

# ISIS Génétique Epigénétique

## Comment le développement des organismes vivants oriente l'évolution des populations

### Epigénétique et dynamique générative

### How Development Directs Evolution

*Rapport de l'ISIS en date du 23/10/2009*

Conférence prononcée lors d'une invitation sur *Evolution and the Future, l'évolution et le futur*, à l'Hôtel Continental-Belgrade, Belgrade, Serbie, 14-18 Octobre 2009. Dr. [Mae-Wan Ho](#)

Une version entièrement référencée (to be published in Conference Proceedings) et richement illustrée avec une présentation sous Powerpoint est disponible pour téléchargement à partir de la librairie d'ISIS en ligne. [Text version](#), [Text and Presentation](#)

### Résumé et Introduction

Dans un article publié il y a 30 ans, Ho et Saunders (1979) avaient proposé l'idée non darwinienne, alors outrageuse, que la dynamique intrinsèque du processus de développement est la source de variations non aléatoires qui *dirige et oriente* un changement évolutif face à de nouveaux défis environnementaux ; les nouveautés résultant de l'évolution sont renforcées dans les générations successives grâce à des mécanismes épigénétiques, *indépendamment de la sélection naturelle*.

Notre proposition a bien résisté devant les résultats des recherches ultérieures, et elle est d'autant plus pertinente, compte-tenu de nombreuses découvertes concernant les mécanismes moléculaires qui se rapportent à l'hérédité **épigénétique** (Ho, 2009a, b) ; en particulier, ces mécanismes pourraient transmettre des nouveautés en matière de développement chez les générations suivantes.

Nous avons aussi montré comment la dynamique non linéaire des processus vivants prédit les caractéristiques principales de la macroévolution telles que les «équilibres ponctués» (longue période de stagnation interrompue par des changements brusques); des grands changements par de petites perturbations critiques, et des changements discontinus à partir de paramètres qui varient sans cesse ; tout cela nous indique pourquoi la macroévolution des formes et des fonctions est découplée de la microévolution des séquences au niveau des gènes.

Nous avons montré que les mêmes changements développementaux (non aléatoires) sont produits à plusieurs reprises par des stimuli environnementaux spécifiques. En outre, nous avons démontré comment les modèles mathématiques généraux peuvent rendre compte de toutes les transformations de développement produites expérimentalement : elles peuvent apporter une forte prédiction d'évolution et elles offrent une taxonomie naturelle basée sur les transformations prédites.

Cependant, ni les mécanismes épigénétiques, ni la dynamique des processus de développement ne sont pris en compte dans les études récentes sur l'évolution et sur le développement [des êtres vivants].

La totalité des résultats de la recherche ne donne aucun appui à la théorie néo-darwinienne de l'évolution par la sélection naturelle à partir des mutations génétiques aléatoires, ni à une quelconque théorie attribuant de prétendues différences dans les caractéristiques des êtres humains relativement aux gènes. Les déterminants les plus marquants de la santé et du comportement sont de nature sociale et environnementale

L'hérédité n'est pas basée pas dans les gènes : elle est fonction d'éléments répartis sur l'ensemble du réseau des interrelations emboîtées entre les organismes vivants et l'environnement ; ces interrelations s'étendent du social et de l'écologique à la génétique et à l'épigénétique.

Par conséquent, il n'y a pas de séparation entre le développement et l'évolution, et l'organisme vivant participe activement au modelage de son propre développement, ainsi qu'au futur de l'évolution écologique de la communauté entière à laquelle il appartient. .

[Contact the Institute of Science in Society](#)

MATERIAL ON THIS SITE MAY NOT BE REPRODUCED IN ANY FORM WITHOUT EXPLICIT PERMISSION. FOR PERMISSION, PLEASE [CONTACT ISIS](#)

## Définitions et compléments en français :

**Dynamique générative** : nous n'avons trouvé aucune référence en français mais un livre en anglais peut constituer une source d'information :

*Form and transformation: generative and relational principles in biology*, par G Webster, BC Goodwin, 1996 - [books.google.com](#)

**Épigénétique** : d'après Wikipédia



Cet article ou cette section est sujet à caution car il [ne cite pas suffisamment ses sources](#). (date inconnue). Pour rendre l'article [vérifiable](#), signalez les passages sans source avec [{{Référence nécessaire}}](#) et liez les informations aux sources avec les [notes de bas de page](#). ([modifier l'article](#))

Le terme **épigénétique** définit les modifications transmissibles et réversibles de l'expression des [gènes](#) ne s'accompagnant pas de changements des séquences [nucléotidiques](#). Ce terme qualifie en fait ce qui résulte de modifications de l'[ADN](#) (par exemple [méthylation](#) des [cytosines](#)) ou des [protéines](#) liées à l'ADN (par exemple [histones](#)). Les changements peuvent se produire spontanément, en réponse à l'[environnement](#), à la présence d'un [allèle](#) particulier, même si celui-ci n'est plus présent dans les descendants.

Au cours du développement, vient ainsi s'ajouter à l'héritage génétique inscrit dans les gènes, une programmation par des processus épigénétiques, elle-même sous l'influence d'une multitude de facteurs environnementaux. « *On peut sans doute comparer la distinction entre la génétique et l'épigénétique à la différence entre l'écriture d'un livre et sa lecture. Une fois que le livre est écrit, le texte (les gènes ou l'information stockée sous forme d'ADN) seront les mêmes dans tous les exemplaires distribués au public. Cependant, chaque lecteur d'un livre donné aura une interprétation légèrement différente de l'histoire, qui suscitera en lui des émotions et des projections personnelles au fil des chapitres. D'une manière très comparable, l'épigénétique permettrait plusieurs lectures d'une matrice fixe (le livre ou le code génétique), donnant lieu à diverses interprétations, selon les conditions dans lesquelles on interroge cette matrice.* »<sup>1</sup>

Ce type de régulation peut cibler l'[ADN](#), l'[ARN](#) ou les [protéines](#). Les modifications épigénétiques constituent l'un des fondements de la diversité biologique.

L'épigénétique se propose d'étudier les effets qui sont hérités d'une cellule à sa descendante, qu'il s'agisse de cellule [eucaryote](#) ou [procaryote](#)

Depuis quelque temps, on observe un intérêt croissant pour le fait que certains caractères épigénétiques hérités pouvaient être transmis lors de la réplication de cellules ([mitose](#)) voire subsister d'une génération à l'autre pour des organismes [multicellulaires](#) ([méiose](#)).

Les phénomènes **épigénétiques** constituent un programme qui déciderait quels [gènes](#) activer ou, *a contrario*, inhiber. L'environnement influence ces signaux épigénétiques qui peuvent ainsi subir de petits changements. Ces épimutations sont plus fréquentes que les mutations classiques de l'ADN.

Les phénomènes épigénétiques couvrent les [paramutations](#), le [bookmarking \(en\)](#), le phénomène d'[empreinte](#), [les mécanismes d'extinction de gène \(en\)](#), l'[inactivation du chromosome X](#), [l'effet de position \(en\)](#), la [reprogrammation \(en\)](#), [la transvection \(en\)](#)<sup>2</sup>, [l'effet maternel \(en\)](#) (l'effet paternel est plus rare car le [sperme](#) est un vecteur moins important de matériel non nucléotidiques), la régulation des modification d'[histone](#) et de l'[hétérochromatine](#). Ils sont entre autres impliqués dans l'évolution des [cancers](#), la [tératogénèse](#), ainsi que dans les limitations de la [parthénogénèse](#) ou du [clonage](#).

Lire l'article complet de Wikipédia sur <http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89pig%C3%A9n%C3%A9tique>

Document / Document title

*Hérédité génétique, hérédité épigénétique = Genetic heredity, epigenetic heredity*

Auteur(s) / Author(s) DANCHIN A. <sup>(1)</sup> ;

Affiliation(s) du ou des auteurs / Author(s) Affiliation(s)

<sup>(1)</sup> Inst. Pasteur, dép. biochimie & génétique moléculaire, Paris 75015, FRANCE

***Résumé / Abstract***

Nous montrons ici qu'il convient de ne pas confondre l'hérédité génétique, celle du patrimoine héréditaire, avec une hérédité épigénétique, qui correspond à la transmission verticale des conditions de l'expression du patrimoine héréditaire. Cette hérédité épigénétique, qui existe dès les organismes les plus simples, ressemble superficiellement à une «hérédité des caractères acquis». Cela explique bien des confusions «lamarkiennes» dans l'interprétation des phénomènes biologiques

Revue / Journal Title

Confrontations psychiatriques ISSN 0153-9329 CODEN COPSDG

Source / Source 1986, n°27, pp. 43-61 (12 ref.)

Langue / Language Français

Editeur / Publisher Specia Rhône-Poulenc Rorer, Paris, FRANCE (1968) (Revue)

Mots-clés anglais / English Keywords

Inheritance ; Genotype environment interaction ; Epigenetics ; Acquired character ; Zinc

Mots-clés français / French Keywords

Déterminisme génétique ; Interaction génotype environnement ; Epigénétique ; Caractère acquis ; Zinc ;

Mots-clés espagnols / Spanish Keywords

Determinismo genetico ; Interacción genotipo ambiente ; Epigenetica ; Caracter adquirido ; Zinc ;

Localisation / Location INIST-CNRS, Cote INIST : 21027,

### ***Etude - Les mécanismes épigénétiques et l'évolution***

L'idée extrême du "tout-génétique", selon laquelle la totalité des caractères d'un organisme est contrôlée par ses gènes, a déjà été rejetée depuis longtemps. Cependant, de nombreuses recherches récentes montrent que l'idée d'un programme génétique très important, à défaut d'être omnipotent, est en perte de vitesse : en réalité, le développement d'un organisme implique aussi de nombreux facteurs dits *épigénétiques*.

Souvent liés à l'environnement, ceux-ci sont très divers : leur point commun est d'influencer le développement sans toucher à la séquence des nucléotides (les "lettres" A, C, T et G) du génome de l'individu.

Par exemple, les différents changements affectant les histones, ces grosses protéines sur lesquelles l'ADN est enroulé, comme la méthylation, peuvent influencer l'expression des gènes : ce sont donc des mécanismes épigénétiques. De la même façon, différents facteurs environnementaux (présence ou non de telle ou telle molécule, température...) peuvent déclencher ou réprimer l'expression d'un gène et modifier le phénotype (l'apparence) de l'organisme concerné : ils sont donc épigénétiques.

Si l'importance des mécanismes épigénétiques dans le développement n'est plus à démontrer (Atlan, 1999), leur rôle dans l'évolution est beaucoup moins clair. La définition classique de l'évolution (« changement dans la composition génétique d'une population avec le temps ») exclut *a priori* l'intervention de mécanismes épigénétiques dans l'évolution biologique : cependant, une définition plus large peut les prendre en compte. Par exemple, il semble clair que les mécanismes épigénétiques entrent en compte dans le signal morphologique de l'évolution : les mêmes gènes placés dans des environnements différents peuvent, par le biais de l'épigénétique, produire des morphologies différentes. Les études paléontologiques qui démontrent et quantifient les transformations morphologiques n'étudient donc pas forcément des phénomènes génétiques ; sans mutations, l'évolution de tel ou tel fossile peut parfaitement s'expliquer par le biais de gènes thermo-activables modulés par des variations de la température, par exemple.

Diverses études récentes ont mis en évidence l'importance de ces mécanismes chez l'être humain : par exemple, une équipe de l'université d'Uméa a récemment démontré qu'un enfant dont le grand-père avait été soumis à la famine avait moins de chances de devenir diabétique. Parallèlement, des travaux de l'université du Colorado ont montré que les mêmes petits-enfants d'individus familiaux possédaient également un poids à la

naissance inférieure à la moyenne - alors que leur propre génome n'a aucune chance de se "souvenir" de la vie de leurs grands-parents et que leur environnement n'en conserve pas la trace non plus. Seule solution : la famine a déclenché chez les grands-parents des mécanismes épigénétiques (comme la méthylation de l'ADN) qui restent actifs chez les petits-enfants. Le génome reste le même, la modification est réversible, mais il y a bel et bien "évolution" au sens le plus large du terme.

Cependant, l'hérédité épigénétique ne doit pas être confondue avec le vieux serpent-de-mer de l'hérédité des caractères acquis : selon cette théorie, promue par Lamarck (mais aussi acceptée par Darwin, ce qu'on sait beaucoup moins), les modifications qu'un individu imposait à son corps au cours de sa vie étaient transmissibles à ses descendants. Selon l'exemple classique, une girafe qui passerait sa vie à étirer son cou pour atteindre les feuilles d'un grand arbre donnerait directement naissance à des enfants munis d'un cou plus long ; par opposition, dans le modèle génétique moderne, seules quelques girafes mutantes auront la chance de naître, par hasard, avec un cou plus long - et ce quelle que soit l'expérience de leurs parents. Celles-ci survivront mieux et se reproduiront plus fréquemment : la sélection naturelle, envisagée par Darwin, trie les variations aléatoires et permet l'adaptation de la population. Ainsi, le mécanisme par lequel un individu s'adapte à son environnement (il modifie son corps par interaction avec son milieu, comme un sportif qui s'exerce ou une girafe qui s'étire) n'a rien à voir avec celui grâce auquel l'espèce dans son ensemble s'adapte : quelques individus sont par hasard mieux adaptés, ils ont plus de rejetons et leur mutation s'impose.

Cela reste vrai dans l'ensemble. Malheureusement, on observe aujourd'hui une certaine tendance à faire l'amalgame entre les mécanismes épigénétiques (qui montrent que la génétique n'est pas tout) et l'hérédité lamarckienne - tout simplement parce que les deux se passent des mutations. Or, l'amalgame est abusif : l'épigénétique ne cautionne pas l'hérédité des caractères acquis telle que Lamarck, ou même Darwin, la concevaient. Elle permet juste d'envisager une interaction complexe entre l'environnement et la manière dont le génome s'y exprimera ; elle ne rend pas transmissible les modifications qu'un individu impose à son corps. Celles-ci, les fameux "caractères acquis", restent non-héréditaires.

#### Liens :

[La théorie de l'évolution en évolution ?](#) : Un article du site [Hominidés.com](#), qui présente de manière fidèle et intéressante une étude sur l'**hérédité épigénétique**. Hélas, il n'échappe pas à l'amalgame avec le "lamarckisme" ; ceci dit, les auteurs de l'étude eux-mêmes n'ont pas hésité à présenter ce parallèle abusif dans leur article technique sur cette découverte.

#### Pour en savoir plus :

Amzallag, G. (2003) *L'homme végétal. Pour une autonomie du vivant*. Albin Michel : Un ouvrage très engagé, qui mêle hypothèses audacieuses et stimulantes, arguments légèrement douteux et vieux serpents-de-mer peu crédibles. Sa lecture ne peut qu'être profitable, mais doit être effectuée avec esprit critique : tout n'est pas à prendre (pas plus que tout n'est à jeter) dans la critique radicale du darwinisme effectuée par l'auteur.

Atlan, H. (1999) *La fin du tout-génétique. Vers de nouveaux paradigmes en biologie ?* INRA éditions.

Bettayeh, K. (2003) On n'hérite peut-être pas que de l'ADN. *Science & Vie* 1029 : 64-69 : Un dossier intéressant sur l'épigénétique, qui fait malheureusement le parallèle abusif avec l'hérédité des caractères acquis.

Source du document : <http://site.voila.fr/levolution/epigenetiques.htm>

Ouvrage : *L'hérédité sans gènes*

Collection : [Le Collège de la Cité](#) Editeur : LE POMMIER, auteur [Andrès Pàldi](#)

Que disent nos gènes ? Après un bref historique de la génétique classique (fondée sur les concepts de génotype et de phénotype), de ses bases et de ses contradictions, ce livre aborde les derniers développements présentés habituellement sous le nom d'épigénétique. En effet, dans les années 1970, la biologie moléculaire désignait la molécule d'ADN (acide désoxy-ribonucléique) comme l'unique support de l'hérédité. Solution apparemment satisfaisante au problème de la transmission des caractères. Suite à cette période de « tout ADN », la science de l'hérédité entre dans une nouvelle ère, qui est peut-être celle de l'épigénétique. Car plusieurs phénomènes ont révélé que l'expression ou le silence d'un gène ne dépendait pas uniquement du code ATGC de la fameuse double hélice, mais d'un autre code dont les clés sont pourtant transmises de génération en génération. L'hérédité épigénétique est-elle une nouvelle forme de l'hérédité ? S'agit-il d'un mode d'hérédité « sans gène » ou d'un recyclage sans gène des anciennes idées ?

Biologiste, **Andrès Pàldi** est généticien, spécialiste d'épigénétique au laboratoire Généthon d'Évry - une organisation, à but non lucratif, de biothérapie se consacrant à la mise au point des thérapeutiques innovantes pour le traitement de maladies génétiques orphelines. Il est également directeur d'études, à l'École pratique des hautes études (EPHE), section des Sciences de la vie et de la terre. Source : [http://www.editions-belin.com/ewb\\_pages/f/fiche-article-l-heredite-sans-genes-13907.php?lst\\_ref=1](http://www.editions-belin.com/ewb_pages/f/fiche-article-l-heredite-sans-genes-13907.php?lst_ref=1)

### Traduction, définitions et compléments en français :

Jacques Hallard, Ing. CNAM, consultant indépendant.

Relecture et corrections : Christiane Hallard-Lauffenburger, professeur des écoles honoraire

Adresse : 19 Chemin du Malpas 13940 Mollégès France

Courriel : [jacques.hallard921@orange.fr](mailto:jacques.hallard921@orange.fr)

Fichier: ISIS Génétique Epigénétique *How Development Directs Evolution* French.2

---

---