

L'héritabilité : un concept utile, souvent dévoyé

Comme l'a tragiquement montré l'histoire de la génétique et de l'évolution au XX^e siècle, la science est souvent récupérée à des fins idéologiques. Contrer les idéologies jugées néfastes ne relève pas plus du devoir du chercheur que de celui de n'importe quel citoyen. Mais il est de la responsabilité des scientifiques de réagir chaque fois que des résultats ou concepts de leur discipline sont détournés pour servir des causes contestables. A cet égard le concept d'héritabilité, appliqué au comportement humain ou au quotient intellectuel, est régulièrement invoqué – et le plus souvent de manière totalement erronée – pour justifier des thèses eugénistes ou racistes. Il est vrai que la difficulté du concept, ainsi que la ressemblance très malencontreuse entre les termes « hérédité » et « héritabilité », favorisent les incompréhensions et les manipulations par les faussaires de la science.

Le texte qui suit a l'ambition de présenter de manière aussi simple que possible la notion d'héritabilité et ses limites majeures dès lors que l'on souhaite l'appliquer à l'espèce humaine.

Qu'est-ce que l'héritabilité ?

Le concept d'héritabilité, introduit il y a un siècle, vise à quantifier, *au sein d'une population*, la part de la variabilité d'un caractère qui est due à des causes génétiques. Considérons par exemple la taille des individus adultes dans la population française. La variabilité de la taille a une double origine, d'une part les différences *génétiques* entre individus, d'autre part des causes *non génétiques* (différences dans l'alimentation, dans le mode de vie et dans l'exposition aux maladies ou aux accidents pendant la croissance). La part de variabilité *génétique* dans la variabilité totale de la taille est, par définition, l'héritabilité de la taille. Théoriquement l'héritabilité peut donc aller de 0 (la variabilité observée n'est due qu'aux effets de milieu) à 1 (la variabilité observée n'est due qu'au polymorphisme génétique). Notons que l'on peut estimer l'héritabilité pour tout type de caractère, que sa variation soit continue (taille, poids, pression artérielle, etc.) ou discontinue (nombre de descendants, couleur des yeux, sexe, etc.), et sans faire d'hypothèses sur son déterminisme génétique (monogénique ou polygénique, avec ou sans interactions entre gènes).

L'héritabilité n'est pas l'hérédité

On voit qu'il est ici question des sources de variabilité d'un caractère *dans une population donnée*, et non pas du déterminisme génétique de ce caractère au niveau individuel, qui renvoie à la notion d'hérédité. Cette distinction entre *héritabilité* et *hérédité* est cruciale : un caractère *héréditaire* est un caractère génétiquement déterminé, alors qu'un caractère *héritable* est un caractère présentant une variation qui, au moins en partie, est d'origine génétique dans la population considérée. *Le fait qu'un caractère soit héréditaire n'implique pas qu'il soit héritable*. Par exemple le caractère « nombre d'oreilles » chez les mammifères est un caractère héréditaire car, pleinement contrôlé par des gènes de développement, il se transmet fidèlement à travers les générations. En revanche son héritabilité est nulle : la très faible variabilité qu'il présente est d'origine accidentelle et non pas génétique. La confusion entre *origine génétique de la variabilité* d'un caractère et *déterminisme génétique du caractère* est hélas fréquente, avec toutes les interprétations erronées qui en découlent.

L'héritabilité d'un caractère dépend de la population et du milieu considérés

L'héritabilité d'un caractère n'est en aucun cas une propriété biologique universelle attachée à ce caractère. Deux groupes d'individus issus d'*une même population*, placés l'un dans un milieu stable et l'autre dans un milieu changeant, ne présenteront pas la même valeur d'héritabilité : elle sera en

principe plus élevée dans le premier groupe que dans le deuxième. Symétriquement, deux populations d'une même espèce vivant dans un même milieu présenteront des héritabilités différentes si les gènes déterminant le caractère sont plus polymorphes dans une population que dans l'autre.

L'héritabilité ne dit rien sur l'origine des différences entre populations

Une valeur d'héritabilité estimée dans une population donnée ne doit en aucun cas être utilisée pour tirer des conclusions sur l'origine de différences *entre* populations. Une différence entre les moyennes de deux populations peut être entièrement d'origine génétique, alors que l'héritabilité calculée au sein de chacune d'entre elles est nulle (cas de deux populations de clones) ; à l'inverse ce n'est pas parce que deux populations présentent chacune une héritabilité non nulle pour un caractère qu'une différence entre leurs moyennes sera d'origine génétique : cette différence peut entièrement provenir des conditions environnementales différentes entre les deux populations. Ainsi un changement de régime alimentaire et de conditions de vie modifie-t-il la taille moyenne des adultes d'une population, de même que le QI moyen d'une population est lié au taux de scolarisation.

Comment estimer l'héritabilité ?

L'approche générale pour estimer l'héritabilité d'un caractère consiste à mesurer la ressemblance entre des individus dont le degré d'apparentement est connu (clones, jumeaux monozygotes, parents-enfants, frères-sœurs, etc.), puis, par des statistiques appropriées, à traduire cette ressemblance en une valeur d'héritabilité. La justification intuitive de cette démarche est la suivante : plus la variabilité du caractère considéré est due à des facteurs génétiques, plus les individus apparentés vont se ressembler (ils ont plus d'allèles en commun que des individus quelconques de la population). Prenons l'exemple des traits du visage : le fait que deux frères se ressemblent plus que deux cousins, qui eux-mêmes se ressemblent plus que deux individus quelconques de la population, indique bien qu'une part de la variation des traits du visage a des causes génétiques.

Pourquoi l'estimation de l'héritabilité est-elle problématique, en particulier dans l'espèce humaine ?

Pour pouvoir attribuer la ressemblance entre apparentés aux seuls allèles qu'ils partagent, il faut exclure la possibilité d'une ressemblance causée par un éventuel environnement commun. C'est pratiquement très difficile. Même dans les cas *a priori* favorables d'espèces aquatiques à fécondation externe ou de plantes dont les graines sont dispersées par le vent, la quantité de ressources disponibles dans les œufs ou dans les graines dépend de l'état physiologique de la mère, ce qui crée un effet « milieu commun ».

Dans l'espèce humaine, plus sans doute que dans toute autre espèce, *la transmission culturelle s'ajoute à la transmission génétique*. Les ressemblances entre parents et enfants, ou entre frères et sœurs, pour des caractères comme le comportement alimentaire, la réussite scolaire, certains traits de personnalité, le comportement social, etc., proviennent, au moins en partie, de l'éducation et de l'imitation des parents par les enfants. *Cette confusion d'effets surestime l'héritabilité dans des proportions impossibles à connaître*. Pour s'affranchir de ce biais, il faudrait faire les mesures sur des individus placés dans des familles tirées au hasard, et le plus tôt possible après la naissance (en faisant l'hypothèse que la vie intra-utérine n'a pas d'influence, ce qui reste à prouver). De tels protocoles sont monnaie courante chez les plantes cultivées et les animaux d'élevage, mais sont bien sûr inenvisageables chez l'homme.

Dans le cas des caractères de comportement, les chiffres qui circulent sont exploités de manière récurrente à des fins idéologiques. Clamer par exemple que l'héritabilité du QI est de 50 % et en conclure que la « moitié de notre intelligence est due à nos gènes » est incohérent à plusieurs titres (indépendamment du glissement sémantique QI = intelligence et du fait que le QI n'est pas « un » caractère mais regroupe toute une série de composantes). Tout d'abord les effets du milieu commun sont ignorés. Ensuite une telle formulation impliquerait une baisse du QI de moitié si on annulait les

effets de tous les gènes qui influencent le QI, ce qui est absurde. Enfin et surtout, quelle que soit cette valeur, elle ne permet pas de déterminer, pour un individu particulier, les parts respectives des facteurs génétiques et environnementaux dans son propre QI.

A quoi sert l'héritabilité ?

Depuis un siècle l'héritabilité est utilisée en routine pour la sélection végétale et animale. C'est le coefficient qui permet de prédire le résultat de la sélection et de planifier rationnellement les expériences. Les biais de son estimation peuvent être minimisés par des protocoles *ad hoc*, impliquant des croisements contrôlés et des randomisations, avec l'aide de méthodes statistiques sophistiquées. C'est un concept dont l'utilité est indiscutable pour optimiser les schémas de sélection.

Dans l'espèce humaine ces protocoles sont inapplicables, et bien évidemment la question de la sélection ne se pose pas. Alors pourquoi chercher à estimer des héritabilités, dont on sait de surcroît qu'elles sont inévitablement biaisées ? En recherche médicale il est utile d'avoir une idée, même approximative, du poids des facteurs génétiques dans des pathologies majeures comme l'obésité, le diabète, les maladies cardio-vasculaires, les troubles psychiatriques, etc. avant de se lancer dans la quête des gènes responsables. Au-delà, que fait-on quand on observe dans une population que la variabilité d'une pathologie est en partie d'origine génétique ? Hors thérapie génique, qui ne peut concerner qu'un petit nombre de gènes à effet majeur, la réponse est d'adapter l'environnement pour permettre au patient de mener une vie aussi confortable que possible. Par exemple en cas de prédisposition génétique à l'hypertension artérielle, on combinera médicaments, régime pauvre en sel et hygiène de vie.

Et sur le sujet sensible des capacités cognitives ? La réponse n'est pas à rechercher dans l'héritabilité, même si l'on savait l'estimer correctement. Investir dans l'éducation du plus grand nombre ou dans celle d'individus à forte capacité supposée est un choix de société, qui ne doit en aucun cas chercher sa justification dans l'utilisation erronée, voire malhonnête, d'un concept développé à d'autres fins.

Dominique de Vienne,
avec l'aide de Philippe Brabant et de son esprit critique acéré.

Génétique quantitative et Evolution – Le Moulon
INRA–Université Paris-Sud–CNRS–AgroParisTech
Ferme du Moulon
91190 Gif-sur-Yvette
dominiquedevienne@inra.fr