

LA PROBLEMATIQUE PHILOSOPHIQUE DE L'EPIGENETIQUE : QUELS ENJEUX EPISTEMOLOGIQUES ET ETHIQUES ?

Kouassi Yves Romaric GOLI

Université Peleforo GON COULIBALY - Korbogo (Côte d'Ivoire)

yveskouassi000@upgc.edu.ci / yveskouassi000@gmail.com

Sionfounon Kassoum COULIBALY

Université Peleforo GON COULIBALY - Korbogo (Côte d'Ivoire)

kascoulibaly@gmail.com / kascoulibaly@upgc.edu.ci

<https://orcid.org/0009-0005-0946-3962>

Résumé

L'épigénétique est un domaine de la biologie qui étudie les modifications de l'expression des gènes sans altération de la séquence de l'ADN. Elle remet en question une vision strictement déterministe de l'hérédité en montrant que l'environnement, le mode de vie, l'alimentation, le stress ou l'exposition à des substances chimiques peuvent influencer l'activité des gènes, parfois sur plusieurs générations. En tant que problématique philosophique, sur le plan épistémologique, l'épigénétique conduit à repenser les modèles classiques de la génétique en intégrant les interactions complexes entre le patrimoine génétique et l'environnement. Elle favorise une approche plus dynamique et interdisciplinaire du vivant, tout en soulevant des débats sur les limites de l'hérédité et la validation scientifique de certains mécanismes. Sur le plan éthique, les découvertes en épigénétique interrogent la responsabilité individuelle et collective face aux facteurs environnementaux influençant la santé. Dès lors, le problème central qui se pose est le suivant : comment l'épigénétique transforme-t-elle certains cadres explicatifs de la biologie tout en imposant de nouvelles exigences éthiques dans la recherche et les pratiques biomédicales ? Notre objectif est de montrer la nécessité de penser conjointement les implications épistémologiques et éthiques de l'épigénétique. Nous passerons alors par les méthodes historique, critique et analytique pour défendre la thèse selon laquelle l'épigénétique ne supprime pas le déterminisme pour lui substituer une liberté biologique, mais complexifie les relations causales entre génome, organisme et environnement, et cette complexification oblige à repenser la responsabilité sans transformer la connaissance biologique en culpabilité individuelle.

Mots-clés : *Épigénétique, épistémologie, éthique, génétique, responsabilité.*

Abstract

Epigenetics is a field of biology that studies changes in gene expression without any alteration to the DNA sequence. It challenges a strictly deterministic view of heredity by demonstrating that the environment, lifestyle, diet, stress or exposure to chemicals can influence gene activity, sometimes across several generations. As a philosophical issue, from an epistemological perspective, epigenetics leads us to rethink classical models of genetics by incorporating the complex interactions between the genetic makeup and the environment. It promotes a more dynamic and interdisciplinary approach to living organisms, whilst raising debates about the limits of heredity and the scientific validation of certain mechanisms. From an ethical perspective, discoveries in epigenetics raise questions about individual and collective responsibility in the face of environmental factors influencing health. Consequently, the central issue that arises is this: how does epigenetics transform certain explanatory frameworks in biology whilst imposing new ethical requirements on biomedical research and practice? Our aim is to demonstrate the need to consider the epistemological and ethical implications of epigenetics in tandem. We shall therefore employ historical, critical and analytical methods to defend the thesis that epigenetics does not abolish determinism in favour of biological freedom, but rather complicates the causal relationships between the genome, the organism and the environment; and that this increased complexity necessitates a rethinking of responsibility without transforming biological knowledge into individual guilt.

Keywords: *Epigenetics, epistemology, ethics, genetics, responsibility.*

Introduction

L'épigénétique constitue aujourd'hui un domaine majeur des sciences du vivant et suscite un intérêt croissant aussi bien en biologie, en philosophie des sciences qu'en éthique. Ce champ scientifique s'intéresse aux mécanismes qui régulent l'expression des gènes sans modifier la séquence de l'ADN. Par cette précision, l'épigénétique nous rappelle que l'identité du vivant va au-delà des séquences de ses gènes (A. Corpet, 2019). Ce procédé scientifique engage des enjeux épistémologiques et éthiques.

Sur le plan épistémologique, l'épigénétique contribue à renouveler la manière dont la science comprend et explique le vivant (B. Lipton et S. Bhaerman, 2010). Les travaux récents sur les interactions gène-environnement montrent que les traits complexes et certaines maladies résultent d'interactions entre susceptibilité génétique, environnement et contexte social, tandis que les variations épigénétiques constituent l'un des mécanismes

susceptibles de relier ces niveaux d'organisation (Herrera-Luis et al., 2024). Du coup, l'enjeu épistémologique n'est donc pas de substituer un déterminisme environnemental au déterminisme génétique, mais de comprendre la manière dont s'articulent plusieurs niveaux causaux. L'autre raison est que l'épigénétique conduit notamment à interroger les conceptions de l'hérédité, le rôle des gènes, les rapports entre l'organisme et son environnement ainsi que les méthodes de production du savoir scientifique, en particulier dans les sciences biologiques. En ce sens, elle ne se réduit pas à l'accumulation de nouvelles observations biologiques ; elle contribue à déplacer certaines catégories explicatives de la biologie et met en évidence la nécessité de construire des modèles intégrant plusieurs niveaux d'organisation. Cette perspective rejoint la conception bachelardienne de la connaissance scientifique lorsqu'il dit que « rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit » (G. Bachelard, 1993, p. 13).

Cependant, les enjeux de l'épigénétique ne sont pas exclusivement épistémologiques. Les connaissances et les pratiques qui lui sont associées soulèvent également des questions éthiques liées à la responsabilité, à la protection de la vie privée et à la justice. En effet, la commercialisation de tests épigénétiques destinés aux particuliers pose des questions concernant la fiabilité des résultats et la protection des données personnelles (Dupras et al., 2020). Dans le domaine médico-légal, l'utilisation de marqueurs épigénétiques pour estimer l'âge peut aussi exposer à la collecte d'informations biologiques sensibles, ce qui soulève des interrogations sur la vie privée (Shabani et al., 2018). Enfin, l'émergence de données épigénétiques utilisables par des tiers fait apparaître un risque de discrimination, ce qui appelle un encadrement éthique et juridique approprié. Ces enjeux remettent à jour cette interpellation de H. Jonas (1995, p. 30) selon laquelle il faudrait agir de façon que les effets de nos actions soient compatibles avec la permanence d'une vie authentiquement humaine sur la terre.

Dès lors, l'objectif de cette réflexion est de montrer la nécessité de penser conjointement les implications épistémologiques et éthiques de l'épigénétique. Le problème central qui se pose est donc le suivant : comment l'épigénétique transforme-t-elle certains cadres explicatifs de la biologie tout en imposant de nouvelles exigences éthiques dans la recherche et les pratiques biomédicales ?

Notre thèse directrice est que l'épigénétique ne supprime pas le déterminisme pour lui substituer une liberté biologique, mais complexifie les relations causales entre génome, organisme et environnement, et cette complexification oblige à repenser la responsabilité sans transformer la connaissance biologique en culpabilité individuelle. En d'autres termes, l'épigénétique ne réfute pas le rôle causal des gènes, mais remet en question les modèles réductionnistes qui identifient l'explication biologique à la seule séquence génétique (i). Elle conduit à penser le vivant comme un système causal multiniveaux dans lequel gènes, cellules, organisme et environnement entretiennent des relations dynamiques (ii). Cette reconfiguration épistémologique transforme le problème éthique, puisque les déterminants biologiques de la santé sont distribués entre comportements, environnement et structures sociales, la responsabilité ne peut être réduite à la culpabilité individuelle (iii).

Pour justifier cette thèse, nous passerons par la médiation de méthodes historique, critique et analytique. L'approche historique permet de reconstruire la formation du concept d'épigénétique ; l'approche analytique permet de clarifier les concepts de déterminisme, causalité, hérédité et responsabilité ; l'approche critique permet d'examiner les limites des modèles explicatifs et les conséquences normatives des usages de l'épigénétique. À partir de ces méthodes, nous allons explorer en première partie les enjeux épistémologiques de l'épigénétique. En deuxième partie, nous traiterons des enjeux éthiques de l'épigénétique.

1. Les enjeux épistémologiques de l'épigénétique : implications pour les sciences du vivant

1-1. L'épigénétique comme remise en cause du déterminisme génétique ?

L'émergence de l'épigénétique s'inscrit dans une évolution historique des sciences du vivant qui a progressivement conduit à interroger les versions les plus strictes d'un modèle centré sur la génétique. Même si l'accent mis sur le tout génétique a donné l'impression d'une mainmise de cette discipline sur l'étude du vivant, il serait historiquement et scientifiquement excessif de présenter toute la biologie du XX^e siècle comme fondée sur l'idée que les gènes déterminent à eux seuls les caractéristiques d'un individu. La génétique moderne a toujours coexisté avec des recherches sur le développement, la physiologie et l'environnement. L'intérêt épistémologique de l'épigénétique réside plutôt dans le fait qu'elle rend particulièrement visible la nécessité d'expliquer les phénotypes par l'articulation de plusieurs niveaux d'organisation, notamment les séquences d'ADN, la régulation de l'expression génétique, le développement et les conditions environnementales (Herrera-Luis et al., 2024).

Le fait est que les recherches scientifiques ont progressivement montré que cette vision fondée sur le modèle génétique était trop simplificatrice pour expliquer la complexité du vivant (B. Lipton et S. Bhaerman, p. 2010, p. 184). En effet, les études sur le développement cellulaire ont révélé que toutes les cellules d'un organisme possèdent le même patrimoine génétique, mais qu'elles n'expriment pas les mêmes gènes. Par exemple, les cellules du foie, du cerveau ou du cœur ont pourtant le même ADN mais présentent des fonctions très différentes. Cette observation a conduit les biologistes à s'interroger sur les mécanismes capables de réguler l'expression des gènes au cours du développement. C'est précisément dans ce contexte que l'épigénétique a pris une importance croissante dans les sciences biologiques.

Le terme épigénétique a été introduit par le biologiste britannique Conrad Hal Waddington « obtenu par l'association des mots épigénèse et génétique, pour désigner la science, alors encore inexistante, qui décrirait le rôle des gènes dans le développement embryonnaire et la différenciation cellulaire » (M. Morange, 2016, p. 352). Waddington cherchait une explication aux processus par lesquels les gènes interagissent avec leur environnement pour produire un phénotype (L. Loison, 2024, p. 886). Mais comme le remarque M. Morange (2016, p. 352), un certain flou entoure l'usage du terme épigénétique, qui peut désigner aussi bien les mécanismes précis de régulation précédemment décrits que n'importe quel phénomène biologique modifiable par l'environnement qui, pour cette raison, échappe à un strict déterminisme génétique. Pour autant, un consensus apparaît autour de l'idée que le développement biologique ne peut pas être expliqué uniquement par les gènes ; il dépend également des interactions complexes entre l'organisme et son milieu. Cette idée a profondément influencé la biologie contemporaine en ouvrant la voie à une conception plus dynamique du vivant. Aujourd'hui, la définition largement admise de l'épigénétique est « l'ensemble des modifications de l'expression des gènes qui n'impliquent pas de modification de la séquence de l'ADN mais qui peuvent néanmoins être transmissibles au cours des divisions cellulaires » (H. Jammes, 2024, p. 23).

Les mécanismes épigénétiques jouent un rôle essentiel dans la régulation de l'activité génétique. Parmi ces mécanismes, la méthylation de l'ADN est l'un des plus étudiés. Elle consiste en l'ajout d'un groupe chimique appelé méthyle sur certaines bases de l'ADN, ce qui peut empêcher l'expression de certains gènes. D'autres mécanismes impliquent la modification des protéines appelées histones autour desquelles l'ADN est enroulé. Ces modifications peuvent rendre certains gènes plus ou moins accessibles à la transcription. Enfin, certains ARN non codants participent également à la régulation de l'expression génétique. C'est pourquoi « l'ensemble de ces processus montre que l'activité

des gènes dépend d'un système complexe de régulation qui dépasse largement la simple séquence génétique » (A. Claeys et al., 2016, p. 37).

L'épigénétique permet également de comprendre comment les facteurs environnementaux peuvent influencer le fonctionnement biologique des organismes (E. Drouet, 2021). Des éléments tels que l'alimentation, l'exposition à des substances toxiques, les conditions de vie ou même le stress psychologique peuvent modifier l'expression de certains gènes. Ces modifications peuvent avoir des effets importants sur la santé et le développement des individus. Par exemple, certaines recherches ont montré que l'environnement prénatal peut influencer la susceptibilité à certaines maladies plus tard dans la vie. Selon A. Claeys et al. (2016, p. 54), « ces résultats suggèrent que l'environnement joue un rôle beaucoup plus important dans la biologie qu'on ne le pensait auparavant ».

Ainsi, l'épigénétique introduit une nouvelle perspective sur la relation entre l'organisme et son environnement. Il serait cependant trop simple d'opposer une génétique dite classique centrée sur les gènes à une épigénétique centrée sur l'environnement. Les interactions gène-environnement constituent aujourd'hui un champ de recherche à part entière, et leur étude pose des difficultés méthodologiques importantes, en l'occurrence en matière de conception des études, de taille des échantillons, de modélisation statistique et de reproductibilité (Herrera-Luis et al., 2024). L'enjeu est donc moins de remplacer un déterminisme par un autre que de comprendre la manière dont des facteurs génétiques, cellulaires, développementaux, environnementaux et sociaux contribuent conjointement aux phénotypes.

Cette transformation des connaissances biologiques a également des conséquences importantes sur le plan épistémologique. En effet, l'épigénétique conduit les chercheurs à reconsidérer certaines notions fondamentales de la biologie, notamment celles de causalité biologique, d'hérédité et d'identité génétique. Une difficulté centrale est qu'une variation épigénétique

observée chez un individu peut être une cause, une conséquence ou un simple corrélat d'un état biologique. Une association statistique entre une marque épigénétique et un phénotype ne suffit donc pas à établir une relation causale. Webster et Phillips (2025) soulignent précisément que le lien causal entre variation épigénétique et différences phénotypiques demeure difficile à établir lorsqu'il faut distinguer les effets de la variation génétique de ceux de l'environnement. De ce fait, certains auteurs considèrent même que l'épigénétique pourrait représenter une nouvelle étape dans l'évolution des sciences du vivant, comparable à une révolution scientifique. Selon M. Dubois et al. (2018, p. 71), « l'épigénétique s'inscrit dans ce qu'il appelle la révolution post-génomique, c'est-à-dire une transformation des sciences biologiques qui remet en question la centralité du gène dans l'explication du vivant ».

Cependant, l'idée d'une « révolution » épigénétique fait encore l'objet de débats parmi les chercheurs. Certains auteurs y voient une transformation importante de la biologie post-génomique, tandis que d'autres considèrent qu'elle prolonge et complexifie des recherches déjà présentes en génétique et en biologie du développement. Le rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) consacré à l'épigénétique souligne lui-même les controverses persistantes sur sa définition et son statut au regard de la génétique (A. Claeys et al., 2016, p. 66). La question philosophique n'est donc pas de décider *a priori* que l'épigénétique constitue un nouveau paradigme, mais d'examiner si les modifications qu'elle apporte aux concepts, aux méthodes et aux critères d'explication sont suffisamment profondes pour justifier, au sens kuhnien, l'hypothèse d'une transformation paradigmatique (I. Kuhn, 1983).

Ces débats montrent que l'épigénétique ne représente pas seulement un progrès scientifique, mais qu'elle soulève également des questions fondamentales sur la manière dont la science construit ses connaissances. Elle invite à repenser la relation entre gènes et environnement, mais aussi à réfléchir aux limites des

modèles explicatifs traditionnels de la biologie. En ce sens, l'épigénétique a des implications épistémologiques au niveau des sciences du vivant.

1-2. Les implications épistémologiques de l'épigénétique pour les sciences du vivant

L'un des aspects les plus discutés de l'épigénétique concerne la question de l'hérédité. Dans la conception classique de la biologie, l'hérédité repose essentiellement sur la transmission de l'ADN d'une génération à l'autre. Les gènes sont considérés comme les unités fondamentales de cette transmission et les variations biologiques sont principalement expliquées par des mutations génétiques. Cependant, comme le souligne A. Claeys et al. (2016, p. 50),

les recherches en épigénétique ont mis en évidence que certains changements dans l'expression des gènes peuvent également être transmis au cours des divisions cellulaires, voire parfois entre générations. Cette possibilité a suscité un grand intérêt scientifique car elle semble élargir la notion d'hérédité en biologie.

M. Fitz-James et G. Cavalli (2022, p. 325), remarquent que de plus en plus de preuves indiquent que l'information épigénétique non basée sur la séquence d'ADN peut être héritée sur plusieurs générations chez des organismes allant de la levure aux plantes en passant par l'humain. Cela soulève la possibilité que des « épimutations » héréditaires contribuent à la variation phénotypique héréditaire et donc à l'évolution. Les mécanismes épigénétiques peuvent, en effet, produire des modifications durables de l'activité génétique sans modifier la séquence de l'ADN. Certaines de ces modifications peuvent être maintenues lors des divisions cellulaires, ce qui permet aux cellules filles de conserver les mêmes caractéristiques fonctionnelles que la cellule d'origine. C'est notamment ce processus qui explique comment les cellules d'un organisme se différencient et conservent leur identité

au cours de leur développement. En guise d'exemple, nous pouvons citer H. Jammes (2024, p. 16) qui affirme qu'« une cellule musculaire et une cellule nerveuse possèdent le même ADN mais expriment des gènes différents grâce aux mécanismes épigénétiques qui régulent leur activité ».

Certains chercheurs ont également étudié la possibilité que certaines modifications épigénétiques puissent être transmises d'une génération à l'autre. Cette idée a suscité beaucoup de débats car elle semble rappeler certaines théories anciennes de l'hérédité, notamment celles du naturaliste français Jean-Baptiste Lamarck, qui soutenait que les caractères acquis au cours de la vie pouvaient être transmis à la descendance. Il faut toutefois éviter d'en conclure que l'épigénétique confirme la théorie lamarckienne, car les mécanismes contemporains décrits comme hérédité épigénétique reposent sur des processus moléculaires spécifiques et ne constituent pas une restauration fidèle de la théorie de Lamarck. La comparaison est surtout utile pour montrer que l'épigénétique oblige à réexaminer la manière dont la biologie conceptualise l'hérédité et les rapports entre organisme et environnement en se référant uniquement à la théorie de l'évolution de Charles Darwin, fondée sur la sélection naturelle et la transmission des variations génétiques.

Des facteurs environnementaux tels que la nutrition, certaines expositions toxiques ou des conditions de stress peuvent être associés à des variations épigénétiques susceptibles d'affecter les générations suivantes dans certains modèles expérimentaux. Bien que ces phénomènes soient encore étudiés et que leur importance fasse l'objet de discussions scientifiques (E. Radford, 2018 ; M. Fitz-James et G. Cavalli, 2022) ils montrent que l'environnement peut jouer un rôle plus important qu'on ne le pensait dans la transmission de certains traits biologiques. Ainsi, l'épigénétique ouvre la possibilité d'une conception plus complexe de l'hérédité, dans laquelle les gènes et l'environnement interagissent pour produire les caractéristiques des organismes.

Cette transformation des connaissances biologiques entraîne également une réflexion plus large sur le statut scientifique de l'épigénétique. Certains chercheurs considèrent que cette discipline constitue une véritable révolution scientifique capable de transformer profondément la biologie. D'autres estiment au contraire qu'elle représente simplement un approfondissement des connaissances génétiques déjà existantes. Ainsi, comme le déclarent A. Claeys et al. (2016, p. 63), « le rapport consacré aux perspectives de l'épigénétique souligne que ce domaine connaît un développement rapide, avec un nombre croissant de publications scientifiques, de programmes de recherche et de collaborations internationales ».

Ces débats montrent que l'épigénétique occupe une position particulière dans les sciences du vivant. Elle ne remplace pas la génétique classique mais en modifie la compréhension par l'introduction de nouveaux mécanismes explicatifs. Les gènes continuent de jouer un rôle essentiel dans la biologie, seulement ils doivent désormais être compris dans le cadre d'un système plus large incluant les interactions avec l'environnement. Cette approche plus globale correspond à ce que certains chercheurs appellent la biologie post-génomique, c'est-à-dire « une biologie qui cherche à comprendre le fonctionnement du vivant au-delà de la seule séquence du génome » (M. Dubois et al., 2018, p. 71).

Sur le plan épistémologique, l'épigénétique soulève des questions importantes concernant la manière dont les connaissances scientifiques évoluent. L'histoire des sciences montre que les disciplines scientifiques se transforment lorsque de nouvelles observations rendent insuffisants certains modèles explicatifs. Dans le cas de l'épigénétique, les chercheurs doivent repenser certaines notions fondamentales telles que la causalité biologique, la relation entre gènes et environnement ou encore la définition même de l'hérédité. Mais cette transformation doit être évaluée à partir des méthodes, des preuves et des capacités explicatives effectivement produites par la recherche et sur la base de la rhétorique de nouveauté.

Cette situation illustre ce que Kuhn appelle un changement de paradigme, c'est-à-dire une transformation des cadres théoriques qui structurent une discipline scientifique. Même si l'épigénétique ne remplace pas entièrement la génétique, elle contribue à élargir le champ des explications biologiques et à introduire de nouvelles perspectives dans la compréhension du vivant. Elle montre notamment que les organismes ne sont pas uniquement déterminés par leur patrimoine génétique, mais qu'ils sont également influencés par les conditions dans lesquelles ils vivent et se développent.

Ainsi, l'épigénétique contribue à modifier la manière dont les scientifiques envisagent la relation entre l'organisme et son environnement. Elle met en évidence le caractère dynamique et évolutif du vivant, dans lequel les gènes, les cellules et l'environnement interagissent constamment. Cette vision plus complexe de la biologie permet de mieux comprendre les processus de développement, l'apparition de certaines maladies et l'adaptation des organismes à leur milieu.

En définitive, l'épigénétique constitue un domaine de recherche essentiel pour les sciences contemporaines, car elle permet de dépasser certaines limites du modèle génétique classique. Elle permet également de mieux comprendre l'articulation entre information génétique, régulation de l'expression, développement et environnement. Elle ouvre de nouvelles perspectives dans la compréhension du vivant tout en suscitant des débats importants sur la nature des mécanismes biologiques et sur l'évolution des connaissances scientifiques. Par ailleurs, les connaissances et les pratiques qui lui sont associées soulèvent des questions éthiques en lien avec les problématiques de la responsabilité, de la protection de la vie privée et de la justice.

2. Les enjeux éthiques de l'épigénétique : entre responsabilité morale et gouvernance

2.1. Les questions de responsabilité et de justice face aux modifications épigénétiques

Au-delà de l'aspect scientifique de l'épigénétique, se posent un certain nombre de questions éthiques et sociétales. En effet, quelles sont les conditions dans lesquelles l'essor de ce domaine émergent peut être concilié avec le respect des normes éthiques et réglementaires ? L'épigénétique, en étudiant les modifications de l'expression des gènes sans altération de la séquence d'ADN, attire l'attention sur la plasticité du vivant et sur les interactions entre organisme et environnement. Elle conduit ainsi à dépasser l'opposition rigide entre ce qui est inné et ce qui est acquis, sans pour autant autoriser un nouveau réductionnisme. L'épigénétique ne doit pas devenir un nouveau réductionnisme dans lequel les comportements, les conditions sociales ou les expériences seraient directement convertis en destin biologique. Selon A. Bird (2007, p. 396), il ne s'agit seulement que de « mécanismes régulant les états d'activité du génome ».

Selon A. Claeys et al. (2016), cette plasticité du vivant ouvre un premier débat éthique majeur : celui de la responsabilité. Contrairement à notre patrimoine génétique, qui est largement hérité, l'expression de certaines pathologies épigénétiques dépend de facteurs environnementaux et sociétaux tels que le tabac, l'alcool, la sédentarité, le régime alimentaire ou encore l'exposition aux perturbateurs endocriniens. De ce point de vue, la santé apparaît en partie comme le résultat de choix individuels. Il serait alors tentant de renforcer l'idée d'une responsabilisation accrue des individus, notamment des parents vis-à-vis de leurs enfants. Une mère exposée au stress chronique, à la malnutrition ou à certaines substances toxiques pendant la grossesse pourrait influencer, par des mécanismes épigénétiques, la vulnérabilité future de son enfant. Pour autant, il serait scientifiquement et moralement imprudent de déduire d'une influence épigénétique une

responsabilité individuelle directe. Les facteurs associés à la santé sont multiples et les interactions entre susceptibilité génétique, environnement et contexte social sont complexes (Herrera-Luis et al., 2024). La connaissance épigénétique ne doit donc pas conduire à considérer qu'une personne est responsable de toutes les conditions biologiques qui affectent sa santé. L'enjeu consiste plutôt à distinguer responsabilité, capacité d'action et culpabilité.

Une telle distinction est décisive, car les comportements alimentaires, les conditions de logement, l'exposition à la pollution, le stress ou l'accès aux soins sont souvent liés aux déterminants sociaux et environnementaux de la santé. Peut-on moralement imputer à un individu des conditions d'existence dont il n'a pas tout le contrôle ? L'épigénétique semble aujourd'hui indiquer que ces inégalités ne sont pas seulement sociales, mais qu'elles peuvent aussi s'inscrire biologiquement dans les corps. Autrement dit, la précarité, la pollution ou l'insécurité alimentaire ne sont pas simplement des injustices sociales ; elles deviennent des facteurs d'altération biologique, de structuration biologique des inégalités de santé.

Dès lors, la responsabilité ne peut être uniquement individuelle. Elle doit également être collective et politique. Les pouvoirs publics ont un devoir de solidarité sociale et de protection sanitaire. Le rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques consacré à l'épigénétique souligne justement que les enjeux scientifiques, sanitaires, juridiques et éthiques doivent être articulés dans l'élaboration des politiques publiques (A. Claeys et al., 2016, p. 191). Il serait injuste que l'épigénétique serve d'argument pour déplacer la responsabilité des institutions vers les individus, alors même que les expositions environnementales sont souvent liées à des choix industriels, économiques ou politiques. L'enjeu éthique est donc de transformer la connaissance des mécanismes biologiques en capacités collectives de prévention et de réduction des inégalités, plutôt qu'en instrument de culpabilisation. S'ajoute à cet enjeu, la

problématique de la vie privée et de la gouvernance des données liées à l'épigénétique.

2.2- Les défis liés à la protection de la vie privée et à la gouvernance des données épigénétiques

Les enjeux médicaux et informationnels de l'épigénétique sont considérables. Dans le domaine du cancer, il est désormais admis que les cellules cancéreuses présentent des anomalies épigénétiques importantes, notamment des modifications de la méthylation de l'ADN et des altérations des histones (A. Jones et S. Baylin, 2007). Sur le plan biomédical, cette connaissance ouvre des perspectives de recherche thérapeutique, même si elle ne signifie pas que toute modification épigénétique pathologique puisse être corrigée. La relation entre une marque épigénétique, son contexte cellulaire et le phénotype demeure complexe. Pour autant, les travaux de M. Esteller (2008) montrent que les altérations épigénétiques jouent un rôle majeur dans la biologie du cancer, à travers des modifications de la méthylation de l'ADN et de la chromatine. Cette observation contribue au développement de l'épigénomique du cancer et à l'étude de stratégies thérapeutiques ciblant certains mécanismes de régulation. Néanmoins, le caractère réversible de certaines modifications épigénétiques ne doit pas être confondu avec une maîtrise thérapeutique complète, car la réversibilité ne signifie ni restauration systématique d'un état biologique antérieur ni absence d'effets indésirables.

Toutefois, cette promesse thérapeutique exige prudence. Intervenir sur les mécanismes de régulation de l'expression génétique, c'est agir sur un système complexe dont les interactions sont encore imparfaitement comprises. L'évaluation des bénéfices, des risques, de la spécificité tissulaire et des effets à long terme impose une vigilance éthique accrue. L'enthousiasme scientifique ne doit pas précéder l'évaluation rigoureuse des conséquences. Dans ce cas, le principe de précaution peut être sollicité pour mieux anticiper les seuils critiques (H. Jonas, 1995, p. 359) et exiger une

proportionnalité entre le niveau de connaissance, le degré de risque et la puissance de l'intervention.

Les recherches consacrées aux effets de l'environnement sur le développement et la régulation du génome montrent également que certaines expériences précoces peuvent laisser des traces épigénétiques durables (M. Meaney, 2010). Les travaux de M. Meaney remarquent que l'environnement affectif et social influence l'expression de certains gènes impliqués dans la régulation du stress. Une telle découverte bouleverse notre compréhension des troubles anxieux ou dépressifs. Elle montre que la souffrance psychique peut avoir une dimension biologique liée à l'environnement. Mais ici encore, la prudence s'impose, car il serait réducteur de ramener la complexité de l'expérience humaine à de simples mécanismes moléculaires. L'épigénétique ne doit pas devenir un nouveau déterminisme.

Un autre enjeu majeur concerne la frontière entre thérapie et amélioration. Si certaines modifications épigénétiques peuvent être ciblées à des fins thérapeutiques, ne pourrait-on pas être tenté de renforcer certaines capacités considérées comme avantageuses ? Cette question ne relève pas seulement de la technique. Elle engage une conception de l'autonomie, de l'égalité et de la dignité humaine (A. Claeys et al., 2016, p. 261 ; D. Joly et C. Grunau, 2018, p. 70). Elle devient d'autant plus sensible lorsque l'intervention concerne des personnes qui ne peuvent pas consentir elles-mêmes ou lorsqu'elle produit des effets potentiellement durables. La question devient alors philosophique : jusqu'où peut-on intervenir dans le vivant sans altérer l'autonomie de l'individu ? Jürgen Habermas (2001) mettait en garde contre les manipulations biomédicales susceptibles de compromettre l'égalité morale entre les individus. Si certains peuvent accéder à des « optimisations » épigénétiques, le risque est de voir émerger de nouvelles inégalités biologiquement renforcées (C. Dupras, 2024, p. 222). Ce constat conduit à distinguer l'usage thérapeutique destiné à prévenir ou à traiter une pathologie de l'usage d'optimisation visant à accroître une performance. Également, cette distinction doit être discutée,

au regard du principe que la frontière entre traitement et amélioration n'est pas toujours fixe. D'un point de vue éthique, l'enjeu est alors de savoir selon quels critères une intervention peut être jugée légitime, équitable et compatible avec l'autonomie du sujet.

Enfin, la perspective d'effets intergénérationnels soulève une question décisive relativement à notre responsabilité envers les générations futures (A. Claeys et al., 2016, p. 255). Si certaines expositions environnementales peuvent affecter non seulement l'individu exposé mais aussi sa descendance, alors la question écologique prend une dimension biologique nouvelle. Il convient toutefois de préciser que l'ampleur et la stabilité d'une transmission transgénérationnelle varient selon les organismes et les mécanismes étudiés, et demeurent plus limitées ou plus difficiles à établir chez les mammifères (M. Fitz-James et G. Cavalli, 2022, p. 325).

La réflexion de H. Jonas (1995, p. 359) sur la précaution garde néanmoins toute sa portée éthique, au regard du principe que l'incertitude scientifique ne supprime pas la responsabilité lorsque nos actions peuvent avoir des conséquences durables et irréversibles. Même si pour le moment, la corrélation entre épigénétique et empreinte biologique transmissible aux générations futures n'est pas définitivement établie, il serait imprudent de ne pas prendre au sérieux la possibilité de conséquences à long terme et, ainsi, de ne pas intégrer cette possibilité dans une politique de prévention, de protection environnementale et de justice intergénérationnelle. C'est en ce sens que l'impératif catégorique de H. Jonas (1995, p. 40) : « agis de façon que les effets de ton action soient compatibles avec la permanence d'une vie authentiquement humaine sur terre », peut être mobilisé avec rigueur. Ainsi, la régulation environnementale, la lutte contre la pollution ou la protection des populations vulnérables ne relèvent plus seulement d'une politique sanitaire immédiate, mais d'un impératif moral à long terme.

L'épigénétique ne constitue pas seulement un progrès scientifique. Elle transforme notre compréhension de la responsabilité, de la justice et de la condition humaine. De la sorte, elle invite à une conception de la responsabilité distribuée selon les capacités d'action, les positions institutionnelles et les niveaux de décision. Elle nous rappelle que la biologie n'est pas isolée du monde social et que la technique, en augmentant notre pouvoir d'intervention sur le vivant, accroît simultanément notre devoir de prudence, de justice, de transparence et de protection des personnes.

Conclusion

L'épigénétique constitue aujourd'hui l'un des domaines les plus dynamiques des sciences du vivant. En étudiant les mécanismes qui régulent l'expression des gènes sans modifier la séquence de l'ADN, elle a profondément enrichi notre compréhension du fonctionnement biologique des organismes. Elle montre que les gènes ne déterminent pas à eux seuls les caractéristiques d'un individu, mais que leur activité peut être modulée par de nombreux facteurs environnementaux. Cette perspective permet ainsi de dépasser une vision strictement déterministe de la génétique et d'introduire une approche plus dynamique et plus complexe du vivant.

Les recherches en épigénétique ont notamment permis de mettre en évidence le rôle des interactions entre les gènes et l'environnement dans le développement des organismes et de certaines maladies. Des éléments tels que l'alimentation, les conditions de vie, le stress ou encore l'exposition à certaines substances chimiques peuvent influencer l'expression génétique et contribuer à l'apparition de certaines maladies. Pour autant, il ne faut pas en conclure à une causalité systématique entre ces éléments sous peine de tomber dans un déterminisme rigide. Il faut pouvoir distinguer influence, association et causalité, car l'observation d'une marque épigénétique associée à un trait ou à

une exposition ne suffit pas nécessairement à identifier un mécanisme causal. Les recherches contemporaines insistent sur cette difficulté, mais surtout sur la nécessité de méthodes capables de relier la variation génétique, la régulation épigénétique, l'environnement et le phénotype (A. Webster et P. Phillips, 2025 ; E. Herrera-Luis et al., 2024).

Sur le plan épistémologique, l'épigénétique conduit à reconsidérer certaines notions fondamentales de la biologie, comme celles d'hérédité, de la causalité biologique et du déterminisme génétique. Elle montre que l'information génétique ne constitue pas un programme fixe et immuable, mais qu'elle fonctionne dans des systèmes de régulation et dans des environnements particuliers. Même si cette perspective ne remplace pas le modèle génétique ; elle le situe dans un cadre explicatif plus relationnel et multiniveaux. Mais plus, elle pousse à examiner sérieusement ce que signifie pour l'ADN de contenir ou de porter de l'information, si évidemment on entend information, au sens philosophique, à la fois comme ce qui donne forme ou comme ce qui fait connaître quelque chose à quelqu'un. Car, si l'information génétique n'est plus immuable, ce qu'elle fait connaître ne devient plus fiable. Dans ce cas, devons-nous encore parler d'information génétique ?

Par ailleurs, l'épigénétique alimente des débats scientifiques concernant son statut au sein des sciences du vivant. La question de savoir si elle constitue une véritable révolution paradigmatique ou une extension de la génétique reste ouverte. L'intérêt philosophique de cette controverse réside précisément dans l'examen des transformations conceptuelles, méthodologiques et causales produites par ce champ de recherche. Il apparaît donc plus rigoureux de parler d'une complexification post-génomique de la biologie que d'affirmer sans réserve une rupture avec la génétique.

Ainsi, les enjeux épistémologiques de l'épigénétique résident dans sa capacité à transformer notre manière de concevoir la relation entre les gènes et l'environnement, mais aussi dans les nouvelles questions qu'elle soulève concernant l'hérédité, la

causalité et l'évolution des organismes. Sur le plan éthique, elle impose de penser conjointement la responsabilité et la justice, car la reconnaissance des déterminants biologiques de la santé ne doit pas conduire à culpabiliser les individus pour des conditions d'existence socialement et politiquement distribuées. Elle doit plutôt contribuer à une gouvernance plus équitable des risques, des données et des interventions sur le vivant.

Bibliographie

BACHELARD Gaston, 1993. *La Formation de l'esprit scientifique*, Vrin, Paris

CLAEYS Alain, VIALATTE Jean-Sébastien et SIDO Bruno, 2016, « Les enjeux et les perspectives de l'épigénétique dans le domaine de la santé », *Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques*, <https://www.senat.fr/rap/r16-033-2/r16-033-21.pdf>, consulté le 17/07/2026 à 23h40 min.

CORPET Armelle, 2019, « Épigénétique : nous sommes plus que la séquence de nos gènes », in *Revue de Médecine et philosophie*, n° 2, pp. 40-49, <https://hal.science/hal-02490179v1>, Consulté le 12 août 2026.

DROUET Emmanuel, 2021, « Épigénétique : Comment l'environnement influence nos gènes », in *Encyclopédie de l'Environnement*. <https://www.encyclopedie-environnement.org/sante/epigenome-facteurs-environnementaux/>. Consulté le 22 juin 2026.

DUBOIS Michel, GUASPARE Catherine et LOUVEL Séverine, 2018, « De la génétique à l'épigénétique : une révolution “ post-génomique ” à l'usage des sociologues », in *Revue française de sociologie*, 59 (1), pp.71-98.

DUPRAS Charles, 2024, « Des tests épigénétiques de l'âge et du vieillissement offerts aux consommateurs. Enjeux éthiques, juridiques et sociétaux », in Christian H., Michèle S.-J., Deschênes M. et Stoeklé H.-C. (dir.) *Viellissement et politiques publiques. Aspects cliniques, éthiques, légaux et sociaux*, pp. 213-230, Dalloz Paris

- DUPRAS Charles, BEAUCHAMP Elisabeth et JOLY Yann**, 2020, «Selling direct-to-consumer epigenetic tests: are we ready? », in *Nat. Rev. Genet.*, n° 21, pp. 335–336. <https://doi.org/10.1038/s41576-020-0215-2>
- ESTELLER Manel**, 2008, « Epigenetics in cancer », *New England Journal of Medicine*, n° 358, pp. 1148-1159.
- FITZ-JAMES Maximilian et CAVALLI Giacomo**, 2022, « Molecular mechanisms of transgenerational epigenetic inheritance », *Nature Reviews Genetics*, 23, 325-341. <https://doi.org/10.1038/s41576-021-00438-5>
- HERRERA-LUIS Esther, BENKE Kelly, VOLK Heather, LADD-ACOSTA Christine et WOJCIK Genevieve**, 2024, « Gene-environment interactions in human health », *Nature Reviews Genetics*, 25, 768-784. <https://doi.org/10.1038/s41576-024-00731-z>.
- JAMMES Hélène**, 2024. *Épigénétique. Mécanismes moléculaires, biologie du développement et réponses à l'environnement*, Éditions Quæ, Versailles
- JOLY Dominique et GRUNAU Christoph**, 2018, « Prospective Épigénétique en Écologie et Environnement de l'Institut Écologie et Environnement du CNRS », in *Les Cahiers Prospectives (CNRS-INEE)* n°8, pp. 1-80.
- JONAS Hans**, 1995. *Le Principe responsabilité*, trad. Jean Greich, Cerf, Paris
- JONES Peter A. et BAYLIN Stephen B.**, 2007, « The epigenomics of cancer », *Cell*, 128, pp. 683-692. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2007.01.029>.
- KUHN Samuel Thomas**, 1983. *La Structure des révolutions scientifiques*, trad. Laure Meyer, Flammarion, Paris
- LIPTON Bruce H. et BHAERMAN Steve**, 2010. *Évolution spontanée : Comment participer au changement de notre espèce*, trad. Jean Hudon, Éditions Ariane, Québec
- LOISON Laurent**, 2024, « Retour sur la constitution du concept d'épigénétique », in *Revue Med.Sci*, Vol. 40, N° 12, pp. 885–891, <https://doi.org/10.1051/medsci/2024175>

SHABANI Mahsa, BORRY Pascal, SMEERS Inge et BEKAERT Bram, 2018, « Forensic Epigenetic Age Estimation and Beyond: Ethical and Legal Considerations », in *Trends Genet.* n° 34, vol. 7, pp. 489-491.

WEBSTER Amy K. et PHILLIPS Patrick C., 2025, « Epigenetics and individuality: from concepts to causality across timescales », *Nature Reviews Genetics*, n° 26, pp. 406-423. <https://doi.org/10.1038/s41576-024-00804-z>