Interaction entre connaissances scientifiques et valeurs dans les conceptions d'enseignants français sur le déterminisme génétique de comportements humains

Jérémy Castéra, Pierre Clément

▶ **To cite this version:**

Jérémy Castéra, Pierre Clément. Interaction entre connaissances scientifiques et valeurs dans les conceptions d'enseignants français sur le déterminisme génétique de comportements humains. RDST - Recherches en didactique des sciences et des technologies , 2010, 1, pp.229 - 246. hal-01024978

HAL Id: hal-01024978
https://hal.science/hal-01024978

Submitted on 16 Jul 2014

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.

Castéra J. & **Clément P.** (2010). Interaction entre connaissances et valeurs dans les conceptions d'enseignants français sur le déterminisme génétique de comportements humains. *Recherches en Didactiques des Sciences et Techniques*, 1, p.229-246.

Interaction entre connaissances scientifiques et valeurs dans les conceptions d'enseignants français sur le déterminisme génétique de comportements humains.

Jérémy **Castéra** et Pierre **Clément**
LEPS-LIRDHIST, Université Claude Bernard Lyon 1
69 622 VILLEURBANNE Cedex, France
jeremycastera@gmail.com
clement.grave@free.fr

Ce travail s'insère dans un large projet de recherche (BIOHEAD-Citizen) visant à comparer les conceptions d'enseignants et futurs enseignants de 19 pays sur des thèmes de biologie et société. Cet article se limite à la France et au thème du déterminisme génétique des comportements humains. Des enseignants et futurs enseignants du Primaire, du Secondaire en Biologie et en Français, ont répondu à un questionnaire. Leurs réponses sont interprétées à partir d'analyses multivariées. Sont ainsi mises en évidence des interactions entre leurs connaissances scientifiques et leurs valeurs, impliquant des pratiques sociales différentes. Les conceptions des enseignantes sont significativement moins machistes que celles de leurs collègues hommes. Celles des biologistes ne diffèrent de celles de leurs collègues que par les connaissances. L'ensemble des conceptions se structure en deux systèmes de conceptions opposés : l'un, minoritaire, est innéiste et conservateur sur le plan politique et social, l'autre, majoritaire, est structuré par les conceptions inverses. Contrairement à ce qui a été observé dans les autres pays du projet BIOHEAD-Citzen, ces conceptions ne sont pas corrélées à la confession religieuse, ni au degré de croyance ou de pratique religieuse.

L'analyse des conceptions des enseignants sur le thème du déterminisme génétique s'inscrit dans un enjeu social considérable. Plusieurs recherches ont déjà porté sur ce thème en France : Rumelhard, 1986 ; Abrougui, 1997 ; Clément & Forissier, 2001 ; Forissier & Clément, 2003. En effet, considérer que "la part de l'inné est immense" est une affirmation idéologique (l'idéologie étant l'innéisme), qui conjugue des connaissances scientifiques, dépassées depuis le développement de l'épigénétique (Atlan, 1999, Morange, 2005a), avec des valeurs fatalistes. L'ensemble sous-tend autant le maintien d'inégalités sociales que la marginalisation de mauvais élèves supposés être génétiquement incapables.
Le nouveau paradigme de l'épigénétique, en particulier l'importance de l'épigenèse cérébrale dans l'espèce humaine (Changeux, 1983 ; Edelman, 1987), correspond par contre au fondement biologique du constructivisme.
Dans une première partie, nous présentons les grandes tendances de l'évolution des connaissances scientifiques sur les liens entre génétique et comportements humains puis le cadre théorique que nous avons utilisé en précisant la définition du terme conception ainsi que le modèle KVP qui propose d'analyser les conceptions en tant qu'interactions possibles entre trois pôles (connaissances scientifiques, valeurs, pratiques sociales). Dans la deuxième partie nous présentons la méthodologie mise en œuvre. La troisième partie expose les résultats et leurs interprétations, incluant des références à des résultats déjà publiés sur le même type de recherche dans les autres pays du projet BIOHEAD-Citizen (Castéra *et al*., 2009, Castéra & Clément, 2009).

I- Le contexte théorique

I-1 Quand le "tout-génétique" est remplacé par un nouveau paradigme : l'épigénétique

Jusqu'à quel point nos comportements et notre personnalité sont-ils prédéterminés ? La question ne date pas d'aujourd'hui, que soient évoqués Dieu, la fatalité, la conjonction astrale, les lignes de la main, l'iris, l'oreille ou, plus récemment, le "programme génétique" inscrit dans notre ADN. Les débats entre "inné ou acquis", puis "inné et acquis" (la part respective de l'un et de l'autre) sont scientifiquement dépassés (Stewart, 1993 ; Jacquard et Kahn, 2001). Les thèses innéistes ont connu un regain de succès avec la sociobiologie (Wilson 1979), pour qui le "gène égoïste" (Dawkins, 1976) gouvernerait les comportements socioculturels humains. Ce scientisme (Thuillier, 1981) aussi nommé biologisme (Clément *et al.,* 1981) correspond à ce que Canguilhem (1981) a identifié comme "idéologie" au sein des sciences de la vie : réduire des phénomènes complexes au seul déterminisme génétique ou moléculaire. Au sein même de la communauté scientifique s'est, depuis, développée une analyse critique de "l'ère du tout-génétique" (Atlan, 1999), avec la dénonciation de l'innéisme (Lewontin, 2003). Ces travaux reconnaissent que les connaissances biologiques, en particulier dans le domaine de la génétique humaine, oscillent souvent entre "le savoir et l'opinion", pour reprendre le titre de l'ouvrage d'Atlan & Bousquet (1994).

La neurobiologie a connu le même type de débats. Pour la craniologie de Broca, les femmes seraient moins intelligentes que les hommes parce que leur cerveau est plus petit, affirmation qui s'est avérée fausse (Gould, 1983). Des travaux plus récents ont mis en cause la latéralisation cérébrale qui différencierait les hommes des femmes (critiqué par Clément, 1997 et par Vidal, 2001). Ce réductionnisme présente les structures cérébrales comme si elles étaient innées alors qu'on sait aujourd'hui qu'elles sont aussi construites par nos apprentissages moteurs et intellectuels, mémorisés dans nos réseaux neuronaux (Changeux, 1983 ; Edelman, 1987).

Le domaine de la génétique humaine est ainsi particulièrement propice à des interactions entre science et idéologie (Clément, 2004). Or les connaissances de génétique ont aujourd'hui beaucoup progressé et sont marquées par ce qu'on peut appeler un nouveau paradigme (au sens de Kuhn, 1970) : l'épigénétique (Morange, 2005a, 2005b).

Le mot épigénétique peut être utilisé dans deux sens assez différents (Morange, 2005b) :

- De façon assez générale pour désigner les mécanismes par lesquels le génotype engendre le phénotype : des processus non génétiques mais en interaction avec les gènes. Au sens étymologique, il signifie « *au dessus des gènes* » (Changeux, 1983, p.276 ; Atlan, 1999, p.19). La formation des synapses, qui dépend des contacts que l'organisme établit avec son environnement, fait partie des phénomènes épigénétiques (épigenèse cérébrale).
- De façon plus stricte, pour désigner le *« contrôle de l'activité des gènes par modifications chimiques de l'ADN lui-même ou des protéines qui l'enveloppent pour former la chromatine, telles les histones* » (Pouteau, 2007, p.155).

Par ailleurs plusieurs auteurs ont à nouveau montré, plus récemment, un lien entre l'idéologie innéiste et des attitudes intolérantes comme le sexisme et le racisme (Keller, 2005 en Allemagne ; Dambrun *et al.,* 2009 en France).

I-2 Conceptions, représentations sociales, systèmes de conceptions

Si l'analyse des conceptions des apprenants, ainsi que celles des enseignants, est un thème très classique des recherches en Didactique des Sciences, le vocabulaire utilisé pour désigner les conceptions n'est pas encore totalement consensuel. Dans le présent travail, nous utilisons le vocabulaire défini par Clément (2008) :

- Les conceptions sur un thème précis sont identifiables à partir d'un ensemble de réponses cohérentes dans des situations différentes relatives à ce thème (lors d'entretiens, d'observation de manipulation, de questions diverses dans un questionnaire). Elles sont dites « situées » lorsqu'elles ne se réfèrent qu'à une seule situation (par exemple la réponse à une seule question d'un questionnaire).

- Quand ces conceptions sont partagées par un groupe social, elles correspondent à des représentations sociales, terme issu de la psychologie sociale (Moscovici, 1984), que l'on peut aussi appeler représentations collectives (Durkheim, 1898).

- Enfin nous nommons "système de conceptions" la convergence entre plusieurs représentations sociales, portant chacune sur un thème : par exemple l'innéisme et le créationnisme (Clément *et al.,* 2008), ou encore l'innéisme et certaines opinions sociopolitiques ou religieuses (Castéra *et al.,* 2009).

I-3 Le modèle KVP

Défini par Clément (2004), ce modèle a servi de base théorique aux recherches des 19 équipes (de 19 pays différents) impliquées dans le projet de recherche BIOHEAD-Citizen. Il propose d'analyser les conceptions en tant qu'interactions possibles entre trois pôles : connaissances scientifiques (K), valeurs (V) et pratiques sociales (P).

- Le pôle K concerne les connaissances scientifiques de façon générale, y compris dans le domaine des sciences humaines et sociales ; la lettre K a été choisie pour le terme "Knowledge" (qui évite le débat très français entre connaissances et savoirs). Ces connaissances peuvent être actuelles ou anciennes (et alors souvent dépassées dans un domaine comme la génétique).
- Le pôle valeurs (V) peut être défini comme "ce qui fonde le jugement" (Clément, 2008). Ce terme est souvent utilisé mais rarement défini, y compris dans les études nationales ou internationales centrées sur l'identification et l'analyse de valeurs (Bréchon & Tchernia, 2009 ; Corrigan *et al.*, 2007). La définition que nous adoptons permet de rechercher les valeurs qui, au sein même de toute conception, fondent un jugement : ce qui est vrai ou faux, bon ou mauvais quand on se réfère à des opinions, croyances, idéologies, positions philosophiques, morales ou éthiques, ou encore à la science elle même. La science porte en effet un jugement sur ce qui est scientifiquement vrai ou faux, ou probable, et les conceptions des scientifiques qui ont à porter ce jugement peuvent être analysées en termes d'interactions KVP (Clément 2004), les valeurs de la science étant l'honnêteté, la rigueur, le respect des preuves, des démonstrations, l'esprit critique, l'absence de dogmatisme, … Ces valeurs idéales des scientifiques peuvent parfois interférer avec d'autres valeurs (ambition, cynisme de la fraude ou du carriérisme, valeurs qui fondent leurs opinions ou idéologies). Ainsi les pratiques sociales des scientifiques valident parfois des "connaissances scientifiques" (K), telles que le "tout-génétique", qui ensuite apparaîtront comme entachées de valeurs telles que l'innéisme. Et c'est au nom d'autres valeurs (respect des preuves scientifiques, non dogmatisme, …) que ces connaissances antérieures apparaîtront ensuite comme dépassées pour être remplacées par de nouvelles connaissances telles que l'épigénétique.
- Le pôle « pratiques » (P) renvoie soit aux pratiques professionnelles (par exemple dans le métier de chercheur, ou d'éditeur de revues scientifique, ou d'enseignant) soit à des pratiques individuelles et sociales (par exemple religieuses, ou politiques). Selon les valeurs qui les sous-tendent, ces pratiques peuvent être plus ou moins citoyennes. C'est surtout à ce niveau-là que l'enjeu est de taille quant au thème du déterminisme génétique qui nous intéresse ici.

II- Questions de recherche

Trois questions servent de trame à notre recherche :

- Les conceptions d'enseignants français sur le déterminisme génétique de notre personnalité ou de nos performances sont-elles encore structurées par le débat (pourtant dépassé) entre inné et / ou acquis ? Ou les conceptions sur ce thème ont-elles évolué avec l'introduction de nouveaux paradigmes de la biologie dans ce domaine (interaction inné / acquis, épigénétique, épigenèse cérébrale) ?

- Les conceptions innéistes sont-elles liées à des idéologies telles que le sexisme ou le racisme ? La valeur de l'égalité en droit de tous les êtres humains sous-tend-elle des conceptions moins innéistes quant aux différences de sexe ou de groupes ethniques, entre jumeaux, clones éventuels, ou entre parents et enfants ?

- Les conceptions des enseignants sur ce thème varient-elles en fonction de certaines de leurs caractéristiques : âge, sexe, origine sociale, matière enseignée et, de façon plus générale, en fonction de leurs opinions politiques, économiques, sociales ou encore religieuses ? Pourra-t-on, à cet égard, mettre en évidence des représentations sociales voire d'éventuels systèmes de conceptions ?

III- Méthodologie

Notre travail s'insérant dans une recherche internationale (projet BIOHEAD-Citizen, 2004-2008 : Carvalho et *al.*, 2004), c'est collectivement, avec les 19 équipes de ce projet, qu'ont été définis les protocoles et méthodes de recherche sur les différents thèmes (Clément & Carvalho, 2007).

III-1 Les enseignants interrogés

Dans chaque pays, six catégories d'enseignants ont été définies *a priori* pour permettre des comparaisons : enseignants en service du primaire (**InP**), en service du secondaire en biologie (**InB**) ou en lettres (**InL**), futurs enseignants du primaire (**PreP**), du secondaire en biologie (**PreB**) ou en lettres (**PreL**).

En France, ont été interrogés 424 enseignants ou futurs enseignants dans la Région Rhône-Alpes et 308 dans la Région Languedoc-Roussillon (tableau 1). Ces échantillons diffèrent légèrement en fonction de certains paramètres non contrôlés *a priori*. L'un d'eux (le pourcentage de femmes) est précisé dans le tableau 1.

Tableau 1 *: Tableau des effectifs des échantillons dans les deux régions françaises (Lyon = Rhône-Alpes ; Montpellier = Languedoc-Roussillon, le pourcentage de femme est donné entre parenthèses).*

	Enseignants en service			Enseignants en dernière année de formation			
	Secondaire (lycées & collèges)		Primaire	Secondaire (lycées & collèges)		Primaire	
	Biologie **InB**	Lettres **InL**	**InP**	Biologie **PreB**	Lettres **PreL**	**PreP**	**Totaux**
Lyon	51 (73%)	62 (65%)	64 (84%)	99 (68%)	50 (84%)	98 (81%)	424 (75%)
Montpellier	49 (71%)	48 (75%)	50 (78%)	50 (58%)	51 (94%)	60 (85%)	308 (77%)
Totaux	**100 (72%)**	**110 (69%)**	**114 (82%)**	**149 (64%)**	**101 (89%)**	**158 (82%)**	**732 (76%)**

Les questionnaires ont toujours été remplis en présence du chercheur afin d'avoir des retours immédiats par le maximum de personnes interrogées. Une courte introduction préalable insistait sur la garantie d'anonymat, et indiquait qu'il fallait répondre individuellement et aussi vite que possible à tous les items.

Chacun avait la liberté totale de remplir ou non le questionnaire. Très peu ont refusé (moins de 5%). Nous avons fait passer les questionnaires généralement en fin de cours pour les futurs enseignants ou, pour les enseignants en service, à la fin de stages de formation portant sur des thèmes autres que ceux de notre enquête. Pour une partie des enseignants en service, nous sommes allés dans les établissements scolaires afin de compléter nos effectifs.

Peu de questionnaires (moins de 2%) comportaient plus de 5% d'items sans réponse et ont alors été éliminés.

III-2 Présentation du questionnaire

Le questionnaire a été construit par un travail collectif de deux ans, en prenant les précautions méthodologiques nécessaires à sa validation : pré-test, test de stabilité des réponses, entretiens complémentaires, analyse des réponses à un test pilote puis choix des questions discriminantes. Il est constitué de 168 items, ordonnés de façon aléatoire (sauf pour la partie terminale P sur les renseignements personnels). Les analyses qui suivent ne concernent que les réponses aux 31 items relatifs au thème "génétique humaine", parfois croisées avec des paramètres individuels. Tous les items sont « fermés ». Ils proposent un choix hiérarchisé, selon une échelle de Likert entre quatre cases comprises entre "je suis d'accord" et "je ne suis pas d'accord" (et dans de rares cas, quatre cases entre "oui" et "non"). Les 31 items sont brièvement présentés dans les lignes qui suivent, en précisant entre parenthèses le numéro de l'item dans le questionnaire.

III-2-1 Des items concernant principalement le pôle K

Il s'agit de cinq items pour lesquels le pôle « K » ne présente pas *a priori* d'interaction avec le pôle « V ». Quatre items demandent à l'enseignant interrogé "*s'il peut expliquer ce qu'est une synapse*" (B33), "*un réseau neuronal*" (B34), "*la plasticité cérébrale*" (B35) et "*l'épigenèse cérébrale*" (B36). L'enseignant coche ici une des quatre cases entre "oui" et "non", exprimant ainsi non pas une connaissance, mais sa conviction quant à sa maîtrise de ces connaissances. Le taux de corrélation très élevé ($r > 0,9$) entre les réponses à ces questions fermées et les catégories de définitions (plus ou moins vraies et complètes) dans les questions ouvertes complémentaire proposée lors du test pilote, nous ont amenés à ne conserver que les items fermés pour le questionnaire final. L'enjeu est de tester si les conceptions mises en évidence par les autres items seront ou non corrélées à des connaissances sur le cerveau et son épigenèse. Les programmes français actuels (de SVT, 1ères et Terminale) incluent la plasticité cérébrale, mais n'explicitent pas l'épigenèse cérébrale même si certains aspects sont parfois présents (Clément *et al*., 2006). C'est surtout par les médias que les enseignants interrogés peuvent avoir entendu parler de l'épigenèse cérébrale (par exemple par l'ouvrage très diffusé de Changeux, 1983).

Le cinquième item (A31) teste si les enseignants maîtrisent une loi probabiliste élémentaire de la génétique, qui pose souvent problème (Girault & Girault, 2004). "*Quand un couple a déjà eu deux filles, les chances pour que le troisième enfant soit un garçon sont plus grandes*".

III-2-2 Des items mobilisant K et V

Ils ont trait à différents aspects :

- La comparaison entre le nombre de gènes de l'Homme et celui des animaux (un item). S'il s'agit principalement du pôle K, cet item peut cependant être sous-tendu par un implicite

innéiste quand toutes les spécificités des performances humaines sont supposées correspondre à des gènes spécifiques.

➢ La comparaison entre performances et comportements chez les clones (deux items) et chez les vrais jumeaux (quatre items). Il s'agit de connaissances (K) qui peuvent être liées à des *a priori* innéistes sur les degrés de similitude entre humains ayant le même génome ; par exemple :

A3	Si l'on pouvait obtenir des clones d'Einstein, ils seraient tous très intelligents.	D'accord					Pas d'accord
A43	Chez les vrais jumeaux, l'un peut être droitier et l'autre gaucher.	D'accord					Pas d'accord

➢ L'hérédité génétique, entre parents et enfants, de comportements ou performances tels que les résultats scolaires (B10) ou être bon violoniste (B20), ou encore alcoolique (B8), ou homosexuel (B11), ou agressif (B14). Ces cinq items peuvent faire apparaître autant un manque de connaissance (aucune étude sérieuse n'a montré de déterminisme génétique strict de ces caractères) qu'un implicite héréditariste (V). Ils sont formulés comme dans cet exemple :

B10	Il existe chez les parents des facteurs génétiques qui prédisposent leurs enfants à avoir de très bons résultats à l'école.	D'accord					Pas d'accord

➢ Certaines différences parfois supposées entre hommes et femmes ont-elles des causes biologiques (K) qui justifieraient des inégalités (V) entre eux ? Sept items portent à la fois sur des connaissances biologiques, mais aussi sur des valeurs qui peuvent être plus ou moins sexistes / machistes. Ils relient une éventuelle différence d'intelligence entre hommes et femmes à la biologie (A21), à un cerveau plus petit (A9), à une différence de latéralisation cérébrale (A36) ; ou bien « *le fait que les femmes n'occupent pas d'aussi hautes responsabilités que les hommes* » à une différence biologique entre hommes et femmes (A25), ou encore :

A38	C'est pour des raisons biologiques que les femmes ont plus souvent la charge des tâches domestiques que les hommes.	D'accord					Pas d'accord

➢ Le lien entre racisme et déterminisme génétique de performances et comportements sociaux humains.

Un item (B4) teste le degré d'accord avec un des fondements de la sociobiologie : "*Le comportement social d'un être humain est en partie dirigé par ses gènes"*. Un autre (A35) formule une proposition raciste : *"Les groupes ethniques sont génétiquement différents et c'est pourquoi certains sont supérieurs aux autres"*. Le degré d'accord ou de désaccord avec ces propositions exprime à la fois des connaissances, mais aussi des valeurs en particulier pour la proposition raciste A35. Comme pour les items sur le sexisme, des inégalités (V) sont-elles justifiées par des différences biologiques (K) très controversées ?

III-2-3 Des items mobilisant essentiellement le pôle V

Deux items concernent surtout le pôle valeurs (V), sans interaction *a priori* avec des connaissances biologiques. Il s'agit de tester (A2) si les enseignants interrogés sont en accord avec la valeur exprimée dans la déclaration universelle des droits de l'homme, sur l'égalité en droit de tous les êtres humains : "*Dans une société moderne, les femmes et les hommes devraient avoir les mêmes droits*" ; ou encore (A30) : "*C'est important qu'il y ait autant de femmes que d'hommes au Parlement*". Les réponses à ces deux items seront-elles corrélées à

celles aux items précédents sur les différences entre hommes et femmes, montrant alors que c'est le pôle V qui dominait dans les réponses aux items KV précédents ?
Trois autres items (B30, B31 & B32) portent sur des questions éthiques telles que le choix du sexe des enfants.

III-2-4 Des items donnant des informations personnelles sur les enseignants interrogés
Plusieurs items, à la fin du questionnaire, interrogeaient les enseignants sur leurs caractéristiques personnelles : âge (P2), sexe (P3), nature et niveau de diplômes (P1, P4 et P5), catégorie socioprofessionnelle de leurs parents (P15), milieu de vie (P14). Ces informations ont été utilisées pour comparer des groupes d'enseignants afin d'identifier si leurs conceptions variaient significativement en fonction de l'un de ces paramètres.
Les enseignants devaient aussi indiquer leur confession religieuse (P13, avec une liste comportant la possibilité de ne pas répondre à cette question), leur degré de croyance en Dieu (P12a) et de pratique religieuse (P12b), leur préférence pour des structures publiques ou privées (P9, P10, P11) ou encore leur engagement militant pour l'environnement (P6, P7, P8). Enfin plusieurs items portaient sur leurs positions politiques et sociales (A15, A34, A42, A52), par rapport à l'immigration (A20, A26), la séparation entre religion et politique (A37) ou entre science et religion (A51). Ce dernier ensemble d'items, qui a obtenu, après discussion, l'accord des différents pays impliqués dans le projet BIOHEAD-Citizen, sera utilisé pour identifier si les conceptions des enseignants sur le déterminisme biologique de performances humaines est lié à un système de conceptions incluant leurs opinions déclarées dans ces domaines politiques, sociaux ou religieux. C'est surtout à ce niveau d'analyse qu'intervient le pôle P du modèle KVP : par des enjeux de pratiques politiques ou sociales éventuellement liés aux interactions KV qui sont le cœur des analyses du présent travail. Mais le pôle P des pratiques sociales plus ou moins citoyennes est déjà présent comme un enjeu des interactions KV quand elles mettent en évidence des opinions plus ou moins innéistes, sexistes ou racistes.

III-3 Traitement des données

Les réponses ont été codées (par exemple de 1 à 4 pour les échelles de Likert, les plus fréquentes) et introduites dans un tableau Excel qui a ensuite été soumis à plusieurs types d'analyses. Il est possible de visualiser des résultats par des histogrammes regroupant les réponses à chaque item par rapport à une variable instrumentale (genre, échantillons, *etc*.). Mais les corrélations entre les réponses aux différents items, ainsi que la mise en évidence de leur lien éventuel avec les paramètres personnels, nécessitent des analyses multivariées. La pertinence de ces analyses pour interpréter nos données a été exposée dans des travaux précédents (Munoz *et al.,* 2009). Nous avons utilisé trois types d'analyses complémentaires entre elles: Analyses en Composantes Principales (ACP : Dolédec & Chessel, 1987, 1989 ; Sabatier *et al*., 1989 ; Lebart *et al.*, 1995), analyses discriminantes interclasses, parfois après suppression d'un effet significatif (Dolédec & Chessel, 1987, 1989), analyse de co-inertie (Dolédec & Chessel, 1994). Nous présenterons succinctement chacune de ces méthodes au début des paragraphes concernant les résultats correspondants. Les analyses présentées ici ont été effectuées par J. Castéra en utilisant le logiciel R[1].

[1] R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2007. R: *A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing*. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org

IV- Résultats et interprétations

IV-1 Analyse en Composantes Principales (ACP)

Les informations de départ sont les réponses des 732 enseignants interrogés aux 31 items du thème "génétique humaine". L'ACP met en évidence les corrélations entre les réponses qui expriment le plus de divergences entre les enseignants interrogés. S'il n'y a que deux items, et, si les enseignants répondent de façon contrastée aux deux items (de 1 à 4 entre accord et désaccord), il est possible de calculer un taux de corrélation entre leurs réponses : sur un graphe à deux dimensions, elles forment une ellipse proche d'une ligne droite si les réponses sont fortement corrélées. Cette ligne droite est la première composante principale de ces réponses à deux items. L'axe orthogonal qui définit l'épaisseur de l'ellipse est la seconde composante. Avec trois items, le même raisonnement prévaut pour définir un axe principal d'un nuage tridimensionnel de réponses : sont ainsi définis trois axes orthogonaux qui rendent compte au mieux de la forme du nuage de points : ce sont les trois composantes principales de l'analyse. Avec 31 items, c'est un espace à 31 dimensions qu'il faut imaginer, et le logiciel définit les composantes qui rendent le mieux compte de la distribution des réponses dans cet espace. La première composante principale correspond aux corrélations les plus nettes entre les réponses les plus divergentes parmi celles formulées par les 732 enseignants : elle exprime un pourcentage de la variance totale. La seconde composante principale exprime une partie plus faible de la variance totale, et ainsi de suite pour les 31 composantes (figure 1a).

Si la variance totale était également répartie sur les 31 composantes, chacune représenterait alors environ 3% de la variance totale (100/31), les réponses auraient été faites au hasard. Tel n’est pas le cas ici. Un premier ensemble cohérent de réponses est caractérisé par la composante C1 qui exprime 12% de la variance totale (figure 1a). C1 constitue l’axe horizontal dans les figures 1b et 1d. La seconde composante, C2, représente 9% de la variance totale. Les composantes C3 et C4 contribuent aussi à la différenciation des conceptions analysées (pour respectivement 7% et 6% de la variance totale). Les autres composantes ne contiennent pas assez d’information pour être prises en considération.

Les réponses à un item constituent une variable, représentée par un vecteur qui peut être projeté dans l'espace plan défini par les deux premières composantes orthogonales (figure 1b).

La projection de chaque "vecteur variable" sur les deux axes (les deux composantes principales C1 et C2 : figure 1b) permet d'identifier les items qui caractérisent ces axes. Il en est de même pour les composantes suivantes (axes C3 et C4 : figure 1c). Un vecteur-variable dont la projection sur un axe a une valeur plus élevée définit plus fortement cet axe que les autres. Le sommet du vecteur indique un accord avec la proposition formulée par l'item.

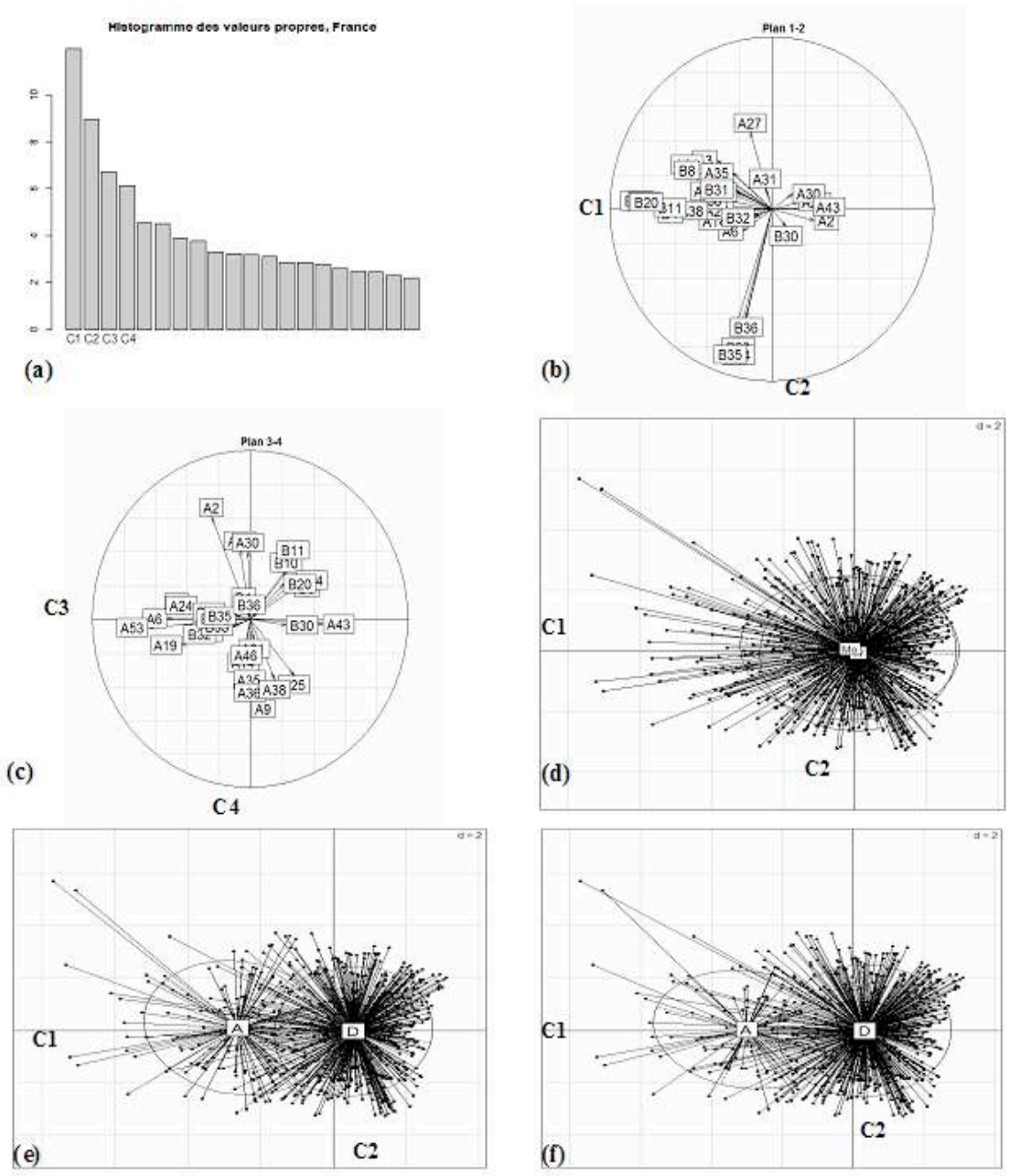

Figure 1 : *ACP (Analyse en Composantes Principales) à partir des réponses des 732 enseignants aux 31 items "génétique humaine"*
***1a** : Histogramme exprimant la part de variance dont rend compte chaque composante (C1, C2, etc.). Ne sont représentées que les 20 premières composantes. Seules les quatre premières sont porteuses d'informations.*
***1b & 1c :** Cercles de corrélations des variables qui permettent d'analyser la signification des 4 composantes principales de l'ACP : C1 et C2 (b) ; C3 et C4 (c). Chaque composante est représentée par un axe. À chaque item du questionnaire correspond un vecteur ; la longueur de sa projection sur chaque axe indique sa contribution à la définition de cet axe, avec le sommet des vecteurs indiquant un accord avec l'item.*

1d : *Situation de chaque personne interrogée par rapport aux 2 premières composantes. Chaque point correspond aux conceptions d'un individu (ses réponses aux 31 items) ; la projection de ce point sur un axe indique le degré d'accord de ses conceptions avec l'un des deux pôles de cet axe. Chaque point est relié au centre de gravité des réponses des enseignants soit de la Région Languedoc-Roussillon (MO pour le groupe Montpellier) soit de la Région Rhône-Alpes (LY pour le groupe de Lyon). Les deux centres de gravité sont presque superposées : les deux groupes ne diffèrent pas entre eux.*
1e et 1f : *Même situation des personne interrogées par rapport aux 2 premières composantes, mais en les regroupant en fonction de leurs réponses à l'item B10 (e) et B20 (f). L'étiquette A représente le centre de gravité des enseignants ayant répondu d'accord ou plutôt d'accord, l'étiquette D représente le centre de gravité des enseignants ayant répondu pas d'accord ou plutôt pas d'accord*

Tableau 2 : *Variables (réponses aux items) participant le plus aux 4 premières composantes C1, C2, C3 et C4 de l'ACP (une coordonnée négative se situe sur la partie gauche de l'axe horizontal ou sur la partie basse de l'axe vertical ; et inversement pour les coordonnées positives).*

	Numéro item et coordonnée de la projection du vecteur sur l'axe	Libellé de l'item
Composante 1 **= Axe C1**	**B10 - 0,74**	Il existe chez les parents des facteurs génétiques qui prédisposent leurs enfants à avoir de très bons résultats à l'école
	B14 - 0,69	Il existe chez les parents des facteurs génétiques qui prédisposent leurs enfants à être agressifs
	B20 - 0,68	Il existe chez les parents des facteurs génétiques qui prédisposent leurs enfants à devenir de très bons violonistes
	B4 - 0,56	Le comportement social d'un être humain est en partie dirigé par ses gènes
	B11 - 0,53	Il existe chez les parents des facteurs génétiques qui prédisposent leurs enfants à devenir homosexuels
	B8 - 0,45	Il existe chez les parents des facteurs génétiques qui prédisposent leurs enfants à devenir alcooliques
	A24 - 0,43	Si l'on pouvait obtenir des clones de Mozart, ils seraient tous d'excellents musiciens
	A38 - 0,40	C'est pour des raisons biologiques que les femmes ont plus souvent la charge des tâches domestiques que les hommes.
Composante2 = Axe C2	**B34 - 0,79**	Je peux expliquer ce qu'est un réseau neuronal
	B35 - 0,78	Je peux expliquer ce qu'est la plasticité cérébrale
	B33 - 0,74	Je peux expliquer ce qu'est une synapse
	B36 - 063	Je peux expliquer ce qu'est l'épigenèse cérébrale
	A27 + 0,45	Le génome humain contient plus de gènes que celui de tout autre être vivant
Composante3 = Axe C3	**A53 - 0,65**	A cause de leurs gènes identiques les vrais jumeaux ont des réponses immunitaires identiques face aux micro-organismes
	A6 - 0,53	Parce qu'ils ont des gènes identiques, les vrais jumeaux ont des réponses immunitaires identiques vis-à-vis d'une greffe provenant d'une autre personne
	A43 + 0,46	Chez les vrais jumeaux, l'un peut être droitier et l'autre gaucher
	A19 - 0,44	A cause de leurs gènes identiques, les vrais jumeaux ont des cerveaux identiques, et donc des comportements et des façons de penser identiques

	A3 - 0,40	Si l'on pouvait obtenir des clones d'Einstein, ils seraient tous très intelligents
Composante 4 = **Axe C4**	**A2 + 0,61**	Dans une société moderne, les femmes et les hommes devraient avoir les mêmes droits
	A9 - 0,47	Les femmes sont moins intelligentes que les hommes parce que leur cerveau est plus petit que celui des hommes
	A21 + 0,41	Biologiquement, les femmes peuvent être tout aussi intelligentes que les hommes
	A30 + 0,405	C'est important qu'il y ait autant de femmes que d'hommes au Parlement
	A36 - 0,38	Les hommes seraient plus capables de raisonnement logique que les femmes parce que leurs cerveaux ne présenteraient pas la même symétrie bilatérale

En fonction de ses réponses aux 31 items, et plus particulièrement à ceux qui définissent le plus les deux premiers axes, les conceptions d'un enseignant sont représentées par un point sur le plan formé par les deux premiers axes (figures 1d, 1e, 1f). Par exemple, un individu est plutôt situé à gauche sur l'axe C1 s'il a été d'accord ou plutôt d'accord avec les items B10 (figure 1e) et B20 (figure 1f).

Le nombre important des variables représentées sur les figures 1b et 1c ne permet pas d'éviter les superpositions des vecteurs et des étiquettes qui indiquent les numéros des variables. Cette représentation graphique a donc été complétée par le tableau 2 indiquant les coordonnées de l'extrémité des vecteurs sur les quatre premiers axes (les quatre composantes principales de l'analyse), et rappelant le libellé de chacun de ces items. C'est à partir de sa lecture que la signification de chaque composante principale (de chaque axe donc) peut être comprise.

L'axe C1 est fortement défini par les items relatifs au déterminisme génétique de diverses performances humaines et comportements individuels : B10 (être bon à l'école), B20 (être bon violoniste), B14 (l'agressivité), B11 (l'homosexualité), B8 (l'alcoolisme). Il peut donc être nommé axe de l'innéisme opposant les enseignants qui ont des conceptions héréditaristes (à gauche sur l'axe horizontal, figure 1) à ceux qui ont des conceptions non héréditaristes (à droite sur ce même axe). Les premiers ont aussi plus tendance que les autres à répondre que le comportement social est dirigé par nos gènes (B4), que des clones de Mozart seraient de bons musiciens (A24) et que c'est pour des raisons biologiques que les femmes font plus souvent que les hommes le ménage à la maison (A38). Cet axe oppose donc des conceptions innéistes, qui s'appuient sur des connaissances scientifiques dépassées ou fortement controversées, à des conceptions non innéistes qui s'appuient sur des connaissances moins réductionnistes. Les figures 1e et 1f montrent sur deux exemples de réponses (aux items B10 et B20) que les conceptions non innéistes regroupent la majorité des enseignants interrogés, alors que les conceptions innéistes sont plus détachées vers la gauche de l'axe, et correspondent à un nombre moindre d'enseignants (par exemple 17% pour l'item B10 et 10% pour l'item B20).

La seconde composante principale, représentée par l'axe C2 sur la figure 1, est très fortement liée à des items (B33, B34, B35, B36) portant sur les connaissances sur le cerveau et son épigenèse, mais aussi à l'item A27 sur le nombre de gènes dans l'espèce humaine, qui s'avère donc plus lié aux connaissances qu'à une interaction KV.

La composante C3 (figure 1c et tableau 2) est fortement liée aux items A53, A6, A43 et A19, relatifs principalement aux jumeaux monozygotes. Les réponses à ces items sont donc largement indépendantes par rapport aux items précédents : ils expriment des interactions KV entre des connaissances spécifiques sur les jumeaux (et aussi sur l'immunité, ou le déterminisme de divers comportements) et des valeurs situées entre le pôle innéiste (à gauche de l'axe C3) et le pôle inverse (à droite de l'axe C3).

La composante C4 est fortement structurée par les items A2, A9, A21 et A36 relatifs à un innéisme concernant le sexe ; certains enseignants peuvent être innéistes par rapport à la composante principale C1, mais pas sexistes.

La plupart des réponses aux items sur les connaissances seules (B33 à B36) tout comme les réponses à l'item sur le nombre de gènes de l'espèce humaine (A27) sont indépendantes des composantes sur l'innéisme. Cette absence de corrélation peut surprendre dans un premier temps car Kochkar (2007) a montré qu'un enseignement sur l'épigenèse cérébrale avait diminué l'innéisme des conceptions des élèves en Terminale scientifique à Tunis. Cependant elle repose ici sur une large méconnaissance par les enseignants de ce qu'est l'épigenèse cérébrale. Entre 80% et 95% des enseignants non biologistes interrogés disent ne pas connaître du tout ce qu'est l'épigenèse cérébrale, et ce pourcentage est encore de 47% chez les futurs enseignants de biologie et de 36% chez les enseignants de biologie en service. Il est donc probable que le lien entre l'épigenèse cérébrale, le constructivisme et la contestation de l'innéisme ne soit pas encore clair pour la majorité des enseignants français interrogés : ce qui explique l'indépendance observée entre les composantes 1 et 2.

Enfin, la figure 1d indique que les conceptions des enseignants du Languedoc-Roussillon ne diffèrent pas de celles de leurs collègues en Rhône-Alpes, ce que confirme une analyse interclasse comparant les deux Régions : contrairement à notre hypothèse initiale, les enseignants plus méditerranéens ne sont pas plus innéistes ou machistes que ceux qui enseignent plus au nord.

IV-2 Effets de différents paramètres caractéristiques des enseignants : analyses interclasses et ACPVIO (Analyses en Composantes Principales sur Variables Instrumentales Orthogonales)

L'analyse interclasse maximise la variance entre des sous- groupes préalablement choisis en fonction d'une variable instrumentale (âge, sexe, religion, …). Cette analyse a deux avantages par rapport à l'ACP : elle est centrée sur ce qui différencie les groupes, et elle peut être complétée par un test de randomisation (de type Monte Carlo) qui permet de dire si les différences observées sont ou non significatives (ce que l'ACP, purement descriptive, ne permet pas). Elle peut aussi être complétée par une Analyse en Composantes Principales Orthogonale sur Variables Instrumentales (ACPVIO, Sabatier *et al.,* 1989) qui élimine l'incidence d'une variable instrumentale. C'est-à-dire qu'elle permet de tester le caractère significatif de l'effet d'une variable indépendamment d'une autre dont l'effet est supprimé.

La variable « *religion* » (agnostiques / athées, catholiques, protestants, musulmans, autres) et les variables « *degré de croyance en Dieu"* et *"degré de pratique religieuse"* (de 1 à 5) ne différencient pas significativement les conceptions des enseignants. Ce point est à souligner car il représente une exception par rapport aux résultats obtenus dans les autres pays, où le degré de croyance en Dieu et le degré de pratique religieuse sont fortement corrélés avec les conceptions des enseignants sur le thème du déterminisme génétique (Castéra *et al.*, 2009, Castéra & Clément 2009).

Ni la variable catégorie socioprofessionnelle des parents (item P15), ni la variable milieu plus ou moins urbain ou rural de leur enfance (item P14) ne différencient non plus les conceptions des enseignants sur ce thème.

De même aucune différence significative n'apparaît en fonction des diplômes des enseignants, qu'ils aient passé moins de 2 ans à l'Université, 2 ou 3 ans, ou 4 ans et plus. Ce résultat suggère que l'essentiel des conceptions que nous analysons sont plus liées à des opinions, des idéologies, qu'à des connaissances. Cette interprétation est confirmée par le fait que les différences significatives entre les enseignants de biologie et leurs collègues ne concernent, après suppression de l'effet de l'âge, que les items sur les connaissances biologiques mais pas

les items centrés sur V et sur KV. En revanche, l'effet significatif de l'âge disparaît quand on supprime l'effet groupes d'enseignement : il est réductible à un effet de génération entre les futurs enseignants et les enseignants en service, ces derniers étant plus innéistes. Ceci est certainement lié au poids très fort de l'innéisme au cours du XXe siècle.

Enfin une autre analyse interclasse met en évidence une différence significative entre enseignants et enseignantes, les conceptions de ces dernières étant moins machistes que celles de leurs collègues hommes. En supprimant l'effet groupes d'enseignants et l'effet de l'âge, cette différence reste nettement significative. Elle porte surtout sur des valeurs (V) ou sur les items avec interaction KV. Par exemple: les deux tiers des femmes approuvent l'item "*C'est important qu'il y ait autant de femmes que d'hommes au Parlement"*, contre moins de la moitié des hommes.

IV-3 Analyse de co-inertie entre les variables « déterminisme génétique » et les variables « sociopolitiques »

Cette analyse de co-inertie cherche à obtenir le maximum de correspondances entre l'ACP sur les variables « déterminisme génétique » (figure 2c) et une nouvelle ACP réalisée à partir de variables personnelles (politiques, religieuses et sociales, figure 2d). La correspondance obtenue est hautement significative ($p<0,001$; figure 2b). Elle porte essentiellement sur l'axe I1 (55% de la variance totale, figure 2a). Le graphique relatif aux 31 variables "déterminisme génétique" (figure 2c) montre que c'est l'opposition entre les conceptions innéistes et non innéistes qui structure le plus cet axe. Les variables qui ont le plus de poids sont relatives aux différences innées individuelles (B10, B14, B20, B11) mais aussi entre ethnies (A35).

La figure 2d porte sur les variables « sociopolitiques ». Celles qui sont les plus explicatives du même axe horizontal I1 sont A26 *("Il y a trop d'étrangers dans mon pays : le gouvernement devrait limiter l'immigration"*), A20 *("Le gouvernement de mon pays devrait imposer à tous les immigrants d'apprendre à parler, lire et écrire en français"*), A42 *("Seul un pouvoir central fort peut mettre de l'ordre dans mon pays"*), A52 *("On peut accepter que les pauvres n'aient pas la même qualité de soins que les riches"*). À gauche sur l'axe horizontal, les valeurs les plus innéistes sont donc corrélées aux valeurs plus conservatrices, moins solidaires sur le plan social, politiquement plus défendues par la droite ; et aussi plutôt en désaccord avec A37 *("Religion et politique devraient être séparées"*) et avec A51 *("Science et religion devraient être séparées"*), soit deux items qui correspondent à la définition classique de la laïcité. A l'opposé (à droite sur l'axe horizontal I1 de la figure 2d) se situe le pôle inverse du précédent, moins innéiste en même temps que plus social et plus laïque. Soulignons que les degrés de croyance en Dieu et de pratique religieuse (items P12a et P12b) ne pèsent pas sur cet axe, qui est avant tout structuré par une opposition entre des positions politiques et sociales antagonistes.

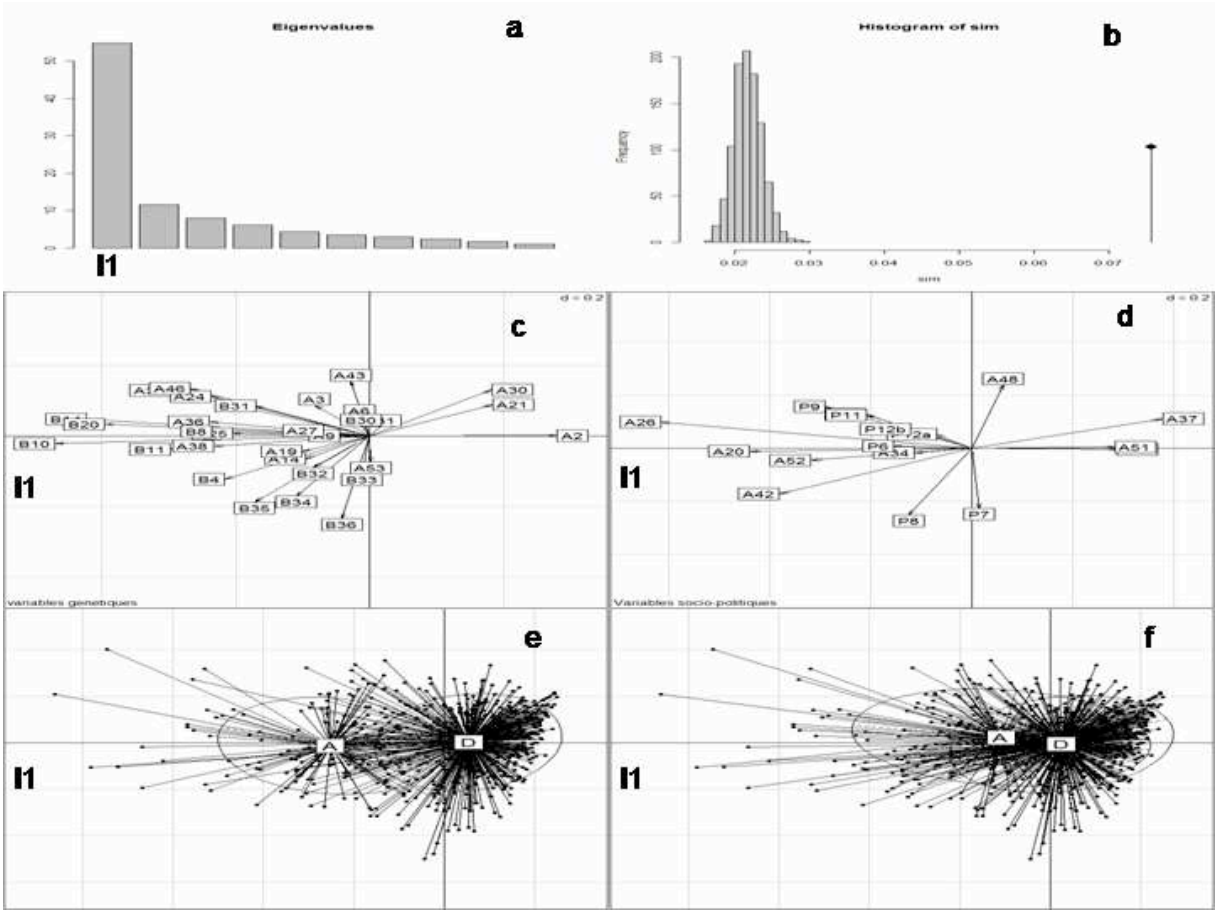

Figure 2 : *Analyse de co-inertie entre variables "génétique" et "sociopolitiques" :*
(a) L'histogramme des valeurs propres montre que c'est surtout l'axe 1 qui structure les tendances communes aux deux ACP.
***(b)** Test de Monte Carlo montrant que la co-inertie est très significative.*
***(c) & (e)** ACP sur les variables « déterminisme génétique / biologique ». Les individus sont, sur le graphe (e), regroupés en fonction de leur accord (étiquette A à gauche de I1) ou désaccord (étiquette D, à droite de I1) avec l'item B10 (prédisposition génétique à être très bon à l'école).*
***(d) et (f)** ACP sur les variables « sociopolitiques » (religieuses, politiques, sociales, ...). Les individus sont, sur le graphe (f), regroupés en fonction de leur accord (étiquette A à gauche de I1) ou désaccord (étiquette D à droite de I1) avec l'item A26 (limiter l'immigration).*

Au total, cette analyse de co-inertie met en évidence en France **deux systèmes de conceptions** antagonistes qui sont structurés par les oppositions d'une part entre conceptions innéistes *vs* non-innéistes et d'autre part entre valeurs conservatrices *vs* valeurs plus sociales, plus solidaires et plus laïques. Les enseignants et futurs enseignants qui accordent beaucoup d'importance à l'inné sont peu nombreux (figure 2e). Ils ont plus tendance que les autres à être pour un pouvoir centralisé fort, contre l'immigration, contre l'égalité des pauvres et des riches pour la qualité de soins, et contre une couverture santé pour les pauvres. Ils ont aussi des positions moins laïques (moins de séparation entre religion et politique, ou entre science et religion) et font plus confiance aux écoles privées qu'aux écoles publiques.

A l'opposé, une large majorité des enseignants interrogés ont des conceptions moins déterministes, non innéistes et ils se situent plus vers les positions inverses des précédentes sur le plan politique, social et laïque (figures 2e et 2f).

V- Conclusions

V-1 Les conceptions d'enseignants français sont-elles encore structurées par le débat (pourtant dépassé) entre inné et / ou acquis, ou ont-elles évolué avec l'introduction du nouveau paradigme de l'épigénétique ?

Nos résultats montrent que la grande majorité des 732 enseignants français interrogés récusent l'innéisme, en ne réduisant pas nos performances et comportements à un seul déterminisme génétique. Seule une minorité d'entre eux a exprimé des conceptions plutôt innéistes (figures 1e, 1f, 2e, 2f). Clément et Forissier (2001), sur un plus petit échantillon d'enseignants français, avaient obtenu des résultats du même ordre. Notons que ces conceptions des enseignants français sont les moins innéistes parmi celles des enseignants interrogés dans 19 pays (Castéra *et al.,* 2009 ; Castéra & Clément, 2009). En France, les philosophes et les biologistes les plus connus se sont clairement prononcés contre les thèses innéistes, de J.P. Sartre et S. de Beauvoir à H. Atlan (1999) ou A. Jacquard et A. Kahn (2001), pour n'en citer que quelques-uns. Il s'agit aujourd'hui de conceptions qui expriment une interaction KV, avec des connaissances scientifiques actualisées récusant le réductionnisme et des valeurs non innéistes qui défendent l'égalité fondamentale entre tous les êtres humains. Ceci malgré des campagnes médiatiques récurrentes sur le gène de l'intelligence ou sur la détresse scolaire des "surdoués". Ne semble donc sensible à ces campagnes qu'une minorité d'enseignants français qui s'appuient sur des connaissances scientifiques dépassées ou très controversées mais en interaction avec leurs valeurs qui justifient une inégalité entre êtres humains : cette interaction KV sous-tend le système de conceptions minoritaire que nous avons mis en évidence par l'analyse de co-inertie (figure 2).

Cependant l'ACP initiale (figure 1) indique que la composante connaissances (sur le cerveau et son épigenèse) est indépendante des composantes valeurs (diverses formes d'innéisme). Par ailleurs, les enseignants de biologie ont plus de connaissances que leurs collègues non biologistes mais n'en diffèrent pas pour autant quant à leurs valeurs. Ces différences de connaissances sont moins nettes pour l'épigenèse cérébrale, sans doute parce que ce thème n'est toujours pas explicitement introduit dans les programmes et manuels français (Clément *et al.,* 2006) : l'épigenèse cérébrale et ses liens avec la construction de nos pensées restent très peu connus des enseignants. Nos résultats ne sont donc pas en contradiction avec ceux de Kochkar (2007) qui a montré que l'enseignement de l'épigenèse cérébrale en Terminales scientifiques tunisiennes provoquait un changement conceptuel significatif quant aux valeurs innéistes des élèves. L'ensemble suggère l'urgence d'une introduction plus explicite, dans les programmes français, de l'épigenèse cérébrale et de ses enjeux, pour que les conceptions des enseignants français, et de leurs élèves, s'appuient plus sur des connaissances actualisées.

V-2 Les conceptions innéistes sont-elles liées à des idéologies telles que le sexisme ou le racisme ?

Nous avions cette hypothèse au départ de notre recherche, ce qui nous a amenés à proposer un faisceau d'items sur divers types d'innéisme : sur les jumeaux monozygotes, les clones humains éventuels, sur l'origine génétique de ressemblances parents - enfants, mais aussi sur des différences entre hommes et femmes ou entre groupes ethniques.

Nos résultats confirment cette hypothèse, mais en partie seulement.

En effet, pour le système de conceptions largement majoritaire, le refus de l'innéisme s'accompagne nettement d'un refus du racisme et du machisme, ce qui vérifie notre hypothèse, et confirme les travaux de Keller (2005) et de Dambrun *et al. (*2009).

Mais la corrélation inverse n'a pas été mise en évidence au sein du système de conceptions minoritaire. Si 17% des enseignants interrogés sont plutôt innéistes par rapport à la prédisposition génétique des enfants à être bons à l'école (item B10), ils sont moins de 3% à approuver ou « plutôt » approuver l'item raciste (B35) et 3% à être « d'accord » ou « plutôt d'accord » avec l'item sexiste B38 ("*C'est pour des raisons biologiques que les femmes ont plus souvent la charge des tâches domestiques que les hommes*"). Ce sont ces différences qui expliquent que les conceptions liées à des valeurs se structurent dans trois composantes largement indépendantes dans l'ACP initiale (figure 1 et tableau 2) : un pour l'innéisme, l'autre pour les valeurs sexistes, et le troisième pour les jumeaux. Ce dernier prend sans doute racine dans les mythes sur la gémellité, recensés par exemple par Zazzo (1984).

V-3 Les conceptions des enseignants sur ce thème varient-elles en fonction de certaines de leurs caractéristiques ?

Le résultat principal est l'absence de différence entre les conceptions des enseignants interrogés par rapport à la plupart de leurs caractéristiques : religion, niveau de diplômes, catégorie socioprofessionnelle des parents, *etc*. Seules trois différences ont été significatives : une plus grande connaissance des biologistes par rapport à leurs collègues ; un innéisme plus important chez les enseignants en service, plus âgés que les enseignants en formation ; et des enseignantes plus sensibles que leurs collègues hommes à l'égalité des sexes, et refusant plus qu'eux un innéisme dû au sexe. Le lien entre ces conceptions des enseignants et leurs connaissances biologiques, avait jusqu'ici été peu ou non étudié dans les nombreux travaux sur le genre et l'éducation (Marguerite, 2008 ; Arnot & Mac Ghalil, 2006).

En ce qui concerne la religion (appartenance confessionnelle, degré de croyance en Dieu, degré de pratique religieuse) la France fait exception par rapport aux autres pays étudiés dans le cadre du projet BIOHEAD-Citizen, où les conceptions des enseignants sur le déterminisme génétique sont corrélées à leur degré de croyance en Dieu ainsi qu'à leur degré de pratique religieuse (Castéra & Clément, 2009 ; Castéra *et al.,* 2009). La même exception de la France par rapport aux 18 autres pays du projet BIOHEAD-Citizen a été observée sur le thème de l'Evolution : les chrétiens français sont presque tous évolutionnistes (Clément & Quessada, 2009). Diverses spécificités de l'histoire de notre pays (séparation entre église et état, laïcité, *etc*.) expliquent sans doute cette situation.

Quelles pourraient être les conséquences de l'ensemble de ces résultats sur l'enseignement de la biologie et tout particulièrement de la génétique humaine ?

Le nouveau paradigme de l'épigénétique semble se heurter à une tradition des programmes et manuels SVT de garantir une neutralité par rapport au vieux débat inné / acquis en donnant autant de place à "la part de l'inné" et à "la part de l'acquis", aussi bien en génétique humaine (Abrougui, 1997 ; Forissier & Clément, 2003 ; Castéra *et al*., 2008) que pour le système nerveux (Clément *et al*., 2006). Que ce modèle additif ("la part de") soit dépassé, puisqu'il y a interaction entre les deux termes, n'empêche pas certaines résistances de subsister.

La formation initiale et continue des enseignants mériterait d'être améliorée en donnant une place aux types de résultats que nous avons exposés dans le présent travail. L'enseignant sait-il différencier ce qui dans ses propres conceptions est de l'ordre de connaissances (plus ou moins actualisées) et ce qui est de l'ordre de valeurs (celles qui fondent la science, mais aussi les autres valeurs citoyennes) ?

Une vigilance épistémologique est nécessaire. Une approche historique peut être utile, pour montrer que certaines connaissances sur le déterminisme génétique, que l'on a pu penser

scientifiques, étaient empreintes de sexisme, de racisme, d'eugénisme, ou simplement d'innéisme, et qu'elles sont aujourd'hui dépassées. Cette vigilance épistémologique doit éviter deux écueils : le relativisme (ce n'est pas parce que tout savoir scientifique est daté, provisoire tant qu'il n'est pas réfuté, qu'il serait alors du même type que toute croyance ou opinion) ; et le dogmatisme (affirmer les connaissances actuelles comme des dogmes intangibles) qui culmine avec le scientisme (n'existerait que ce qui est scientifiquement prouvé). Les valeurs qui fondent la science et la citoyenneté restent à promouvoir dans tout enseignement scientifique.

Remerciements : Ce travail a bénéficié du soutien de la Communauté Européenne : projet de recherche *BIOHEAD-Citizen (Specific Targeted Research n° CIT2-CT2004-506015, FP6, Priority 7: "Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship"), 2004-2008 ; et de la Région Rhône-Alpes (France: bourse de thèse pour Jérémy Castéra).*

Références

ABROUGUI M. (1997). *La génétique humaine dans l'enseignement secondaire en France et en Tunisie : Approche didactique*. Thèse doctorat en sciences de l'Éducation, non publiée, Université Lyon 1, Lyon.

ARNOT M. & MAC AN GHALIL M. (2006). *Gender and Education*. London & New York: Routledge, Taylor & Francis Group.

ATLAN H. (1999). *La fin du "tout génétique"*. Paris: INRA.

ATLAN H. & BOUSQUET C. (1994). *Questions de vie. Entre le savoir et l'opinion*. Paris : Seuil.

BRECHON P. & TCHERNIA J.F. (DIR.) (2009). *La France à travers ses valeurs*. Paris : Armand Collin.

CANGUILHEM G. (1981). *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie,* 2e éd. Paris : Librairie philosophique J. Vrin.

CARVALHO G., CLÉMENT P. & BOGNER F. (2004). BIOHEAD-Citizen: Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship, STREP CIT2-CT-2004-506015, E.C., Brussels, FP6, Priority 7.

CASTÉRA J. & CLÉMENT P. (2009). A gender effect related to teachers' conceptions of biological gender differences: A survey in 14 countries. *ERIDOB proceedings (European Researchers in Didactics of Biology)*, University of Utrecht, 16th -20th September, Sous presse.

CASTÉRA J., CLÉMENT P., ABROUGUI M., SARAPUU T., TURCINAVICIENE J., AGGORAM B., CALADO F., BOGNER F, NISIFOROU O., VALANIDES N., & CARVALHO G. (2008). Genetic Determinism in school textbooks A comparative study conducted among 16 countries. *Science Education International*, vol. 19, n°2, p. 163-184.

CASTÉRA J., CLÉMENT P. & KOSONEN A-L. (2009). The genetic determinism of human performances. A comparison between teachers' conceptions in Finland and France. In *ESERA proceedings (European Science Education Research Association)*, Istanbul, 31st august-4th August 2009. Sous presse.

CHANGEUX J.-P. (1983). *L'homme neuronal*. Paris : Fayard.

CLÉMENT P. (1997). Cerveaux d'hommes et de femmes : l'idéologie était déjà dans la revue Nature. In A.Giordan, J.L.Martinand & D.Raichvarg. *Actes JIES (Journées internationales sur l'éducation scientifique*). Paris : Université Paris Sud, p.267-272.

CLÉMENT P. (2004). Science et idéologie : exemples en didactique et épistémologie de la biologie. Actes du Colloque *Sciences, médias et société*. ENS-LSH, p.53-69 http://sciences-medias.ens-lsh.fr.

CLÉMENT P. (2008). Conceptions, représentations sociales et modèle KVP. Conférence lors des *Rencontres 10ème anniversaire de l'ARDIST*, 22 novembre, Palais de la Découverte (soumis à *Skholê*).

CLÉMENT P., BLAES N., BLAINEAU S., DEBARD E., JOURDAN F., LUCIANI A. (1981). *Biologie et Société : le matin des biologistes ?* Paris : Raison présente.

CLÉMENT P. & CARVALHO G. (2007). Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship: teachers' conceptions and textbook analysis in 19 countries. *Proceedings WCCES XIII (World Council of Comparative Education Societies)*, Sarajevo, CD-Rom, 15 pp.

CLÉMENT P. & FORISSIER T. (2001). L'identité biologique n'est pas que génétique : un défi pour un enseignement citoyen. *Communication au Symposium BioEd 2000* : *The challenge of the Next Century*, Paris, 15-18 May 2000. Disponible sur internet: www.iubs.org/cbe/pdf/clement.pdf. (consulté le 11 septembre 2009).

CLÉMENT P., LAURENT C., CASTÉRA J. & QUESSADA M.-P. (2008). Conceptions d'enseignants et futurs enseignants français et de six pays de la francophonie sur quelques questions vives de biologie (Algérie, Burkina Faso, France, Liban, Maroc, Sénégal, Tunisie). In I. Khalil, *Enjeux dans la rénovation de l'éducation à l'environnement et à la biologie.* Alexandrie : presses Université Senghor, sous presse, 28 pp.

CLÉMENT P., MOUEHLI L. & ABROUGUI M. (2006). Héréditarisme, béhaviorisme, constructivisme : le système nerveux dans les manuels scolaires français et tunisiens. *Aster*, n° 42, p.187-222.

CLÉMENT P., QUESSADA M.P. (2009). Creationist Beliefs in Europe. *Science, vol.324,* n°26, p.1644.

CORRIGAN D., DILLON J. & GUNSTONER R. (Eds.) (2007). *The re-emergence of values in science education.* Rotterdam / Tapei: Sense Publishers.

DAMBRUN M., KAMIEJSKI R., HADDADI N.& DUARTE S. (2009). Why does social dominance orientation decrease with university exposure to the social sciences? The impact of institutional socialization and the mediating role of ''geneticism''. *European Journal of Social Psychology*, vol. 39, n°1, p. 88-100 . (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/117916457/PDFSTART).

DAWKINS R. (1976). *The selfish gene*. Oxford: Oxford University Press (traduction française 1978, *Le gène égoïste*. Paris : Mengès).

DOLEDEC S. & CHESSEL D. (1987). Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique I- Description d'un plan d'observations complet par projection de variables. *Acta Oecologica, Oecologia Generalis*, vol.8, n° 3, p. 403-426.

DOLÉDEC S. & Chessel D. (1989). Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique II- Prise en compte et élimination d'effets dans un tableau faunistique. *Acta OEcologica, OEcologia Generalis*, vol. 10, n°3, p. 207-232.

DOLÉDEC S. & CHESSEL D. (1994). Co-Inertia analysis : an alternative method for studying species-environment relationships. *Freshwater Biology*, vol.31, p. 277-294.

DURKHEIM E. (1898). « *Représentations individuelles et représentations collectives* », *Sociologie et Philosophie*. Paris : PUF (nouvelle édition de 2004).

EDELMAN G. (1987). *Neural Darwinism: the theory of neuronal group selection*. New York: Basic Books.

FORISSIER T. & CLÉMENT P. (2003). Teaching "biological identity" as genome / environmental interactions. *Journal of Biological Education,* vol. 37, n° 2, p. 85-91.

GIRAULT Y & GIRAULT M. (2004). *L'aléatoire et le vivant*. Québec : Presses de l'Université Laval.

GOULD S.J. (1983). *La mal-mesure de l'homme.* Paris : Ramsay.

JACQUARD A. & KAHN A. (2001). *L'avenir n'est pas écrit*. Paris: Bayard.

KELLER J. (2005). In genes we trust: The biological component of psychological essentialism and its relationships to mechanisms of motivated social cognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, n° 88, p. 686-702.

KOCHKAR M. (2007). *Les déterminismes biologiques. Analyse des conceptions et des changements conceptuels consécutifs à un enseignement sur l'épigenèse cérébrale chez des enseignants et des apprenants tunisiens*. Thèse doctorat en didactique des sciences, non publiée, Université Lyon 1 & ISEFC - Université de Tunis, Tunis.

KUHN T. (1970). *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion, (Traduction française en 1983 de la seconde édition de 1970).

LEBART L., MORINEAU A. & PIRON M. (1995). *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. Paris : Dunod.

LEWONTIN R. C., (2003). La triple hélice. Les gènes, l'organisme, l'environnement. Paris: Edition du Seuil.

MARGUERITE H. (2008). Genre et Education. *Dossier d'actualité de L'INRP,* n°37 (septembre). Disponible sur : http://www.inrp.fr/vst/LettreVST/37_septembre2008.htm.

MORANGE M. (2005a). L'épigénétique: un domaine aux multiples facettes. *Medecine/Science*, n° 21, p. 339.

MORANGE M. (2005b). Quelle place pour l'épigénétique? *Medecine/Science*, n°21, p. 367-369.

MOSCOVICI S. (1984). *Psychologie sociale.* Paris : PUF.

MUNOZ F., BOGNER F., CLÉMENT P. & CARVALHO G. (2009). Teachers' conceptions of nature and environment in 16 countries. *Journal of Environmental Psychology,* vol.29, p.407-413.

POUTEAU S. (2007). *Génétiquement indéterminé : Le vivant auto-organisé*. Versailles: Quae.

RUMELHARD G. (1986). *Les représentations de la génétique*. Berne : Peter Lang.

SABATIER R., LEBRETON J. D. & CHESSEL D. (1989). Principal component analysis with instrumental variables as a tool for modelling composition data. In R. Coppi and S. Bolasco. *Multiway data analysis*, Amsterdam : Elsevier Science Publishers B.V., p. 341–352.

STEWART J. (1993). Au delà de l'inné et de l'acquis. *Intellectica*, vol. 16, p. 151-174.

THUILLIER P. (1981). *Les biologistes vont-ils prendre le pouvoir ? La sociobiologie en question*. Paris : Editions Complexe.

VIDAL C. (2001). Quand l'idéologie envahit la science du cerveau. *La Recherche*, hors-série n°6, p.75-79.

WILSON E.O. (1979). *L'humaine nature. Essai de sociobiologie*. Paris : Stock.

ZAZZO R. (1984). *Le Paradoxe des jumeaux*. Paris : Stock.