 à 1,58. Deuxièmement, le pourcentage des sujets, dont le score se situe dans les stanines 1 et 2 décroît de 1959 à 1998, passant de 15,6 % à 2,8 % pour ensuite fluctuer entre 3,1 et 3,9. Par ailleurs, le pourcentage des sujets situés dans les stanines 8 et 9 croît de 1959 à 1998, passant de 8,4 % à 14,4 % pour ensuite fluctuer entre 11,7 % et 12,4 %. Les auteurs ont transformé les scores en QI. Si en 1959 le QI est de 100, on note une augmentation de 3 points par décennie entre 1959 et 1979, de près de 2 points entre 1979 et 1989 et d'environ 1,3 point entre 1989 et 1998, pour disparaître à partir de 2000. Enfin, sans en faire une explication causale, les auteurs notent un certain parallèle entre le pourcentage des sujets qui poursuivent des études collégiales et l'augmentation des scores de QI. Ainsi, entre 1991 et 1998, le pourcentage est passé de 38,9 % à 49,1 % suivi d'un déclin à 44,3 % en 2000, puis d'une légère remontée à 48,1 % en 2004. Bien sûr, ces résultats ne nous renseignent pas sur les éventuels changements sociétaux qui pourraient expliquer la diminution du nombre d'étudiants danois au collégial. Ces résultats indiquent à tout le moins que les facteurs environnementaux favorables au développement intellectuel évoqués précédemment auraient produit l'impact attendu : les scores de QI cessent d'augmenter chez les sujets dont le QI est élevé, mais continuent d'augmenter chez les sujets de faible QI. Ce constat est en quelque sorte confirmé par les résultats des pays en voie de développement où l'EF se fait encore sentir en raison de facteurs encore actifs reliés à l'éducation, la santé et la nutrition (Cocodia, Kim, Shin, Kim, Ee, Wee, & Hovard, 2003 ; Daley *et al.*, 2003).

Teasdale et Owen (2008) ont poursuivi leur étude de 2005 en comparant les résultats aux quatre sous-tests du BPP des hommes testés en 1988, 1998, et dans la deuxième moitié de 2003 ainsi que dans la première moitié de 2004 ($n = 23, 598$). Les résultats montrent qu'entre 1988 et 1998, les scores moyens aux quatre sous-tests ont augmenté significativement ($p < 0,001$), mais de façon modeste, moins de deux points. Par contre de 1998 à 2003/04, les scores moyens aux quatre sous-tests ont diminué significativement ($p < 0,001$) de 1,5 point, un score presque identique au gain noté entre 1988 et 1998.

Les auteurs attribuent ce minidéclin à au moins deux facteurs. Le premier facteur serait relié aux exigences moindres du système éducatif danois en ce qui a trait à la résolution de problèmes abstraits. Le second facteur a trait à l'augmentation du nombre d'immigrants, passé de 1 % en 1988 à 2,3 % en 1998 et à 5 % en 2004. Ce constat rappelle toutefois que si l'EF a atteint son maximum dans un certain nombre de pays développés, ce n'est pas encore le cas dans des pays moins développés.

En 2003, Cotton *et al.* (2005) ont fait passer les *Matrices colorées de Raven* (*Coloured Progressive Matrice*) à 618 enfants australiens de 6 à 11 ans, puis ont comparé les résultats avec ceux d'enfants du même âge soumis aux mêmes tests en 1975. Les résultats aux scores médians ainsi qu'aux scores correspondant aux 25^e et 75^e percentiles sont identiques ou s'écartent d'un seul point dans 83,3 % des cas ($n = 15$) ; de deux points dans 11,1 % des cas ($n = 2$) et un seul résultat sur 18 présente un écart de trois points.

Deux autres études ont été conduites en Angleterre par Shayer *et al.* (2007) et Shayer et Ginsburg (2009). Dans la première, Shayer *et al.* (2007) ont testé 10 023 élèves de 11 – 12 ans de 2000 à 2004 (entre 2 162 et 2 816 participants par année) à un test piagétien, le *Volume et Heaviness*, dont ils ont comparé les résultats au même test colligé en 1975 auprès de 2 350 élèves. Ce test permet de situer les élèves sur un continuum opératoire allant du début de l'opératoire concret au début de l'opératoire formel et dont les scores varient de 3 à 7. Les résultats montrent que les scores baissent graduellement de 5,42 en 1975 à 4,29 en 2003/04 chez les garçons et de 4,88 à 4,28 chez les filles. Toutefois, la taille de l'effet (*effect-size*) augmente d'année en année pour passer de 0,76 à 1,04 pour les garçons et de 0,39 à 0,55 pour les filles.

Les résultats de Shayer et Ginsburg (2009) contredisent cette fois ceux de Flieller (1999). Leur recherche a pour but de comparer le niveau opératoire atteint par 339 garçons et 481 filles de 13-14 ans à l'une des deux épreuves piagésiennes le *Pendule* et l'*Équilibre de la balance* à celui d'élèves du même âge trente ans plus tôt. La performance des participants est évaluée sur une échelle à quatre niveaux : concret supérieur (2B – 5 points), concret généralisation (2B – 5 points), formel inférieur (3A – 7 points) et formel supérieur (3B – 8 points). Les scores en points entre 1976 et 2007 sont relativement stables. À l'épreuve du *Pendule*, les scores sont 5,88 c. 6,06 pour les garçons et 5,98 c. 6,04 pour les filles. À l'épreuve de l'*Équilibre de la balance*, les scores sont 5,82 c. 5,90 pour les garçons et de 5,82 c. 5,72 pour les filles. Cependant, le pourcentage de sujets aux deux niveaux formels à l'épreuve du *Pendule* est passé au niveau 3A, de 22,6 % à 10,4 % pour les garçons et de 25,0 % à 12,9 % pour les filles et, au niveau 3B, de 7,7 % à 3,4 % pour les garçons et de 8,6 % à 2,7 % pour les filles. À l'épreuve de

L'*Équilibre de la balance*, la baisse est encore plus prononcée. Le pourcentage de sujets au niveau 3A est passé de 19,9 % à 4,6 % pour les garçons et de 20,8 à 5,9 % pour les filles ; au niveau 3B le pourcentage est passé de 5,7 % à 1,2 % pour les garçons et de 5,7 % à 0,7 % pour les filles. Au total, si les résultats de Shayer *et al.* (2007) sont légèrement différents de ceux obtenus par Flieller (1999) en France, ceux de Shayer et Ginsburg (2009) sont pour leur part nettement différents.

Alors qu'on observe une nette baisse de performance chez les jeunes anglais, Flieller (1999) a observé, dans deux études, une augmentation des élèves français qui maîtrisent les schèmes formels, tels que mesurés à l'aide de l'*Échelle de Développement de la Pensée Logique* (EDPL - Longeot, 1966, 1974) et qui comprend cinq épreuves (conservation, permutation, probabilité, pendule et courbes mécaniques) permettant de situer les sujets sur le continuum concret-formel (concret, intermédiaire, formel A et formel B). Dans la première étude, l'auteur a noté qu'entre 1973 et 1993, le pourcentage d'élèves de 10 à 13 ans situés au niveau formel A est passé de 26 % à 40 % et ceux du niveau formel B de 9 % à 15 %. Dans la seconde étude, Flieller compare des résultats colligés en 1967 et 1996 aux cinq épreuves opératoires. Pour l'épreuve qui nous intéresse ici, celle du *Pendule*, le pourcentage des sujets de 13 à 15 ans au niveau formel B est passé de 21 % à 35 %. Signalons au passage que le pourcentage des sujets de niveau formel a aussi augmenté à toutes les épreuves.

Parmi les explications relatives à ces écarts, la différence des systèmes scolaires des deux pays en constitue probablement une première. Cette hypothèse est étayée par les résultats de Nicollet, Guillen, Jouhar et Rossier (2009) en Suisse, qui ont observé une inversion non homogène de l'EF à des tests d'aptitudes en particulier « pour les facteurs fortement associés aux compétences scolaires comme le facteur verbal ou le facteur numérique » (p. 366). La nature des tests utilisés pourrait également expliquer la divergence des résultats entre les élèves des deux pays. En effet, alors que Shayer et ses collègues utilisent des tests opératoires à passation collective, l'EDPL a, quant à lui, lieu en passation individuelle selon les principes de la méthode clinique (Larivée, 1996). Dans ce cas, l'expérimentateur se contente rarement de la réponse initiale du sujet et les interactions subséquentes permettent dans la plupart des cas de déboucher sur la compétence cognitive réelle du sujet. Pour leur part, les tests opératoires à passation collective utilisés par Shayer et ses collègues évaluent une performance basée sur la réponse initiale du sujet. L'expérience montre que les sujets évalués, selon les principes de la méthode clinique, obtiennent dans la plupart des cas des scores plus élevés que ceux évalués par des tests opératoires (Larivée & Legendre, 2007 ; Larivée, Pelletier, & Gagnon, 1986)

Au total, si l'EF progresse encore dans plusieurs pays, il est clair que dans certains pays développés, non seulement il a cessé de croître, mais on assiste à un déclin léger, mais constant. Jusqu'à maintenant, l'EF compense largement la dysgénie. En fait, on peut supposer qu'aussi longtemps que l'impact des facteurs environnementaux prêtés à l'EF se fera sentir, l'intelligence phénotypique devrait progresser. Par la suite, sur la base de l'analyse de Lynn et Harvey (2008), on peut anticiper une réduction de l'écart entre les pays développés et ceux en voie de développement. On ne peut guère savoir si le phénomène de la dysgénie va s'imposer, mais si tel était le cas, on peut s'attendre à un déclin de l'intelligence génotypique et phénotypique.

Un tel déclin n'est évidemment pas souhaitable dans la mesure où, au plan individuel, les compétences cognitives corrélaient positivement avec le niveau de scolarité, l'occupation et le salaire (Strenze, 2007). De plus, Lynn et Vanhanen (2002) ont mis en relation le QI moyen de 185 pays et leur produit national brut (PNB) *per capita* : le coefficient moyen de Pearson est de 0,58 et celui de Spearman de 0,68. Dans une réanalyse de ces données, Dickerson (2005) a montré qu'une augmentation de 10 points du QI moyen d'un pays permet de doubler le PNB *per capita*. Ces résultats ont par ailleurs été confirmés par Templer et Arikawa (2006) qui ont examiné la relation entre le QI moyen des citoyens de 129 pays et leur PIB *per capita* : le coefficient de Pearson est de 0,63 et celui de Spearman de 0,74.

Si, comme on vient de le voir, l'EF semble s'être stabilisé et même être en légère régression dans certains pays développés, il y a tout lieu de penser que dans les pays émergents, les gains de QI n'en soient encore qu'à leur début. C'est le cas notamment d'au moins deux pays de l'Afrique subsaharienne. Au Kenya, les scores de QI ont augmenté de 14 points aux *Matrices colorés de Raven* entre 1984 et 1998 (10,0 points par décennie), une période au cours de laquelle on a assisté à une amélioration des conditions de vie, particulièrement au plan alimentaire ainsi qu'à une fréquentation accrue de l'école (Daley *et al.*, 2003). Au Soudan, les résultats ne sont pas aussi clairs. Khaleefa, Abdelwahid, Abdulradi et Lynn (2008) ont mesuré les scores obtenus au *Draw-a-Man Test* en 1964 et en 2006 : le score moyen est passé de 83,45 à 95,64 pour un gain de 12,19 points de QI sur une période de 42 ans, représentant 2,9 points par décennie. Khaleefa, Sulman et Lynn (2009) ont aussi évalué le score moyen de QI au WAIS-R entre 1987 et 2007. En 20 ans, on note une augmentation de 2,05 points de QI par décennie, un score en deçà des 3,0 points habituellement observés dans les pays développés. Par contre, même si à l'instar des pays développés le QIP (3,6 par décennie) augmente plus que le QIV (0,83 par décennie), les auteurs s'expliquent mal

la régression dans quatre des six sous-tests du QIV, particulièrement au sous-test *Similitudes* (1,7 point par décennie).

Comment finalement expliquer l'arrêt de l'EF ? Deux hypothèses peuvent être retenues. L'hypothèse de l'hétérosis et de l'« effet plateau » et, en deuxième lieu, celle de « l'hétérosis culturelle » et de son effet plateau. En effet, l'urbanisation et la mondialisation ont entraîné une augmentation de l'immigration. On peut dès lors supposer que le brassage génétique a diminué la variation des comportements déterminés génétiquement et augmenté le nombre d'individus dotés d'un bon potentiel génétique au plan cognitif. D'un autre côté, on peut aussi supposer que la mise en commun des stratégies éducatives, des techniques de soin de santé, des médias et des technologies de l'information puisse elle aussi avoir profité à différentes cultures et particulièrement, aux individus défavorisés. Ce mixage social découlant de la plus grande mobilité des populations serait responsable des gains de QI qui tendent à se stabiliser à mesure que ralentissent les mouvements migratoires des populations, pour atteindre ce que Russell (2007) appelle l'« effet plateau », expression empruntée à la biologie. En effet, si un trait dépend en partie de l'environnement, comme c'est le cas de l'intelligence, il atteint un plateau lorsque les conditions environnementales sont à leur maximum, puisqu'il ne peut se développer au-delà de ce que la génétique lui permet. Un effet plateau peut aussi apparaître lorsque les échanges de savoirs, de technologies et de méthodes d'intervention sont largement partagés entre les populations. Les conditions socio-économiques moduleraient, par la suite, les performances des groupes sociaux, et ce, en attente de nouveaux changements dans l'environnement social.

À qui profite l'EF ?

L'augmentation des scores de QI, au fil des générations, ne permet pas de savoir si elle touche toute la population ou seulement une partie de celle-ci. En effet, les scores de QI pourraient rester inchangés à une extrémité ou l'autre de leur distribution sur la courbe dite normale, et l'augmentation moyenne demeurer la même. Si l'augmentation des scores de QI touche tous les individus, cela signifie que le ou les processus impliqués affectent uniformément tous les individus. Si l'augmentation n'affecte que les plus doués, cela pourrait signifier, par exemple, qu'un aspect de l'environnement en est la cause. Enfin, si les changements cognitifs affectent principalement les individus moins doués, on peut considérer que des aspects environnementaux auparavant défavorables au développement de l'intelligence ont été réduits ou sont disparus.

La réanalyse des données de Flynn (1984) par Rodgers (1999) s'inscrit dans cette perspective. Pour ce dernier, l'EF ne découle pas d'un changement uniforme dans la population. Des recherches conduites dans divers pays (Angleterre, Espagne, Danemark, France, Norvège) ont montré que les gains les plus importants touchent les sujets dont le QI se situe dans la basse moyenne (Colom *et al.*, 1998 ; Colom *et al.*, 2005 ; Ernst, 1992 ; Lynn & Cooper, 1993 ; Lynn & Hampson, 1986 ; Sanborn, Truscott, Phelps, & McDougal 2003 ; Sundet *et al.*, 2004 ; Teasdale & Owen, 1989).

Ainsi, d'après un échantillon de sujets espagnols (Colom *et al.*, 2005) testés en 1970 (n = 459) et en 1999 (n = 275), la moyenne du QI a augmenté de 9,7 points à un test de type Raven, le *Pressey's Graphic Test*. L'intérêt de ce résultat tient dans la nature de la distribution de l'augmentation des scores bruts en fonction des rangs percentiles suivants : 1, 5, 15, 23, 35, 45, 65, 85, 95 et 99. Les résultats sont clairs. La différence entre le score de 1999 et celui de 1970 décroît de 1 point à chaque rang, passant de 9 points au rang percentile 1 (les QI les plus faibles) à 1 point au rang percentile 99 (les QI les plus élevés).

Dans une étude antérieure, Colom *et al.* (1998) avaient observé le même phénomène sur une période de 28 ans (1963-1991) à partir des résultats de deux échantillons d'adultes. Dans un cas, les sujets, dont le niveau d'études se situait aux six premières années de la scolarisation, étaient soumis à la version standard des *MR*, alors que l'autre cas, les sujets de niveau postsecondaire étaient soumis à la version avancée des *MR*. Les résultats sont clairs : dans le premier cas, la progression a été de 0,69 point par an pour un total de 19,20 points et dans le deuxième cas, la progression n'a été que de 0,24 point par an pour un total de 6,75 points en 28 ans.

En France, près de 400 000 jeunes conscrits passaient chaque année un test d'habiletés intellectuelles dont les scores varient de 11 à 110. Les données montrent que le score moyen était de 60,8 en 1971, de 64,3 en 1981 et de 71,5 en 1991. Sur une période de 20 ans, on observe ainsi une progression de 17,6 % pour l'ensemble des conscrits ; celle-ci n'est toutefois pas uniforme. En effet, la progression se révèle plus forte chez les conscrits du quartile inférieur (+29,5 %) que chez ceux du quartile supérieur (+15,9 %). Le résultat des 5 % plus faibles et des 5 % plus forts est encore plus frappant : l'augmentation entre 1981 et 1999 est 37,7 % pour les plus faibles contre seulement 3,2 % pour les plus forts. Ce résultat confirme ce qu'on observe ailleurs : l'écart entre les plus doués et les moins doués se rétrécit. Ernst (1992) attribue partiellement cette augmentation à la scolarisation accrue des conscrits au fil des ans.

Par ailleurs, Sundet *et al.* (2004) ont analysé, entre 1954 et 2002, les résultats à un test d'habiletés mentales (GHM) passé par des Norvégiens

de 18 à 22 ans ($n = 960\ 000$) à l'occasion de leur service militaire. Le score global du GHM est composé de trois tests : arithmétique, vocabulaire et figures. Le test d'arithmétique (20 items) inclut des problèmes dont certains impliquent en outre l'habileté de raisonnement logique semblable au sous-test arithmétique du WAIS. Le test de vocabulaire (54 items) s'apparente au sous-test du même nom du WAIS. Parmi six possibilités, les sujets doivent trouver l'un ou l'autre synonyme d'un mot. Le test des figures (36 items) est similaire aux *MR*.

Le score moyen au GHM a augmenté de façon plus ou moins linéaire de 1954 à 1969 (0,6 point de QI/an : 9,6 points), pour ralentir de 1970 à 1976 (0,2 point de QI/an : 1,4 point). Entre 1978 et 1980, on assiste à un déclin de 1,2 point de QI. Du début des années 1980 au milieu des années 1990, l'augmentation est d'environ 0,2 point de QI/an puis on assiste de nouveau à un déclin jusqu'en 2002. Par ailleurs, lorsque les scores moyens des trois tests sont distribués sur les sujets de deux cohortes (1957-1959 et 1993-2002), les gains sont plus élevés chez les sujets classés sous la médiane, et ce, aux trois tests (tableau 1).

Tableau 1. Le score moyen en QI et en scores bruts (entre parenthèses) aux trois tests des sujets en bas et en haut de la médiane de deux cohortes (1957-1959 et 1993-2002) d'après Sundet *et al.* (2004)

Table 1. The average score represented in IQ and in raw scores (in parentheses) obtained for three tests of subjects located below and above the median across two cohorts (1957-1959 and 1993-2002), according to Sundet *et al.* (2004)

Année	Score moyen en bas de la médiane			Score moyen en haut de la médiane		
	Arith.	Vocab.	Figures	Arith.	Vocab.	Figures
1957-1959	90,7 (13,5)	90,6 (17,9)	87,4 (19,3)	115,8 (22,5)	115,9 (37,4)	114,9 (27,6)
1993-2002	93,6 (14,5)	101,5 (26,1)	106,5 (11,1)	114,5 (21,9)	119,0 (40,7)	126,3 (30,8)
Différence	2,9 (0,8)	10,9 (8,5)	19,1 (5,8)	-1,3 (-0,4)	3,1 (3,1)	11,4 (3,2)

Que l'augmentation des scores de QI soit due presque exclusivement aux sujets de faible QI pourrait indiquer la fin de l'EF ou du moins son ralentissement. Il s'agit là, cependant, d'une conclusion prématurée dans la mesure où ce phénomène se limite pour le moment à l'Espagne et aux pays scandinaves (Flynn, 2007/2009). Dans tous les cas, le fait que l'étendue des scores de QI ait tendance à diminuer au fil des générations pourrait, selon Lynn et Cooper (1993), contribuer à expliquer l'EF. Les corrélations entre les tâches cognitives sont plus faibles chez les sujets

très intelligents que chez les sujets moins intelligents (loi du rendement décroissant de Spearman, 1927). Si l'intelligence a véritablement progressé entre les différentes cohortes, on devrait s'attendre à une baisse des corrélations moyennes entre les tests. Ces arguments suggèrent que les chercheurs devraient s'occuper des aspects différentiels de la structure dans la distribution du QI plutôt que de s'intéresser simplement aux moyennes et aux écarts-types (Rodgers, 1999 ; Wicherts *et al.*, 2004). Carver (1989) souligne cependant que l'absence de progression ou la progression moindre des scores dans le haut de la distribution peuvent en partie s'expliquer par l'effet plafond de certains items.

Par ailleurs, Flynn (2011) a analysé les gains d'enfants de 5 ans à 11 ans au Royaume-Uni entre 1947 et 1982. Nonobstant les résultats colligés dans les années 2000 par Shayer et Ginsburg (2009), les résultats de Flynn plaident au moins partiellement en faveur du passage de l'opérateur concret à l'opérateur formel. Ainsi aux *MR*, de 5½ à 6½ ans, les gains sont concentrés dans les 25 % supérieurs ; de 6½ à 8½, dans les 50 % supérieurs ; de 9,0 % à 10½ dans les premiers 75 % et à 11 ans, les gains concernent tous les enfants. Bref, si en bas âge, seuls les plus brillants performant mieux, au fil des âges, la capacité d'effectuer des raisonnements abstraits se généralise à toutes les classes cognitives (Larivée, 2009).

Au plan social, ces résultats vont dans le sens d'une réduction de l'écart entre les moins doués et les plus doués au fil des générations. Par ailleurs, si l'on peut attribuer une partie de l'augmentation des habiletés intellectuelles à l'amélioration des conditions environnementales, il est aussi souhaitable que l'écart entre les moins et les mieux nantis au plan économique s'amenuise.

CONCLUSION

Au cours de ce texte, nous avons présenté cinq paradoxes reliés au phénomène de l'EF. Cependant, ceux-ci perdent quelque peu de leur caractère paradoxal lorsqu'on les décortique et qu'on s'efforce de fournir une explication qui intègre à la fois les causes de l'EF et les paradoxes eux-mêmes. À cet égard, l'importance de l'environnement se fait particulièrement sentir en bas âge, de la naissance jusqu'à l'entrée à l'école dans les habiletés non verbales (par ex. : les *MR*) (Colom *et al.*, 1998 ; Lynn, 2009 ; Raven, 2000).

Selon Raven (2000), les jeunes enfants du préscolaire se distinguent d'une cohorte à l'autre par le fait qu'ils sont de plus en plus précoces

dans le développement de leurs aptitudes intellectuelles (jusqu'à 3 ans plus précoces pour certains groupes de jeunes enfants dont le QI est dans les 10 % plus faibles). Ce constat n'est guère surprenant puisqu'au cours du siècle dernier les enfants ont bénéficié d'une meilleure éducation grâce entre autres à des parents de plus en plus instruits (Schaie, 1996). Pour les familles moins bien nanties, les garderies, crèches et autres milieux de garde ont eu un effet bénéfique très important. En effet, des gains importants dans les compétences sociales et cognitives chez les enfants défavorisés peuvent être attribués aux milieux de garde (Geoffroy *et al.*, 2007 ; Tucker-Drob *et al.*, 2011). Ces enfants ont aussi été élevés dans des familles plus réduites dont les parents disposaient par conséquent de plus de ressources. On peut alors penser que la qualité de l'étayage parental, les stimulations grandissantes de l'environnement et le meilleur état de santé des enfants ont conjointement participé à l'actualisation du potentiel cognitif en développement, ainsi qu'à des changements dans les modèles mentaux des jeunes enfants.

Des changements dans le développement cérébral constituent aussi une intéressante voie d'investigation pour expliquer l'EF. Bombardé d'images dès le berceau, le cerveau des enfants d'aujourd'hui est assurément différent de celui de leurs parents au même âge, le cerveau se développant à même les expériences (Doidge, 2008 ; Tisseron, 2009). En effet, comme l'anticipait Luria (1973), des changements socio-historiques dans la niche développementale du jeune enfant pourraient produire des changements dans l'organisation structurelle et fonctionnelle des diverses aires cérébrales. À cet égard, plusieurs études suggèrent un effet de l'expérience et des conditions de vie dans le réglage et la sélection des connexions neuronales (Gross, 2000 ; Kolb, 1999 ; Stuss & Benson, 1986 ; Thatcher, Walker, & Guidice, 1987 ; Toga & Thompson, 2005). Il est clair, si l'on veut mieux cerner les tenants et les aboutissants de l'EF (Barber, 2010 ; Flynn, 2011), qu'il faudra orienter les futurs travaux de recherche vers une meilleure compréhension des changements qui relèvent des relations complexes entre l'ontogenèse des individus et de l'environnement écologique, social et historique dans lequel ils évoluent.

Nous avons essayé de montrer au cours de ce texte que la résolution des cinq paradoxes liés à l'EF passe par la compréhension des relations gènes-environnement. Comme les gènes ne produisent leurs effets qu'à la condition de rencontrer un environnement favorable avec lequel ils peuvent interagir, sans environnement adéquat les capacités génétiques restent inexprimées. La recherche de Turkheimer, Haley, Waldron, D'Onofrio et Gottesman (2003) est éclairante à cet égard. Ces chercheurs ont soumis 320 paires de jumeaux nés dans les années 1960 à un test de QI (WISC) à

sept ans. L'étude montre que les facteurs environnementaux ont un impact nettement plus prononcé sur le QI des enfants de familles défavorisées que sur celui des enfants de familles plus aisées. Chez les enfants vivant dans un environnement très pauvre, l'héritabilité (h^2) ne dépasse pas 0,10, alors que chez leurs pairs de milieu aisé, l'héritabilité (h^2) atteint 0,72 ; par ailleurs, l'impact de l'environnement est quatre fois plus important dans les familles très pauvres que dans les familles très riches. Bref, les familles très pauvres sont davantage influencées par l'environnement et les familles, dont le statut socioéconomique est élevé, le sont davantage par l'héritabilité. Mais il y a plus. Si nous acceptons que la traduction d'un génotype en comportements est fonction de l'environnement, la question de savoir si nous devenons de plus en plus intelligents de génération en génération n'est peut-être pas la meilleure façon d'aborder l'EF. Étant donné que la principale caractéristique actuelle de l'environnement est d'être en constante mutation, ne doit-on pas considérer que l'EF est un « exemple de l'évolution historique de l'intelligence phénotypique au plan culturel » (Greenfield, 1998, p. 119) et que nous devenons plutôt intelligents autrement comme si l'environnement faisait le tri des aspects de l'intelligence qui lui sont utiles ?

Reçu le 29 septembre 2010.

Révision acceptée le 16 novembre 2011.

BIBLIOGRAPHIE

- Alfonso, V. C., Flanagan, D. P., & Radwan, S. (2005). *The impact of the Cattell-Horn-Carroll theory on test development and interpretation of cognitive and academic abilities*. In D. P. Flanagan, & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues* (2^e édition) (p. 185-202). New York, NY: The Guilford Press.
- Arija, V., Esparó, G., Fernández-Ballart, J., Murphy, M. M., Biarnes, E., & Canals, J. (2006). Nutritional status and performance in test of verbal and nonverbal intelligence in 6 year old children. *Intelligence*, *34*, 141-149.
- Barber, N. (2005). Educational and ecological correlates of IQ: A cross-national investigation. *Intelligence*, *33*, 273-284.
- Barber, N. (2010). Applying the concept of adaptation to societal differences in intelligence. *Cross-Cultural Research*, *44*, 116-150.
- Brand, C. R. (1987). Bryer still and bryer? *Nature*, *328*, 110.
- Brand, C. R. (1990). A "Gross" underestimate of a "massive" IQ rise? A rejoinder to Flynn. *The Irish Journal of Psychology*, *11*, 52-56.
- Brand, C. R., Freshwater, S., & Dockrell, W. B. (1989). Has there been a "massive"

- rise in IQ levels in the west ? Evidence from Scottish children. *The Irish Journal of Psychology*, 10, 388-393.
- Bronfenbrenner, U. (Ed.). (1989). *Ecological systems theory*. In P. Vasta, (Ed.), *Annals of child development: Vol. 6. Six theories of child development: Revised formulations and current issues* (p. 187-249). London, UK: JAI.
- Bronfenbrenner, U., & Ceci, S. J. (1994). Nature-nurture reconceptualized in development perspective: A bioecological model. *Psychological Review*, 101, 568-586.
- Burt, C. L. (1952). *Intelligence and fertility*. London, UK: Eugenics Society.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Carver, R. P. (1989). Measuring intellectual growth and decline. *Psychological Assessment*, 1, 175-180.
- Cattell, R. B., & Cattell, A. K. S. (1955). *Test d'intelligence "culture free": une mesure du facteur "g"*. Paris, FR: Centre de Psychologie Appliquée.
- Cattell, R. B. (1937). *The fight for our national intelligence*. London, UK: P.S. King.
- Ceci, S. J. (1991). How much does schooling influence general intelligence and its cognitive components? A reassessment of the evidence. *Developmental Psychology*, 27, 703-722.
- Ceci, S. J. (1992). Schooling and intelligence. *Psychological Science Agenda*, 5, 7-9.
- Ceci, S. J., & Williams, W. M. (1997). Schooling and intelligence. *American Psychologist*, 52, 1051-1058.
- Cocodia, E. A., Kim, J. S., Shin, H. S., Kim, J. W., Ee, J., Wee, M. S., & Howard, R. W. (2003). Evidence that rising population intelligence is impacting in formal education. *Personality and Individual Differences*, 35, 797-810.
- Cole, M., & Cole, S. R. (1993). *The development of children*. New York, NY: Scientific American Books.
- Colom, R., Andrés-Pueyo, A., & Juan-Espinosa, M. (1998). Generational IQ gains: Spanish data. *Personality and Individual Differences*, 25, 927-935.
- Colom, R., & Garcia-López, O. (2003). Secular increase in fluid intelligence: Evidence from the culture-fair intelligence test. *Journal of Biosocial Science*, 35, 33-39.
- Colom, R., Lluís-Front, J. M., & Andrés-Pueyo, A. (2005). The generational intelligence gains are caused by decreasing variance in the lower half of the distribution: Supporting evidence for the nutrition hypothesis. *Intelligence*, 33, 83-91.
- Cotton, S. M., Kiely, P. M., Crewther, D. P., Thomson, B., Laycock, R., & Crewther, S. G. (2005). A normative and reliability study for the Raven's Colored Progressive Matrices for primary school aged children in Australia. *Personality and Individual Differences*, 39, 647-660.
- Daley, T. C., Whaley, S. E., Sigman, M. D., Espinosa, M. P., & Newman, C. (2003). IQ on the rise: The Flynn effect in rural Kenyan children. *Psychological Science*, 14, 215-219.
- Dickens, W. T., & Flynn, J. R. (2001). Heritability estimates versus large environmental effects: The IQ paradox resolved. *Psychological Review*, 108, 346-369.
- Dickens, W. T., & Flynn, J. R. (2002). The IQ paradox is still resolved: Reply to Loehlin (2002) and Rowe and Rodgers (2002). *Psychological Review*, 109, 764-771.
- Dickerson, S. (2005). Exponential correlation of IQ and the wealth of nations. *Intelligence*, 34, 291-295.
- Doidge, N. (2008). *Les étonnants pouvoirs de transformation du cerveau*. Paris, FR: Belfond.
- Emanuelsson, I., & Svensson, A. (1986). Does the level of intelligence decrease? A comparison between thirteen-year-olds tested in 1961, 1966 and 1980.

- Scandinavian Journal of Educational Research*, 30, 25-37.
- Emanuelsson, I., & Svensson, A. (1990). Changes in intelligence over a quarter of a century. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 34, 171-187.
- Emanuelsson, I., Reuterberg, S.-E., & Svensson (1993). Changing differences in intelligence? Comparisons between groups of 13 year olds tested from 1960 to 1990. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 37, 259-277.
- Ernst, B. (1992). *Le niveau général des conscrits : évolution depuis 10 ans*. In C. Thélot, (Ed.), *Que sait-on des connaissances des élèves? Les Dossiers d'Éducation et Formation*, 17.
- Fernandez-Ballesteros, R., Juan Espinosa, M., & Abad, F. J. (2001). Sociohistorical changes and intelligence gains. In R. J. Sternberg, & E. L. Grigorenko (Eds.), *Environmental effects on cognitive abilities* (p. 383-424). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Flieller, A. (1989). Les comparaisons de cohortes et de générations dans l'étude psychométrique de l'intelligence. *Psychologie Scolaire*, 68, 47-64.
- Flieller, A. (1999). Comparison of the development of formal thought in adolescent cohorts aged 10 to 15 years (1966-1996 and 1972-1993). *Developmental Psychology*, 35, 1048-1058.
- Flieller, A. (2001). Problèmes et stratégies dans l'explication de l'effet Flynn. In M. Huteau, (Ed.), *Les figures de l'intelligence* (p. 43-66). Paris, FR : Éditions et applications psychologiques.
- Flieller, A., Manciaux, M., & Kop, J.-L. (1994). Évolution des compétences cognitives des élèves en début de scolarité élémentaire sur une période de vingt ans. *Les Dossiers d'Éducation et Formations*, 47, 205-218.
- Flynn, J. R. (1984). The Mean IQ of Americans: Massive Gains 1932 to 1978. *Psychological Bulletin*, 95, 29-31.
- Flynn, J. R. (1987). The rise and fall of Japanese IQ. *Bulletin of the British Psychological Society*, 40, 459-464.
- Flynn, J. R. (1988). WAIS-III and WISC-III: IQ gains in the United-States from 1972 to 1995; how to compensate for obsolete norms. *Perceptual and Motor Skills*, 86, 1231-1239.
- Flynn, J. R. (1996). What environment factors affect intelligence: The relevance of IQ gains over time. In D. K. Detterman (Ed.), *Current topics in human intelligence*. Vol. 5 (p. 17-29). Norwood, NJ: Ablex.
- Flynn, J. R. (1998). IQ gains over time: Towards finding the causes. In U. Neisser (Ed.), *The rising curve: Long-term gains in IQ and related measures* (p. 25-66). Washington, DC: American Psychological Association.
- Flynn, J. R. (1999). Searching for justice. The discovery of IQ gains over time. *American Psychologist*, 54, 5-20.
- Flynn, J. R. (2007/2009). *What is intelligence? Beyond the Flynn effect*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Flynn, J. R. (2008). The history of the American mind in the 20th century: A scenario to explain IQ gains over time and a case for the irrelevance of g. In P. C. Kyllonen, R. D. Roberts, & L. Stankov (Eds.), *Extending intelligence. Enhancement and new constructs* (p. 245-264). New York, NY: Lawrence Erlbaum.
- Flynn, J. R. (2009). *Requiem for nutrition as the cause of IQ gains: Raven's gains in Britain 1938-2008*. *Economics and Human Biology*, 7, 18-27.
- Flynn, J. R. (2011). Secular changes in intelligence. In R. J. Sternberg, & S. B. Kaufman (Eds.), *The Cambridge handbook of intelligence* (p. 647-665). New York, NY: Cambridge University Press.
- Flynn, J. R., & Weiss, L. G. (2007). American IQ gains from 1932 to 2002: The WISC subtests and educational progress. *International Journal of Testing*, 7(2), 209-224.

- Flynn, J. R. & Widaman, K. F. (2008). The Flynn effect and the shadow of the past: Mental retardation and the indefensible and indispensable role of IQ. *International Review of Research in Mental Retardation*, 35, 121-149.
- Galton, F. (1869). *Hereditary genius: An inquiry into its laws and consequences*. London, UK: Macmillan.
- Geoffroy, M.-C., Coté, S., Borge, A. I. H., Larouche, F., Séguin, J. R. & Rutter, M. (2007). Association between nonmaternal care in the first year of life and children's receptive language skills prior to school entry: the moderating role of socioeconomic status. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48, 490-497.
- Goddard, H. H. (1916). *Publication of the Vineland Training School (No 11)*. Vineland, NJ: Vineland Training School.
- Gottfredson, L. S. (1997). Why g matters: The complexity of everyday life. *Intelligence*, 24(1), 79-132.
- Greenfield, P. M. (1998). The cultural evolution of IQ. In U. Neisser (Ed.). *The rising curve: Long-term gains in IQ and related measures* (p. 81-123). Washington, DC: American Psychological Association.
- Griffiths, A. J. F., Gelbart, W. M., Lewontin, R. C., & Miller, J. H. (2000). *Modern genetic analysis: Integrating genes and genomes*. New York, NY: Freeman.
- Gross, C. G. (2000). Neurogenesis in the adult brain. Death of a dogma. *Nature Reviews Neuroscience*, 1, 67-73.
- Hernandez, D. J. (1995). Changing demographics: Past and future demands for early childhood programs. *The Futures of Children: Long-Term Outcomes of Early Childhood Programs*, 5, 145-160.
- Hernandez, D. J. (1997). Child Development and social demography of childhood. *Child Development*, 68, 149-169.
- Herrnstein, R. J., & Murray, C. (1994). *The Bell Curve. Intelligence and class structure in American Life*. New York, NY: The Free Press.
- Husen, T., & Tuijnman, A. (1991). The contribution of formal schooling to the increase in intellectual capital. *Educational Researcher*, 20, 17-25.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1955). *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. Paris, FR : PUF.
- Jensen, A. R. (1998). *The g factor. The science of mental ability*. Westport, CO: Praeger.
- Khaleefa, O., Sulman, A., & Lynn, R. (2009). An increase of intelligence in Sudan 1987-2007. *Journal of Biosocial Science*, 41(2), 279-283.
- Khaleefa, O., Abdelwahid, S. B., Abdulradi, F., & Lynn, R. (2008). The increase of intelligence in Sudan 1964-2006. *Personality and Individual Differences*, 45, 412-413.
- Kaufman, A. S. (2010). "In what way are apples and oranges alike?" A critique of Flynn's interpretation of the Flynn effect. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 28, 382-398.
- Kanaya, T., Scullin, M. H., & Ceci, S. J. (2003). The Flynn effect and US policies: The impact of rising IQ scores on American society via mental retardation. *American Psychologist*, 58, 778-790.
- Kolb, B. (1999). Towards an ecology of cortical organization: Experience and the changing brain. In J. Grafman, & Y. Christen (Eds.), *Neuronal plasticity* (p. 17-34). Berlin, Germany: Springer.
- Kvist, A. V., & Gustafsson, J. E. (2008). The relation between fluid intelligence and the general factor as a function of cultural background: A test of Cattell's investment theory. *Intelligence*, 36, 422-436.
- Larivée, S. (1996). La pensée opératoire et la mesure du développement de l'intelligence. *L'orientation*, 9, 7-13.
- Larivée, S. (2007). La période des opérations formelles: la « puberté cognitive ». In S. Larivée (Ed.), *L'intelligence, Tome I. Approches biocognitives, développementales et contemporaines* (p. 192-218). Saint-Laurent, QC : ERPI.

- Larivée, S. (2009). Des classes sociales aux classes cognitives. *Revue de psychoéducation*, 38, 279-295.
- Larivée, S., & Legendre-Bergeron, M. F. (2007). La théorie opératoire de Jean Piaget. In S. Larivée (Ed.), *L'intelligence, Tome I. Les approches biocognitives, développementales et contemporaines* (p. 87-127). St-Laurent, QC : ERPI.
- Larivée, S., Pelletier, D., & Gagnon, C. (1986). Tests papier-crayon et mesure des opérations formelles : une revue critique. *Revue de psychologie appliquée*, 36, 151-180.
- Larivée, S., Sénéchal, C., & Audy, P. (2008). L'effet Flynn : à la recherche d'une explication. In S. Larivée (Ed.), *Le Quotient intellectuel, ses déterminants et son avenir* (p. 641-682). Québec, QC : MultiMondes.
- Larnkjaer, A., Schroder, S. A., Schmidt, I. M., Jorgensen, M. H., & Michaelson, K. F. (2006). Secular change in adult stature has come to a halt in Northern Europe and Italy. *Acta Paediatrica*, 95, 754-755.
- Lentz, Jr, T. (1927). Relation of I.Q. to size of family. *Journal of Educational Psychology*, 18, 486-496.
- Loehlin, J. C. (2001). Behavior genetics and parenting theory. *American Psychologist*, 56, 169-170.
- Longeot, F. (1966). Expérimentation d'une échelle individuelle du développement de la pensée logique. *BINOP*, 22, 306-319.
- Longeot, F. (1974). *L'échelle de développement de la pensée logique*. Issy-les-Moulineux, FR: Éditions scientifiques et psychotechniques.
- Luria, A. R. (1973). *The working brain*. New York, NY: Basic Books.
- Lynn, R. (1979). The social ecology of intelligence in the British Isles. *British Journal of Social and Clinical Psychology*, 18, 1-12.
- Lynn, R. (1980). The social ecology of intelligence in France. *British Journal of Social and Clinical Psychology*, 19, 325-331.
- Lynn, R. (1988). Écologie sociale de l'intelligence. *Bulletin de Psychologie*, XLI, 120-135.
- Lynn, R. (1990). The role of nutrition in secular increases in intelligence. *Personality and Individual Differences*, 11, 273-285.
- Lynn, R. (1996). *Dysgenics: Genetic deterioration in modern populations*. Westport, CT: Praeger.
- Lynn, R. (1998). In support of the nutrition theory. In U. Neisser (Ed.), *The rising curve: Long-term gains in IQ and related measures* (p. 207-215). Washington, DC: American Psychological Association.
- Lynn, R. (2001). *Eugenics: A reassessment*. Santa Barbara, CA: Greenwood Publishing Group.
- Lynn, R. (2009). What has caused the Flynn effect? Secular increases in the Development Quotients of Infants. *Intelligence*, 37, 16-24.
- Lynn, R., & Cooper, C. (1993). A secular decline in Spearman's g in France. *Learning and Individual Differences*, 5, 43-48.
- Lynn, R., & Hampson, S. (1986). The rise of national intelligence: evidence from Britain, Japan and the USA. *Personality and Individual Differences*, 7, 23-32.
- Lynn, R., & Harvey, J. (2008). The decline of the world's IQ. *Intelligence*, 36, 112-120.
- Lynn, R., & Van Court, (2004). New evidence of dysgenic fertility for intelligence in the United States. *Intelligence*, 32, 193-201.
- Lynn, R., & Vanhanen, T. (2002). *IQ and the wealth of nations*. Westport, CT: Praeger.
- Mackintosh, N. J. (2001). *IQ and human intelligence*. New York, NY: Oxford University Press.
- McDonald, G. (2010). The Flynn effect and the demography of schooling. *Teachers College Record*, 112, 1851-1870.
- Meisenberg, G., Lawless, E., Lambert, E., & Newton, A. (2005). The Flynn effect

- in the Caribbean: Generational change of cognitive test performance in Dominica. *Mankind Quarterly*, 46, 29-69.
- Meisenberg, G., Lawless, E., Lambert, E., & Newton, A. (2006). Determinants of mental ability on a Caribbean island, and the mystery of the Flynn effect. *Mankind Quarterly*, 46, 273-312.
- Mingroni, M. A. (2004). The secular rise in IQ: Giving heterosis a closer look. *Intelligence*, 32, 65-83.
- Mingroni, M. A. (2007). Resolving the IQ paradox: Heterosis as a cause of the Flynn effect and other trends. *Psychological Review*, 114, 806-829.
- Monette, S., & Bigras, M. (2008). La mesure des fonctions exécutives chez les enfants d'âge préscolaire. *Canadian Psychology*, 49, 323-341.
- Must, O., Must, A., & Raudik, V. (2003). The secular rise in IQs: In Estonia, the Flynn effects is not a Jensen effect. *Intelligence*, 31, 461-471.
- Neel, J. V. (1994). *Physician to the gene pool: Genetic lessons and other stories*. New York, NY: Willey.
- Neisser, U. (Ed.) (1998). *The rising curve: Long-term gains in IQ and related measures*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Neisser, U., Boodoo, G., Bouchard, T. J., Boykin, A. W., Brody, N., J, Ceci, S., & Urbina, S. (1996). Intelligence: Knows and unknowns. *American Psychologist*, 51, 77-101.
- Nicolett, J., Guillen, C. J., Jonhan, A.-C., & Rossir, J. (2009). Performance aux tests d'intelligence : vers une inversion de l'effet Flynn? *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*, 38, 353-369.
- Pedersen, N. L., Plomin, R., Nesselroader, J. R., & McClearn, G. E. (1992). A quantitative genetic analysis of cognitive abilities during the second half of the span. *Psychological Science*, 3, 346-353.
- Piaget, J. (1975). *L'équilibration des structures cognitives : problème central du développement*. Paris, FR: PUF.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1959). *La genèse des structures logiques élémentaires: Classifications et sériations*. Neuchâtel, CH: Delachaux et Niestlé.
- Plomin, R., & Daniels, D. (1987). Why are children in the same family so different from each other? *Behavioral and Brain Sciences*, 10, 1-16.
- Plomin, R., & Petrill, S. A. (1997). Genetics and intelligence: What's new? *Intelligence*, 24, 53-77.
- Plomin, R., DeFries, J.C., & McClearn, G. E. (1990). *Behavioral genetics: A primer* (2nd ed.). New York, NY: Freeman.
- Raven, J. (2000). The Raven's progressive matrices: Change and stability over culture and time. *Cognitive Psychology*, 41, 1-48.
- Retherford, R. D., & Sewell, W. H. (1989). Intelligence and family size reconsidered. *Social Biology*, 35, 1-40.
- Rodgers, J. L. (1999). A critique of the Flynn effect: Massive IQ gains, methodological artefacts, or both? *Intelligence*, 26, 337-356.
- Rowe, D. C., & Rodgers, J. L. (2002). Expanding variance and the case of historical change in IQ means: A critique of Dickens and Flynn (2001). *Psychological Review*, 109, 759-763.
- Rushton, J. P. (1999). Secular gains in IQ not related to the g factor and inbreeding depression - unlike Black-White differences: A reply to Flynn. *Personality and Individual Differences*, 26, 381-389.
- Russell, A. W. (2007). The Flynn effect revisited. *Applied Neuropsychology*, 14, 262-266.
- Sanborn, J. J., Truscott, S. D., Phelps, L. A., & McDougal, J. L. (2003). Does the Flynn effect differ by IQ level in samples of students classified as learning disabled? *Journal of Psychoeducational Assessment*, 21, 145-159.

- Scarr, S. (1997). Behavior-genetic and socialization theories of intelligence: Truce and reconciliation. In J. J. McAndle, & R. W. Woodcock (Eds.), *Human cognitive abilities in theory and practice* (p. 113-135). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Scarr, S. (1998). How do a families affect intelligence? Social environmental and behaviour genetic predictions. In R. J. Sternberg, & E. Grigorenko (Eds.), *Intelligence: Heredity and environment* (p. 3-41). New York, NY: Cambridge University Press.
- Schaie, K. W. (1996). *Developmental influence on adult intelligence*. New York, NY: Oxford University Press.
- Schaie, K. W. (2005). *Developmental influences on adult intelligence: The Seattle Longitudinal Study*. New York: Oxford University Press.
- Schooler, C. (1998). Environmental complexity and the Flynn effect. In U. Neisser (Ed.), *The rising curve: Long-term gains in IQ and related measures* (p. 67-69). Washington, DC: American Psychological Association.
- Shayer, M., & Ginsburg, D. (2009). Thirty years on: A large anti-Flynn effect? Piagetian tests of formal operations norms 1976-2006/7. *British Journal of Educational Psychology*, 79, 409-418.
- Shayer, M., Ginsburg, D., & Coe, R. (2007). Thirty years on: A large anti-Flynn effect? The Piagetian Test Volume & Heaviness norms 1975-2003. *British Journal of Educational Psychology*, 77, 25-41.
- Spearman, C. (1927). *The abilities of man*. London, UK: Macmillan.
- Steen, R. G. (2009). Human intelligence and medical illness. New York, NY: Springer.
- Sternberg, R. J., & Grigorenko, E. (2002). *The general factor of intelligence: How general is it?* Philadelphia, PA: Lawrence Erlbaum.
- Storfer, M. D. (1990). *Intelligence and giftedness: The contributions of heredity and early environment*. California, CA: Jossey-Bass.
- Storfer, M. D. (1999). Myopia, intelligence, and the expanding human neocortex: Behavioral influences and evolutionary implications. *International Journal of Neuroscience*, 98, 153-276.
- Strenze, T. (2007). Intelligence and socio-economic success: A meta-analytic review of longitudinal research. *Intelligence*, 35, 401-426.
- Stuss, D. T., & Benson, F. (1986). *The frontal lobes*. New York, NY: Raven
- Sundet, J. M., Barlaug, D. G., & Torjussen, T. M. (2004). The end of the Flynn effect? A study of secular trends in mean intelligence test scores of Norwegian conscripts during half a century. *Intelligence*, 32, 349-362.
- Teasdale, T. W., & Owen, D. R. (1987). National secular trends in intelligence and education: A twenty-year cross-sectional study. *Nature*, 325, 119-121.
- Teasdale, T. W., & Owen, D. R. (1989). Continuing secular increases in intelligence and a stable prevalence of high intelligence levels. *Intelligence*, 13, 255-262.
- Teasdale, T. W., & Owen, D. R. (2005). A long-term rise and recent decline in intelligence test performance: The Flynn effect in reverse. *Personality and Individual Differences*, 39, 837-843.
- Teasdale, J. W., & Owen, D. R. (2008). Secular declines in cognitive test scores: A reversal of the Flynn Effect. *Intelligence*, 36, 121-126.
- Templer, D. I., & Arikawa, H. (2006). Temperature, skin color, per capita income, and IQ: An international perspective. *Intelligence*, 34, 121-139.
- Thatcher, R. W., Walket, R. A., & Giudice, S. (1987). Human cerebral hemispheres development at different rates and ages. *Science*, 236, 1100-1113.
- Thuddenham, R. (1948). Soldier intelligence in world wars I and I. *American Psychologist*, 3, 54-56.

- Thurstone, L. L. (1938). *Primary mental abilities*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Tisseron, S., & Stiegler, B. (2009). *Faut-il interdire les écrans aux enfants?* Paris, FR: Editions Mordicus.
- Toga, A. W., & Thompson, P. M. (2005). Genetics of brain structure and intelligence. *Annual Review of Neuroscience*, 28, 1-23.
- Truscott, S. D., & Frank, A. J. (2001). Does the Flynn effect affect IQ scores of students classified as LD? *Journal of School Psychology*, 39, 319-334.
- Tucker-Drob, E. M., Rhemtulla, M., Harden, K. P., Turkheimer, E., & Fask, D. (2011). Emergence of a gene \times socioeconomic status interaction on infant mental ability between 10 months and 2 years. *Psychological Science*, 22, 125-133.
- Turkheimer, E., Haley, A., Waldron, M., D'Onofrio, B., & Gottesman, I. I. (2003). Socioeconomic status modifies heritability of IQ in young children. *Psychological Science*, 14, 623-628.
- Vining, D. R. (1995). On the possibility of the re-emergence of a dysgenic trend: An update. *Personality and Individual Differences*, 19, 241-264.
- Wicherts, J. M., Borsboom, D., & Dolan, G. V. (2010). Evolution, brain size, and the national IQ of peoples around 3000 years B.C. *Personality and Individual Differences*, 48, 104-106.
- Wicherts, J. M., Dolan, C. V., Hessen, D. J., Oosterveld, P., Van Baal, G. C., Boomsma, D. I., & Span, M. M. (2004). Are intelligence tests measurement invariant over time? Investigating the nature of the Flynn effect. *Intelligence*, 32, 509-537.
- Zhu, J., & Tulskey, D. S. (1999). Can IQ gain be accurately quantified by a simple difference formula? *Perceptual and Motor Skills*, 88, 1255-1260.