Épistémologie du concept d'hétérosis

Nicolas Brault

▶ **To cite this version:**

Nicolas Brault. Épistémologie du concept d'hétérosis. Bulletin d'histoire et d'épistémologie des sciences de la vie , 2022, Volume 29 (2), pp.223-244. 10.3917/bhesv.292.0223 . hal-04212017

HAL Id: hal-04212017
https://hal.science/hal-04212017

Submitted on 22 Dec 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Epistémologie du concept d'hétérosis

Présentation de l'auteur : Nicolas Brault, Enseignant-chercheur en histoire et philosophie des sciences, Unité de recherche Interact (UP 2018.C102), Institut Polytechnique UniLaSalle.

RÉSUMÉ : Cet article vise à étudier d'un point de vue historique et épistémologique le concept d'hétérosis, afin de déterminer sa fonction opératoire au sein de la discipline de l'amélioration des plantes. Plus précisément, il s'agit d'adopter une approche internaliste de ce concept et de cette discipline, et notamment de la resituer dans l'histoire de la génétique, à laquelle ils sont étroitement liés. En effet, la question de l'amélioration des plantes a jusqu'ici été abordée essentiellement selon une approche externaliste, qui met l'accent sur ses dimensions politiques et économiques. Si cette approche est nécessaire, elle nous parait insuffisante, et les critiques émises contre la pertinence épistémologique du concept d'hétérosis et la réalité du phénomène qu'il désigne nous semblent en grande partie injustifiées.

ABSTRACT : This article aims to study the concept of heterosis from a historical and philosophical point of view, in order to determine its operational function within the discipline of plant breeding. More precisely, the aim is to adopt an internalist approach to this concept and this discipline, and in particular to resituate it in the history of genetics, to which it is closely linked. Indeed, the issue of plant breeding has so far been approached mainly from an externalist perspective, with an emphasis on its political and economic dimensions. While this approach is necessary, it seems to us insufficient, and the criticisms against the philosophical relevance of the concept of heterosis and the reality of the phenomenon it designates seem to us largely unjustified.

La notion d'amélioration des plantes constitue sans doute un des sujets les plus sensibles – pour ne pas dire sulfureux – de l'histoire et de la philosophie des sciences. D'emblée, il est intéressant de noter que cette notion recèle un double paradoxe : le premier paradoxe tient à la discipline elle-même et à la perception qu'en la société, particulièrement la société française. Ainsi, en 1970, Norman Borlaug reçoit le prix Nobel de la paix, « pour avoir donné un espoir fondé – la révolution verte[1] »[2] : le jury du prix Nobel reconnaissait ainsi le lien entre le fait que tout le monde puisse manger à sa faim et la construction d'un monde pacifique. Borlaug, considéré comme le père de la Révolution verte[3], a en effet créé dans les années 1950 de nombreuses variétés de blé à haut rendement (notamment Lerma Rojo 64 et Sonora 64) au Mexique permettant de tripler les rendements de cette céréale et d'assurer l'autonomie de ce pays en blé. Or, s'il pouvait paraître parfaitement légitime il y a cinquante ans d'honorer un sélectionneur, l'opinion publique, particulièrement en France, a changé radicalement d'opinion à ce sujet. D'après un certain nombre de témoignages concordants des sélectionneurs eux-mêmes[4], il devient de plus en plus difficile pour eux ne serait-ce que de dire (d'avouer ?) autour d'eux quelle est leur profession. Il n'est pas question ici de savoir pourquoi ni comment, mais la controverse autour des organismes génétiquement modifiés (OGM)[5] a sans doute joué un rôle majeur dans le basculement de l'opinion à ce sujet, et ce d'autant plus que Norman Borlaug a lui-même été le héraut de l'utilisation des OGM et des biotechnologies en général en agriculture, en critiquant vertement « le fanatisme antiscience »[6] qui justifierait d'après lui les prises de position anti-OGM. En France, les deux ouvrages de Christophe Bonneuil[7] ont largement contribué à la thèse selon laquelle les grandes entreprises semencières ou celles de l'agrochimie auraient opéré un hold-up sur les semences via les brevets et l'obligation de racheter des semences tous les ans afin de conserver la vigueur propre aux semences hybrides. Plus précisément, Jean-Pierre Berlan[8], tout comme Bonneuil, considèrent que le choix des hybrides aurait été effectué non pour des raisons biologiques ou génétiques, mais bien pour des raisons commerciales et économiques. En ce sens la sélection variétale, sous sa forme contemporaine des hybrides F1, serait le produit d'un choix historique, qui relèverait non d'une

[1] Le paradigme de la révolution verte, qui se met en place après la seconde guerre mondiale, se caractérise par quatre éléments essentiels : la sélection variétale de plantes à haut rendement, le recours aux intrants chimiques (engrais et pesticides), l'irrigation ainsi que la mécanisation agricole. Voir par exemple M. Mazoyer, L. Roudart, « AGRICULTURE - Histoire des agricultures depuis le XXe siècle », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 31/05/2022.

[2] The Nobel Peace Prize 1970. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2022. https://www.nobelprize.org/prizes/peace/1970/summary/ (consulté le 19/09/2022)

[3] Sur le positionnement de N. Borlaug comme figure de proue de la Révolution verte, voir J. Sumberg, D. Keeney, et B. Dempsey, « Public Agronomy: Norman Borlaug as 'Brand Hero' for the Green Revolution », *Journal of Development Studies* 48, n° 11 (novembre 2012): 1587‑ 1600.

[4] Témoignages personnels

[5] Pour une synthèse sur ce sujet qui a fait couler beaucoup d'encre, voir F. Chateauraynaud (dir.), « Les OGM entre régulation économique et critique radicale », Rapport du programme OBSOGM, ANR OGM, Paris: GSPR, 2010.

[6] N. E. Borlaug, « Ending World Hunger. The Promise of Biotechnology and the Threat of Antiscience Zealotry », *Plant Physiology* 124, 2, 2000, 487‑ 490.

[7] C. Bonneuil et F. Thomas, *Gènes, pouvoirs et profits Recherche publique et régimes de production des savoirs de Mendel aux OGM*, Paris, Editions Quae, 2009; C. Bonneuil, F. Thomas, et Olivier Petitjean, *Semences, une histoire politique: amélioration des plantes, agriculture et alimentation en France depuis la Seconde guerre mondiale*, Paris, C.-L. Mayer, 2012.

[8] Voir par exemple J.-P. Berlan, « L'industrie des semences, économie et politique », *Économie rurale*, 1983,158, n° 1, 18‑ 28.

logique interne à la sélection elle-même mais d'une logique externe liée à des enjeux politiques et économiques.

Cela nous conduit directement au second paradoxe : le phénomène majeur sur lequel repose l'amélioration des plantes, à savoir l'hétérosis[9], semble à ce jour inexpliqué dans ses mécanismes physiologiques ou génétiques ; à tel point que fleurissent régulièrement les annonces affirmant que le mystère aurait été résolu. Ainsi, un article[10] publié en 2019 annonce la bonne nouvelle : l'énigme génétique de l'hétérosis, vieille de plus d'un siècle, est enfin élucidée. En réalité, les auteurs dudit article[11] sont moins catégoriques et affirment avoir développé un modèle, fondé sur le modèle de la dominance physiologique de Sewall Wright, permettant de prédire l'amplitude de l'hérédité en se fondant sur les relations non-linéaires entre des traits phénotypiques. Plus précisément, une ligne de front semble opposer deux camps sur la réalité du phénomène d'hétérosis : d'un côté, de nombreux scientifiques travaillent sur le phénomène d'hétérosis, avec apparemment une progression assez nette des articles qui y sont consacrés,[12] et tentent de l'expliquer en recourant à différents types de cause (génétique, moléculaire, ou encore « omique » et notamment des causes protéomiques et métabolomiques) ; de l'autre, certains scientifiques, en particulier Jean-Pierre Berlan, considèrent que l'hétérosis n'existe pas et que ce concept procède en réalité d'une « mystification scientifique »[13] dont le seul objectif est de transformer « la vie en marchandise »[14].

La problématique centrale de cet article pourrait être formulée la façon suivante : l'hétérosis existe-t-elle ?

Cette problématique se décline en plusieurs sous-questions en fonction de la réponse adoptée : si l'hétérosis existe, comment expliquer que, de l'aveu même des généticiens, biologistes ou agronomes qui travaillent sur ce sujet, ses mécanismes génétiques ou physiologiques restent à ce jour globalement inexpliqués ? Comment est-il possible que ce phénomène, connu depuis plus d'un siècle, ne soit pas encore expliqué malgré les progrès considérables qui ont eu lieu notamment en biologie et en génétique depuis l'invention de ce concept au début du XXe siècle ?

[9] Pour montrer l'importance du phénomène d'hétérosis dans l'amélioration variétale, on peut constater par exemple qu'André Gallais, dans son ouvrage sur la théorie de la sélection, fait figurer le « phénomène d'hétérosis » au tout début de son ouvrage, juste après la définition de l'amélioration variétale. Voir A. Gallais, *Théorie de la sélection en amélioration des plantes*, Paris, Masson, 1990.

[10] D.R. Govindaraju, « An Elucidation of over a Century Old Enigma in Genetics—Heterosis », *PLOS Biology*, 2019, 17, 4.

[11] François Vasseur et al., « Nonlinear Phenotypic Variation Uncovers the Emergence of Heterosis in Arabidopsis Thaliana », *PLOS Biology*, 2019, 17, n° 4.

[12] Une recherche sur Pubmed, via l'outil développé par Dan Corlan, permet de montrer qu'il y avait 308 articles avec le mot « hétérosis » dans le titre et/ou le résumé et/ou l'article en 2021, contre 110 en 2011 : cela représente respectivement 17 articles pour 100 000 articles publiés dans la base Medline en 2021 (les chiffres sont similaires en 2019 et 2018 contre environ 10,7 pour 100 000 en 2011. Il conviendrait bien sûr de faire une étude bibliométrique plus approfondie, mais cela donne une indication. Voir Alexandru Dan Corlan. Medline trend: automated yearly statistics of PubMed results for any query, 2004. Web resource at URL:http://dan.corlan.net/medline-trend.html. Consulté le 21/09/2022.

[13] J.-P. Berlan, « De l'agronomie mercenaire à l'agronomie libératrice », *Études rurales*, 2011, n° 187, 131‑56.

[14] J.-P. Berlan, « Hybrid Corn and the Unsettled Question of Heterosis », *Journal of Genetics*, 2018, 97, n° 5, 1075‑1082.

A l'inverse, si l'hétérosis n'existe pas, comment expliquer à la fois les gains massifs de rendement dans l'agriculture[15] et le fait que la très grande majorité des sélectionneurs et des agronomes soient convaincus de son existence, d'autant que repose sur lui une bonne partie de l'agriculture moderne et de l'industrie de la sélection variétale, dont les enjeux économiques et financiers sont colossaux[16] ?

Pour répondre à ces questions, cet article comporte trois parties : tout d'abord, il s'agira d'étudier la définition actuelle du concept d'hétérosis et de comprendre quelle réalité les généticiens et les sélectionneurs désignent à travers ce concept, c'est-à-dire de déterminer à la fois la compréhension et l'extension de ce concept. Quelques explications de ce phénomène seront aussi examinées. Dans une deuxième partie sera retracé l'historique de la définition de ce concept jusqu'à l'œuvre fondatrice de Shull, définition qui sera mise avec celle du concept jumeau de l'hétérosis : le concept de « vigueur hybride ». Dans une troisième partie sera étudiée la critique, que l'on peut qualifier de radicale, effectuée par Berlan de ce concept, qu'il considère comme une mystification et qui, selon lui, ne repose sur aucun fondement scientifique. Nous tenterons de répondre aux critiques de Berlan en montrant que si le constat dressé par Berlan nous parait sur de nombreux points justifié, nous considérons néanmoins que les conclusions qu'il en tire sont fausses.

Cet article vise ainsi à identifier la « fonction opératoire »[17] de ce concept au sein de l'amélioration des plantes, mais aussi à montrer que les débats autour des mécanismes de l'hétérosis reflètent aussi bien l'évolution des connaissances en biologie que les multiples débats qui la traversent, débats que les progrès accomplis ont eu pour effet de multiplier.

Enfin, la conclusion sera consacrée à l'élucidation d'un autre mystère : pourquoi la philosophie des sciences, et dans une moindre mesure l'histoire des sciences[18], ne s'est-elle pas intéressée, ou très peu, à ce concept mais aussi plus généralement à l'histoire et à l'épistémologie de l'amélioration des plantes, qui semble pourtant constituer a priori un sous-domaine important de l'histoire et de la philosophie de la biologie, qui pourrait vraisemblablement enrichir les questionnements propres à cette discipline aujourd'hui très riche ?

Notre thèse est la suivante : si l'amélioration des plantes n'a été que très peu étudiée par les philosophes des sciences, c'est essentiellement pour deux raisons. La première raison est interne à

[15] L'Académie d'Agriculture de France estime que le rendement en blé a été multiplié par 5 entre 1945 et 1995, passant d'environ 15 q/ha à 70 q/ha : la sélection constitue bien sûr un facteur parmi d'autres avec la mécanisation et le recours aux intrants.Voirhttps://www.academie-agriculture.fr/sites/default/files/publications/encyclopedie/01.02.r02_rendt_ble_tendre_france_1815_2020.pdf, consulté le 21/09/2022

[16] A titre indicatif, le seul secteur semencier en France, qui compte 73 entreprises implantées en France, a généré 3,6 milliards de chiffre d'affaires en 2021, ce qui fait de la France le 1er producteur européen et le 1er exportateur mondiale de semences. Voir https://www.ufs-semenciers.org/wp-content/uploads/2021/11/UFS-Rapport-dactivite-2020-2021_reduit.pdf, consulté le 21/09/2022.

[17] G. Canguilhem, « Le concept et la vie », *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Problèmes & Controverses, 3ème édition, Paris, Vrin, 1975, p. 335-364.

[18] Le seul ouvrage à notre connaissance consacré à l'histoire de l'amélioration variétale, du point de vue notamment des technologies mobilisées et de leurs promesses, est celui d'Helen Anne Curry : H. A. Curry, *Evolution Made to Order: Plant Breeding and Technological Innovation in Twentieth-Century America* (Chicago London: The University of Chicago press, 2016).. Il faut aussi mention deux ouvrages consacrés à l'histoire du « plant breeding », mais dont les ne sont pas à proprement parler historiens des sciences : N. Kingsbury, *Hybrid: The History and Science of Plant Breeding*, Chicago, University of Chicago press, 2009; R. H. J. Schlegel, *History of Plant Breeding*, Boca Raton (Floride),CRC press, 2018.

l'amélioration des plantes et tient au statut épistémologique ambigü, entre science et technique, de cette discipline, au même titre que l'agronomie dont elle fait partie : cela peut expliquer en partie pourquoi l'explication des mécanismes de l'hétérosis n'est pas décisive pour un sélectionneur, l'essentiel étant que cela fonctionne. La seconde raison est externe à la discipline de l'amélioration des plantes : celle-ci fait en effet partie d'un complexe plus large qui est celui de l'agro-industrie, ce qui explique en partie pourquoi leurs histoires respectives sont étroitement liées, comme le montrent Berlan, Lewontinou encore Allen Garland[19]. Cette étroite imbrication d'enjeux biologiques, agronomiques, économiques et politiques favorise les approches externalistes de cette discipline, ce qui peut avoir pour effet de minorer voire d'enfouir sous les controverses et les polémiques les problèmes conceptuels propres à cette discipline, dont l'intérêt épistémologique est pourtant certain. En somme, il s'agit ici d'esquisser une histoire épistémologique internaliste de l'amélioration variétale et de son concept-clé, l'hétérosis.

1. DEFINITION CONTEMPORAINE DE L'HETEROSIS.

Tout d'abord, il convient donc de définir ce que les généticiens et les sélectionneurs entendent par la notion d'hétérosis, ces deux catégories professionnelles n'ayant en effet pas la même définition du fait qu'ils n'en font pas le même usage. L'ouvrage[20] d'André Gallais[21], consacré explicitement à l'hétérosis et aux variétés hybrides en amélioration des plantes, nous servira ici de livre de référence. De façon très simple, l'hétérosis se définit selon lui comme « l'augmentation de vigueur observée au niveau de la descendance du croisement entre deux individus génétiquement éloignés »[22]. Cette définition semble d'emblée très vague : que signifie dans ce contexte la notion de vigueur ? A quels caractères ou à quels phénomènes cette vigueur s'applique-t-elle ? Gallais précise que l'hétérosis « correspond à la supériorité de l'hybride par rapport au meilleur parent »[23]. De nouveau, la notion de supériorité semble assez vague du fait que les critères de supériorité ne sont pas précisés.

Cette définition étant située dans l'avant-propos, Gallais précise par la suite ce qu'il entend par hétérosis. Il dit ainsi que « les généticiens et surtout les sélectionneurs ont défini l'hétérosis, pour un caractère donné, comme la supériorité HPmax de l'hybride par rapport au meilleur de ses parents (quelquefois appelé hétérobeltiosis) », soit la formule « HPmax = F1 – Pmax », « F1 représentant la valeur de l'hybride et Pmax la valeur du meilleur parent »[24], le H renvoyant vraisemblablement à

[19] Voir J.P. Berlan et R.C. Lewontin, « Technology, Research, and the Penetration of Capital: The Case of U.S. Agriculture », *Monthly Review*, 1986, 38, n° 3, 21-35; R. Levins, R.C Lewontin, *The Dialectical Biologist*, Cambridge; London, Harvard University Press, 1985; Garland E. Allen, « Origins of the Classical Gene Concept, 1900–1950: Genetics, Mechanistic, Philosophy, and the Capitalization of Agriculture », *Perspectives in Biology and Medicine*,2014, 57, n° 1, 8- 39.

[20] A. Gallais, *Hétérosis et variétés hybrides en amélioration des plantes*, Synthèses, Versailles, Éditions Quae, 2009.

[21] Il faut préciser ici qu'A. Gallais, professeur émérite à AgroParisTech, peut être considéré comme le grand théoricien de l'amélioration variétale en France, ainsi qu'un des plus fervents défenseurs de l'utilisation des biotechnologies dans le domaine végétal. Il a notamment occupé la Chaire de génétique végétale de l'Institut National agronomique (ancêtre de l'INRAe). A ce sujet voir C. Bonneuil et F. Thomas, *op.cit.*, notamment le chapitre 8.

[22] A. Gallais, *op.cit.*, p. VII.

[23] *Ibid.*

[24] A. Gallais, *op.cit.*, p. 4-6

l'hétérosis. Cette hétérosis est ce que Gallais appelle l'hétérosis « meilleur parent » ou « hétérosis du sélectionneur »[25], qu'il considère comme « la définition la moins ambiguë de l'hétérosis » : il s'agit en effet de prendre la valeur d'un trait ou d'un caractère (par exemple, la surface foliaire ou le nombre de rangées dans un épi, etc.) : si la valeur de ce caractère est supérieure chez les descendants par rapport à ce qu'elle est chez le meilleur parent, alors il y a hétérosis, hétérosis qui peut être quantifiée : si l'hybride F1[26] comporte par exemple 24 rangées de graines (pour un épi de maïs) alors que le meilleur parent (c'est-à-dire celui qui comportait le plus de rangées parmi la population de plants de maïs) n'en comportait que 8, l'HPmax est égale à 24 -8, soit 16. Mais il existe une autre définition de l'hétérosis, appelée « l'hétérosis 'parent-moyen' » et qui est l'hétérosis du « généticien quantitativiste »[27]. En effet, « pour les études de génétique quantitative et le traitement statistique de l'hétérosis, l'écart HPmoy entre la valeur de l'hybride et la moyenne des deux parents est plus simple à considérer : HPmoy = F1 – (P1 + P2)/2, P1 et P2 représentant les valeurs des parents. Ainsi, dans notre exemple, si le parent 1 a 12 rangées de graines et le parent 2 8 rangées de graines, et F1 toujours 24 rangées, HPmoy est égale à 24 – 10, soit 14[28]. Gallais mentionne aussi « l'hétérosis économique », « qui correspond à l'écart en valeur absolue ou en valeur relative, entre la valeur des meilleures F1 et la valeur des meilleurs parents » et qui « est la seule expression de l'hétérosis qui permette au sélectionneur d'avoir une vision sur l'intérêt des hybrides par rapport aux lignées au sein d'une espèce améliorée »[29].

Cette définition appelle deux commentaires, étroitement liés : le premier est qu'il s'agit là d'une définition purement quantitative. Gallais souligne d'ailleurs que « la définition de l'hétérosis donnée par Shull n'[était] pas suffisamment précise pour permettre une quantification du phénomène d'hétérosis »[30]. Or, pour lui, l'essentiel dans ces formules réside précisément dans le fait qu'elles permettent une quantification de l'expression de l'hétérosis, quantification qui peut avoir d'emblée des implications économiques, comme dans l'hétérosis économique. Il est d'ailleurs intéressant de constater qu'en fonction de la personne qui étudie l'hétérosis et du but poursuivi par ladite personne, la formule n'est pas identique, ce qui pose question quant à la généralité d'une telle formule qui se présente tout de même sous la forme d'une loi, via sa formulation sous la forme d'une relation entre des variables. On n'imagine pas que la formule de la vitesse (V=D/T) puisse être différente en fonction de qui l'utilise, par exemple un physicien et un pilote d'avion. Le deuxième point important est que cette quantification ne porte en réalité que sur des caractères phénotypiques, et ne désigne explicitement aucune réalité génétique ni ne fait d'hypothèse génétique. C'est ce que confirme Gallais : « l'hétérosis, dans son acception la plus générale, est donc défini au niveau phénotypique,

[25] *Ibid.*
[26] Le F1 de l'hybride F1 signifie "first Filial generation » (F2 pour second Filial generation). Il désigne la première génération d'un croisement entre deux variétés.
[27] *Ibid.*
[28] En réalité, l'hétérosis se mesure plutôt en pourcentage.
[29] A. Gallais, *op.cit.*, p. 5.
[30] A. Gallais, *op.cit.*, p. 4.

sans hypothèse génétique »[31]. En réalité, dans son précédent ouvrage sur la théorie de la sélection, Gallais se montrait moins prudent et considérait que deux causes expliquaient essentiellement le phénomène d'hétérosis : la dominance et la superdominance. Presque vingt ans plus tard, il se montre plus prudent et ne fait plus d'hypothèses sur les causes de l'hétérosis : en effet, les débats continuent de faire rage sur ce sujet et aucun consensus ne s'est véritablement dégagé, malgré les proclamations récurrentes quant au fait que le mystère aurait enfin été résolu[32]. De fait, dans la communauté de ceux qui travaillent sur ce sujet, le ton est en général moins enthousiaste : ainsi, lors d'un symposium international organisé en 1997par le CIMMYT[33], c'est-à-dire le *Centre international d'amélioration du maïs et du blé,* de nombreux spécialistes a priori parmi les plus compétents sur le sujet, reconnaissent ne comprendre « vraiment pas grand-chose à la génétique, à la physiologie, la biochimie et aux bases moléculaires de la vigueur hybride » [34]. Selon eux, très peu de progrès ont été faits depuis la conférence sur l'hétérosis qui a eu lieu en 1950[35] et considèrent même que « les bases génétiques exactes de l'hétérosis ne seront peut-être jamais connues ni comprises ». En 1950, en effet, le célèbre biologiste et généticien T. Dobzhansky, dans un article consacré à « la nature et l'origine de l'hétérosis » écrivait déjà que « l'exploitation de l'hétérosis chez les plantes et les animaux cultivés est à ce jour de loin la plus importante application de la science de la génétique dans la pratique agricole. Il est donc regrettable que peu d'études réalisées jusqu'à présent sur l'hétérosis aillent au-delà d'observations et de descriptions grossièrement empiriques, et que peu d'efforts soient faits pour comprendre les causes sous-jacentes du phénomène »[36]. En d'autres termes, plus d'un siècle après l'invention du concept d'hétérosis par Shull, si de nombreux progrès ont été faits, le mécanisme ou les causes sous-jacentes de ce phénomène sont encore largement débattues. Il est temps à présent de revenir sur ce moment fondateur de l'histoire des sciences.

.

2. HISTOIRE ET EPISTEMOLOGIE DE L'HETEROSIS :

L'historique de la notion d'hétérosis est bien connu et très facile à retracer. Contrairement à la notice Wikipedia qui fait remonter cette notion au grec ancien signifiant le « changement »[37] (sic), le mot hétérosis est en réalité un néologisme forgé, lors d'une conférence à Göttingen en 1914, par le

[31] A. Gallais, *op.cit*., p. 5.
[32] D.R. Govindaraju, *op.cit*..
[33] CIMMYT signifie en espagnol *Centro internacional de mejoramiento de maiz y trigo*. Ce centre est issu d'un programme pilote financé par le gouvernement mexicain et la fondation Rockefeller dans les années 1940-1950 afin d'améliorer la productivité de l'agriculture mexicaine. Voir https://www.cimmyt.org/about/our-history/ , consulté le 25/09/2022.
[34] CIMMYT, « Book of Abstracts. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops; An International Symposium » Mexico city, Mexique, CIMMYT, 1997. Ces extraits sont cités dans J.-P. Berlan (2008), *op.cit*..
[35] Voir J. W. Gowen, éd., *Heterosis: A Record of Researches Directed toward Explaining and Utilizing the Vigor of Hybrids* Ames (Iowa), Iowa State College Press, 1952. Le chapitre 2 de cet ouvrage est écrit par Shull et porte sur les débuts du concept d'hétérosis.
[36] T. Dobzhansky, « Nature and Origin of Heterosis", dans J.W. Gowen, *op.cit*., chapitre 13, 218-223, p. 218. Voir aussi du même auteur sur l'hétérosis chez la mouche drosophile : T.Dobzhansky, « Genetics of Natural Populations. XIX. Origin of Heterosis through Natural Selection in Populations of Drosophila Pseudoobscura », *Genetics* 35, n° 3, 1950.
[37] https://fr.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9t%C3%A9rosis, consulté le 21/09/2022.

généticien George H. Schull, « pour remplacer le mot peu commode [« *cumbersome* »] d'hétérozygotie »[38]. Ce mot vient décrire le phénomène décrit par East et Hayes en 1912 : « La diminution de la vigueur due à la consanguinité des espèces naturellement fécondées par croisement et l'augmentation de la vigueur due au croisement des espèces naturellement autofécondées sont des manifestations d'un même phénomène. Ce phénomène est l'hétérozygotie. Le croisement produit l'hétérozygotie dans tous les caractères par lesquels les plantes parentales diffèrent. La consanguinité tend à produire automatiquement l'homozygotie »[39]. Ce double phénomène avait en réalité été déjà aperçu en 1876 par Charles Darwin : « … la fécondation croisée est généralement bénéfique, et l'autofécondation préjudiciable. Cela est démontré par la différence de hauteur, de poids, de vigueur constitutionnelle et de fertilité de la progéniture issue de fleurs croisées et autofécondées, ainsi que par le nombre de graines produites par les plantes mères... »[40]. L'idée est donc présente au moins dès la deuxième moitié du XIXe siècle[41], et East et Hayes ne font que lui donner une réalité en le nommant « hétérozygotie », mot dont l'apparition est elle-même récente, puisqu'il ne serait apparu en langue anglaise qu'en 1902 sous la plume de Bateson[42], en relation avec la redécouverte des textes de Gregor Mendel. Gayon note ainsi que Bateson propose en 1902 un « vocabulaire nouveau » et que ces termes d'hétérozygotes et d'homozygotes visent à remplacer ceux « d'hybrides et de types purs ». Gayon poursuit : « ces termes furent très vite adoptés, non pas pour leur ésotérisme (il en existait une foule d'autres), mais parce qu'ils exprimaient une rupture très claire avec la vision raciale de l'hérédité » car ils avaient une connotation « cytologique, et non taxinomique »[43].

Pourquoi alors Shull décide-t-il de le renommer en « hétérosis » ? Est-ce seulement pour des raisons esthétiques comme il le prétend en remplaçant le mot hétérozygotie par un mot plus simple et plus élégant ? En réalité, Shull le fait plutôt pour une raison à la fois historique et épistémologique. Shull entend en effet s'inscrire dans la lignée de Wilhelm Johannsen, le botaniste et généticien danois passé à la postérité pour avoir, entre autres, « proposé en 1909 » les termes « phénotype, biotype, gène, génotype, etc. » et avoir ainsi contribué à « la précision, la clarté et la stabilité de la terminologie de la génétique moderne »[44]. Or, comme il l'avoue lui-même, il a été « le premier généticien anglophone à adopter et promouvoir l'usage » de ces « propositions terminologiques brillamment conçues » par Johannsen. La génétique étant encore naissante au début du XXe siècle, un certain nombre de ses concepts commençaient ainsi à apparaitre. Shull entend ainsi s'inscrire lui-même dans

[38] G. H. Shull, « What Is "Heterosis"? », *Genetics*, 1948, 33, n° 5, 439- 46.
[39] E. M. East et H. K. Hayes, « Heterozygosis in Evolution and in Plant Breeding », *Bulletin (United States. Bureau of Plant Industry)*, 1912, n° 243. Nous traduisons
[40] C. Darwin, *The Effect of Cross and Self Fertilization in the Vegetable Kingdom*, Londres, Charles Murray, 1876. Nous traduisons.
[41] East et Hayes citent les travaux du botaniste Kölreuter de 1763 comme fondateurs, qui serait d'après eux cités par Darwin. Voir East et Hayes, *op.cit.*, p. 8
[42] W. Bateson et E. R. Saunders, « Experimental Studies in the Physiology of Heredity », *Reports to the Evolution Committee of the Royal Society*, 1901, Report 1, Londres, Harrison et Sons, 1902, 1-160. Cité dans J. Gayon, *Darwin et l'après Darwin: une histoire de l'hypothèse de sélection naturelle*, Histoire des idées, théorie politique et recherches en sciences sociales, Paris, Editions Kimé, 1992.
[43] Gayon (1992), *op.cit.*, p. 284
[44] Shull (1948), *op.cit.*, p. 439

cette histoire de la génétique naissante en proposant un concept dont l'utilité peut être mesurée par le succès qu'il a rencontré auprès des sélectionneurs mais aussi des généticiens. Néanmoins, Shull considère que la vraie raison qui l'a poussé à proposer ce concept d'hétérosis en lieu et place de celui d'hétérozygotie est une raison épistémologique. En effet, Shull fait sienne la formule de Johannsen selon laquelle « *das Wort 'Gen' ist vollig frei von jeder Hypothese* », ce qui explique pourquoi Johannsen choisit ce terme plutôt que celui de « pangène » utilisé par Darwin. En d'autres termes, si Shull choisit ce mot, c'est parce qu'il est, comme le mot gène, libre de toute hypothèse : « Les mots 'homozygote' et 'hétérozygote' étaient déjà utilisés de manière générale en référence à des gènes mendéliens appariés, de sorte que la partie 'zygose' du mot 'hétérozygose' semblait impliquer que les différences effectives qui se traduisaient par une augmentation de la taille, de la vitesse de développement, etc. dans les organismes croisés étaient uniquement dues à des gènes mendéliens hétérozygotes, une opinion que je souhaitais éviter»[45]. En ce sens, le mot hétérosis désigne « un ensemble de phénomènes observables pour lesquels tout étudiant ultérieur était libre de proposer sa propre explication sans pour autant être obligé d'abandonner le mot 'hétérosis' »[46].

Pourtant, si dans cet article, dont le titre porte précisément sur ce qu'est l'hétérosis, Shull explique plutôt pourquoi et comment il a inventé ce concept qu'il ne le définit vraiment. En réalité, la définition qu'il donne de l'hétérosis se trouve dans un texte de 1952 : « l'accroissement de vigueur, de taille, de fertilité, de vitesse de développement, de résistance aux maladies et aux insectes, ou aux adversités climatiques de toutes sortes, manifesté par les organismes issus de croisement par rapport aux individus consanguins dont ils dérivent »[47]. En somme, là aussi, l'hétérosis se définit avant tout et même uniquement par un « accroissement » (« *increase* ») d'un trait ou d'un caractère, quel qu'il soit, et est donc un phénomène visible et observable, mais qui est mesuré ou décrit uniquement en termes quantitatifs, en relation avec le même caractère quantitatif chez les parents de l'organisme. En d'autres termes, on retrouve, mais sans la formule mathématique, peu ou prou la même définition que celle qu'en donne Gallais plus d'un demi-siècle plus tard.

Une question reste en suspens : sur quoi porte l'hypothèse, qui serait induite par la notion d'hétérozygotie ? Cette hypothèse renvoie explicitement aux lois de Mendel et l'idée de Shull est de laisser la possibilité ouverte que l'explication de la vigueur hybride ne soit pas ou pas complètement mendélienne : « J'ai proposé le mot "hétérosis" pour couvrir les phénomènes réels et observables et j'ai précisé qu'il était destiné à inclure les cas dans lesquels les différences effectives entre les gamètes qui s'unissent peuvent être dues à autre chose qu'aux gènes mendéliens, ainsi que les différences causées par ces gènes mendéliens »[48]. Autrement dit, Shull souhaitait s'en tenir au visible, à l'observable et donc à l'empirique : selon lui, « l'existence d'une 'stimulation' ou d'une 'augmentation de vigueur'

[45] Shull (1948), *op.cit.*, p. 440. Nous soulignons
[46] *Ibid.*
[47] G.H. Shull, « Beginnings of the heterosis concept », dans J.W. Gowen, *op.cit.*, chapitre 2, 14-48, p. 48.
[48] Shull (1948), *op.cit.*, p. 441.

n'est découverte que lorsqu'elle est traduite en phénomènes visibles et observables »[49] et il considérait qu'il est « absolument nécessaire de faire une distinction nette entre les faits et la théorie qui en découle. Nous devons toujours tenir compte des faits empiriques, tandis que la théorie peut se révéler inadéquate. Il est très possible que l'on trouve encore d'autres bases aux phénomènes d'hétérosis et de consanguinité »[50]. Ainsi, Shull soutient « que l'hétérosis n'est pas un phénomène unitaire, mais une série complexe de phénomènes pour lesquels on ne peut pas supposer qu'une cause ou un mécanisme unique s'applique à tous les cas »[51]. Shull propose d'ailleurs au moins six hypothèses[52], qui ne sont pas mendéliennes, pour expliquer le phénomène d'hétérosis, ces six « causes » n'étant pas « mutuellement exclusives ». Il précise enfin que « toute tentative de restreindre l''hétérosis' à l'une de ces causes possibles d'augmentation de la vigueur dans les organismes croisés rendrait le terme hétérosis relativement inutile et ce serait un malheur pour la cause de la stabilité de la terminologie génétique »[53]. En d'autres termes, Shull considère que ce terme d'hétérosis est utile en génétique, même si on ne connait pas le mécanisme ou les causes du phénomène qu'il désigne, et qu'il doit être conservé autant pour cette utilité, liée à son absence d'engagement théorique, que pour ne pas porter atteinte au vocabulaire de la science génétique.

Pour conclure sur cette histoire épistémologique de l'hétérosis, un point important relativement au positionnement épistémologique de Shull mérite d'être précisé : en effet, en insistant sur le caractère visible et observable de l'hétérosis, sur sa mesure quantitative, et en précisant que ce concept d'hétérosis doit rester libre de toute hypothèse quant à ses mécanismes ou à ses causes, Shull s'inscrit en réalité dans la tradition phénoménaliste des biométriciens[54]. Il dit ainsi en 1952 qu'au moment où il a forgé le concept d'hétérosis, « il était un fervent avocat du slogan des premiers biométriciens : *Ignoramus, in hoc signo laboremus* »[55]. Cette citation, qui semble signifier « Nous ne savons pas, nous allons travailler sur ce signe » et qui serait attribuable à Darwin[56], apparait en réalité sur le frontispice du premier numéro de la revue *Biometrika*, sous une photo de Darwin : il s'agit donc en quelque sorte du slogan de cette célèbre revue, fondée en 1901 par W. F. R. Weldon et K. Pearson, avec pour « *consultant editor* » Francis Galton[57]. Ce phénoménalisme et cette allégeance à la biométrie de Shull sont intéressants pour comprendre plus précisément le concept d'hétérosis, d'autant que le conflit entre biométriciens et mendéliens faisait rage dans la première moitié du XXe siècle[58]. Il permet peut-être

[49] *Ibid.*
[50] Shull (1948), *op.cit.*, p. 441
[51] Shull (1948), *op.cit.*, p. 443
[52] Shull (1948), *op.cit.*, p. 444-445
[53] Shull (1948), *op.cit.*, p. 445
[54] Sur la biométrie et le phénoménalisme, voir par exemple : Jean Gayon, « Karl Pearson ou les enjeux du phénoménalisme dans les sciences biologiques vers 1900 », in Jean Gayon, Richard M. Burian, et Marie-Claude Lorne, éd., *Conceptions de la science: hier, aujourd'hui, demain: hommage à Marjorie Grene*, Bruxelles, Ousia, 2007, p. 9-19.
[55] Shull (1952), *op.cit.*, p. 20
[56] Nous n'avons malheureusement pas trouvé la source de cette citation chez Darwin.
[57] D. R. Cox, « Biometrika: The First 100 Years », *Biometrika* 88, n° 1, 2001, 3‑ 11.
[58] Sur ce sujet, voir par exemple Gayon (1992), *op.cit.*,

aussi d'expliquer la thèse radicale de Berlan, selon laquelle l'hétérosis ne serait qu'une mystification, sans fondement théorique, thèse qu'il convient à présent d'examiner.

3. LE MYTHE DE L'HETEROSIS SELON BERLAN : PRESENTATION ET CRITIQUES

La critique de Berlan apparait en effet comme radicale, et ce en un double sens : elle est d'abord radicale car elle porte sur la racine même du concept d'hétérosis, tant d'un point de vue historique que scientifique, en remontant aux origines de ce concept et au contexte historique, politique et économique dans lequel il a été forgé. Mais elle est radicale aussi au sens où elle critique tous les aspects de ce concept, tant la définition que les explications qui en sont données par Shull ou par les autres partisans de l'hétérosis. Néanmoins, ce que Berlan propose est en réalité une critique de l'économie politique de l'hétérosis, et non une critique épistémologique du concept d'hétérosis. Et pour lui, il y a clairement une continuité entre l'hétérosis et les OGM actuels, le but ultime étant de privatiser le vivant et de le transformer en marchandise. La manière dont Shull raconte l'histoire n'est ansi qu'une justification a posteriori d'un système dont il peut tirer profit, celui qui voit « le remplacement d'une méthode de sélection utile pour l'agriculteur mais sans profit pour le sélectionneur par une méthode de sélection inutile voire nuisible pour l'agriculteur mais profitable pour le sélectionneur. Les scientifiques amnésiques réécrivent l'histoire à leur profit »[59]. Or, pour lui, les « scientifiques unanimes, agronomes, sélectionneurs, généticiens, économistes et autres » mènent en réalité une « guerre au vivant »[60], et dans cette guerre, le concept d'hétérosis joue un rôle fondamental et fondateur de « mystification » : « puisque toutes les plantes sont génétiquement identiques, le sélectionneur transforme le champ du paysan en machine à *autoféconder le maïs*, c'est-à-dire à le détruire. L'agriculteur ne peut semer le grain récolté. Le sélectionneur remplace *des variétés libres* (une variété conservant ses caractères en moyenne d'une génération à la suivante, l'agriculteur peut semer le grain récolté) par des *clones captifs ou propriétaires* (que l'agriculteur ne peut ressemer). Ce qu'il fallait impérativement mystifier. »[61]

C'est pourquoi Berlan considère l'hétérosis comme reposant sur « des sables mouvants théoriques »[62] et Schull comme un mystificateur : Shull serait ainsi uniquement soucieux de sa propre gloire[63]. Il aurait même passé avec East un « accord secret » en 1910 afin de neutraliser les « travaux britanniques » de Bruce, Keeble et Pellew qui montraient *« théoriquement* et *expérimentalement* que la dominance mendélienne explique les mystères de l'hybridité, et que, par conséquent *il est inutile de cloner le maïs pour l'améliorer* »[64]. En réalité, pour Berlan, le problème réside dans le fait que ce qu'il

[59] Berlan (2018), *op.cit.*, p. 62. En réalité, il parle ici de Hallett et non de Schull.
[60] Berlan (2018), *op.cit.*, p. 64.
[61] Berlan (2018), *op.cit.*, p. 65.
[62] Berlan (2018), *op.cit.*,
[63] Shull dit dans une lettre adressée à East en 1908 qu'il aurait « pu élever un monument à [soi]-même qui serait digne de s'élever au niveau des meilleurs travaux biologiques des temps récents ». Cité dans Berlan (2018), *op.cit.*,
[64] Berlan (2005), *op.cit.*, p. 66. C'est Berlan qui souligne. A la lecture de l'histoire du concept d'hétérosis et des nombreux mécanismes avancés depuis plus d'un siècle pour expliquer l'hétérosis, nous doutons que les travaux des chercheurs anglais aient prouvé que la dominance mendélienne explique les mystères de l'hybridité.

appelle le « clonage » opéré par Shull, via la production de « lignées pures »[65], non seulement sert les intérêts du sélectionneur, et donc « du capital »[66], mais ne peut surtout servir à lui seul à l'amélioration des plantes ; en effet, le nombre de lignées pures c'est-à-dire, selon ses termes, « le nombre de clones obtenu en combinant ces lignées deux à deux » serait « astronomique »[67], et donc impossible à mettre en pratique par les sélectionneurs. Dès lors, Berlan peut soutenir que « tous les gains [en rendement] de ces 65 dernières années sont dus à la sélection massale et aucun n'est dû à l'hétérosis »[68] : les sélectionneurs n'auraient en réalité pas écouté Shull, et auraient continué à utiliser la sélection massale (c'est-à-dire le fait de choisir les reproducteurs en fonction de leurs performances propres et non de celles de leurs descendances, comme dans le cas de la sélection artificielle des chiens par exemple) plutôt que de jouer sur la vigueur hybride. En d'autres termes, il s'agit de « faire prendre la vessie de l'expropriation pour la lanterne de l'amélioration »[69]. C'est pourquoi, pour Berlan, l'hétérosis de Shull relève au mieux de la « mystification »[70] et de « l'ésotérisme »[71], au pire de la « manipulation orwellienne du vocabulaire »[72].

Il peut sembler a priori difficile de répondre à ces critiques, tant elles forment un bloc compact qui inclut aussi bien les concepts-clés de l'amélioration des plantes que tous les acteurs du complexe agro-industriel, et ce sur une durée de plus d'un siècle, où, des premiers sélectionneurs professionnels comme Hallett jusqu'aux OGM, la continuité est pleine et entière. Pourtant, un certain nombre de points nous semblent importants à relever. Tout d'abord, il est intéressant de noter qu'il existe une certaine continuité historique entre les réticences vis-à-vis de ce concept d'hétérosis et celles vis-à-vis de son synonyme, celui de « vigueur hybride ». En effet, la notion de « vigueur hybride » apparaît elle aussi, dans sa définition comme dans son historique, entourée d'une brume de mystère et de transgression. Ainsi d'après Berlan, dans un appendice[73] intitulé « *Vocabulary matters* », l'étymologie du mot « hybride » est la suivante : il viendrait du latin « *ibridus* », qui signifie « de sang mêlé » (« *of mixed blood* ») et du grec « *hubris* », qui signifie « exubérance ou excès ». D'après le Centre national de ressources textuelles et lexicales (CNRTL), le mot serait ainsi apparu en français en 1596 sous la forme « *ibride* » chez le lexicographe et linguiste Hulsius (1550-1606)[74] : néanmoins, d'après le CNRTL, la « graphie *hybrida* », qu'on trouve par exemple chez Horace, « a sans doute été influencée par un faux rapprochement littéraire » avec le grec « hubris ». Autrement dit, la référence à l'excès, ou la démesure ou encore la violence qui serait constitutive de la notion d'hybride serait le produit d'un

[65] Le concept de « lignée pure », si important dans l'histoire la génétique, mais aussi de l'amélioration des plantes, est aussi tardif : il apparait sous la plume de Johannsen en 1902. Voir Gayon, *op.cit.*, p. 268
[66] Berlan (2005), *op.cit.*, p. 65.
[67] *Ibid.*
[68] Berlan (2018), *op.cit.*.
[69] Berlan (2005), *op.cit.*, p. 66.
[70] Berlan (2005), *op.cit.*, p. 68.
[71] Berlan (2005), *op.cit.*, p. 67.
[72] Berlan (2005), *op.cit.*, p. 64.
[73] J.-P. Berlan (2008), *op.cit.*. Il n'y a malheureusement aucune indication de page sur l'article en question.
[74] https://www.cnrtl.fr/definition/hybride#:~:text=HYBRIDE%2C%20adj.,-A.&text=1.,races%20ou%20de%20vari%C3%A9t%C3%A9s%20diff%C3%A9rentes, consulté le 21/09/2022.

accident littéraire. Cela n'empêche que la notion d'hybride, dans sa dimension étymologique et historique, renvoie à quelque chose de négatif : l'hybride, c'est ce qui est « mélangé, métis, bâtard, impur »[75]. Comme le dit Canguilhem, à propos du règne animal, « les produits animaux interspécifiques sont le résultat de croisements violant la règle d'endogamie, d'unions sans observance de similitude. Or de l'hybridation à la monstruosité le passage est aisé »[76] : le monstrueux renvoie ainsi au « délictueux », voire au « diabolique » : « le monstre est à la fois l'effet d'une infraction à la règle de ségrégation sexuelle spécifique et le signe d'une volonté de perversion du tableau des créatures »[77]. Cela est d'autant plus vrai lorsque ce sont les hommes eux-mêmes qui pratiquent l'hybridation : Kingsbury montre ainsi comment les jardiniers ou horticulteurs qui pratiquent l'hybridation sont accusés de subvertir l'ordre de la nature et donc la Création divine, et doivent se défendre des accusations de sacrilège[78]. En tant que monstres, ces hybrides sont de plus en général stériles : le mulet, issu de l'accouplement de l'âne et la jument ne peut ainsi pas se reproduire, ni avec une jument, ni avec une ânesse. De même, dans son article « Sur les plantes hybrides » de 1861, Charles Naudin, célèbre botaniste français, constate en croisant deux espèces de pétunia, que « les hybrides n'ont aucune constance, et qu'on ne peut pas compter sur le semis de leurs graines pour reproduire et conserver les variétés que le croisement y a fait naître »[79]. En ce sens, la valeur négative appliquée aux hybrides se retrouve sous une autre forme chez Berlan : Berlan, en assimilant l'hybride au clone, et finalement le clone au monstre, ne fait que répéter un motif qui parcourt la littérature autour des hybrides depuis presque deux siècles[80].

Ensuite, la référence à l'ésotérisme de l'hétérosis nous semble particulièrement intéressante : en effet, la remarque de Gayon (voir *supra*) sur l'adoption des termes hétérozygotes et homozygotes par la génétique naissante qui se serait faite « non pas pour leur ésotérisme (il en existait une foule d'autres) » mais pour la rupture avec le vocabulaire racial, est très éclairante. En réalité, Berlan a sans doute raison de dire que le terme d'hétérosis est ésotérique, à condition de comprendre que de nombreux concepts de la génétique l'étaient aussi à l'époque, ce qui n'empêche en rien que ces termes soient aujourd'hui considérés unanimement comme parfaitement scientifiques. Enfin, le fait que le phénomène d'hétérosis ne dispose pas encore aujourd'hui d'explication satisfaisante en termes de mécanismes ou de causes génétiques ou physiologiques (ou autres) précises ne nous semble pas constituer une bonne raison de le rejeter : en réalité, les connaissances biologiques ont grandement progressé et l'apparition par exemple de l'épigénétique ou des sciences « omiques » questionne légitimement la génétique telle qu'elle était conçue au début du XXe siècle, alors qu'elle en était encore à ses balbutiements. En ce sens, nous considérons que la soi-disant mystification de Shull

[75] P. Papadogeorgi, « L'ambiguïté de la notion d'hybride et l'obstacle de l'utilité », *Aster*, 1995, 21, n° 1, 161‑ 80.
[76] G. Canguilhem, « La monstruosité et le monstrueux », *La connaissance de la vie*, 171-184, Paris, Vrin, 1998 (1965).
[77] *Ibid.*
[78] N. Kingsbury, *op.cit.*, notamment p. 93-96.
[79] Cité dans Jean-Marc Drouin, « Le "moral" des plantes : introductions, hybridations et monstruosités végétales au XIXe siècle », *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée* 37, n° 1 (1995): 5‑ 16, doi:10.3406/jatba.1995.3557.
[80] Berlan cite d'ailleurs des agriculteurs américains des années 1930 qui surnommaient « ces ' variétés hybrides' révolutionnaires 'le maïs mule' », celui-ci étant bien entendu stérile.

constitue au contraire une innovation théorique intéressante, notamment en ce qu'elle était, comme il le souligne lui-même, à la fois libre de toute hypothèse quant à ses causes, mais référait aussi à une réalité parfaitement visible et observable.

CONCLUSION

Ainsi, pour répondre à la question de départ, nous considérons qu'effectivement l'hétérosis existe et que le concept d'hétérosis ne relève pas d'une mystification mais sert à désigner un phénomène qui est observable et de fait observé par ceux que ce phénomène intéresse, à savoir les sélectionneurs et les généticiens. La fonction opératoire du concept est donc la suivante : il s'agit de donner une réalité scientifique (pour le généticien) et opérationnelle, voire économique (pour le sélectionneur) à un phénomène sur lequel repose – et sur ce point, Berlan a raison – toute une industrie qui va de l'amélioration variétale à la production agricole. Certes, cette fonction opératoire est largement descriptive et phénoménale, l'hétérosis se bornant à constater une augmentation, un accroissement ou une amélioration (la fameuse « vigueur ») par rapport à une génération précédente, de même que la dépression de consanguinité désigne le phénomène inverse. On peut certes admettre une forme d'ésotérisme dans cette notion d'hétérosis, mais cela pourrait s'appliquer tout aussi bien à la notion d'hétérozygotie dont elle provient. L'ignorance ou les débats passés et actuels sur les causes de l'hétérosis n'altère d'ailleurs pas la pertinence du concept et est conforme à la fonction que lui assignait Shull, c'est-à-dire une fonction descriptive, libre de toute hypothèse. Comme le souligne Gallais, « notre relative ignorance des bases de l'hétérosis n'a d'ailleurs pas été un obstacle à la mise au point de variétés hybrides très performantes[81].

Ainsi, ce débat autour du concept même d'hétérosis pose selon nous un problème plus général quant à la relation de la science à la technique : comme le dit J.M. Drouin[82], cité par Papadogeorgie, « à la fin du XIXème siècle et au début du XXème (…), l'hybridation n'est toujours pas l'application d'un savoir théorique, mais seulement une technique expliquée »[83]. Si Gallais prétend que l'amélioration des plantes est une science, nous considérons pour notre part qu'il s'agit essentiellement d'une technique ou plutôt d'un ensemble de techniques, et que cette confusion entre science et technique ne facilité pas les débats qui agitent régulièrement la sphère de l'amélioration des plantes et de la création variétale. Ces débats et ces critiques montrent d'ailleurs la difficulté d'aborder sereinement l'histoire et l'épistémologie de l'amélioration variétale, et ce, essentiellement depuis les OGM, ce qui explique sans doute pourquoi cette discipline a été assez négligée dans l'histoire des sciences, et notamment son lien avec la génétique (alors même que beaucoup de généticiens étaient en réalité des « breeders »).

[81] A. Gallais, *op.cit.*, p. VIII.
[82] J.M. Drouin, « Mendel, côté jardin », dans Michel Serres (dir.), *Eléments d'histoire des sciences*, Paris, Bordas, pp. 407-421, 1989
[83] P. Papadogeorgi, *op.cit.*, p. 167.

De fait aussi, la majeure partie des travaux qui s'y sont intéressés ont choisi une approche externaliste de l'épistémologie, c'est-à-dire orientée vers les facteurs externes de type économique ou politique : si cette approche est nécessaire, elle est néanmoins insuffisante pour saisir tous les enjeux de l'amélioration variétale en tant que discipline scientifico-technique. Or, ces enjeux épistémologiques méritent d'être analysés aussi d'un point de vue internaliste, pour peut-être retrouver aussi un débat plus serein autour de ces thématiques qui déchaînent les passions, particulièrement en France.

En 1989, J. Gayon faisait un constat bien sombre sur la philosophie des sciences en France : « L'immense tristesse de la philosophie des sciences en française d'aujourd'hui, pour ne pas dire désertion ou désertification, ne viendrait-elle pas de ce que trop de philosophes ont renoncé à se risquer dans des débats d'actualité ? »[84]. Si la philosophie des sciences nous semble en bien meilleur état aujourd'hui qu'en 1989, malgré l'absence criante de postes, il reste que peu de philosophes des sciences se risquent « dans des débats d'actualité », a fortiori dans le contexte actuel de l'amélioration variétale où les techniques d'édition génomique suscitent à nouveau les polémiques. Nous espérons, en ayant opéré un retour aux sources conceptuelles de l'amélioration variétale à travers l'étude du concept d'hétérosis, avoir modestement contribué à une meilleure définition des termes de ce débat passionné et passionnant.

[84] J. Gayon, « Épistémologie du concept de sélection », dans Pierre Jacob (dir.) *Épistémologie*, Paris, Odile Jacob, « L'Âge de la science », 1989, p. 263-297.