

# **L'identité biologique n'est pas uniquement génétique : un défi pour un enseignement citoyen**

Pierre Clément & Thomas Forissier<sup>1</sup>

## **SUMMARY :**

**BIOLOGICAL IDENTITY IS NOT ONLY GENETICAL IDENTITY : A CHALLENGE FOR A CITIZEN TEACHING.**

The 20<sup>th</sup> century marked the success of the genetics. The beginning 21<sup>th</sup> century is aware of the limits of the “ all-genetics ”. Nevertheless, the curricula of the secondary school are not yet modified in this way.

The present work analyses the conceptions of 33 future Biology teachers, and analyses also, in 3 scholar textbooks (for pupils 16 years old), the chapters related to the notion of “ biological identity ”. The results show that this notion is reduced to the notion of “ genetical program ”, and associated with a model of linear causal determinism of the phenotype by the genotype. The scientific and citizen dangers of this model are discussed. The challenge is now to teach a new model with interactions between the genotype and its environment : the epigenesis, and particularly the cerebral epigenesis.

## **KEY-WORDS :**

Biology Education – Genetics – Genetical determinism – Phenotype – Cerebral epigenesis - Conceptions of teachers – Curricula – Scholar textbooks -

## **RÉSUMÉ :**

Alors que le 20<sup>ème</sup> siècle est celui du succès de la génétique, le 21<sup>ème</sup> siècle s'ouvre avec la conscience des limites du “ tout-génétique ”. Cependant les programmes de Biologie au Lycée tardent à se modifier dans ce sens.

Le présent travail analyse les conceptions de 33 futurs enseignants de Biologie, ainsi que, dans 3 manuels scolaires de la classe de Première S, les chapitres relatifs à la notion d'identité biologique. Il en ressort que celle-ci est limitée à la notion de programme génétique, avec un modèle de déterminisme causal linéaire du phénotype par le génotype.

---

LIRDHIST, Université Claude Bernard Lyon 1, France

Adresse postale : LIRDHIST, bâtiment 403, Université Lyon 1, 69622 Villeurbanne Cedex, France

Les dangers scientifiques et citoyens de cette réduction sont soulignés, ainsi que la nécessité d'enseigner désormais un autre modèle de déterminisme du phénotype, insistant plus sur l'interaction entre le génome et son environnement (l'épigénèse, et notamment l'épigénèse cérébrale).

**MOTS-CLÉS :**

Didactique de la Biologie – Génétique – Phénotype – Déterminisme génétique – Epigénèse cérébrale -  
Conceptions des enseignants - Curricula – Manuels scolaires –

## 1 – Le 20<sup>ème</sup> siècle : victoire et limites du tout-génétique

### **Victoire :**

C'est en 1900 que, parallèlement et indépendamment, H. de Vries, C. Correns et E. Tschermak von Seysenegg retrouvent les lois que Mendel déjà avait formulées en 1866<sup>2</sup>. C'est au tout début de ce 20<sup>ème</sup> siècle qu'ont été définis des concepts de mutation, de génotype et phénotype, puis de gène. Longtemps liée à l'eugénisme<sup>3</sup>, la génétique s'est progressivement imposée comme la discipline reine de la biologie. Depuis le milieu du siècle et la découverte de la structure de l'ADN (Watson & Crick 1953), elle comporte une nouvelle branche, la génétique moléculaire, qui s'est développée très vite jusqu'à son apogée actuelle avec le fantastique chantier du séquençage de l'ADN de l'homme et de divers animaux et végétaux. L'ampleur des enjeux scientifiques et économiques (agriculture, santé et industries pharmaceutiques) explique l'accélération de ces recherches en cette fin de siècle.

### **Limites :**

- **Le nombre de gènes humains vient brusquement de diminuer.** Avec le séquençage très récent de l'ADN du chromosome 21, le nombre estimé des gènes humains a brutalement été revu à la baisse. En extrapolant le nombre de gènes des deux chromosomes actuellement séquencés (545 pour le chromosome 22, et seulement 225 pour le chromosome 21 qui, avec ses 33,8 millions de paires de base, représente 1 % de notre génome), les spécialistes estiment désormais que le nombre de gènes humains serait voisin de 40 000, et non pas compris entre 70 000 et 140 000 comme estimé jusqu'ici<sup>4</sup>. La modestie s'impose : quelles sont les fonctions éventuelles de ces immenses parts d'ADN qui ne codent pas de protéines ?
- **Le débat inné-acquis n'a pas de sens et est dépassé.** Dès le début du 20<sup>ème</sup> siècle, il apparaît avec Weisman que ce qui est héréditaire est le germe (le génotype<sup>5</sup>), et non le soma (le phénotype). Mais cette distinction<sup>6</sup> n'a rien à voir avec l'opposition entre inné et acquis. Weisman (et, à sa suite, la génétique moderne) a résolu ce problème en posant que ce qui est acquis ne peut l'être qu'à partir de prédispositions héréditaires permettant ces acquisitions. La génétique moléculaire a montré ensuite que le génotype n'induisait que des protéines, des enzymes ; le phénotype se construit par des interactions multiples entre ces enzymes et leur environnement, au niveau cellulaire, puis au niveau des organismes et de leurs populations. Les termes " caractères innés " et " caractères acquis " n'ont dès lors aucun sens<sup>7</sup> (sauf quand ces " caractères " sont limités à des protéines). " *Dans la génétique moderne, l'hérédité s'arrête à la structure primaire des protéines (leur séquence d'acides aminés), tout ce qui vient après, tout ce qui est phénotype à*

---

<sup>2</sup> Ces trois textes fondateurs de 1900 sont republiés dans C. Lenay (*La découverte des lois de l'hérédité, une anthropologie*. Presses Pocket, Paris, 1990) ; voir aussi, pour l'histoire de la génétique, les bonnes synthèses de M. Abrougui (Thèse de didactique des sciences, Université Lyon 1, 1997) et d'A. Pichot (*Histoire de la notion de gène*, éd. Flammarion, Champs : Paris, 1999).

<sup>3</sup> Plusieurs ouvrages et travaux analysent ces liens entre génétique et eugénisme : notamment Pichot (*L'eugénisme, ou les généticiens saisis par la philanthropie*, éd. Hatier : Paris, 1995), Clément P., Abrougui M., Fèbvre V., 1998 - Human Genetics and Ethics : a qualitative study of teachers' conceptions. *Acts of ERIDOB 98*, Gotenborg november 1998 (sur Internet, serveur ESERA).

<sup>4</sup> Bursaux E., 2000 : article dans le quotidien Le Monde du 10 mai 2000, p.40

<sup>5</sup> Les termes de génotype et de phénotype sont dus à Johannsen en 1909 (voir Pichot 1999, opus cité)

<sup>6</sup> largement popularisée avec les vérifications (de sens commun, puis scientifiques) de " la non hérédité des caractères acquis "

<sup>7</sup> La plupart des biologistes et épistémologues s'accordent aujourd'hui sur ce point : cf. par exemple Jacquard 1978 (Eloge de la différence : éd. LeSeuil, Paris), Clément et al 1980 (Le mythe tenace du "chromosome du crime", encore appelé "chromosome de l'agressivité". *Raison Présente*, 54, p.109-127), Stewart 1993 (Au delà de l'inné et de l'acquis. *Intellectica*, 16, p 151 - 174 – CNRS : Paris), Abrougui 1997 (thèse déjà citée), Pichot

proprement parler mêle les facteurs internes (dont cette structure des protéines) et les facteurs externes de manière inextricable. Il n'y a aucune place pour des notions telles que celles de " caractères héréditaires " et de " caractères acquis ". " (Pichot 1999).

**Le 20<sup>ème</sup> siècle a donc vu la naissance et l'apogée du tout-génétique, ainsi que le début de son déclin.** Non pas que les succès spectaculaires de la génétique et de la biologie moléculaire puissent être contestés : mais leur succès même rend de plus en plus évident le paradigme de la génétique moléculaire : " un gène – un enzyme " et non pas " un gène – un caractère phénotypique ". **La complexité du vivant, à l'aube de ce 21<sup>ème</sup> siècle, ne peut plus être réduite au seul déterminisme génétique.** Son étude nécessite de s'affronter à **d'autres mécanismes, épigénétiques,** pour analyser la construction (embryogenèse puis ontogenèse) des caractères phénotypiques. De nouvelles modélisations (basées sur les concepts d'auto-organisation, d'intelligence collective et d'émergence<sup>8</sup>) contribuent largement à ce changement de perspective.

**Les médias ont joué un rôle important dans la propagation de l'idée que la biologie était d'abord la science du déterminisme génétique des caractères et des maladies.**

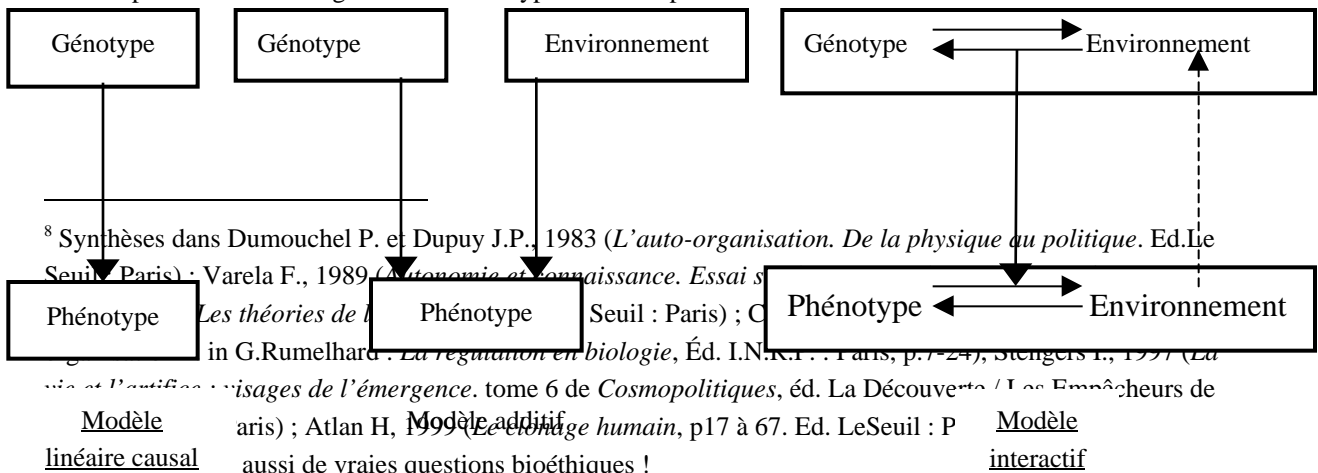
Alliant l'explication causale simpliste au goût du mystère, les magazines ont comme premier objectif d'augmenter leurs ventes (ou leur audimat à la télévision). Ils ne méprisent pas l'astrologie quand le public a soif d'horoscopes. Et ils titrent volontiers en une sur des hypothèses génétiques qu'ils transforment vite en révélations : " le gène de l'obésité ", " de la timidité ", " de l'intelligence ", " de la criminalité ", ... Les récents articles sur le clonage ont été à cet égard désolants, propageant l'idée du tout-génétique<sup>9</sup>, comme si un clone était la photocopie d'un adulte et de ses performances intellectuelles ou sociales. Les médias ont ainsi propagé, souvent à leur insu, des opinions héréditaristes ; avec parfois la caution de biologistes qui pouvaient tirer bénéfice de certaines campagnes de presse. Ainsi, en France, la télévision, en liaison avec nombre de partenaires publics et privés, orchestrent une journée annuelle (le Téléthon) de collecte pour la recherche médicale sur les maladies génétiques. L'image de la maladie s'en trouve fortement associée à celle de la génétique. Aux U.S.A., les tests génétiques ont envahi les marchés (tests de paternité, prédispositions à des maladies<sup>10</sup>).

**La notion de programme génétique** résume l'ambiguïté largement héréditariste et réductionniste de ce que propagent les médias à propos de la génétique de cette fin du 20<sup>ème</sup> siècle : comme si tous les caractères humains étaient programmés, prédéterminés dans l'ADN : un peu comme les jansénistes pensaient à l'époque que tout ce qui arrivait était écrit dans le plan de Dieu, dans son programme.

**2 – Trois conceptions sur le déterminisme génétique du phénotype**

Nous avons effectué une enquête sur 33 futurs enseignants de Biologie (IUFM de Lyon et Saint Etienne, en 2000), en leur posant notamment la question "De quoi dépend le phénotype ? (faites un schéma)".

Leurs réponses ont été catégorisées en trois types de conceptions :



- 12 futurs enseignants proposent un modèle linéaire causal en expliquant le phénotype uniquement en fonction du génotype. C'est la notion d'un programme génétique. Il est peu probable que ces futurs enseignants aient tous une idéologie héréditariste. Pourtant leur explication, dans le cadre de ce questionnaire, exprime une idéologie déterministe. Cette contradiction est une nouvelle illustration de la notion de conceptions conjoncturelles<sup>11</sup>.
- 10 proposent un modèle additif, où le phénotype dépend en partie du génotype et en partie de l'environnement (sans interactions entre ces deux déterminismes). Or le modèle additif n'a pas de sens ici puisqu'il y a interaction : génotype comme environnement sont nécessaires à 100% chacun<sup>12</sup>.
- 11 enfin proposent un schéma qui se rapproche plus du modèle interactif schématisé ci-dessus, et qui est plus en adéquation avec le savoir scientifique actuel<sup>13</sup>. D'après ce modèle, le phénotype dépend de l'interaction génotype-environnement (exemple de l'opéron lactose). Le phénotype est lui-même en interaction avec son environnement (exemple de l'œil crevé accidentellement). Enfin, l'interaction phénotype-environnement peut influencer l'environnement du génotype (exemple de la phénylcétonurie en cas de régime carencé en phénylalanine). Ce dernier modèle est certes légèrement plus complexe que les deux autres mais il devrait s'imposer dans l'enseignement secondaire suivant les règles de la transposition didactique<sup>14</sup>. Ce modèle montre que le savoir de référence peut être écrit de façon simple (et non simpliste comme avec le modèle linéaire causal et le modèle additif). Qu'en est-il dans les programmes et les manuels scolaires ?

### **3 – L'enseignement en France de la notion d'identité biologique (classe de Première : élèves d'environ 16 ans)**

Les programmes imposent ce thème en classe de première S (élèves d'environ 16 ans, niveau précédent la Terminale). Nous avons analysé les chapitres sur “ *l'identité biologique des organismes* ” dans des trois manuels français qui proposent trois approches différentes de l'identité biologique.

---

<sup>11</sup> Chez une même personne, plusieurs conceptions sur un même phénomène peuvent être juxtaposées, même si elles sont parfois contradictoires entre elles ; chacune s'exprime dans une situation précise, dans une conjecture : ce sont des conceptions conjoncturelles : Clément P., 1994 (“ Représentations, conceptions, connaissances ”. In *Conceptions et connaissances*. Giordan A., Girault Y., Clément P., Ed Peter Lang, Berne p 15 – 45).

<sup>12</sup> Cf. références dans les notes 7 & 8 ci-dessus

<sup>13</sup> idem

<sup>14</sup> Astolfi J.P, Darot E, Ginsbuger-Vogel et Toussaint J., 1997. *Mots clés de la didactique des sciences, repères, définitions, bibliographies*. p. 182. De Boeck Université, Belgique

**3-1. Le "Nathan 1993"** : il n'y a pas de chapitre intitulé "*identité biologique des organismes*" mais deux chapitres portant les titres "*Edification, croissance et renouvellement de l'organisme*" (chapitre 1) et "*L'information génétique : transmission et expression*" (chapitre 2). Plusieurs notions y sont abordées : la transmission/conservation de l'information génétique lors de la mitose, la molécule d'ADN, l'expression de l'information génétique avec la transcription et la traduction : **le terme d'identité biologique n'est à aucun moment employé**. C'est une stratégie d'évitement de cette notion.

**3-2. Le "Hachette 1993"** : le chapitre 1 s'intitule : "*identité biologique des organismes*".

- Les illustrations présentées recouvrent différentes spécialités comme l'immunologie, la génétique, l'histologie et l'embryologie. Ces illustrations sont essentiellement des schémas et des photographies de microscopie électronique.
- Le corps du texte traite abondamment l'identité cellulaire ; sa partie 2 "*le maintien des caractéristiques d'un organisme*" est résumée par une phrase : "*le maintien de la programmation génétique et par conséquent de l'identité biologique d'un organisme...*". Il aborde ensuite le niveau cellulaire (identité cellulaire).
- L'introduction et la conclusion de ce texte sont centrées sur le concept d'identité biologique. Dans l'introduction, il est écrit que "*grâce au programme génétique (...) un être s'organise, se renouvelle et conserve son identité biologique*". Ce concept n'est alors pas détaillé et la partie 1 "*l'édification d'un organisme*" débute immédiatement. Le rapport de causalité linéaire entre programme génétique et identité biologique ressort encore plus nettement dans la conclusion où "*l'information génétique (...) détermine l'identité biologique de chaque organisme*".
- Au total, le terme d'identité biologique est employé 5 fois dans ce chapitre, dont 2 fois dans la page de titre. Le concept d'identité biologique n'est à aucun moment défini, mais il est régulièrement associé à la notion de programme génétique.

**3-3. Le "Bordas 1993"** : son 1<sup>er</sup> chapitre s'intitule "*l'identité biologique des organismes*".

- Le concept d'identité biologique y est explicitement traité. La page de présentation de ce chapitre se propose, entre autres, de répondre aux questions "*Comment se définit l'identité biologique d'un organisme ?*" et "*Quel en est le support ?*". Neuf activités sur document sont proposées, puis une synthèse des connaissances à acquérir (en deux parties dont seule la première développe le concept d'identité biologique). Les cinq premières activités présentent les notions de programme génétique, de caryotype, d'organisation et d'unicité des êtres vivants puis de renouvellement cellulaire. Ces mêmes notions sont reprises et organisées dans la synthèse qui discerne trois points : "*qu'appelle-t-on identité biologique?*", "*le support génétique de l'identité biologique*", "*le programme génétique gouverne l'identité cellulaire*".
- C'est un geste courageux. L'identité biologique y est étudiée à deux niveaux, celui de l'organisme et celui de la cellule. Le niveau cellulaire, qui se restreint à une approche immunologique, est repris dans l'activité 4 où, sous le titre "*chaque être vivant est unique*", seule l'identité chimique est abordée. Le niveau de l'organisme permet une approche différente de l'unicité des individus : "*même les enfants d'un couple ne sont ni identiques entre eux ni identiques à leurs parents*". L'argumentaire est ici basé sur l'ostension ("*différences évidentes*") et la seule cause précisée est, comme le propose le programme de première S, le "*programme génétique*".
- **Et le message est clair : programme génétique -> identité biologique, avec l'idée d'une causalité linéaire**, et une omission totale du rôle de l'interaction génome-environnement sur le phénotype.

**3-4. Au total, les trois manuels sont encore dans le "tout-génétique", et plus précisément dans le modèle linéaire causal génotype -> phénotype**. Ils ont certes du mal à traiter ce chapitre que le programme impose sur la notion d'identité biologique. Chacun adopte sa stratégie, mais les trois demeurent déterministes et centrés sur la notion de "programme génétique".

#### **4 – Conclusion : enseigner l'épigénèse, l'interaction entre le génome et son environnement, est un enjeu citoyen pour le 21<sup>ème</sup> siècle.**

Dans une recherche précédente<sup>15</sup>, nous avons montré que chacun de nous pense sa propre identité en plusieurs termes complémentaires, qui en expriment les différentes facettes : sociale (date et lieu de naissance, nom de famille et identité des parents), psychologique et biologique, avec nos différents traits de personnalité.

Le problème vient du dualisme persistant qui réserve au biologique nos caractéristiques morphologiques, voire aussi nos pathologies, et qui considère que nos traits psychologiques sont en revanche influencés par la société, la culture et indépendants de tout support biologique. Nous avons analysé<sup>16</sup> que cette conception, largement dominante encore, traduit un dualisme persistant entre le corps et l'esprit, comme si le cerveau n'était pas un organe biologique qui produisait notre pensée et nos traits de personnalité. Nous en avons déduit que l'enseignement de la biologie, au moins au Lycée, devait accorder plus de place au cerveau et surtout à son épigénèse.

Le présent travail montre que les programmes scolaires réduisent actuellement l'identité biologique à un programme génétique ; et que cette réduction, également fréquente dans les médias, imprègne les conceptions de nombreux futurs enseignants de Biologie. L'ensemble peut aussi renforcer le danger de dualisme (des pensées sans support biologique).

Introduire l'épigénèse dans l'enseignement de la Biologie devient donc un enjeu à la fois scientifique (car la Biologie a actuellement dépassé le stade du tout-génétique) et citoyen (car l'insistance unique sur la notion de " programme génétique " renforce l'idéologie héréditariste et justifie le fatalisme). Le modèle interactif du déterminisme du phénotype peut être enseigné ; c'est aussi le seul qui soit compatible avec l'épigénèse cérébrale, qui doit également être désormais enseignée au Lycée.

---

<sup>15</sup> Abrougui M., Clément P., 1996c - Un atelier implicatif : " Je suis unique ". *Tréma* (IUFM Montpellier), 9-10 (*Les spécificités de la Biologie et de son enseignement*), p. 177-181.

<sup>16</sup> Clément P., 1994b - La difficile évolution des conceptions sur les rapports entre cerveau, idées et âme. In Giordan A., Girault Y., Clément P., *Conceptions et connaissances*. Éd. Peter Lang, Berne, p.73-91.

Clément P., Cottancin D., Fèbvre V., 1998 - Quelles conceptions sur les fondements biologiques de l'identité d'un être humain ? *Actes JIES (Journées internationales sur l'éducation scientifique, Chamonix ; A.Giordan, J.L.Martinand, D.Raichvarg ed. ; Univ.Paris Sud), 20, p.181-188.*

Clément P., 1999b - Situated conceptions. Theory and methodology. From the collection of data (on the brain) to the analyse of conceptions. in M.Méheut & G.Rebmann, *Fourth European Science Education Summerschool : Theory, Methodology and Results of Research in Science Education*, ed. ESERA, U.Paris 7, p. 298-315.

Clément P., Cottancin D., 1999 - Interactions between knowledge and opinions : the conceptions of beginner teachers (in secondary school) on the brain and its plasticity. in *Research in Science Education : Past, Present and Future. Proceedings Second International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)*, 1999, 513-517.