HAL
open science

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.

Mohamed Kochkar

To cite this version:

Mohamed Kochkar. 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.. Education. Université Claude Bernard - Lyon I, 2007. Français. NNT : . tel-00495610

HAL Id: tel-00495610

https://theses.hal.science/tel-00495610v1

Submitted on 7 Jul 2010

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.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

THÈSE en Co-tutelle

Présentée

devant **L'ISEFC - UNIVERSITÉ de TUNIS**
&
L'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD – LYON 1
pour l'obtention

du **DIPLOME DE DOCTORAT**
en Didactique de la Biologie
n° d'ordre…

(arrêté du …)

présentée et soutenue publiquement le 16 février 2007

par

KOCHKAR Mohamed

Titre :

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.

Co-directeurs de la thèse : CLÉMENT Pierre / ABBES Salem

JURY : ABBES Salem, Co-directeur de la thèse
AMRI Mohamed, Président
CARVALHO Graçaa, Rapporteur
CLÉMENT Pierre, Co-directeur de la thèse
DUCHAMP André, Examinateur
SAKLY Mohsen, Rapporteur

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

THÈSE en Co-tutelle

Présentée

devant **L'ISEFC - UNIVERSITÉ de TUNIS**
&
L'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD – LYON 1
pour l'obtention

du **DIPLOME DE DOCTORAT**
en Didactique de la Biologie
n° d'ordre…

(arrêté du …)

présentée et soutenue publiquement le 16 février 2007

par

KOCHKAR Mohamed

Titre :

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.

Co-directeurs de la thèse : CLÉMENT Pierre / ABBES Salem

JURY : ABBES Salem, Co-directeur de la thèse
AMRI Mohamed, Président
CARVALHO Graçaa, Rapporteur
CLÉMENT Pierre, Co-directeur de la thèse
DUCHAMP André, Examinateur
SAKLY Mohsen, Rapporteur

MENTION : Très Honorable avec Félicitations Orales du Jury.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Je tiens à remercier chaleureusement

- Lassaad Mouelhi et Alaya Alaya, les deux fameux didacticiens, mes compagnons de route.
- Sihem, ma femme, pour sa patience, Abir, ma fille, pour son encouragement, mon fils, Gaith pour avoir filmé la présentation et mon bébé Nader pour sa présence.
- Pierre Cément pour son encadrement et ses qualités humaines.
- Salem Abbés pour son encadrement et son soutien amical.
- Les membres de jury pour avoir lu et évalué ce travail.
- Noureddine Ellayali pour son encadrement officieux en méthodologie.
- Mourad Jradi pour son aide logistique.
- Mahmoud Romdhane pour son aide linguistique.
- Malek ….et Kamel Bouraoui pour leur aide multimédia.
- Naim Arfaoui pour son aide en informatique.
- Mohamed Haddad, mon ami de Jemna.
- Youssef Jalal, mon ami de Tozeur.
- Habib Azizi, mon ami surréaliste.
- Afif sassi, mon ami.
- Khalifa Yahya, Ridha Barakati, Noureddine Serguini, Lotfi Ben Hmida, Nacer Mrabet, Lotfi Hlaoui, Sahbi …. et Souheil …, mes amis du rendez-vous quotidien du café de Hammam-Chatt.
- Touhami Chayeb, Hédi Salah, Hédi Ben Jaber et Hamad Hnayen, mes amis du rendez-vous mensuel de la Goulette.
- Salah Kochkar, Ahmed Kochkar, Fatma Kochkar, Wajih Kochkar, Aïcha Ben Amor, Mohamed Touir et Kamel Drissi pour avoir fait un long voyage et assister à la soutenance à Tunis.
- Les élèves et les enseignants qui m'ont consacré un peu de temps pour remplir un questionnaire ou participer à l'expérimentation.
- L'ISEFC (Université de Tunis) et l'Égide (Gouvernement français) pour m'avoir octroyé des bourses de stages à Lyon 1.
- L'équipe du LIRDHIST, passée et présente, pour m'avoir bien accueilli à Lyon 1.
- Les personnes qui prendront un moment pour lire cette thèse.

Sommaire

Introduction	4
CHAPITRE I : Cadres théoriques	7
1. Cadre théorique didactique	8
2. Cadre théorique scientifique	50
CHAPITRE II : La première partie : Analyse des conceptions d'enseignants et futurs enseignants	80
1. Problématique et méthodologie	82
2. Analyse des résultats question par question	92
CHAPITRE III : La deuxième partie : Analyse d'éventuels changements conceptuels après un enseignement sur l'épigenèse cérébrale	179
1. Problématique et méthodologie	180
2. Analyse des résultats échantillon par échantillon	206
Chapitre IV : Conclusion générale et Perspectives	353
Bibliographie	361
Index bibliographique	371
Table des illustrations	373
Table des matières	381
Annexe 1 : annexe de la première partie	387
Annexe 2 : annexe de la deuxième partie	427
Annexe 3 : questionnaire du projet Biohead-Citizen	629

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Introduction et Cadre général du travail

Plusieurs recherches sur les conceptions des enseignants et des élèves sur les déterminismes biologiques ont été récemment réalisées dans le Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique et Histoire des Sciences et Techniques (LIRDHIST) par l'équipe de recherche en didactique de la biologie et de l'environnement, dirigée par P. Clément à l'Université Claude Bernard Lyon 1. Plusieurs chercheurs libanais, marocains, algériens, sénégalais et tunisiens ont collaboré à ces recherches et ont analysé les conceptions d'enseignants et d'apprenants. Certains de ces travaux se sont intéressés aux conceptions d'apprenants, en particulier à celles qui pourraient être perçues comme des obstacles aux apprentissages. Ces obstacles pourraient en partie trouver leurs origines dans les conceptions des enseignants.

C'est dans ce cadre que plusieurs travaux ont porté sur les conceptions d'enseignants ou d'étudiants sur le cerveau humain et son épigenèse, mettant entre autres en évidence la prégnance tenace d'une conception dualiste (corps/esprit) sur laquelle nous reviendrons plus en détail dans cette thèse. Ces travaux ont été effectués en France (Clément 1984, 1994a) ; au Sénégal (Ndiaye & Clément, 1998) ; au Liban (Abou Tayeh, 2003) ; en Algérie (Clément & Savy 2001) ; et en Tunisie (Kochkar & al, 2002 ; Abou Tayeh, Kochkar & Clément 2005) ; ainsi qu'auprès de doctorants de plusieurs pays européens (Clément, 1999). Ces conceptions ont parfois été analysé dans les manuels scolaires (Clément et al, 1998, JIES ; Mouelhi & al, 2002 ; Clément & al, 2006). D'autres travaux ont, plus précisément, porté sur les conceptions (des élèves, des enseignants et dans les manuels scolaires), sur la génétique humaine et sur la notion d'identité biologique, montrant que celle-ci ne privilégiait que l'identité génétique et ignorait les processus d'épigenèse (Abrougui, 1997 ; Abrougui et Clément, 1996 a, 1996 b ; Eridob, 1997 ; Clément & Forissier 2001 ; Forissier & Clément 2003 ;)

Notre thèse se situe aussi dans le cadre d'un projet européen[1] intitulé BIOHEAD-CITIZEN *« Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship »* (projet de recherche coordonné par G. Carvalho, P. Clément, F. Bogner et dans lequel je suis membre de l'équipe tunisienne), qui prévoit une analyse comparative des conceptions d'enseignants et futurs enseignants, ainsi que des programmes et manuels scolaires dans 19 pays. Un des enjeux de cette recherche est d'identifier les éventuels systèmes de valeurs implicites qui structureraient les conceptions des personnes interrogées.

[1] Ce projet a démarré en 2004 et se prolongera jusqu'à la fin 2007.

Dans la présente thèse, nous analyserons les conceptions des enseignants et futurs enseignants du secondaire (biologie et autres disciplines) en utilisant un questionnaire qui a largement été à l'origine du questionnaire utilisé dans le projet Biohead-Citizen (pour lire le questionnaire du projet, consulter l'annexe 3) en ce qui concerne les questions sur le cerveau, la génétique et le déterminisme biologique. La plupart de ces items du questionnaire ont été testés au cours de recherches dont font partie cette présente thèse, menées dans l'équipe de Pierre Clément-LIRDHIST-Université-Lyon1 à la quelle j'appartiens.

Si l'on considère la totalité du questionnaire Biohead-Citizen, 14 % de ses questions sont quasiment les mêmes que celles du questionnaire utilisé dans la présente thèse : par exemple le cerveau des hommes et des femmes, les cerveaux de vrais jumeaux, le clonage, la prédisposition génétique des comportements (dans l'annexe 3, voir dans le questionnaire du projet Biohead-Citizen les items communs : A9, A14, A19, A21, A24, A25, A36, A38, A43, A46, A53, B8, B10, B14, B20, B30, B31, B32, B33, B34, B35, B36 et G1 G3). Le projet Biohead-Citizen travaille sur 6 thèmes : Environnement, Santé, Reproduction humaine et sexualité, Origines de l'homme, Cerveau humain et Génétique humaine : notre thèse ne concerne que ces deux derniers thèmes, le cerveau et la génétique. Les résultats du projet viennent juste d'être obtenus au moment où je boucle ma thèse, et seront analysés en 2007. Les échantillons du projet qui viennent d'être testés en Tunisie (50 personnes par échantillon) : Les instituteurs, les futurs-instituteurs, les enseignants de français, les futurs-enseignants de français, les enseignants de SVT, les futurs-enseignants de SVT et les enseignants d'arabe.

Cette similitude dans certaines questions va nous permettre de comparer nos résultats avec ceux du projet à la fin 2007.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent travail de recherche qui vise, dans sa première partie, l'identification d'éventuelles résistances à l'apprentissage « de l'épigenèse cérébrale » à travers l'analyse des conceptions d'enseignants et d'apprenants tunisiens sur le cerveau, l'épigenèse et le déterminisme biologique. Cette identification va nous permettre, dans la deuxième partie, d'envisager des enseignements qui ont pour finalité le "franchissement de ces obstacles" (Giordan & de Vecchi, 1987 ; Astolfi et al, 1997) et d'analyser les changements conceptuels consécutifs. Donc notre problématique est double :

(1) Quelles sont les conceptions d'enseignants et d'apprenants tunisiens sur le cerveau, l'épigenèse cérébrale et le déterminisme biologique ?

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

(2) Est-ce qu'un apport de connaissances scientifiques sur l'épigenèse cérébrale peut influencer les connaissances et les valeurs d'enseignants et d'apprenants tunisiens sur les déterminismes biologiques ?

Notre thèse se répartit en 4 chapitres :

- Dans le premier chapitre, intitulé cadres théoriques, seront présentés en deux volets les concepts didactiques et scientifiques les plus utilisés dans notre recherche : dans le volet didactique seront abordées les notions de conceptions, d'obstacles, d'apprentissages, de changements conceptuels et de situations didactiques. Le volet scientifique concerne le cerveau, le gène, l'épigenèse cérébrale et la plasticité cérébrale, l'identité biologique, l'auto-organisation, le déterminisme biologique et le clonage.
- Dans le deuxième et troisième chapitre, nous essayerons de répondre aux problématiques citées dans la page précédente, en présentant nos résultats et leurs interprétations.
- Dans le dernier et quatrième chapitre, nous terminerons avec la discussion générale, les conclusions et les perspectives.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

CHAPITRE

I

Cadre théorique

Sommaire

1. Cadre théorique didactique……..8
2. Cadre théorique scientifique……50

1.
Cadre théorique didactique

Sommaire

1.1. Conceptions	9
1.2. Obstacles	15
1.2.1. Les obstacles épistémologiques et leur déstabilisation	17
1.2.2. Obstacles didactiques	19
1.2.3. Obstacles ontogénétiques	20
1.2.4. Conclusion	21
1.3. Apprentissage	22
1.3.1. Apprentissage : Différentes théories	22
1.3.1. Apprentissage et constructivisme	24
1.3.3. Apprentissage, mémoire et affectivité	29
1.3.4. Apprentissage, mémoire et plasticité cérébrale	29
1.4. Changement conceptuel	31
1.4.1. Différents points de vue des scientifiques sur le changement conceptuel	31
1.4.2. Conclusion	32
1.5. Situations didactiques	34
1.5.1. Différents points de vue de scientifiques sur la situation didactique	34
1.5.1. Différents points de vue de scientifiques sur la situation-problème	35
1.5.1. Situation didactique et constructivisme	45
1.5.1. Conclusion	46

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre de la didactique de la biologie. Nous présentons, au début de cette partie théorique, les concepts de la didactique des sciences sur lesquels nous nous appuyons : conceptions, obstacles, apprentissage, changement conceptuel et situations didactiques.

1.1. Conceptions

Nous allons discuter les deux concepts interchangeables en didactique : les représentations et le conceptions.

Pour Moscovici[1] (1976) :

« *Toutes nos expressions affectives, nos conduites, nos réponses corporelles et verbales sont des effets, non pas d'une excitation extérieure en tant que telle, mais de la représentation que nous en avons […] tout stimulus, toute fraction du milieu, toute impression sont socialement reconstruits* ».

Dans cette citation, Moscovici met l'accent sur le côté social des représentations, introduisant le concept de « représentation sociale ».

En didactique, le concept de "conception" remplace celui de "représentation" utilisé en psychologie cognitive (Richard, 1990). Mais Astolfi et Develay (1989) utilisent le terme « représentations » et le définissent comme le déjà-là conceptuel.

Toutes les recherches en didactique montrent que les représentations/conceptions se retrouvent chez un grand nombre de personnes. Les recherches en psychologie sociale (Moscovici, 1976 ; Jodelet, 1989; Doise et al, 1981) montrent qu'il y a des composantes individuelles dans les représentations sociales. Pour Moscovici et Jodelet, les représentations sociales s'opposent aux connaissances scientifiques (pas pour Doise ni pour Clément) (Clément, 1994).

Giordan et De Vechi (1987) & Giordan et Martinand (1988) proposent explicitement aux didacticiens des sciences expérimentales d'utiliser désormais le terme « conceptions » à la place de « représentations » devenu « trop polysémique ».

Le terme « représentations » créait des confusions avec les représentations graphiques d'objets. De plus, Clément (1994) souligne que l'usage du terme conception permet d'échapper à un débat qui divise les cogniticiens entre représentationnistes et anti-représentationnistes.

[1] Rappel : dans l'ensemble du texte, les citations sont en italiques.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Clément (1994) propose de parler de « conceptions conjoncturelles» pour ce qui émerge en mémoire de travail, et pour définir plus précisément les « conceptions » comme tous les aspects conceptuels de la mémoire à long terme (Clément, 1994).

Les conceptions conjoncturelles, récemment appelées conceptions situées, « Situated conceptions » (Clément 1999), sont celles qui sont mobilisées dans une situation précise (dialogue, apprentissage, réalisation d'une tâche, questionnaire).

Ces conceptions situées émergent de l'interaction entre les conceptions stockées dans la mémoire à long terme et la situation dans laquelle se trouvent les apprenants.

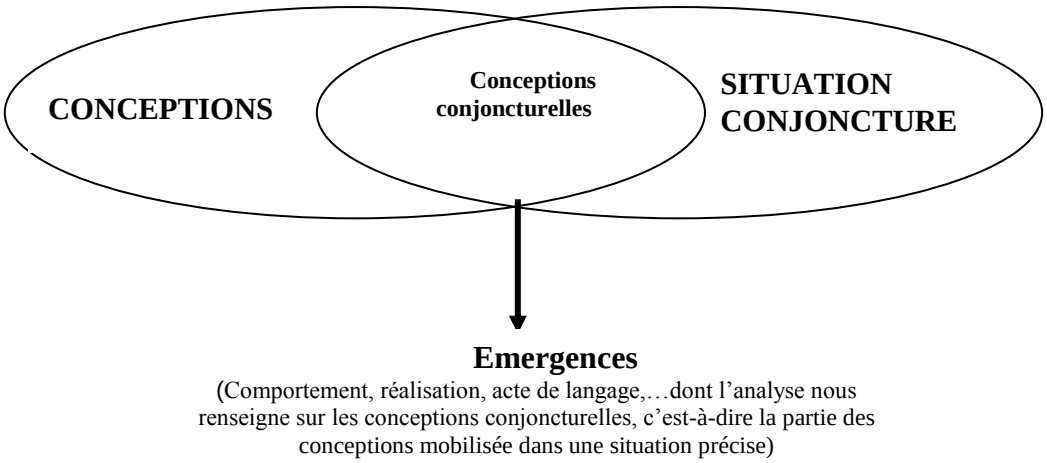


Figure 1. ***Les conceptions situées (d'après Clément*, 1994)***
Conceptions conjoncturelles

Ces conceptions situées ne forment que la partie émergée de l'iceberg. La partie immergée comprend les conceptions et les obstacles selon le modèle décrit par Jonnaert dans la figure présentée ci-dessous :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

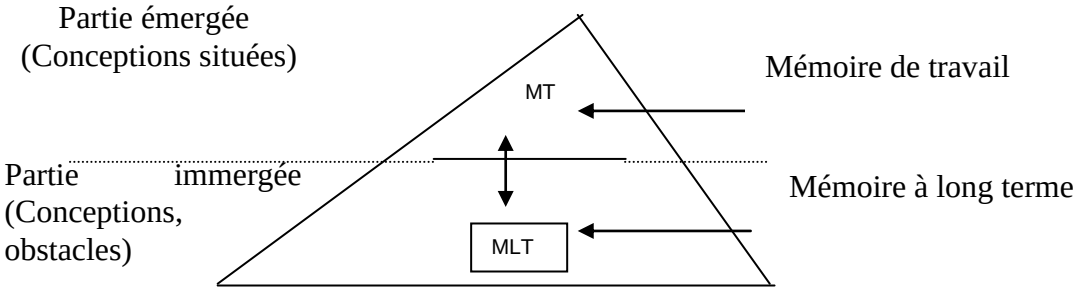


Figure 2. La métaphore de l'iceberg (d'après Jonnaert, 1983) modifié par moi-même (2006)

Dans le présent travail, nous allons explorer la partie immergée, qui comprend les conceptions et les obstacles en suivant la démarche suivante : nous allons rassembler les conceptions situées (réponses à différentes questions), les analyser et trouver leurs origines pour enfin identifier les conceptions et les obstacles selon le modèle décrit par Clément dans la figure 3 présentée dans la page suivante.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

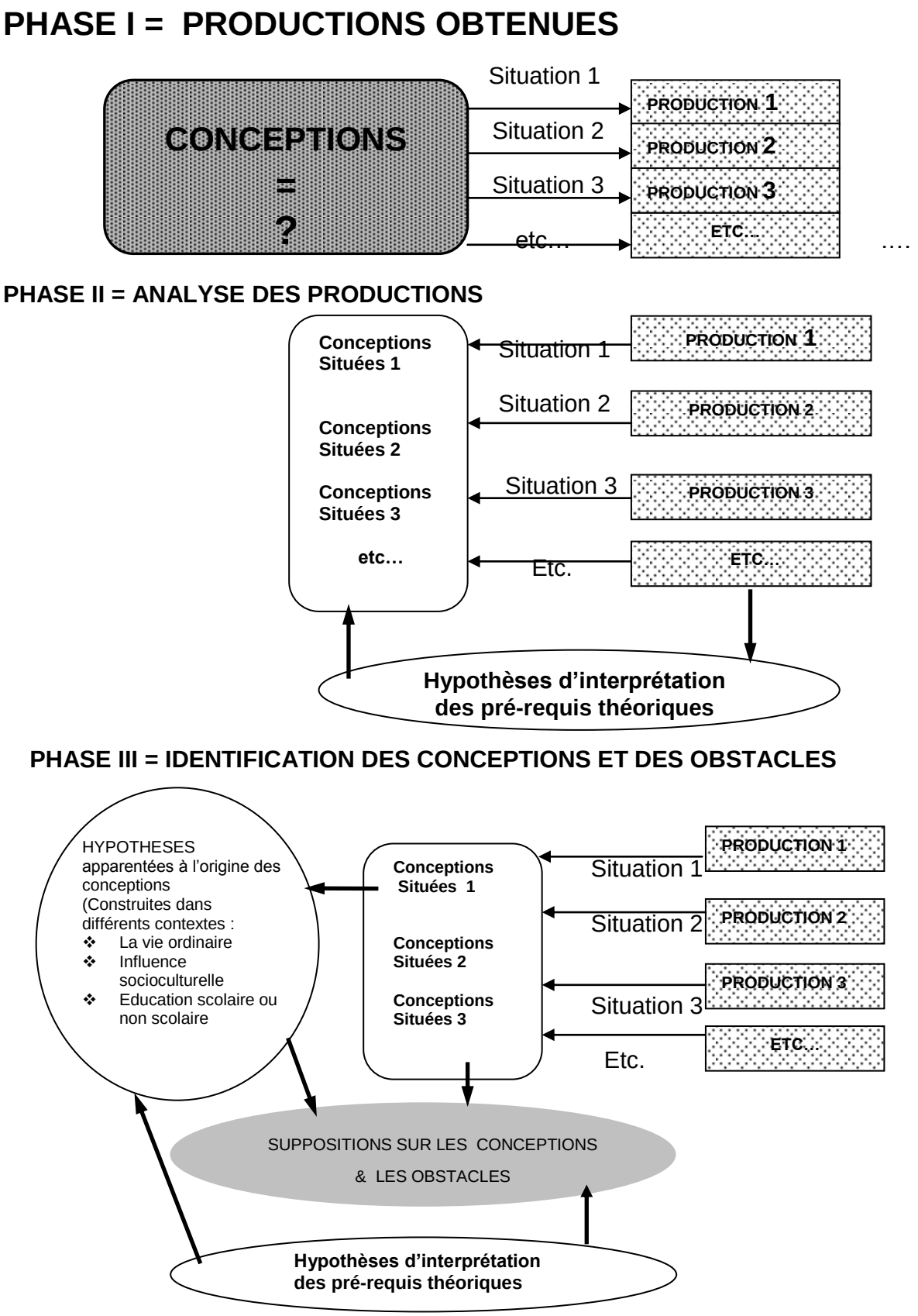


Figure 3. ***L'analyse des conceptions (d'après Clément, 1999)***

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Apprendre des connaissances ou des valeurs ? Cette question ancienne datant de l'antiquité a été débattue par Socrate et Protagoras (Atlan et Bousquet, 1994, p 12-13). Elle n'a pas encore trouvé de réponses puisque nous la posons encore dans notre présent travail en 2007. Nous la posons parce qu'elle est au cœur de notre présent travail sur les trois pôles du triangle KVP (K= connaissances, V = valeurs et P = pratiques sociales).

Nous allons analyser cette question en commençant par l'enseignant. Il entre en classe avec des connaissances à partager avec les apprenants mais il ne peut pas les dissocier de ses propres valeurs car les deux sont en interaction permanente comme le dit Atlan :

« *Les propos des scientifiques eux-mêmes sont dictés au moins autant par leurs valeurs subjectives que par leur savoir objectif* » (Atlan & Bousquet, 1994, p 82).

Les valeurs et les connaissances sont interdépendantes.

Dans son dialogue avec Bousquet, Atlan fait référence aux philosophes de l'antiquité :

Atlan : « *Protagoras, dans le débat qui l'oppose à Socrate sur le thème : comment enseigner la vertu ? Pour Socrate, il suffit d'enseigner les sciences : la connaissance de la vérité débouche automatiquement sur celle du bien. Pour Protagoras, il faut enseigner la poésie épique : le bien n'est pas un théorème géométrique ou une loi physique, c'est l'identification à un héros. On s'est moqué de Protagoras, mais aujourd'hui que se passe-t-il ? La télévision enseigne l'éthique en diffusant des images, qui déclenchent l'indignation ou l'admiration. Donc Protagoras a raison sur toute la ligne.* »

Bousquet : « *Vous le regrettez* ? »

Atlan : « *Oui et non. Je ne le regrette pas, si le regret impliquait de tenter encore une fois de réhabiliter la position que défend Socrate dans ce dialogue, car cette position est illusoire. Mais oui, je regrette que l'enseignement de masse de l'éthique par les medias se limite à une morale de l'indignation.* » (Atlan & Bousquet, 1994, p. 12-13).

Dans ce travail, les conceptions seront analysées en tant qu'interaction entre les trois pôles (KVP) d'après le modèle proposé par Clément (1998, 2004) et présenté dans la Figure 4 :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

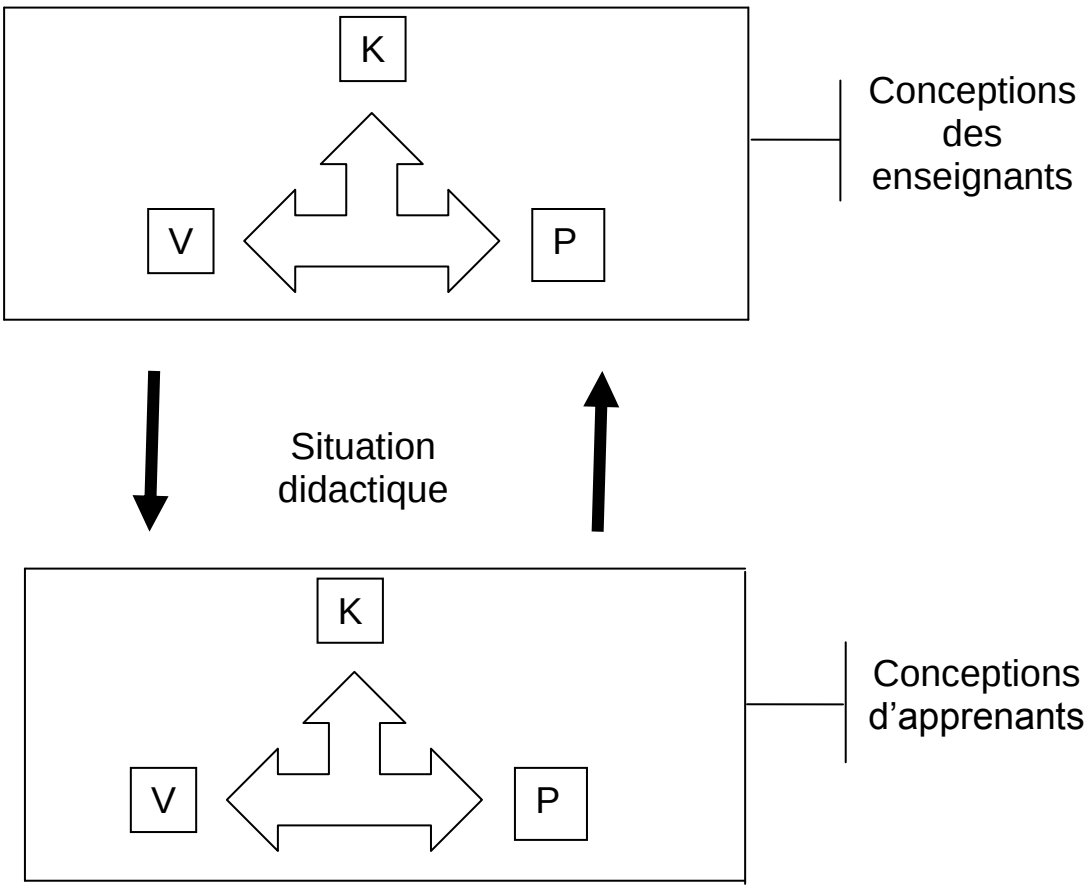


Figure 4. ***Les conceptions en tant qu'interactions entre les trois pôles K*** **(connaissances), V (valeurs) et P (pratiques sociales) des enseignants d'un côté et des apprenants de l'autre côté (Clément, 1998, 2004)**

- **K** : Knowledge, connaissances scientifiques de l'enseignant ou de l'apprenant provenant de son cursus scolaire et ses autres apprentissages, à partir des manuels scolaires, des revues spécialisées, ou de toute autre source. Mais les connaissances de chacun sont à la fois assez proches, dans leur contenu, de ces connaissances spécialisées, tout en s'en différenciant fortement (Clément, 2004)
- **V** : Valeurs de l'enseignant ou de l'apprenant, ses opinions, son idéologie et ses croyances.
- **P** : Pratiques personnelles et/ou sociales de l'enseignant (ses pratiques de citoyen hors de l'école et ses pratiques professionnelles dans l'école dont ses pratiques pédagogiques

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

dans la classe) ou de l'apprenant (rapports avec les autres élèves, la classe, l'école, la famille et les pratiques pédagogiques de l'enseignant).

Clément P. (2004) explique cette interaction : « *d'une part, c'est l'usage de mes connaissances (pôle K) qui me permet d'en assimiler, retenir, refaçonner tout ce qui est utile à mes pratiques : professionnelles, personnelles et/ou sociales (pôle P). D'autre part, l'attention que chacun porte à des connaissances, l'importance qu'il leur donne, dépend souvent de l'interaction entre ces connaissances et ses propres systèmes de valeurs (pôle V).* ».

Notre travail sur les conceptions relatives aux déterminismes biologiques va s'appuyer surtout sur le modèle KVP de Clément (1998, 2004).

Dans l'enseignement de l'épigenèse cérébrale lors de la deuxième partie de ce travail, nous avons pris en considération les conceptions d'apprenants qui sont identifiées lors de la première partie.

Le concept de "conception" est l'un des concepts importants de la didactique, mais comme le remarquent Giordan et Girault (1994) : « *Des recherches spécifiques sur l'utilisation des conceptions en situation d'apprentissage sont donc à promouvoir. Elles apparaissent même comme une étape indispensable, faute de quoi le concept de "conception" risque de rester "lettre morte"* »

Les conceptions scientifiques et les conceptions spontanées ne sont pas interchangeables : elles ne répondent pas aux mêmes questions et ne poursuivent pas les mêmes finalités. Avec le temps, les conceptions spontanées reprennent leur place dans la vie courante puisqu'elles fonctionnent et sont efficaces et mobilisables facilement (Larochelle et Desautels ,1992).

Certaines conceptions ne cèdent pas facilement et peuvent former des obstacles aux apprentissages des connaissances scientifiques, c'est ce que nous allons voir dans le paragraphe suivant.

1.2. Obstacles

L'éventuelle résistance des conceptions peut s'expliquer par la présence des facteurs suivants (Hashweh, 1986) :

Facteurs psychologiques

Les conceptions des enseignants sont le plus souvent localisées dans la mémoire à court terme. Elles sont indues, contingentes et situées. Elles sont provisoires et incorrectes. Elles

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

sont personnalisées et vont de ce fait présenter une plus grande résistance au changement conceptuel. Ces conceptions résultent de l'expérience en interaction avec le monde, elles sont utilisées dans l'interprétation des évènements, et leur usage peut devenir un automatisme inconscient (connaissances procédurales). Les connaissances psychomotrices et intellectuelles sont résistantes au changement, du fait de la présence d'un automatisme. Ces conceptions issues de l'expérience ne sont pas complètement fausses, elles sont adéquates dans un domaine limité. Leur automatisme et leur adéquation expliquent leur résistance. Cette résistance pourrait résulter aussi du fait qu'une situation peut être comprise en utilisant une des nombreuses facettes de ces conceptions expliquant les éléments de la situation et leurs interrelations (conceptions alternatives). Par ailleurs, des processus cognitifs peuvent contribuer à cette résistance, comme dans la stratégie d'assimilation où l'anomalie apparente peut être considérée comme un cas spécial, une exception ne remettant pas en cause la règle, d'où une conservation de l'ancienne conception. Enfin une conception peut résister du fait qu'elle n'existe pas seule, elle est interconnectée à d'autres parties des structures cognitives d'un individu (écologie conceptuelle).

Facteurs externes

Il faut examiner l'environnement, en particulier la classe, pour identifier les conditions externes permettant aux facteurs internes de jouer un rôle.

Il est nécessaire de déterminer les conditions de classe permettant aux apprenants de nouvelles expériences pour lesquelles leurs conceptions se révèlent inadéquates.

Les enseignants ne connaissent pas les conceptions de leurs élèves, d'où une persistance et une utilisation dans la connaissance assimilée. Les méthodes d'évaluation ne détachent pas les conceptions relatives aux nouvelles connaissances assimilées des conceptions existantes. Les enseignants ne sont pas critiques envers les réponses relevant des conceptions existantes des élèves.

Trois facteurs externes dans notre société seraient responsables de la résistance des conceptions :

- l'existence de croyances culturelles explicites qui sont en conflit avec les conceptions scientifiques (explications traditionnelles, religieuses, mythologies, etc.).
- la langue qui est la même, mais avec des sens différents, pour le langage commun et celui scientifique.
- L'épistémologie du sens commun persiste, elle est adéquate avec des situations quotidiennes.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Dans la première partie de cette thèse, nous allons analyser les conceptions d'enseignants et futurs enseignants et nous tenterons d'identifier les conceptions-obstacles (une conception qui fait obstacle aux apprentissages) à certains apprentissages. Nous allons prendre en compte ces conceptions-obstacles en formulant les objectifs des séquences d'enseignement et leurs effets sur les conceptions des élèves.

Dans la seconde partie de la thèse, nous analyserons les éventuels changements conceptuels consécutifs à cet enseignement sur l'épigenèse cérébrale.

Bachelard (1938, p 13), en pionnier, a posé le problème de la connaissance en termes d'obstacles : « *Si on cherche les conditions psychologiques du progrès de la science, on arrive bientôt à la conclusion que le problème de la connaissance scientifique doit être posé en termes d'obstacles* ».

Brousseau (1989) considère qu' « *un obstacle sera une connaissance, une conception, pas une difficulté ou un manque de connaissances* » (cité par Balacheff, 1995).

Rumelhard (2005 p. 213) continue à employer le terme "représentations sociales" : « *Les représentations sociales résistent. L'essentiel du travail scientifique devient un travail de deuil, de renoncement à ces représentations* ».

Brousseau (1976) souligne que les obstacles peuvent avoir trois origines :

- épistémologique.
- didactique.
- ontogénétique.

1.2.1. Les Obstacles épistémologiques et leur déstabilisation

Tant qu'on n'a pas remonté aux questions épistémologiques, on ne fait pas de la didactique. C'est pourquoi la didactique a failli s'appeler épistémologie appliquée[1].

Dans cette perspective, nous allons essayer, du moins nous le souhaitons, de déstabiliser le paradigme du « tout génétique » en faveur du paradigme de l'épigenèse.

Sanner (1949) dit que « *l'épistémologie contemporaine, depuis Gaston Bachelard, insiste sur le fait que l'objet d'une science n'est pas un donné mais résulte d'une construction intellectuelle. Sa formule est célèbre : "Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit "* » (Astolfi et al, 1997, p 54).

La formation de la connaissance scientifique ne s'est pas faite de façon linéaire. Elle s'est constituée par ruptures que Gaston Bachelard nomme « obstacles épistémologiques ».

[1] J'aimerais bien que la didactique retrouve son nom d'origine « épistémologie appliquée au savoir enseigné ».

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Les obstacles ne sont pas de simples erreurs d'apprenants qui peuvent être corrigées par l'enseignant. Ce sont des systèmes d'explication installés que la personne mobilise facilement sans trop réfléchir. Ils sont déjà là, bien construits, résistant à la réfutation.

Introduit par Bachelard en 1938 dans une perspective épistémologique (Giordan, 1987 ; Astolfi et al, 1997), le concept d'obstacle a depuis beaucoup servi en Didactique qui a, à son tour catégorisé d'autres formes d'obstacles comme les obstacles didactiques, les obstacles psychologiques.

Brousseau (1989) n'émet aucune réserve épistémologique sur le passage de l'épistémologie à la didactique : « *Les obstacles d'origine épistémologique sont ceux auxquels on ne peut ni ne doit échapper, du fait même de leur rôle constitutif dans la connaissance. On peut les retrouver dans l'histoire des concepts eux-mêmes* ».

Guy Rumelhard, (2005, p 207) cite Canguilhem : « *Georges Canguilhem (1977) nuançait en supposant non pas une rupture brutale unique, mais de nombreuses ruptures successives souvent inaperçues* ».

L'origine des obstacles épistémologiques est à rechercher dans l'expérience individuelle et sociale.

L'élève n'arrive pas en classe comme une page blanche mais comme l'écrivait Gaston Bachelard, dès 1938 : « *L'élève arrive en classe avec des connaissances empiriques déjà constituées* ».

Donc pour déstabiliser ses connaissances empiriques, l'apprenant doit reconstruire ses idées progressivement sur une base scientifique : Astolfi (1997) proposait le schéma suivant :

Déstabilisation → (Re) construction alternative → Identification par l'apprenant.

L'obstacle épistémologique n'est pas un mur à franchir puisqu'il n'est jamais, à coup sûr, dépassé, donc il « *faut faire avec* » et l'utiliser comme une perche sur laquelle on s'appuie pour monter toujours en hauteur (Giordan, 1994).

L'apprentissage scolaire qui s'appuie sur l'étude du développement des connaissances en termes d'obstacles est plus efficace que le béhaviorisme. Les obstacles épistémologiques sont couplés avec les conceptions. Les conceptions non scientifiques des enseignants ou des enseignés peuvent fonctionner comme des obstacles à l'acquisition du savoir car certaines conceptions peuvent au contraire faciliter l'acquisition de certaines connaissances scientifiques.

Dans le cas de notre recherche, nous émettons quelques hypothèses d'obstacles épistémologiques que nous pouvons rencontrer lors de l'analyse des conceptions :

- L'obstacle du « tout génétique » :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Rumelhard (1986) note la persistance de certaines conceptions telles que celle du don en génétique alors qu'elle n'a aucun fondement scientifique : la notion du don ne provient ni de recherches en psychologie, ni de recherches en génétique.

Le paradigme du « tout génétique » peut constituer un obstacle épistémologique à l'acquisition du savoir. L'enseignant peut le transmettre à ses élèves, chez qui, il peut muter en obstacle didactique (Abrougui, 1997 ; Rumelhard, 2005).

- L'obstacle de la confusion entre différences et inégalités :

  La confusion entre différences et inégalités pourrait faire obstacle à l'acquisition de connaissances sur les différences au niveau des réseaux neuronaux entre les cerveaux des hommes et des femmes.
- L'obstacle machiste :

  La conviction de l'infériorité de la femme par rapport à l'homme pourrait faire obstacle à l'acquisition de connaissances sur l'épigenèse cérébrale.
- L'obstacle du dualisme corps/esprit :

  Une culture est dualiste quand elle distingue l'âme du corps, le spirituel du matériel, la vie de l'au-delà de la vie d'ici-bas. Ce dualisme pourrait faire obstacle à l'idée que nos pensées, nos rêves et nos états d'esprit ne sont que des événements qui se produisent dans notre cerveau (Clément, 1994 ; Dennet, 1999).
- L'articulation entre connaissances scientifiques et valeurs relève des obstacles épistémologiques si les valeurs sont des croyances/conceptions issus de la vie quotidienne. Un atelier de didactique a montré que les connaissances pertinentes peuvent être présentes chez les personnes de l'atelier mais non mobilisées dans ce contexte (où s'expriment leurs conceptions situées) (Clément et al, 1998).

1.2.2. Obstacles didactiques

Les obstacles didactiques relatifs à une question déterminée ont leurs origines dans la façon dont elle a jusqu'ici été enseignée (Clément, 2003).

Les enseignants ne se soucient pas des conceptions non scientifiques qu'ils suscitent, qu'ils renforcent. Intentionnellement, ils peuvent créer des obstacles à l'assimilation du savoir, appelés obstacles didactiques. Par exemple l'enseignement du paradigme de l'ADN comme programme crée des conceptions non scientifiques chez les élèves. Ces conceptions résultent de l'interaction des trois pôles KVP : K pour les connaissances non scientifiques (gène → protéine → caractère), V pour les valeurs déterministes (les gènes sont les causes de tous les

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

maux, maladies, alcoolisme, agressivité, échec à l'école, etc.) et les pratiques sociales (fatalisme des inégalités sociales, mais aussi ce que diffuse la télévision, le Téléthon[1], etc.).

- Hypothèses d'obstacles didactiques (Clément, 2003) qu'on pourrait rencontrer chez les personnes interrogées lors de notre première partie :
  - ✓ Le cerveau anatomique :

    C'est la première image qui est associée au cerveau humain lors de son enseignement. Or, concevoir le cerveau uniquement en termes de cerveau humain global pourrait faire obstacle à la conceptualisation de l'épigenèse cérébrale avec l'idée de configuration des réseaux neuronaux en interaction avec l'environnement et l'expérience individuelle et sociale. De façon plus générale, Canguilhem (1965) considère l'approche anatomisante comme une idéologie réductrice très présente dans les sciences de la vie, empêchant de penser ou de représenter d'autres niveaux d'explication du vivant.
  - ✓ Le cerveau est aux commandes de pensées et de comportements :

    Le cerveau en tant qu'organe biologique est la seule origine de différences de pensées ou de comportements. Cette idée pourrait faire obstacle à l'idée inverse qui affirme que la manière de penser et de se comporter peut être à l'origine de la configuration des réseaux neuronaux dans le cerveau car l'expérience individuelle participe à la configuration des réseaux neuronaux du cerveau. Cet obstacle pourrait avoir son origine dans l'approche utilisée dans l'enseignement scientifique quand on dessine une relation linéaire qui part du cerveau vers le comportement. Cette conception, largement introduite par les programmes et manuels scolaires peut faire obstacle à l'idée inverse qui postule que la façon de penser et de se comporter contrôle la configuration des réseaux neuronaux dans le cerveau.

1.2.3. Obstacles ontogénétiques

La didactique limite classiquement son champ d'investigation dans la relation entre les trois pôles du triangle didactique : l'enseignant, l'apprenant et le savoir.

Bronckart (1989) élargit un peu ce champ : « *le didacticien doit en effet, d'une part procéder à une analyse approfondie, en termes cognitivistes, du statut des notions à enseigner (cf. à ce propos Vergnaud, 1986), et il doit d'autre part se poser le problème de la pertinence de la description du contenu d'enseignement, eu égard aux caractéristiques socio-cognitives des élèves. Et ce second centre d'intérêt ne peut manquer de le conduire à analyser aussi les*

[1] Une émission télévisée française qui collecte des fonds pour les maladies génétiques, laissant croire que la découverte du gène responsable implique automatiquement la guérison.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

conditions effectives de l'enseignement (analyse des pratiques) » (cité par Astolfi, 1997, p 58).

Les obstacles aux apprentissages peuvent avoir des causes ontogénétiques qui sont dues aux limitations psychologiques et/ou neurophysiologiques du sujet (Dolle, 1991 ; Brousseau, 1989). Nous rappelons ici les stades de développement ontogénétique de Piaget :

1 Stade de l'intelligence sensori-motrice (jusqu'à deux ans).
2 Stade de l'intelligence symbolique ou pré-opératoire (de 2 à 7-8 ans).
3 Stade de l'intelligence opératoire concrète (de 7-8 ans à 11-12 ans).
4 Stade de l'intelligence opératoire formelle (à partir de 12 ans, avec palier d'équilibre vers 14-15 ans). (Dolle, 1989, p 55).

Cette division en stades n'est pas unique mais dépend de l'environnement dans lequel vit l'enfant, par exemple l'enfant tunisien n'arrive pas au même stade, au même âge que l'enfant genevois de Piaget. De plus certaines connaissances ne peuvent être acquises qu'à certains stades de maturation de certaines parties du cerveau comme l'hippocampe (une structure du cerveau liée à la mémoire).

Astolfi (1997, p 88) en tant que didacticien se démarque un peu de Piaget : « *Piaget s'est effectivement intéressé au sujet épistémique, indépendamment de toute connaissance particulière. C'est la raison pour laquelle il témoignait, comme on le sait, d'une réserve assez nette quand à l'efficacité possible de l'école sur le développement intellectuel, croyant davantage aux effets structurants de la maturation, du milieu, de l'environnement. Or, les didacticiens ne s'intéressent pas au sujet épistémique mais plutôt au "sujet didactique", lequel est également distinct du "sujet réel" (dans la mesure où l'élève n'est pas l'enfant)* »

1.2.4. Conclusion

Pour essayer de franchir les obstacles, Martinand (1989) propose le concept d' « objectif-obstacle » qui consiste à exprimer les objectifs de la leçon en termes d'obstacles franchissables. Ce concept concilie pédagogues et épistémologues ; les premiers cherchent à rendre plus efficaces leur enseignement et les seconds cherchent à pousser la pensée à affronter ses difficultés.

Un exemple d'objectif identifié : les gaz ne peuvent pas être de la matière car la matière est une chose visible, lourde, résistante et les gaz ne peuvent pas être envisagés comme la source nutritive des végétaux verts, car ils sont dangereux et toxiques (Astolfi, 1997). Reste à le convertir en objectif d'enseignement pour qu'il devienne objectif-obstacle.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

1.3. Apprentissage

Un dicton dit : « *Le cerveau ne s'use que si l'on ne s'en sert pas* ». La sagesse profane nous dit qu'il faut s'en servie et apprendre. L'apprentissage est l'un des premiers objectifs de l'enseignement.

Ce paragraphe présente de façon succincte quelques théories de l'apprentissage. Ensuite nous aborderons quelques interactions entre le concept apprentissage et d'autres concepts comme la mémoire, la plasticité synaptique, les connaissances, les valeurs, l'affectivité et le constructivisme.

1.3.1. Apprentissage : Différentes théories

Elles sont multiples. Très schématiquement, nous les regroupons en trois grands types :

- ***Les théories innéistes***, selon lesquelles les performances dépendent du génome de chaque individu, qui serait plus ou moins « doué » de naissance. L'école devient alors un lieu de sélection séparant le bon grain de l'ivraie, et s'attachant à une formation élitiste des meilleurs ADN (Kochkar et al, 2000). Le courant héréditariste, considérant le cerveau comme mature dés la naissance et simplement aux commandes des comportements et pensées. Ce courant privilégie un déterminisme biologique qui renvoie aux positions innéistes du débat inné-acquis. Ce débat est dépassé dans la communauté scientifique, puisque le cerveau humain est le produit de la génétique et de l'épigénétique car on hérite d'un cerveau humain mais la configuration des réseaux neuronaux dans ce cerveau se fait en fonction de l'expérience individuelle et sociale. Dans notre présent travail, l'exemple, qui illustre la théorie innéiste, est la conception déterministe. Selon le modèle causal linéaire, le déterminisme génétique consiste à dire que seul le génotype agit sur le phénotype (Clément et al, 2003). Le schéma linéaire célèbre « gène → caractère » a dominé l'enseignement tunisien de la génétique pendant des décennies (Abrougui, 1997). Ces conceptions déterministes innéistes, sont-elles encore présentes chez les enseignants tunisiens ? La première partie de notre travail a révélé la prégnance de ce modèle chez les enseignants et futurs enseignants tunisiens de biologie. Dans la deuxième partie de notre travail, nous avons essayé de réfuter ce modèle par l'apport de connaissances scientifiques sur l'épigenèse cérébrale.

- ***Les théories behavioristes***, basées sur le schéma : stimulus → boîte noire → réponse. Le manifeste béhavioriste de Watson (1923) a ensuite été renouvelé par le néo-béhaviorisme de Skinner (1970) selon lequel les apprentissages sont des conditionnements opérants, qui dépendent des systèmes de récompense et de punition. Sans porter aucun intérêt pour ce qui se passe dans la boîte noire (Kochkar et al, 2000). Le cerveau forme la boîte noire. Il est considéré comme un relais entre des stimuli et des réponses. Cette conception est celle qui est enseignée avec l'activité réflexe du Système Nerveux Central : elle privilégie la moelle épinière, les réflexes innés ou appris (conditionnement), et inclut parfois l'ensemble du cerveau entre la perception des stimuli (S) et la commande de réponses (R) (Clément et al, 2006). Les béhavioristes considèrent le cerveau comme une boîte noire inaccessible. Les comportements, résultant de stimulations par les facteurs environnementaux, sont les seuls observables et mesurables. L'environnement détermine le comportement. Le behaviorisme niait l'inné par choix théorique de base. Les théories béhavioristes sont celles qui dominent actuellement dans le système éducatif, avec les systèmes de punition/récompense. Notre école tunisienne ne suit pas l'élève dans son cheminement intellectuel d'appropriation du savoir mais tout simplement elle lui transmet des connaissances et le récompense ou le punit par une évaluation sommative ou certificative. Donc elle ne produit que des gens, sans initiative, qui restituent ce qu'ils ont appris, des gens incapables de mobiliser leurs connaissances dans des situations pertinentes pour résoudre des problèmes imprévus. Ces idées sont largement critiquées par les constructivistes.
- ***Les théories constructivistes*** enfin, inaugurées par Piaget depuis 1938, et qui s'intéressent à ce qui se passe dans la boîte noire, à la façon dont chaque enfant construit progressivement ses connaissances à partir de ses conceptions initiales, dans des situations d'action et de réflexion individuelle et sociale (socio-constructivisme) (Kochkar et al, 2000). Le courant socio-constructiviste forme le contexte théorique de la majorité des recherches en Didactique des Sciences. Il correspond aux connaissances actuelles sur la façon dont le cerveau humain apprend en configurant en permanence ses réseaux neuronaux, par épigenèse cérébrale. L'épigenèse cérébrale explique comment se font les apprentissages par stabilisation sélective des synapses (Changeux, 1983 ; Edelman, 2000). Les théories constructivistes sont celles qui nous intéressent le plus car elles entrent dans la boîte noire du cerveau et renvoient à la complexité des neurosciences du cerveau humain et des sciences cognitives. Elles font l'objet même de notre recherche. L'épigenèse cérébrale ne peut être enseignée que dans le paradigme constructiviste car elle forme sa base biologique. Nos réseaux neuronaux se configurent avec l'expérience individuelle donc

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

nous ne pouvons apprendre sans laisser des traces biologiques dans le cerveau. Le cerveau ne peut plus rester comme une boîte noire, il est au centre de l'apprentissage. L'épigenèse creuse cette boîte à l'aide de nouvelles technologies comme l'imagerie médicale et peut suivre l'activité des neurones dans les moindres détails. La première partie de notre travail a révélé une ignorance totale des notions d'épigenèse et de plasticité cérébrales chez des enseignants et futurs-enseignants tunisiens de biologie. La deuxième partie de notre travail va apporter des connaissances sur ces deux notions sous forme de cours.

Nous allons développer dans le paragraphe suivant la relation entre l'apprentissage et le constructivisme.

1.3.2. Apprentissage et constructivisme

Ruel (1994, p. 38-39) articule sa réflexion sur le constructivisme autour de deux postulats :
1) le savoir n'est pas transmissible passivement, il est construit activement par le sujet.
2) la cognition est une fonction adaptative, elle sert à l'organisation du monde de l'expérience plutôt qu'à la découverte d'une réalité ontologique.

Notre recherche s'inscrit dans le modèle socioconstructiviste et interactif (SCI) de construction des connaissances (Jonnaert, 2002), un véritable « paradigme épistémologique » qui guide nos recherches selon trois dimensions :

- La dimension constructiviste, en référence à Piaget, valorise l'appropriation active et réflexive du savoir par l'apprenant.
- La dimension « socio », en référence à Vygotsky et aux néopiagétiens, met en évidence la nécessité d'une interaction sociale avec les pairs et les adultes.
- La dimension interactive consiste à mettre le sujet en interaction avec l'objet à apprendre ou mettre les connaissances préalables (les connaissances antérieures, le déjà-là, les conceptions) de l'apprenant en interaction avec le savoir-objet-d'enseignement (le savoir codifié dans les apprentissages scolaires). Le sujet ne construit de nouvelles connaissances, ou modifie d'anciennes connaissances, que s'il vit en « interaction » avec son milieu physique et social. Cette dimension ne peut se réaliser que dans une situation-problème d'enseignement/apprentissage.

Ces trois dimensions fonctionnent en s'articulant sans cesse les unes aux autres, mais, en plus, chacune alimente toujours les deux autres.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Le constructivisme

La théorie de Piaget a mis l'accent sur le rôle des structures cognitives que le sujet construit à partir de ses propres actions. Tout savoir est une construction du sujet en réponse aux sollicitations de l'environnement. (Piaget, 1992). Piaget plaide pour une acquisition des connaissances par l'expérience, directe ou indirecte, plutôt que par la transmission. Piaget insiste sur une conception de l'enseignement qui se résume essentiellement, non pas à transmettre des connaissances mais à faciliter le processus de construction des connaissances que seul chaque enfant individuellement peut faire grâce à son action sur les objets et à ses interactions avec son milieu.

Le moyen utilisé est de faire surgir des conflits cognitifs internes dans la tête des élèves : ce que chacun croyait savoir ou savoir faire est bousculé et remis en question.

Les constructivistes pensent que ces conflits sont les moteurs mêmes de la connaissance. Le modèle constructiviste repose sur une conception selon laquelle l'apprentissage est une démarche active de construction des connaissances engagée par l'apprenant et non une réception passive de savoirs pré-construits par les éducateurs (Cresas, 1991). Ce modèle est caractérisé par la place centrale qu'occupe l'apprenant dans la construction de son savoir : « *l'élève construit son savoir à partir d'une investigation du réel, ce réel comprenant aussi le savoir […]. Il se l'approprie de manière non linéaire, par différentiations, généralisations, ruptures…* », (Astolfi et al, 1997, p 56). Cette interaction avec l'environnement met en jeu des processus intellectuels qui favorisent le changement conceptuel. En effet, ces processus permettent d'appréhender de nouveaux aspects de la réalité soit en les intégrant aux schèmes conceptuels existants (assimilation), soit en créant de nouveaux schèmes pour les intégrer (accommodation). Le déséquilibre entraîné par la nécessité d'une réorganisation des schèmes de connaissances se rétablit grâce à un retour à l'équilibre (équilibration) (Piaget, 1972).

Constructivisme et nativisme

Le constructivisme postule que le sujet construit progressivement sa représentation du réel au travers de son action sur l'environnement.

Le nativisme envisage le développement comme la révélation progressive de formes innées, où l'environnement certes intervient, mais davantage comme matériau épigénétique que comme terme d'une interaction. Les nativistes eux-mêmes, et en premier lieu N. Chomsky, admettent que le langage se constitue à partir d'un « noyau fixe » (une « compétence intrinsèque » spécifiant les grammaires accessibles à l'enfant humain) inné apportant le cadre des opérations logiques nécessaires à l'apprentissage du langage, mais que, par la suite, le milieu intervient pour compléter le processus. Le nativisme conduit donc à la notion d'une

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

prédétermination des performances effectivement accessibles aux individus d'une espèce, parmi la multitude des performances possibles (Jeannerod, 1983). Dans la perspective constructiviste, les stades de développement sont au contraire d'authentiques « constructions » ouvrant chaque fois sur de nouvelles possibilités (Jeannerod, 1983).

Le néoconstructivisme

Le conflit socio-cognitif (CSC)

Elèves de Piaget, Perret-Clermont (1980) ainsi que Doise et Mugny (1981) tentent, sans renier les principes de base du constructivisme, de dépasser le réductionnisme individualiste du modèle piagétien en proposant le concept de CSC comme moteur de développement et d'apprentissage. Pour eux, le concept piagétien de conflit cognitif interne à un sujet (les schèmes existants chez celui-ci rentrent en conflit avec le milieu ; des schèmes alternatifs rentrent en compétition) est insuffisant, car tout apprentissage est social. La théorie du CSC repose sur l'idée que l'effet structurant du conflit cognitif s'accroît s'il s'accompagne d'un conflit social : des apprenants mis en présence et confrontés à une même tâche seront amenés à développer des actions et des verbalisations qui vont entrer en conflit car reposant sur des schèmes cognitifs quelque peu différents ; cette confrontation offre aux sujets en présence plus de chances de mettre en place des processus d'accommodation des structures de connaissances initiales et d'améliorer les processus d'équilibration (Xavier & De Ketele, 1999). La théorie de Piaget n'est donc pas remise en cause dans sa nature, mais dans les mécanismes de sa genèse. Le constructivisme de Piaget suppose lui aussi des conflits, donc des déséquilibres, puis des équilibrations. Mais ceci est du domaine de l'action du sujet (effective, ou intériorisé) et ne suppose pas essentiellement la présence et la confrontation avec un « alter ». Pour que le CSC soit pertinent, il faut qu'il remplisse trois conditions : 1) la présence explicite de plusieurs points de vue. 2) une situation où le CSC est net et non fuyant. 3) ne pas confondre un effectif CSC avec une situation où l'acquiescement d'un des protagonistes peut être de simple complaisance ou de soumission. Le CSC confirme le rôle décisif et positif de la coopération d'égal à égal entre pairs et infirme les rapports d'autorité.

Exemple de CSC en classe de biologie :

Un apprenant avance que le cerveau de l'homme est plus grand que celui de la femme. Un autre réplique que la taille du cerveau est proportionnelle au poids du corps. Les deux vont confronter leurs points de vue. Chacun va présenter ses arguments, ce qui crée un conflit entre les deux en plus de l'interaction. Chacun des deux élèves ou même un autre élève va prendre conscience de réponses autres que les siennes. La différence entre les deux points de vue

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

devient explicite. Ce conflit pourrait conduire les élèves à un changement conceptuel car ils vont écouter les deux thèses et ne retenir que celle qui est plus convaincante. Donc c'est le conflit qui est à la base d'un changement conceptuel, et non la simple interaction entre deux élèves, qui peut se produire sans conflit.

Le débat socio-cognitif (DSC) : critique du conflit socio-cognitif (CSC) :

L'argumentation en faveur du CSC est de nature psychologique. Par contre l'argumentation en faveur du DSC est de nature épistémologique.

Le débat socio-cognitif constitue une alternative heureuse aux conflits socio-cognitifs (Doise et Mugny, 1981), qui sont bien souvent en pratique plus « sociaux » que cognitifs et qui, en permettant l'affaiblissement mutuel des élèves, perpétuent la violence (Favre, 1996). Le DSC permet aux élèves d'apprendre dans la solidarité et non dans la rivalité, dans la curiosité et non dans la passivité, dans la joie et non dans l'ennui (Develay, 1994).

Stavy (1980) se demande si des stratégies de conflit ne risquent pas de faire perdre aux élèves leur confiance en eux et même régresser d'une conception correcte à une "mis conception". Dans son approche analogique de l'enseignement, elle affirme que si les élèves n'ont pas pris conscience de l'existence du conflit et du processus d'apprentissage, l'apprentissage a eu lieu sans que les élèves en soient conscients. Du point de vue de l'élève, il n'y a aucune "mis conception" et aucun apprentissage n'a lieu. Les élèves brillants réagissent au conflit avec enthousiasme et apprécient "l'effet de surprise" de la méthode et de la confrontation avec des problèmes nouveaux. Par contre, des élèves en difficulté semblent développer des images dévalorisantes d'eux-mêmes, une attitude négative par rapport à l'école et aux travaux qu'on leur propose et une forte dose d'anxiété. Par conséquent ils essayent d'éviter le conflit et sont plus systématiquement enclins à reculer face au problème auquel ils étaient confrontés qui ne représente pour eux qu'un nouvel échec. Stavy explique que l'enseignement par le conflit peut entraîner une perte de confiance chez les élèves en difficulté et même une régression. C'est pourquoi on a adopté le DSC à la place du CSC surtout qu'on sait qu' « *une réforme du système éducatif n'est un enjeu majeur que si elle profite, en priorité, aux élèves qui ne réussissent pas à l'école* » (Perrenoud, 1997)

La zone proximale de développement (ZPD)

Pour progresser, l'enfant doit en effet apprendre dans une zone de développement légèrement supérieure à ce que lui permettent objectivement ses capacités mentales et cognitives (c'est-à-dire son développement actuel). Vygotsky critique la théorie maturationniste de Piaget, pour qui l'apprentissage ne peut avoir lieu que s'il advient suite à la maturation des capacités mentales de l'enfant. « *Le seul bon enseignement est celui qui*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

précède le développement […] Enseigner à l'enfant ce qu'il n'est pas capable d'apprendre, est aussi stérile que lui enseigner ce qu'il sait déjà faire tout seul » (Vygotsky, 1985).

L'élève construit ses nouvelles connaissances dans l'interaction avec les autres élèves. L'enseignant le place dans un cheminement qui lui permettra de passer de la dépendance à l'autonomie par rapport à ses anciennes connaissances.

Vygotsky a accordé un rôle prépondérant aux interactions sociales et à l'intériorisation des instruments de pensée véhiculés par la culture.

Tout apprentissage résulte d'interactions sociales et dépend de la culture dans laquelle un individu se développe, (Vygotsky). « *Là où le milieu ne suscite pas les tâches voulues, ne présente pas d'exigences nouvelles, n'encourage ni ne stimule à l'aide de buts nouveaux le développement intellectuel, la pensée de l'adolescent ne cultive pas toutes les possibilités qu'elle recèle réellement* ».(Vygotsky, 1985).

Le constructivisme et l'enseignant

Vygotsky a réhabilité le rôle de l'enseignant, concrètement, l'enseignant devient celui qui soumet aux élèves un problème à résoudre, fait émerger leurs conceptions et les aide à les confronter pour arriver à une nouvelle conception plus "efficace" que les précédentes, plus mobilisable et plus durable diront les didacticiens, pour expliquer le réel ou résoudre le problème. Mal comprise, cette démarche de l'enseignant peut devenir tout autre et atteindre des résultats diamétralement opposés à l'esprit du constructivisme. En effet, tout dépend de la façon dont on traite les conceptions initiales des élèves ou des enseignants. Souvent, lorsque l'élève est invité à formuler ses propres questions de recherche ou ses propres explications d'un phénomène, cette sollicitation a pour objectif de transformer celles-ci selon les conceptions scientifiques établies. En caricaturant, cela se passe ainsi :

-"Que savez-vous de l'épigenèse et de la plasticité cérébrale ?

-(réponses diverses des élèves)

- Maintenant, je vais vous dire ce que c'est, en fait...". (Sous-entendu : "vous n'y êtes pas du tout").

L'enseignant détient alors une vérité cachée, une "bonne réponse", le "savoir savant".

La psychologie cognitive

Une théorie contemporaine de l'apprentissage - encore à construire - devrait intégrer non seulement ces différents fondements, maintenant bien connus, mais aussi quelques-uns des facteurs mis en évidence ultérieurement par la psychologie cognitive. Cet exposé est centré sur certains d'entre eux : ceux qui contraignent les apprentissages et font que, parfois, la capacité d'un individu à réaliser une tâche ne s'améliore pas avec l'exercice autant que le

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

souhaiterait le didacticien. Une meilleure connaissance de ces contraintes devrait permettre de mieux les contourner.

1.3.3. Apprentissage, Mémoire et Affectivité

La motivation joue un très grand rôle dans l'apprentissage et surtout dans la mémorisation (Gandolfo et al, 2005, p 306) : « *Toute perception sensorielle revêt un double aspect : cognitif et émotionnel donc un apprentissage réalisé sous une importante charge affective conditionnée par l'expérience pourrait mieux faciliter l'acquisition de connaissances* »,
Favre (1996, p 45) remarque que : « *…toutes les structures nerveuses qui sont concernées par la cognition, sont régulées, co-innervées, en partie déterminées, par le fonctionnement des structures associées aux affects et aux émotions*[1]. »
Lieury (1996, p 85) pense que : « *En gros, quand des événements sont repérés comme fortement chargés émotionnellement, cela active l'amygdale qui envoie des giclées d'adrénaline et celles-ci produisent au niveau de la jonction entre les neurones des modifications qui favorisent un stockage extrêmement rapide* ».
Nous retenons de ce paragraphe la nécessité de tenir compte de la dimension affective dans la préparation des situations didactiques par les enseignants. Un résultat spectaculaire illustre nos propos : dans la deuxième partie de notre travail, nous avons trouvé que la question 6.5 sur la plasticité cérébrale a suscité le plus de changements conceptuels chez les enseignants car le professeur a évoqué dans son cours un exemple sur sa maladie personnelle du nerf vestibulaire de l'oreille interne guérie par la plasticité cérébrale.

1.3.4. Apprentissage, Mémoire et Plasticité cérébrale

Comment mettre au jour l'hypothétique lien entre plasticité synaptique et processus d'apprentissage et de mémorisation ?

En 1970, Eric Kandel et ses collaborateurs mettent en évidence des changements fonctionnels des synapses de l'aplysie, corrélativement à l'apprentissage, (Laroche, 2006).

Vidal (2001) relie apprentissage et plasticité cérébrale : « *la plasticité cérébrale est très prononcée chez l'enfant, mais elle existe aussi chez l'adulte avec les processus d'apprentissage et de mémorisation qui ne cessent de remodeler nos micro-circuits de neurones. L'imagerie cérébrale en donne l'illustration flagrante : l'apprentissage d'une*

[1] Rappel : dans l'ensemble des textes, les citations sont en italiques.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

langue, la pratique de la musique ou l'entraînement à mémoriser l'espace modifient la structure et le fonctionnement des circuits du cerveau (Paulesu et al, 2000 ; Elbert et al, 1995 ; Maguire et al, 2000). Notre histoire individuelle est ainsi sculptée dans notre cerveau tout au long de la vie. Il en résulte que personne ne possède exactement le même cerveau, y compris les vrais jumeaux», (La Recherche, 1998).

La plasticité synaptique est la trace biologique de l'apprentissage (Gandolfo et al, 2005, p 296) : « *plusieurs dizaines ou centaines de milliers de neurones forment une assemblée cellulaire : il ne s'agit pas d'un ensemble anatomique figé de neurones, mais de cellules activées transitoirement et simultanément qui interagissent entre elles à un moment donné ; ces associations temporaires très rapides vont se reproduire avec la répétition des stimulations engendrant progressivement un circuit dynamique de neurones, dont les connexions se renforcent de manière spécifique avec l'expérience et l'apprentissage* ».

L'apprentissage se fait par stabilisation sélective de synapses comme l'a bien décrit Changeux en 1983 dans son livre « l'homme neuronal ».

Les expériences suivantes illustrent la théorie de Changeux. Elles sont citées par Gandolfo et al (2005, p. 297) : « *au cours d'un apprentissage associatif basé sur des stimulus multisensoriels chez l'escargot, Alkon a montré en 1989 que les dendrites des neurones réarrangés sont paradoxalement moins ramifiés chez le gastéropode entraîné que chez le témoin. En réalité, les dendrites impliquées dans l'apprentissage associatif sont conservées et même multipliées, alors que celles qui servent à tout autre chose sont éliminées : il y a eu concentration de synapses « utiles ». [...] Richard Haier a montré à l'université d'Irvine que la densité de synapses qui est maximale chez l'enfant de 5 ans, est réduite de moitié chez l'adulte, mais reste à un niveau à peu près constant chez le trisomique et l'autiste, ce qui signifie la déficience intellectuelle… »*.

Dans notre présent travail nous allons essayer de faire la liaison entre les deux concepts clés de notre partie : l'apprentissage et son support biologique. L'apprentissage que nous allons proposer aux apprenants consiste à faire un cours sur l'épigenèse cérébrale. Ce cours va être plus ou moins assimilé et mémorisé par l'apprenant dont la mémoire est constituée de milliards de neurones qui pourraient établir des synapses et former des réseaux neuronaux. Ces derniers vont se configurer en fonction de l'expérience vécue et former le support biologique de l'apprentissage.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

1.4. Changement conceptuel

En exprimant les objectifs en termes d'obstacles épistémologiques ou didactiques franchissables, l'enseignant croit que les élèves vont s'incliner et vont « rendre les armes ». Il oublie que les images fortes, les expériences éprouvées, les émotions contrôlées sont quelques fois d'une importance aussi grande que les aspects démonstratifs limités à la sphère cognitive.

Les recherches sur les conceptions d'apprenants et des enseignants sur le cerveau et le déterminisme biologique, nous ont conduits à concevoir l'apprentissage en termes de changements conceptuels.

Dans ce paragraphe, nous allons citer différents points de vue des scientifiques sur le changement conceptuel puis nous allons faire une petite conclusion sur la façon dont nous utiliserons ce concept dans notre travail.

1.4.1. Différents points de vue des scientifiques sur le changement conceptuel

- Bachelard (1989) : « *Pour Bachelard, partisan du développement discontinu de la science, le changement se produit par ruptures épistémologiques auxquelles sont associés des obstacles épistémologiques. Une rupture se passe lorsqu'il y a un dépassement d'un obstacle. Pour lui la science se développe par un processus de ruptures aussi bien avec le savoir commun qu'avec les théories antérieures* ».
- C'est Posner qui a introduit le terme changement conceptuel même s'il ne fait que reprendre une problématique classique en histoire/épistémologie des sciences, en la transposant aux apprentissages individuels. Le changement conceptuel durable est permis à l'échelle d'une personne qui apprend ce qui est déjà connu par les scientifiques quand elle comprend une idée plausible, compréhensible, féconde et mobilisable facilement, (Posner et al, 1982).
- Pour Kuhn (1983), le changement conceptuel est un changement de paradigme, il se fait par une révolution.
- Rumelhard (2005, p 221) reprend l'idée de Kuhn : L'obstacle épistémologique lui-même est un paradigme et le changement conceptuel peut correspondre à un changement de paradigme.
- Astolfi (1997, p 122) : « *Réussir un apprentissage, c'est donc d'abord provoquer une transformation intellectuelle, beaucoup plus qu'ajouter des objets de connaissance surnuméraires* ».

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Pour Orange (2005), la problématisation est une stratégie de changement conceptuel. Elle se présente chez lui de la façon suivante :

Opinion ——— problématisation ———→ savoir raisonné

a) Les opinions : les conceptions des élèves.

b) La problématisation : la construction du problème se fait :

- En explorant à partir d'une question les possibles pour buter sur les impossibles (le nécessaire).
- En élaborant une question inadéquate, puis en la critiquant, c'est de cette manière que nous serons en mesure de comprendre le problème.
- En travaillant un problème, le connaître, le comprendre.
- En identifiant les genres d'hypothèses qui ne font pas l'affaire.
- En abandonnant la question du vrai ou du faux pour poser la question : est-ce que c'est possible ou impossible ?

c) Le savoir raisonné : c'est le processus du passage des valeurs des élèves aux savoirs scientifiques. C'est le savoir articulé à des raisons. C'est le savoir qui répond aux questions comment et pourquoi ? Par opposition au savoir empirique qui répond à la question comment seulement. Le changement conceptuel est une visée d'apprentissage : quel changement conceptuel est visé ? Le changement conceptuel visé, c'est faire passer les élèves, par la problématisation, de l'opinion au savoir raisonné. On réussit un changement conceptuel si et seulement si on arrive à articuler notre raisonnement pour avoir accès aux raisons, même si on n'aboutit pas à une opinion scientifique correcte.

- Pour Perret-Clermont (1979) et Gilly (1988), le conflit socio-cognitif est une autre stratégie de changement conceptuel. « *Le terme de conflit socio-cognitif a été introduit par l'école néo-piagétienne suisse dans les années 75, principalement par Willem Doise, Gabriel Mugny et Anne-Nelly Perret-Clermont, dans la suite des expérimentations de Piaget, mais en rupture avec sa perspective* », (Astolfi et al, 1997, p 39). Pour Gilly, le conflit n'est pas à chercher dans les confrontations intra-individuelles comme le préconise Piaget mais dans les confrontations inter-individuelles. Pour Perret-Clermont, dans un conflit, le sujet est obligé de tenir compte de son action et de celle de son partenaire et d'élaborer une structuration qui intègre les divergences présentes.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

1.4.2. Conclusion

Nous sommes d'accord avec Kuhn quand il dit que le changement conceptuel est un changement de paradigme mais à notre avis il se fait par évolution et non pas par révolution car les obstacles ne sont jamais effectivement dépassés.

Rumelhard définit l'obstacle épistémologique comme un paradigme et nous, nous voyons que le paradigme du "tout génétique" est un nœud d'obstacles qui pourrait avoir des origines épistémologiques, didactiques et psychologiques.

Quand à Astolfi, nous sommes tout à fait d'accord avec lui quand il dit que l'ajout de connaissances ne suffit pas pour provoquer une transformation intellectuelle. Ses propos rejoignent ceux de Clément (1998, 2004) quand il définit les conceptions en tant qu'interaction entre les connaissances, les valeurs et les pratiques sociales (les trois pôles du modèle KVP développé dans le paragraphe 1.1. sur les conceptions, page 9). Donc pour changer les conceptions, il faut agir sur les trois pôles. Mais nous savons que les changements conceptuels relatifs aux connaissances sont plus faciles à obtenir que ceux relatifs aux valeurs (Delalande-Simonneaux, 1995).

La problématisation et le conflit sicio-cognitif demeurent des stratégies d'apprentissage parmi tant d'autres comme l'imitation par exemple.

Dans la première partie de notre travail, nous avons montré que le paradigme dominant chez l'élève est le paradigme du "tout génétique".

La notion de changement conceptuel recouvre en fait ce qui était jusqu'ici appelé apprentissage scientifique, c'est pourquoi dans la deuxième partie de notre travail qui consiste à faire un cours sur l'épigenèse cérébrale, nous souhaitons que l'élève s'approprie le paradigme de l'épigenèse car il recouvre celui du "tout génétique" et le complète.

Dans l'enseignement des sciences, le changement conceptuel visé résulte d'un processus de recherche par lequel une personne tente de comprendre et d'accepter les idées qui lui paraissent intelligibles et rationnelles.

Certains apprentissages peuvent s'accompagner d'une remise en question des valeurs, d'une réorganisation conceptuelle qui touche au-delà des connaissances scientifiques elles-mêmes, les croyances d'une personne. Par exemple : une idéologie sexiste utilise l'argument crâniométrique du poids du cerveau de l'homme par rapport à celui de la femme pour légitimer l'inégalité sociale entre les deux sexes.

1.5. Situations didactiques

1.5.1. Différents points de vue de scientifiques sur la situation didactique

Une situation didactique n'est pas un donné mais un ensemble qui est construit par différents acteurs : l'enseignant, l'apprenant et le milieu.

Selon Brousseau (1975) : « *le problème du didacticien est le suivant* : «*comment amener l'élève à acquérir telle notion"[…] En biologie l'observation ne s'établit pas naïvement et naturellement en dehors de la problématisation scientifique. L'observation se construit "contre" le système observé* ». Dans notre objet d'étude de thèse le nouveau paradigme « l'épigenèse cérébrale » se construit contre l'ancien paradigme « le tout génétique ».

Pour Brousseau (1986) : « *d'abord il faut élaborer le contexte conceptuel et scientifique qui permettra de donner aux apprenants les outils conceptuels nécessaires pour que le problème qui leur sera soumis ait un sens* ».

Brousseau (1982) définit la situation comme « *un ensemble de rapports, implicites ou explicites, entre un élève ou un groupe d'élèves, un certain milieu, comprenant éventuellement du matériel, et un système éducatif, le professeur, organisé aux fins de l'appropriation par les élèves d'un savoir constitué* ».

Brousseau (1975) la décrit de la façon suivante : « *…un processus d'apprentissage peut être caractérisé de façon très générale (sinon déterminé) par une suite de situations identifiables (naturelles ou didactiques) reproductibles et aboutissant régulièrement à la modification d'un ensemble de comportements des élèves, modification caractéristique de l'acquisition d'un ensemble de connaissances déterminé. Chacune des situations, comme d'ailleurs le processus entier, met donc en présence :*

1) *Un savoir.*
2) *Des sujets.*
3) *Des moyens didactiques* ».

Pour Margolinas (1993, p. 33) : « *il s'agit d'une situation qui se noue, le plus souvent dans la classe, entre un maître et un ou des élèves autour d'un savoir à enseigner. Dans la situation didactique, les intentions d'enseigner et d'apprendre sont affichées* ».

Raisky (2001) prend en compte dans la situation didactique les fins visés par l'élève : « *la nécessité de construire des situations didactiques qui, tout en permettant de guider l'apprenant, ne cessent de s'accorder à ses fins* » et critique le modèle du triangle didactique : « *la simplicité réductrice et myope du triangle didactique qui, en ne reconnaissant comme éléments des rapports didactiques que le savoir, l'apprenant et le médiateur, pousse le processus d'apprentissage à l'autoréférence, à une attitude qui peut confiner à l'autisme* ».

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Pour Brun (1994) « *au point de départ de toute réflexion didactique, il est important de clarifier la position épistémologique concernant le rapport du sujet connaissant à l'objet de connaissance. C'est ce que fait la didactique des mathématiques* (nous ajoutons et de la biologie) *en adoptant actuellement, pour ses propres problématiques, une position constructiviste et interactionniste* ».

Selon Jonnaert (1996) : *« le sens des apprentissages biologiques apparaît dans les situations qui suscitent une série d'interactions entre les apprenants, la situation, le savoir biologique médiatisé et le formateur. Le sens naît de ces interactions, il n'apparaît cependant pas dans n'importe quelle situation ! Ces situations aux fonctions multiples ne se réduisent plus à de simples habillages artificiels de structures biologiques. Elles sont complexes, car elles interagissent avec différents réseaux de connaissances et de savoirs. Elles sont flexibles, car elles peuvent étendre ou réduire leurs exigences et leurs contraintes afin de permettre la mise à l'épreuve des connaissances de l'apprenant. Elles sont contraignantes, car elles remettent en question les conceptions des apprenants. Elles sont biologiques, car elles ont pour finalité le développement de compétences biologiques chez l'apprenant. Des situations de ce type ne peuvent s'inscrire que dans un paradigme épistémologique qui accepte la dialectique entre conceptions des apprenants et les savoirs – objets -d'enseignement.*

Dans une perspective constructiviste, les situations didactiques doivent faire des élèves les acteurs de leurs propres apprentissages, les conduire à exister en tant que sujets libres.

Il n'est plus possible de penser l'enseignement des mathématiques (et j'ajoute de la biologie) indépendamment de celui qui apprend. Il n'est plus possible de programmer des séquences d'apprentissage en ignorant le matériau de base de ces séquences : les conceptions de l'apprenant. Une situation didactique laisse une part à l'imprévu car les apprenants travaillent plutôt sur leur représentation de la situation que sur la situation présentée par l'enseignant. Cette situation didactique doit être souple et flexible, pas seulement en fonction du savoir-objet-d'enseignement, mais aussi en fonction des connaissances que l'apprenant accepte d'injecter dans la situation ».

Pour Jonnaert (2002) : « *Le sujet ne peut apprendre qu'en "situation"* ».

1.5.2. Différents points de vue de scientifiques sur la situation-problème

Les dispositifs didactiques de type « situation-problème » peuvent être vus comme des moyens de contraindre l'élève à reconstruire le problème en précisant des contraintes et/ou des possibles non spontanément repérés par l'élève

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Si l'épistémologie des sciences permet d'apporter certaines indications sur la manière dont les savoirs scientifiques se construisent dans la sphère savante, la didactique des sciences doit replacer l'ensemble de ces analyses dans le cadre dans lequel l'enseignant fonctionne, la classe, ainsi que dans son contexte professionnel, la transmission des savoirs. Il faut d'ailleurs remarquer que la didactique avait, dès le départ, un lien fort avec l'épistémologie puisqu'elle a failli s'appeler « épistémologie expérimentale ».

Si l'on pense comme G. Bachelard (1938) que « *l'enseignement des résultats de la science n'a jamais constitué un enseignement scientifique* », alors seul un enseignement où l'apprentissage découle d'une résolution de problème est réellement scientifique. Ce postulat va donc faire obligation à l'enseignant de formuler des problèmes qu'il donnera à résoudre à ses élèves pour les amener à construire leurs connaissances.

Selon Darley (2000), une fois que la situation-problème est construite, il ne reste plus qu'à la mettre en forme didactique telle que le problème ne soit plus perçu par les apprenants comme une structure artificielle formulée par l'enseignant, mais comme intéressant en soi et dont la recherche de la solution n'est plus une contrainte mais le résultat de l'appropriation de la situation.

Pour Johsua et al (1993, p 2) « *l'existence du problème ne va pas de soi ; c'est une construction externe à la classe, qui donc nécessite ensuite d'être –didactiquement – transmise et acceptée par elle* ».

Si comme le propose Gil-Pérez (1993), l'enseignement des sciences doit être « *le fruit d'un rapprochement de plus en plus grand entre le processus d'apprentissage des sciences et les caractéristiques de la recherche scientifique* », il est donc important dans le cadre d'une approche socio-constructiviste de l'enseignement des sciences, de connaître la structure des problèmes posés au chercheur de manière à pouvoir en proposer une transposition dans le cadre didactique.

A l'inverse du chercheur qui formule son problème pour tenter d'y apporter une solution sans toujours disposer de la totalité des connaissances nécessaires pour le faire, l'enseignant dispose des connaissances apportées par la recherche mais n'a plus accès au problème dont elles sont les solutions. Ainsi « *le savoir scolaire ne se donne-t-il pas, de manière privilégiée, sous l'aspect de propositions considérées comme "vraies" mais le plus souvent déconnectées et sans lien aucun avec les problèmes dont elles constituent pourtant les solutions ?* » (Fabre, 1999, p.48).

Dans le cadre d'un enseignement par résolution de problème l'enseignant va donc devoir formuler des problèmes singuliers non pas, comme le chercheur, sur la base de la projection singulière d'un questionnement sur le monde mais sur la base d'un savoir qui est la

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

généralisation de solutions élaborées pour une classe de problèmes, alors même que ces derniers ne sont plus accessibles.

En biologie la genèse d'un problème est davantage associée à un obstacle, un paradoxe ou un dysfonctionnement des savoirs préexistants (Darley, 2000).

Meirieu (1991, p 88) considère qu'*« une situation didactique suppose d'abord que l'on ait défini un objectif d'apprentissage de référence […] exige aussi que l'on ait identifié une tâche qui puisse, en même temps, mobiliser l'intérêt du sujet et faire émerger un obstacle que l'objectif permettra de surmonter…*».

L'enseignant devra donc intégrer dans la situation-problème en classe les obstacles épistémologiques comme des objectifs-obstacles à l'apprentissage.

Dans l'éventuelle situation-problème de l'enseignement sur l'épigenèse cérébrale, il s'agit :

- D'énoncer un problème dont la solution nécessite l'emploi par l'apprenant du savoir en jeu (le tout génétique) et du savoir en perspective (l'épigenèse cérébrale).
- De faire apparaître les variables de cette situation dont les changements de valeur provoquent des changements conceptuels qui visent le remplacement de l'ancien paradigme « le tout génétique » par le nouveau paradigme « l'épigenèse cérébrale ».

Une telle situation-problème doit permettre de prévoir, par une analyse a priori, les difficultés et les échecs que les apprenants seront susceptibles de rencontrer pour comprendre le nouveau paradigme « l'épigenèse cérébrale ».

la situation-problème est définie comme une situation de classe construite de manière à ce que les apprenants débouchent sur un problème alors même qu'ils pensaient maîtriser la situation (B. Darley, 2000).

D'après Robardet (Darley, 2000), la construction d'une situation-problème répond à un certain nombre de règles :

1 – identifier aussi clairement que possible l'obstacle à l'apprentissage programmé (ou, au moins, l'un d'entre eux considéré comme crucial).

2 – elle est organisée en sorte que l'obstacle se révèle à l'élève sous forme d'un problème à résoudre ; problème qui doit apparaître en cours d'action et non proposé arbitrairement par l'enseignant.

3 – pour résoudre le problème l'élève va devoir élaborer une stratégie originale à partir de ses connaissances antérieures ; c'est cette stratégie qui se révèlera être l'objet d'apprentissage lors de l'institutionnalisation.

4 – la formulation d'hypothèses et des conséquences de ses hypothèses doit faire partie de la stratégie mise en place par les élèves.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

5 – des confrontations de stratégie sont organisées pour provoquer des débats scientifiques.

6 – la validation de la solution se fait naturellement par la résolution du problème, pas par une intervention dogmatique de l'enseignant.

7 – une institutionnalisation par analyse réflexive de la solution et du parcours le plus efficace permet de conscientiser les étapes de la démarche et de stabiliser les procédures mises en œuvre.

8 – 8ème règle inspirée de Brousseau et ajoutée par moi-même : donner aux apprenants les outils conceptuels nécessaires pour que le problème qui leur sera soumis ait un sens.

Pour M. Fabre (1999) « *identifier un problème suppose un arrière-plan de connaissances tenues, au moins provisoirement, pour fiables* ».

D'après Jonnaert (Jonnaert & Pallascio, 1996), la construction d'une situation-problème répond à un certain nombre de questions :

1 - Un contenu

Question : Sur quoi devra porter l'apprentissage ?

Réponse : Déterminer un contenu ; réaliser une analyse conceptuelle de ce contenu ; identifier des entrées possibles dans ce contenu.

2 - Les connaissances de l'enseignant

Question : Mes connaissances d'enseignant sont-elles pertinentes par rapport au contenu envisagé ?

Réponse : Analyser ses propres compétences par rapport au contenu envisagé en réalisant les problèmes et les exercices relatifs à ce contenu ; identifier ses forces, ses performances, ses lenteurs, ses hésitations, ses réticences et ses obstacles par rapport à ce contenu ; se remettre à jour par rapport à ce contenu.

3 - Une hypothèse d'objectif

Question : Où les élèves devraient-ils arriver au terme de l'activité par rapport à ce contenu ?

Réponse : Formuler une hypothèse d'objectif dans la quelle l'enseignant présente des résultats d'apprentissage qu'il suppose voir apparaître au terme de l'activité ; cette réponse suppose une exploration suffisante du savoir envisagé.

4 - Un réseau de connaissances

Question : Que croient connaître les élèves à propos du contenu envisagé ?

Réponse : Faire émerger les représentations des élèves à propos des contenus qui leur sont proposés ; analyser ces représentations ; organiser le réseau des connaissances à mettre en relation avec le contenu à apprendre.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

5 - Des chemins possibles

Question : Avec ces connaissances, par quelles voies les élèves pourront-ils cheminer vers le savoir envisagé ?

Réponse : Articuler le réseau des connaissances des élèves aux entrées possibles pour aborder le contenu envisagé ; identifier les tâches possibles pour permettre aux élèves de mettre à l'épreuve leurs connaissances.

6 - Des situations

Question : Dans quelles situations les élèves pourront-ils réaliser les tâches identifiées ?

Réponse : Préparer des situations dans lesquelles les élèves pourront réaliser les tâches identifiées à l'étape précédente.

Chacune de ces situations-problèmes met en jeu :

a) Un savoir.

b) Un contrat didactique.

c) Des apprenants.

d) l'enseignant en classe.

e) Des moyens didactiques.

a) Un savoir

La théorie des situations se développe avec la volonté d'aborder l'étude des problèmes d'enseignement par les contenus. Le contenu n'est pas un « savoir pur » mais un savoir profondément marqué par sa situation de production et les activités dont il est le produit. Le contenu n'est pas un savoir révélé qui ne pourrait alors relever non d'un processus didactique mais d'une croyance pure (Raisky, 2001). Le savoir sur les déterminismes biologiques est accompagné de conceptions et d'opinions chez les apprenants et les formateurs. Tous les formateurs ont-ils les mêmes ? Tous les apprenants ont-ils les mêmes ? Le travail d'A. Robert et de quelques autres consiste à prendre en compte ces conceptions en mathématiques comme une variable qui pouvait avoir des effets didactiques et à l'étudier en tant que telle. Notre travail consiste à essayer de faire la même chose en biologie. Le rôle du formateur consiste, non à déguiser les savoirs biologiques dans des situations, mais à mettre en interaction plusieurs dimensions :

a.1. celle du savoir-objet-d'enseignement institutionnalisé dans les programmes et les manuels scolaires, il est le résultat d'une transposition didactique (dans notre recherche : savoir du

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

nouveau paradigme « l'épigenèse cérébrale » qui est institutionnalisé en France mais pas encore en Tunisie).

a.2. celle des connaissances des apprenants, de leurs conceptions et de leurs obstacles à propos de ce savoir (dans notre cas : savoir de l'ancien paradigme « le tout génétique » manifesté dans les conceptions des apprenants).

a.3. celle des connaissances et des conceptions des enseignants à propos de ce même savoir (le travail de la première partie de la présente thèse sur les conceptions des enseignants et futurs enseignants).

a.4. celle des exigences (les règles du jeu proposées à l'apprenant) et des contraintes imprévues de la situation qu'il faut gérer au fur et à mesure de la progression de cette situation car le savoir ne peut être expliqué indépendamment du contexte dans lequel il s'apprend. Ces quatre dimensions sont indissociables. Le formateur devra les explorer et articuler les résultats de cette quadruple exploration du savoir dans une ou plusieurs situations. Bien plus, c'est de l'articulation étroite entre ces quatre dimensions du savoir que le formateur devrait passer pour préparer une situation-problème efficace et pertinente. Le formateur devrait modifier une des règles du jeu proposé. Par exemple dans notre situation, le formateur peut présenter à l'apprenant les critiques de Gould (1983) apportées aux thèses crâniométriques de Broca ou l'expérience transgénique de la souris (plus grand volume du cerveau implique moins de performance) (Rondi-Reig & al, 2001). Il place ainsi l'apprenant dans une situation telle que sa conception craniométrique du cerveau est ébranlée et elle n'est plus viable ni valable. La modification que le formateur apporte à la situation (le changement d'une règle du jeu dans l'exemple proposé) a pour fonction de permettre à l'élève de tester la viabilité des connaissances qu'il mobilise pour traiter la situation sans lui donner la réponse directe à sa problématique car l'apprenant n'est pas un consommateur de connaissances mais un constructeur du savoir. Jouant sur la viabilité des conceptions des apprenants, le formateur remplit sa fonction de médiateur entre anciennes connaissances et nouvelles connaissances autoconstruites par l'apprenant lui-même. Ce dernier effectue cette construction, sur la base de ses conceptions provenant du paradigme « le tout génétique » qui lui ont permis de fonctionner jusqu'à présent certes, mais aussi en fonction des savoirs-objets-enseignements sur l'épigenèse cérébrale et des exigences de la situation. Une des principales fonctions des situations proposées aux apprenants est de permettre cette dialectique entre conceptions des apprenants, savoirs-objets-enseignement et exigences de la situation (Jonnaert & Pallascio, 1996).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

b) Un contrat didactique

Il ne suffit pas que des partenaires soient disposées autour d'une table pour qu'un dialogue s'établisse entre eux. Le contexte évoqué devient une situation didactique à partir du moment où un contrat, le contrat didactique, régit une série d'obligations qui engagent réciproquement les différents partenaires en présence. Pour Brousseau (1986, p. 51), le contrat détermine, explicitement pour une petite part, mais surtout implicitement, ce que chaque partenaire, l'enseignant et l'enseigné, a la responsabilité de gérer et dont il sera responsable, d'une manière ou d'une autre, devant l'autre. La prise en compte de l'implicite permet de faire fonctionner les situations didactiques autant sur les non-dits que sur les règles formulées explicitement. Donc le mieux sera pour l'enseignant d'annoncer le plus clairement possible ce qu'il attendait de ses élèves et de clarifier ainsi le contrat didactique.

Brousseau (1986) précise en outre que ce qui intéresse le didacticien, c'est la part de contrat qui est spécifique au contenu.

Cette approche par le contrat didactique permet d'identifier trois principes importants pour le fonctionnement des situations didactiques (Jonnaert, 1994b, p. 216). L'idée du partage des responsabilités permet d'envisager des situations qui ne sont pas sous le contrôle exclusif de l'enseignant. La responsabilité de l'élève est prise en considération : il doit accepter d'accomplir son métier d'élève, à savoir apprendre. La prise en compte du rapport au savoir donne aux situations leur spécificité didactique. Elles ne sont intéressantes pour le didacticien que si un contenu d'apprentissage y est l'objet de toutes les attentions de l'enseignant. Les situations didactiques trouvent leur légitimité dans ce contenu à apprendre (Jonnaert, 1996).

c) Des apprenants

L'effet majeur du constructivisme est d'introduire dans les classes des stratégies d'enseignement et d'apprentissage fondées sur l'élaboration des connaissances par celui qui apprend lui-même (Morf, 1994).

Les apprenants ne sont pas une plage blanche, ils sont le produit de la société, ils sont faits de filles et de garçons avec leurs expériences, leurs savoirs et leurs comportements particuliers, différents, divergents, voire contradictoires. Des élèves issus de milieux religieux voient dans le déterminisme biologique une confirmation scientifique du déterminisme religieux par contre des élèves issus de milieux laïques voient dans les deux sortes de déterminisme une négation de l'épigenèse et de l'acquis.

Le chercheur en didactique crée un modèle d'élève qu'il qualifie de sujet épistémique *« sans sexe, ni origine sociale, ni famille »*. De même dans les situations-problèmes, l'élève n'est considéré que comme « *un système de traitement de l'information* » (Terrisse, 2001). Dans une situation-problème, on devrait prendre en compte les effets culturels dans les apprentissages scientifiques ainsi que les différences interindividuelles entre les apprenants et les pratiques sociales de référence à partir de l'analyse des conceptions et de leurs origines sociales, idéologiques ou religieuses.

Il faudrait prendre en considération les conceptions des apprenants, leur manière d'évoluer, de répondre avant de construire une situation-problème.

Un apprentissage est réussi si les conceptions des élèves peuvent être remises en question et évoluer (Favre, 2000).

L'apprenant se construit en construisant le monde. Il n'est jamais dissociable de la situation qu'il traite (Jonnaert, 1996).

Les conceptions des apprenants sur l'ancien paradigme « le tout génétique » sont des connaissances temporaires et viables jusqu'au moment où elles sont contredites par de nouvelles connaissances sur le nouveau paradigme « l'épigenèse cérébrale » donc il vaudrait préparer une situation relative au changement conceptuel en fin d'apprentissage : les buts du changement en termes d'opinions et de mobilisation des connaissances dans les situations pertinentes. C'est dans cette dialectique que la situation-problème décrite plus haut et proposée aux apprenants trouve sa raison d'être.

d) L'enseignant en classe

Ce changement conceptuel dans la classe procure de nouvelles fonctions au formateur :

- organiser la classe autour de l'apprentissage des concepts ;
- être seulement une personne source dans le champ des savoirs lorsque fonctionne le débat socio-cognitif et non le détenteur de la solution, entendre sans interpréter, comprendre sans réduire, répondre sans disqualifier l'apprenant ;
- garantir l'application des règles de ce débat (Favre & Reynaud, 2000).

En tant qu'enseignants, allons-nous accepter de faire le deuil de notre ancienne place ?

Le formateur (l'enseignant des élèves ou le formateur des enseignants) est un créateur et gestionnaire de situation didactique [ce nouveau concept de gestionnaire de situation didactique est inspiré de Jonnaert & Pallascio (1996) qui dit : « *lorsque l'enseignant modifie une règle du jeu dans la situation proposée à l'élève, il oblige l'élève à changer de représentation »]*. Ce travail n'est pertinent que si l'enseignant effectue avec l'élève un retour

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

à la fois sur la situation initiale et sur la représentation que l'élève s'en faisait au départ. Cette démarche est appelée « *gestion du déplacement des situations-problèmes* » (GDSP), car elle nécessite sans cesse une reformulation de la situation (Jonnaert, 1988). Avant d'arriver en classe, le formateur doit créer et préparer la situation-problème, sans la verrouiller, en tenant compte des conceptions des apprenants (élèves en classe ou enseignants en formation) et des notions indispensables à l'apprentissage (pré-requis). Il doit aussi gérer la situation en classe et gérer efficacement son groupe car l'interaction des apprenants avec le problème est imprévue et l'apprenant est un sujet indépendant des attentes du formateur. L'apprenant construit son savoir en interaction avec le problème, le milieu et ses pairs sans tenir compte de ce qui a été prévu par le formateur. Ça n'empêche que les conceptions des formateurs, leur manière d'évoluer, de répondre et de gérer la situation didactique entrent en jeu entre le sujet qui apprend et le savoir biologique à construire. Ce gestionnaire de situation a pour fonction d'ajuster les situations-problèmes proposées aux apprenants en prenant en considération autant le nouveau savoir biologique, l'épigenèse cérébrale, que les conceptions des apprenants basées sur le tout génétique. Il poursuit l'objectif de les faire interagir. Pour cela, il observe et analyse sans cesse l'activité de l'apprenant sur la situation-problème. Il évalue et étend les limites de l'expérience que ce dernier peut développer dans la situation-problème proposée (Brown, 1982). Cet apprentissage nécessite du formateur un va-et-vient permanent entre le nouveau savoir du paradigme « l'épigenèse cérébrale » et les conceptions des apprenants sur l'ancien paradigme « le tout génétique », la gestion du formateur se situe entre autres à ce niveau. Par ailleurs, un apprentissage demande au formateur-gestionnaire de susciter les interactions entre les apprenants, mais aussi, dans la perspective de Vygotsky (1985), de jouer le rôle d'adulte et d'expert dans le cheminement de l'apprenant (Jonnaert, 1996).

e) Des moyens didactiques

Les technologies de l'information et de la communication (les TIC) : toute technique doit rester au service de l'homme et non l'inverse. Les TIC forment un outil de communication en classe au service de :

- L'acquisition de connaissances dans un contexte didactique d'appropriation active d'un savoir aussi individualisé que possible (pédagogie différenciée).
- La communication aux autres : valorisation des compétences par la pratique d'une pédagogie de projet.

Les TIC devraient permettre d'utiliser des logiciels d'apprentissage « intelligents » capables de diagnostiquer les stratégies des enfants à partir de leurs erreurs et de leur proposer des

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

exercices de remédiation adaptés. Ces logiciels pourraient aider le formateur à recueillir les conceptions des apprenants et identifier les obstacles pour les convertir en objectifs-obstacles et en tenir compte dans la préparation de la situation-problème.

Le milieu : G. Brousseau a écrit en 1975 en se référant aux travaux de Piaget : «*des variations des conditions du milieu appellent en réponse des comportements du sujet ayant pour effet de modifier le milieu et aussi de modifier le sujet, pour finalement obtenir le maintien de certains équilibres internes ou l'optimisation de certains paramètres. Les relations du sujet avec son milieu et particulièrement les tensions créées par les divers feed-back déterminent pour chaque acte des coûts à l'emploi, à l'essai, à l'apprentissage, à l'erreur, qui provoquent l'apparition, l'évolution, la déformation, la disparition ou la reprise des concepts à travers des équilibres des conflits et des ruptures. L'activité didactique consiste à organiser ces contraintes et à maintenir les conditions des interactions optimales* ».

Un exemple de situation-problème qui pourrait être utilisé dans l'enseignement sur l'épigenèse cérébrale (inspiré de Favre, 1996):

Les apprenants placés devant la problématique « existe-t-il oui ou non des différences entre les cerveaux des hommes et des femmes ? » sont conduits à répondre par oui ou non et à argumenter leurs choix. Cette situation-problème devrait ainsi les amener à expliciter leurs conceptions déjà mentionnées dans le questionnaire rempli dans le pré-test et dont les résultats sont collectés sur un tableau. Ce tableau permet de se rendre compte de la diversité des avis en présence. Pour ne pas perturber le débat, l'enseignant expert ou les enseignants experts ne doivent pas donner tout de suite la réponse attendue au problème. On leur demande de rester des observateurs silencieux pendant toute la durée du débat et de ne manifester aucun signe non verbal, il leur sera demandé à la fin d'aider à formuler sur quel obstacle ont buté les participants. Ce travail d'identification des obstacles à partir des conceptions des apprenants est préparé avant d'entrer en classe et l'obstacle dans ce cas précis est le suivant : Prégnance des thèses craniologiques, telles que la taille, le poids, le volume du cerveau, ces thèses font obstacle à l'idée que le poids du cerveau n'a aucun rapport avec le degré d'intelligence, mais il varie en fonction du poids du corps. L'enseignant ou les enseignants invitent ensuite la classe à considérer que chacun a de bonnes raisons de penser ce qu'il pense (première règle) et

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

que ses arguments sont tellement « bons » qu'ils méritent d'être exposées à la classe (deuxième règle). Mais, pour être sûr que les arguments invoqués pour défendre une opinion (par exemple que le volume du cerveau détermine le degré d'intelligence) sont bien compris par les « opposants » (ceux qui postulent que le volume de cerveau n'a aucun rapport avec l'intelligence), une personne ayant un avis différent est incitée à reformuler le développement de la thèse adverse (troisième règle). La qualité de la reformulation est soumise à l'appréciation de l'énonciateur qui peut éventuellement repréciser les points n'ayant pas été repris ou choisir d'accorder quitus. En cas de grandes difficultés, un nouveau reformulateur peut être requis. Cette exigence de reformulation a pour objectif de signifier à l'opposant que ses arguments ont bien été assimilés, mais elle a aussi pour effet de permettre à chaque parti de s'approprier les arguments adverses. On s'aperçoit alors que bien souvent ceux qui donnent la réponse attendue vont la troquer contre une réponse erronée, ce qui montre bien l'insuffisance des évaluations qui se focalisent seulement sur la réponse à un problème. Sur le plan affectif, cette troisième règle va permettre à l'auteur d'un avis de pouvoir sans dessaisir, d'y être moins affectivement attaché s'il a la preuve, fournie par la reformulation, que l'autre ou les autres ont bien compris ce qu'il voulait dire. La première réponse que l'enseignant propose d'expliciter est celle rassemblant le moins d'adeptes. Ceci se justifie car si les partisans de la solution la plus plébiscitée s'expriment les premiers, ils ont toutes les chances de rallier rapidement leurs opposants au nom d'un conformisme. Les minorités sont d'ailleurs encouragées par des commentaires tels que : « *N'oubliez pas que Galilée était seul en son temps pour affirmer que la terre tourne autour du soleil, cela ne voulait pas dire qu'il se trompait !* ».

1.5.3. Situation didactique et constructivisme

D'un paradigme réaliste ou traditionnel qu'on peut qualifier de béhavioriste, celui qui permet une organisation des contenus d'apprentissage essentiellement externe à l'apprenant, il s'agit de passer à un paradigme constructiviste, celui qui nécessite la prise en compte des conceptions des apprenants pour organiser les apprentissages. La première partie de notre travail se place dans ce contexte de prise en compte des conceptions des apprenants pour organiser dans la deuxième partie une situation didactique afin de déstabiliser ces conceptions.

Le constructivisme abandonne définitivement l'idée d'une connaissance qui soit une sorte de copie conforme de la réalité externe. Le constructivisme crée une nouvelle situation à partir

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

de l'interaction entre le sujet et son environnement sans oublier la dimension interactionniste entre le sujet et les pairs d'une part et le sujet et l'enseignant d'autre part.

1.5.4. Conclusion

Dans notre thèse nous défendrons la position suivante de Raisky (2001) qui critique le modèle du triangle didactique de Chevallard : Le modèle du triangle didactique de Chevallard oblige le didacticien d'entrer dans une impasse et ne jamais ressortir. Nous voulons multiplier les issues et les alternatives par les trois sommets pour construire un modèle plus ouvert qui rend compte de la complexité des relations entre les trois éléments du triangle didactique comme le montre la figure suivante :

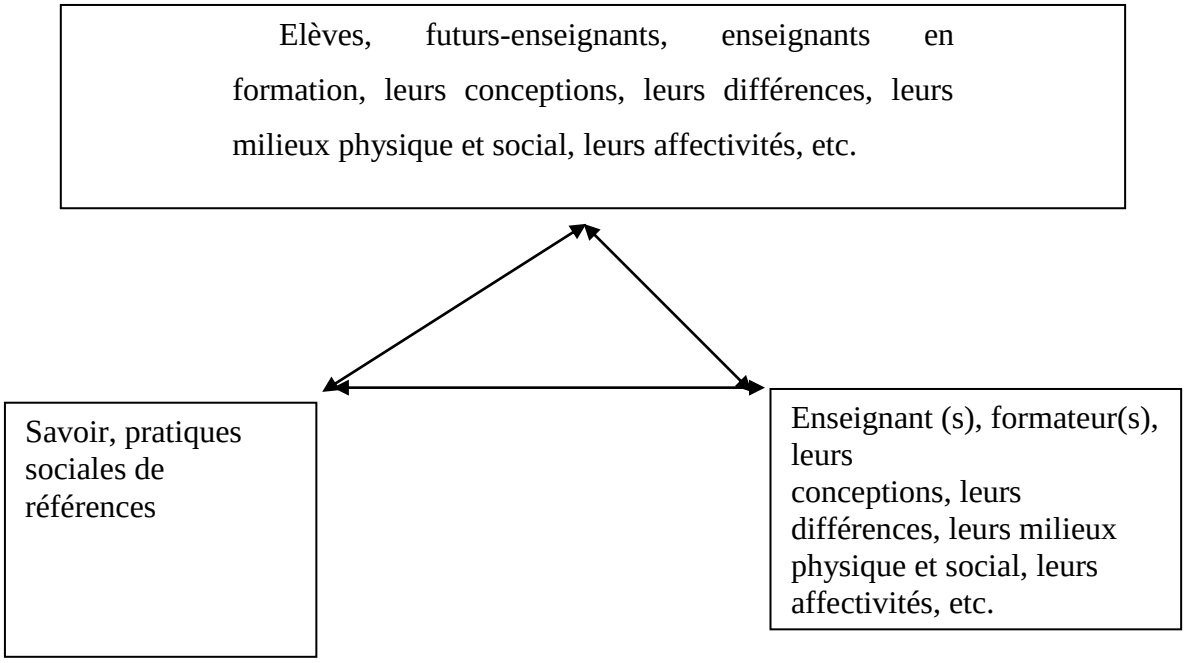


Figure 5. Triangle didactique (modifié par moi-même)

Nous pouvons ainsi définir la situation-problème qui pourrait être utilisée dans l'enseignement de l'épigenèse cérébrale :

C'est une situation-problème qui pourra être à l'origine d'une révolution scientifique telle que la définit Kuhn (1970). C'est une situation-problème cruciale qui, au terme de longs débats sur l'inné et l'acquis, va déboucher sur la reformulation ou le remplacement du paradigme du « tout génétique », paradigme devenu un obstacle épistémologique à un nombre croissant d'enseignants et d'apprenants. Cette situation-problème visant à valider un nouveau modèle scientifique, le paradigme de « l'épigenèse cérébrale », va donc placer les apprenants dans un contexte de rupture bachelardienne avec le paradigme du « tout génétique ». Ce type

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

de situation-problème pourrait conduire les apprenants à aborder le débat inné-acquis sous un angle complètement différent de celui adopté jusqu'alors et susciter chez eux un bouleversement épistémologique tel que l'épigenèse cérébrale s'imposera naturellement comme le seul moyen de résoudre le problème de l'inné et l'acquis. Notre situation-problème vise à construire un nouveau paradigme « l'épigenèse cérébrale » contre un ancien paradigme « le tout génétique » qui fera résistance contre les conceptions qui font obstacle (voir le paragraphe sur les obstacles épistémologiques). Cette reconstruction épistémologique en classe doit aboutir à la construction du nouveau paradigme de « l'épigenèse cérébrale ».

Les élèves arrivent en cours de biologie avec toutes leurs conceptions alternatives, des attitudes et des valeurs qui vont influencer leur apprentissage. Le questionnaire de la première partie de notre travail, que nous avons fait passer aux enseignants et futurs-enseignants, nous a aidé à connaître leurs conceptions. Nous avons analysé ces conceptions et identifié les obstacles aux apprentissages. Nous avons converti ces obstacles en objectif-obstacle. Dans la deuxième partie de notre thèse, les enseignants présumés des cours sur l'épigenèse ont pris en compte ces conceptions pour créer une situation didactique qui pourrait changer ces conceptions initiales en conceptions scientifiques ou tout simplement faire accéder l'élève à un "savoir raisonné" (Orange 2000) sans pour autant aboutir à une conception scientifique.

Un nouveau paradigme « l'épigenèse cérébrale » se construit en s'appuyant sur l'ancien paradigme « le tout génétique » mais aussi contre cet ancien paradigme qui commence à constituer un obstacle épistémologique à l'acquisition de nouvelles connaissances.

Les obstacles épistémologiques appartenant au paradigme du « tout génétique » avaient été identifiés à partir des conceptions des enseignants et élèves interrogés.

Nous allons vous proposer une démarche par la quelle nous devrions passer pour préparer une situation didactique pertinente dans un enseignement sur l'épigenèse cérébrale :

1) <u>Un contenu</u>

- Un savoir-objet-d'enseignement institutionnalisé qui se trouve dans les manuels scolaires « *le poids du cerveau n'a aucun rapport avec le degré d'intelligence, mais il varie en fonction du poids du corps* » (livre du bac tunisien).
- Analyse conceptuelle de ce contenu.
- Entrées possibles dans ce contenu.

2) Une hypothèse d'objectif-obstacle

Prégnance des thèses craniologiques, telles que la taille, le poids, le volume du cerveau [ces thèses font obstacle à l'acquisition des critiques scientifiques de Gould (1983) apportées à l'école de Broca (fin du 19ème siècle]. Les élèves devraient arriver au terme de

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

cette activité à changer leurs conceptions crâniométriques et les remplacer par le savoir-objet-enseignement.

3) Donner aux élèves les outils conceptuels nécessaires pour que le problème qui leur sera soumis ait un sens.

   Définir les notions de neurone, synapse et réseau neuronal.

4) Problématisation de l'objectif-obstacle

   Existe-t-il oui ou non des différences entre les cerveaux des hommes et des femmes ?

5) Mettre en relation les conceptions des enseignants et des apprenants avec le contenu à apprendre

   Le paradigme constructiviste nécessite la prise en compte des conceptions des apprenants et des enseignants pour organiser les apprentissages. Notre travail de la première partie de cette thèse se place dans ce contexte de prise en compte des conceptions des enseignants pour organiser en thèse une situation-problème afin de changer ces conceptions.

6) Organiser des confrontations de stratégies pour provoquer des débats scientifiques

   Un espace de dialogue peut être défini sur la base de questionnements du type : existe-t-il oui ou non des différences entre les cerveaux des hommes et des hommes ou des femmes et des femmes ?

7) Validation de la solution par la résolution du problème et non par une intervention dogmatique de l'enseignant

   Les apprenants pourront vérifier la viabilité de leurs connaissances, les mettre à l'épreuve, les confirmer ou les infirmer, les réfuter et en construire de nouvelles.

8) Métacognition et Institutionnalisation du savoir-objet-d'enseignement

   Par une analyse réflexive de la solution, l'apprenant prend une attitude critique par rapport à ses connaissances. Cette attitude lui permettra d'entrer dans des démarches pertinentes d'apprentissage. Les certitudes, les connaissances fermées sont trop souvent des obstacles à l'apprentissage (Jonnaert & Pallascio, 1996).

Les situations retenues plus haut sont complexes, elles sont cependant flexibles. Elles n'ont jamais pour ambition de permettre à l'élève de construire, en quelques séquences d'enseignement et d'apprentissage, les contenus des programmes scolaires de façon définitive, rigide et fermée. Dans notre recherche, on est conscient que nos élèves ne vont pas changer leurs conceptions déterministes contre de nouvelles conceptions scientifiques après une séance ou deux. C'est pourquoi existe la redondance des notions scientifiques à plusieurs niveaux de l'enseignement. Ces situations ne doivent pas enfermer les connaissances des élèves dans des paradigmes finis. Par exemple dans notre recherche, nous

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

voulons sortir l'apprenant du paradigme fermée du « tout génétique » non pour l'enfermer de nouveau dans le paradigme de « l'épigenèse cérébrale » mais pour lui laisser la liberté de choisir et de rechercher les chemins possibles pour qu'il adapte, ajuste, accommode, amende ou encore remettre en cause ses connaissances pour en construire de nouvelles momentanément plus pertinentes. Ce processus n'est jamais terminé car la science avance en corrigeant ses erreurs.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.

Cadre théorique scientifique

Sommaire

2.1. Polémique autour du cerveau	51
2.2. Polémique autour du concept gène	58
2.3. Epigenèse cérébrale	63
2.4. Plasticité cérébrale	69
2.5. Identité biologique et déterminisme génétique : science et idéologie	71
2.6. Auto-organisation et émergence	75
2.7. Clonage humain	77
2.8. Conclusion sur le cadre théorique scientifique	78

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2. Cadre théorique scientifique

Clément (1998b) insiste sur le fait que « *toute recherche en Didactique de la biologie est centrée sur des contenus et démarches biologiques précis : elle doit donc commencer obligatoirement par les préciser, les clarifier, les cerner, le plus souvent par une approche préalable historique et épistémologique.* »

2.1. Polémique autour du cerveau

2.1.1. Le dualisme cartésien

C'est la recherche de l'origine des conceptions d'apprenants sur le cerveau qui nous a poussé à écrire ce paragraphe.

17 siècles ap. J.-C., avec Descartes, philosophe français (1596-1650), le pneuma de Galien deviendra « *les esprits animaux* » (anima = âme, ce que nous appelons aujourd'hui l'influx nerveux), qui véhiculés dans les nerfs, gonflent les muscles. Descartes logeait l'âme dans la glande pinéale (l'épiphyse) et croyait que cette glande fait l'union de l'âme et du corps.

Descartes, le physiologiste, a chassé l'âme du corps pour pouvoir l'analyser mais en tant que métaphysicien, il a sauvé l'âme du scalpel du physiologiste en l'immatérialisant. Pour lui le corps est une machine mais il continue de croire que l'âme est immortelle. Le « dualisme cartésien », ou séparation entre l'âme immatérielle et le corps machine, ménage la chèvre et le chou. Ce dualisme affiché pourrait ne pas être l'authentique pensée de l'auteur d'après J. P. Changeux (1983) car l'immatérialité de l'âme était la doctrine officielle à son époque. Dans la civilisation arabo-musulmane au moyen âge, ce dualisme est courant chez les savants qui hésitaient à s'opposer ouvertement à la doctrine officielle par flagornerie ou par peur vis-à-vis du pouvoir établi.

Les dualistes contemporains tentent de perpétuer une certaine tradition cartésienne avec des termes actualisés. Ce courant minoritaire a la chance de compter dans ses rangs des noms aussi illustres que ceux du Karl Popper, Sir John Eccles (neurobiologiste et prix Nobel de médecine 1963) et Roger Penrose (mathématicien et physicien). Eccles, pour qui l'âme serait en fait réunie par Dieu au fœtus trois semaines environ après la conception, a dit «…*nous devons reconnaître que nous sommes des êtres spirituels vivants dans un monde spirituel, tout comme il existe des êtres matériels dotés d'un corps et d'un cerveau évoluant dans un monde matériel* ». Mais il se démarque de Descartes en affirmant que sans le cerveau, il n'y a plus de

conscience et que la conscience émerge et acquiert une nature différente de la matière cérébrale. Elle utilise le cerveau, plutôt que de se fondre avec lui (Frei, 1999). Penrose pense que nous ne vivons pas dans un monde unifié mais qu'il existe un monde mental distinct qui se « fonde » sur le monde physique. Selon lui, nous vivons dans trois mondes distincts : un monde physique, un monde mental et un monde d'objets abstraits comme les nombres et d'autres entités mathématiques (Searle, 1996). Nous terminons ce paragraphe par les propos très éloquents de Dennett dans une interview (Dennet, 1999) :

- La Recherche : « *Pendant des siècles, les gens ont cru que leur esprit et leur corps étaient deux choses de nature différente. Descartes lui-même, considérait cette distinction comme évidente. Qu'en pensez-vous ?* »

Daniel Dennett : « *Ce « dualisme », cette croyance irréfléchie en la dualité du corps et de l'esprit, peut paraître naturelle : elle n'en est pas moins radicalement fausse. Nous savons aujourd'hui que chacune de nos idées, chacun de nos rêves, chacun de nos états d'esprit, n'est rien d'autre qu'un événement qui se produit dans notre cerveau. Cette vue matérialiste est, désormais, communément acceptée. Si complexe et intéressante soit-elle, la conscience n'est donc qu'un phénomène physique de plus, au même titre que le magnétisme ou la photosynthèse.* »

2.1.2. Critiques récentes du modèle ordinateur du cerveau

L'ordinateur impressionne les adultes avant les enfants. Avec un milliard d'opérations par seconde, il y a de quoi émerveiller le monde entier. Mais quel ordinateur reconnaîtrait un coquelicot ou un papillon, déciderait de changer d'avis, de se reprogrammer, d'être Goethe et d'enfanter Faust ? (Fottorino, 1998). L'émerveillement devant un micro-ordinateur nous fait oublier que ses performances sont programmées par l'homme. On développe actuellement des unités élémentaires de traitement de l'information dans des ordinateurs neuro-mimétiques. L'analogie s'arrête là quand on sait que dans le cerveau humain, les synapses sont supérieures au nombre de 10^{16} et que chaque neurone cortical humain en établit une moyenne de 10 mille avec des neurones voisins, alors que les liaisons de chaque unité élémentaire de traitement parallèle de l'information dans un ordinateur sont inférieures à une dizaine. Notre mémoire diffère de celle de l'ordinateur en deux points : tout d'abord, sa capacité est énorme ; on suppose qu'elle est équivalente à environ 10^{16} bits (dix millions de milliards de bits), alors que la mémoire centrale du Cray C98, l'un des ordinateurs les plus puissants à l'heure actuelle, peut stocker au maximum 64 milliards de bits. La façon dont une information aussi gigantesque est stockée si efficacement et récupérée si rapidement reste très mystérieuse.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Ensuite, notre cerveau possède deux formes distinctes de mémoire, la mémoire déclarative ou cognitive (savoir) et la mémoire procédurale (savoir-faire) (Masao, 1994).

Je termine ce paragraphe par les critiques de Varela (1998) et Edelman de la notion du ‘’cerveau ordinateur’’. Varela dans un article- interview intitulé « *le cerveau n'est pas un ordinateur* » : « *la notion d'ordinateur neuronal n'est pas évidente, parce qu'un ordinateur, stricto sensu, c'est un système numérique* ». (La Recherche, 1998). Le cerveau ne peut pas fonctionner comme un ordinateur, explique en substance Gerald Edelman (1989), parce qu'il n'a pas de programme. Il n'obéit pas à une série d'instructions codées au préalable. Le bébé qui apprend à reconnaître, par exemple, les petites autos n'avait pas au départ une catégorie ‘’voitures miniatures’’ inscrite dans la mémoire. « *Le monde ne se présente pas au cerveau comme morceau d'enregistrement informatique contenant une série non ambiguë de signaux*, écrit Edelman. *Le cerveau permet à l'animal de sentir son environnement, de catégoriser des structures au sein d'une multitude de signaux variables et de déclencher des mouvements. […] l'aptitude du système nerveux à effectuer une catégorisation perceptive des différents signaux pour la vue, le son, etc., et à les diviser en classes cohérentes sans code préalable est propre au cerveau, et les ordinateurs n'y parviennent pas.* » (Le nouvel Observateur, 2000).

2.1.3. Débat entre les unitaristes et les localisationnistes

- ✓ F. Lhermite propose de comparer le cerveau à Paris : « *Si une bombe détruit le pont de la Concorde, la fonction circulatoire de la ville sera gravement affectée. Est-ce à dire que la circulation automobile à Paris siège sur le pont de la Concorde ? Notre cortex fonctionne comme un tout. Certaines zones sont spécialisées. Mais chacune prise isolément n'a aucun sens.* » (Fottorino, 1998).
- ✓ Le progrès de l'imagerie médicale a confirmé, tout en les nuançant, les thèses localisationnistes (confirmation des homonculus, zones visuelles, centres du langage, etc.) mais en même temps, les zones d'association qui occupent plus que 80 % de la surface du cortex restent encore largement méconnues. L'imagerie médicale montre que quand on parle, la zone de Broca est activée mais elle nous fait découvrir en même temps le fonctionnement en réseau du cortex.
- ✓ Chacune des deux théories, le localisationnisme et l'unitarisme, a contribué au développement des connaissances sur le cerveau et son activité. Les localisationnistes ont fait des découvertes cliniques importantes concernant les aptitudes psychiques et leurs supports anatomiques. Les unitaristes ont insisté sur le fonctionnement global du

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

cerveau et ont préparé le terrain à la découverte de la théorie de l'épigenèse et de la plasticité cérébrale.

Les deux théories, localisationniste et unitariste, se complètent malgré leurs divergences apparentes. L'apport des deux conceptions à la neurophysiologie contemporaine ne peut pas être nié. Aujourd'hui on accepte à la fois l'existence des centres cérébraux mais on refuse de lier une fonction psychique à un territoire bien délimité du cerveau. M. Meunier et M. Jannerod, 1999, affirmaient que : « *A elle seule, la fonction de la vision sollicite au moins trente régions différentes du cortex du singe* ».

2.1.4. Cerveau femme / cerveau homme

Nous présentons les résultats et les critiques de recherches dans ce domaine :

- ✓ La scientifique canadienne Sandra Witelson fut la première, en 1975, à démontrer que le corps calleux était plus développé chez les gauchers que chez les droitiers. Mais le point sans doute le plus important de ces résultats fut l'affirmation d'un effet du sexe : un facteur lié au sexe semble déterminer les liens entre la morphologie de cette partie du cerveau et la latéralisation du comportement gestuel (Habib, 1995). Ce travail a été vivement critiqué dès 1980 : la proportion de droitiers et gauchers n'avait même pas été noté dans les groupes d'hommes et de femmes comparés (Clément et al, 1980).
- ✓ Le chercheur américain, Simon Le Vay, a observé en 1991 que le volume du noyau INAH3 (Noyau interstitiel de l'hypothalamus antérieur) est similaire chez les hommes homosexuels et chez les femmes, tandis qu'il est deux fois plus gros chez les hommes hétérosexuels (les différences mises en évidence ne dépassent pas le dixième de mm^3 !). La conclusion de Le Vay est « *qu'il existerait un substrat biologique à l'orientation sexuelle* ».

  Cette conclusion est loin d'être acceptée par l'ensemble de la communauté scientifique. A côté des implications idéologiques, la critique principale porte sur la validité des résultats publiés. Une objection majeure est que les hommes homosexuels dont le cerveau a été étudié par Le Vay étaient tous atteints du sida ; nombre des hétérosexuels étaient alcooliques ou toxicomanes. Or l'infection par le VIH comme la consommation de drogues perturbent les systèmes hormonaux, y compris les hormones sexuelles. De plus, le virus du sida et les drogues pénètrent dans le cerveau et y produisent des dysfonctionnements et des lésions. Autre objection, le statut d'hétérosexuel des sujets décédés ainsi qualifiés n'a jamais été vérifié. Malgré les

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

réserves que l'on peut avancer sur la rigueur de l'étude de Le Vay, celle-ci a néanmoins été publié dans la très prestigieuse revue scientifique américaine « Science ». (Vidal, 1996).

- ✓ Un pas de plus a été franchi en 1995 avec la publication dans une grande revue « Nature » d'un article comparant les cerveaux de sujets transsexuels, homosexuels et hétérosexuels. Les auteurs de ce travail appartiennent au groupe des chercheurs hollandais qui avaient montré dix ans plus tôt que le noyau INAH1 (Noyau interstitiel de l'hypothalamus antérieur) est plus gros chez l'homme que chez la femme, résultat qui n'a jamais pu être reproduit par d'autres équipes. Dans leur nouvel article, les chercheurs décrivent un autre noyau le BST (noyau basal de la strie terminale), situé à proximité de l'hypothalamus, et dont la taille chez les hommes transsexuels et les femmes est réduite comparativement aux hommes homosexuels et hétérosexuels. Les auteurs concluent à une origine biologique possible de la transsexualité : elle serait due à une féminisation du cerveau par les hormones sexuelles au cours du développement. Or les hommes transsexuels étudiés avaient reçu des hormones femelles pendant des années, traitement agissant sur le cerveau et susceptible de modifier, entre autres, le volume du noyau BST (noyau basal de la strie terminale). De plus, comme dans les études précédentes, la fonction de ce noyau n'est pas connue chez l'humain. (Vidal, l996).
- ✓ Schaywitz et al. ont publié un article en 1995 dans la revue « Nature » montrant à l'aide de la technique très performante d'imagerie par résonance magnétique du cerveau (IRM fonctionnelle) que pour détecter les rimes entre les mots, les dix-neuf sujets masculins de l'étude ont utilisé l'hémisphère cérébral gauche alors que onze des dix-neuf femmes testées utilisaient les deux hémisphères. Cet article a été fort critiqué par Vidal (La Recherche, 1996) et par Clément (1997, 2001). Vidal : « *Un fossé sépare les performances dans un test de langage ponctuel et les processus hautement complexes qui sous-tendent l'élaboration de la pensée. Ce fossé est, comme souvent, allègrement franchi quand il s'agit de vulgariser un résultat scientifique à forte portée médiatique. Journalistes et chercheurs se retrouvent parfois complices dans ce type de démarche.* ». Clément : « *...La même recherche contenait donc deux fois plus de résultats où le fonctionnement des cerveaux d'hommes et de femmes ne diffèrent pas (pour les tâches qualifiées par les chercheurs de « orthographiques » et « sémantiques ») que l'inverse (une différence pour la tâche qualifiée de « phonologique »). Comment les chercheurs ont-ils présenté et titré leurs résultats ? [...] Ce titre choisi par les chercheurs, est à lui seul éloquent : il ne parle que de la*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

différence ! (« Sex differences in the functional organization of the brain for language ») […] Leur texte indique bien que c'est ça ce que les chercheurs voulaient montrer, une différence entre hommes et femmes ; ils insistent sur ce résultat. Tandis que les non-différences qu'ils montrent aussi ne les intéressent guère : ils ne les commentent pratiquement pas […] Citoyens, citoyennes, mêmes cerveaux ? Dans l'espèce humaine, toute différence cérébrale peut être aussi bien la conséquence que la cause de comportements différents, la trace que le destin d'histoires singulières. Pourquoi dès lors autant s'exciter (en recherche et en diffusion des sciences) sur les différences cérébrales éventuelles entre hommes et femmes, sinon à vouloir les transformer en justifications d'inégalités (sexisme classique), ou, version plus moderne outre-atlantique en justifications de traitements sociaux « politiquement corrects » ? Ces dimensions idéologiques font vendre (les projets de recherche comme les journaux de vulgarisation scientifique) : « l'éthique de la recherche et de la diffusion des sciences, ce n'est pas (seulement) la soif de connaissances ; c'est (aussi) la soif d'argent. »

- ✓ Habib (1999) rejoint Clément et Vidal dans leurs critiques « *Une étude récente utilisant la technique de l'écoute dichotomique nous a permis de démontrer que la différence de latéralisation entre hommes et femmes ne concerne en fait que certains aspects du langage, en l'occurrence les aspects dits « prosodiques », ceux permettant d'affecter à la parole une tonalité émotionnelle. Ainsi il est probable que les différences de concentration sanguine en hormones sexuelles à différents stades du développement de l'individu soient capables d'orienter la répartition entre les deux hémisphères des fonctions du cerveau, expliquant peut être ainsi certaines qualités traditionnellement qualifiées de masculines ou féminines. Toutefois, il faut se garder d'en déduire une quelconque supériorité liée à une caractéristique du cerveau.* ».

Conclusion :

Cet exemple homme/femme est une bonne illustration des interactions entre connaissances (K) et valeurs (V) chez les chercheurs (et aussi KVP par les pratiques éditoriales de Nature et autres revues scientifiques) selon le modèle KVP de Clément (1998, 2004). En publiant des connaissances scientifiques critiquables, ils véhiculent et justifient des valeurs d'inégalités (sexisme, inégalité sociale, etc.).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.1.5. La non-multiplication des neurones après la naissance : Un dogme scientifique ébranlé

En 1988, Fernando Nottebhom avait déjà créé la surprise en démontrant que, dans le cortex du canari, certains neurones des centres vocaux se renouvellent à la saison du chant. Des travaux plus récents ont montré que chez le macaque, certaines zones de l'hippocampe (une structure du cerveau liée à la mémoire) et du cortex associatif connaissaient une régénération neuronale. Ces recherches, qui n'en sont qu'à leurs débuts, offrent deux perspectives aussi stimulantes l'une que l'autre. Du point de vue médical, c'est l'espoir de retarder le vieillissement du cerveau, de le régénérer au moins partiellement. Sur le plan philosophique, l'idée que les neurones se renouvellent relativise la métaphore du cerveau machine. On n'attend pas d'un ordinateur qu'il change ses circuits une fois qu'ils sont grillés. C'est peut-être parce que l'on voyait le cerveau comme une mécanique que l'on n'a guère remis en question le ''dogme'' du stock de neurones fixé une fois pour toutes. Réjouissons-nous : le cerveau est bien vivant. (De Pracontal, 2000)

En février 2002, Henriette van Praag, Fred H. Gage et son équipe rapportent que les nouveaux neurones générés dans l'hippocampe de souris adultes ont des propriétés membranaires normales qui leur permettent de propager des potentiels d'action et de faire des synapses fonctionnelles. Que de nouveaux neurones puissent se développer dans différentes parties du cerveau et établir des connexions fonctionnelles avec ceux qui s'y trouvent déjà ouvre de nouvelles perspectives dans le traitement de maladies dégénératives comme la maladie d'Alzheimer ou de Parkinson.

2.1.6. Conclusion

Tellement, il est complexe, le cerveau mérite tant de polémique :

- Est-il séparé de l'âme comme le préconisent les dualistes ?
- Est-il le siège de la conscience comme le pensent les matérialistes ?
- Est-il programmé comme un ordinateur ?
- fonctionne-il comme un tout ou comme des parties ?
- Est-il sexué ?
- Est-il auto-renouvelable ?

D'après les points de vue de scientifiques cités plus haut, nous pourrions affirmer que le cerveau est complexe et sans âme. Il est le siège de la conscience. Ses réseaux neuronaux se configurent en fonction de l'expérience individuelle et sociale, c'est pourquoi d'ailleurs qu'il est unique pour chaque individu, homme ou femme. Il fonctionne comme un tout. Ses neurones se renouvellent et nous donnent de l'espoir de retarder le vieillissement.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.2. Polémique autour du concept gène

2.2.1. **Du "gène" à l'ADN** : un bref rappel historique **(**Wu et Morris, 2001)

- 1866, Mendel évoquait l'existence de causes abstraites et invisibles, conservées dans les cellules sexuelles.
- 1905, W. Bateson avait forgé le terme "génétique" pour répondre à une invitation de fournir un titre pour une chaire professorale dédiée à l'étude de l'hérédité.
- 1909, W. Johannsen avait inventé le concept "gène", il disait : « *…pangène, qui est dû à Darwin. Mais ce mot est un choix malheureux, parce qu'il est une combinaison de deux mots grecs (pan, signifiant tout, tout le monde ; gen, signifiant en "devenir"). Or, seule la signification du second convient pour décrire ce quelque chose qui, dans les gamètes, peut ou pourrait contribuer à un trait d'un organisme en développement [...] Donc, il semble qu'il soit plus simple de n'utiliser que la dernière syllabe, "gène", empruntée au terme bien connu de Darwin, puisque lui seul semble nous intéresser.*»
- 1944, Oswald T. Avery, Colin MacLeod et Maclyn J. McCarty révélaient la nature chimique du gène, c'est-à-dire de l'ADN.

2.2.2. **Critiques récentes du modèle causal linéaire « gène → protéine »**

On continue jusqu'à nos jours à définir le gène comme un programme préétabli de fabrication d'une protéine. Ce programme serait exécuté quel que soit l'environnement. Ce modèle a été fortement critiqué par plusieurs spécialistes. La définition du gène ne fait nullement l'objet d'un consensus, donc un rappel de quelques définitions n'est peut-être pas inutile :

- Daniel Cohen (la Recherche, 2001, p 52) :
  « *…Classiquement, on disait qu'un gène est un segment d'ADN qui code pour une protéine. Mais cette définition apparaît fausse. D'une part, il y a des segments de génome qui peuvent être transcrits en plusieurs ARN, qui peuvent à leur tour donner plusieurs protéines. D'autre part, on se rend compte que les deux brins de l'ADN d'un même fragment peuvent tous les deux coder pour des protéine différentes.* »
- Sonigo (2000) :
  « *Selon la définition initiale, issue des travaux de Mendel, le gène est une abstraction représentant le caractère héréditaire. Cette représentation est non matérielle et arbitraire.*

[…] plus tard une seconde définition est apparue, qui visait à donner une réalité matérielle et objective au gène. C'est le gène de la biologie moléculaire moderne : un segment d'ADN qui code pour la synthèse d'une protéine. Dans cette nouvelle définition, le gène devient ainsi le créateur, l'explication du caractère héréditaire. […] dès lors, il est impossible de parler du "gène du caractère" et de concilier la définition de la biologie moléculaire avec la définition mendélienne. Autrement dit, l'ADN ne porte pas de gènes. »

- Atlan & Bousquet (1994, p.p. 192-195) :

« Bousquet : le *fait d'isoler le gène responsable d'une maladie ne suffit pas pour traiter la maladie.*»

Atlan : et *inversement, il existe des traitements pour des maladies génétiques dont le gène n'a pas été isolé (la phénylcétonurie par exemple) ! […] l'erreur du triomphalisme génétique est de prétendre que tout est fini dès qu'on a trouvé le gène.*

Bousquet : *on devrait appeler gène l'ensemble ADN-protéines-ARN messager…* »

Atlan : « *le gène en tant que processus est tout cela. Pour des raisons historiques, on appelle gène la seule molécule d'ADN.* »

- Pierre Chambon (la Recherche, 2001, p 52) : « *…un gène serait ainsi une "unité de transcription*[1]*". […] en effet, une unité de transcription peut posséder de multiples promoteurs*[2]*, ainsi que de multiples sites de terminaison permettant la synthèse de multiples transcrits ; de plus, chaque transcrit peut à son tour correspondre à plusieurs protéines par le jeu de l'épissage*[3] *alternatif.* »

Conclusion : Nous concluons avec les propos de François Rechenmann ((la Recherche, 2001, p 55) : « *la notion de gène varie parce que les problématiques biologiques sont différentes. Un biologiste choisit en quelque sorte le modèle qui l'arrange. […] Ces chercheurs ont l'ambition, à mon avis une illusion, de se mettre d'accord sur ce qu'est un gène. Je parle d'illusion parce que je ne suis pas certain que l'on ait avantage à standardiser les définitions du gène, dans un domaine où l'effervescence est plutôt signe de vitalité.* »

---

[1] La transcription : après s'être fixée au niveau d'une séquence d'ADN appelée promoteur, une enzyme, l'ARN polymérase, progresse le long de l'ADN et, entre deux sites d'initiation et de terminaisons, transcrit l'ADN en ARN. Mais …à partir de la même séquence, il suffit d'un léger décalage, au début ou à la fin de la transcription, pour que soient synthétisés plusieurs précurseurs d'ARN messager différents.

[2] Un promoteur est la région, située en amont de la région codante, où vient se fixer l'ARN polymérase, l'enzyme responsable de la transcription de l'ADN en ARN.

[3] L'épissage d'un pré-ARN messager est, chez les eucaryotes, un processus complexe qui, à l'aide de ribonucléoprotéines, aboutit à l'excision de séquences appelées introns, et au raboutage de séquences appelées exons. L'assemblage de ces dernières constitue l'ARN messager. Mais…outre ce mode d'épissage "classique", il en existe de bien plus surprenant, qui augmentent d'autant la diversité des ARNm

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.2.3. Evolution du concept ADN :

Le rôle de l'ADN est considéré différemment selon le paradigme dans lequel on pense. Kuhn (1986) appelle paradigme « *la conception théorique dominante ayant cours à une certaine époque dans une communauté scientifique donnée, qui fonde les types d'explication envisageables, et les types de faits de découvrir dans une science donnée* ».

Atlan (1999), biophysicien, oppose l'ancien paradigme du programme génétique aux nouveaux paradigmes de l'émergence et de la complexité et appelle paradigme l'« *ensemble d'idées, de conceptions, qui forment un ordre de pensée à l'intérieur duquel on pense, on imagine et on planifie les expériences, on interprète les résultats, on élabore des théories* » (cité par Rumelhard, 2005).

Parmi les quatre approches possibles, épistémologique, institutionnelle, psychologique et sociologique des paradigmes, par réduction du champ de spécialité, seule la première pourrait, de manière privilégiée, donner lieu à un travail didactique (Rumelhard, 2005).

Nous allons présenter trois paradigmes (ou métaphores ou modèles) qui interprètent le rôle de l'ADN de trois façons : le paradigme de l'ADN comme programme, le paradigme de l'ADN comme données et celui de la fin du « tout génétique ».

2.2.4. Critiques épistémologiques récentes du paradigme « ADN-comme-programme »

On peut se demander si le paradigme de l'ADN comme programme n'est pas liée aux conceptions déterministes qu'il renforce. Dans notre culture arabo-musulmane, il existe une conception déterministe nommée « Mektoub » (mot arabe qui veut dire littéralement en français « c'est écrit », « c'est le destin »). Le « Mektoub » signifie que tous nos actes durant toute notre vie sont prédéterminés et sont écrits sur le front. Le paradigme de l'ADN comme programme vient renforcer cette conception en lui donnant une base scientifique mais en déplaçant un peu le lieu de l'écriture, du front aux gènes. L'appellation même des 4 bases, les 4 lettres du code génétique renforce la métaphore de « Mektoub ».

Il faudrait citer ici en totalité les propos d'Atlan pour bien comprendre sa critique du paradigme de l'ADN comme programme :

Atlan : « *il n'a pas suffi de trouver la structure en double hélice, il a fallu aussi comprendre le mécanisme de la synthèse des protéines. Cette complémentarité est évacuée quand on imagine que tout se trouve dans le génome. Un phénomène encore amplifié par une mauvaise compréhension de la métaphore du programme génétique, où l'on dit que tout est inscrit dans les trois milliards de bases nucléiques ! En réalité, il ne faut pas oublier que ce qui est génétique c'est un processus dynamique. Comme tel, il ne peut se trouver limité dans les structures statiques que sont les structures moléculaires [...] Eh bien, il n'y a aucune raison de considérer que le calcium et l'oxyde nitreux NO3 ne font pas partie des processus génétiques tout autant que l'ADN, dans la mesure où ils sont impliqués, avec des protéines, dans les processus de régulation de l'expression génique* » (Atlan & Bousquet, 1994).

Atlan : « *Certains pensent que le programme génétique n'est pas une métaphore, que c'est réel ! […] la façon dont un chercheur interprète les faits bizarres ou inattendus qu'il rencontre reste à l'intérieur du même paradigme, avec le même vocabulaire […] Derrière la métaphore du programme se trouve quand même une réalité. Cette réalité, que l'on observe, est un développement orienté dans le temps vers une finalité, au moins apparente. Un embryon de souris ne donnera jamais qu'une souris, et un œuf de poule, une poule, on le sait depuis longtemps.* » (Atlan & Bousquet, 1994, p.p. 169-172).

Atlan : « *La cellule fonctionne comme un interpréteur du programme codé dans l'ADN. Elle joue un rôle supplémentaire en fournissant des données à ce programme, puisque, après différentiation, le même génome est traité par différentes cellules en sorte d'accomplir différentes fonctions. Le caractère distinctif critique de ce modèle est que la machinerie cellulaire, comme interpréteur du programme, n'est pas un programme total. Autrement dit, n'importe quelle chaîne de gènes à l'entrée ne produit pas nécessairement un résultat (un phénotype) à la sortie. Ce modèle pose un problème sérieux en ce qu'il ne permet pas d'expliquer l'évolution de façon non téléologique. Car l'information dans un programme est localisée, et c'est pourquoi les programmes ne sont pas robustes. Une mutation locale aléatoire dans un programme le détruirait dans presque tous les cas. Pour pouvoir conserver une représentation téléonomique et non téléologique, nous devons remplacer ce modèle par un autre qui attribue aux ADN un rôle plus robuste* » (Atlan & Koppel, 1991, p. 199).

2.2.5. Critiques didactiques récentes du paradigme « ADN-comme-programme »

Le paradigme de l'ADN-comme-programme continue à être utilisé dans l'enseignement tunisien. On rencontre encore dans les manuels de biologie les concepts de « code génétique », « programme génétique », « gène- caractère », etc. (Abrougui, 1997).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Rumelhard (2005) écrit : « *La question d'enseignement conduit à se demander s'il faut continuer à parler de programme génétique dans un premier temps, puis à remettre en cause ce concept, dans un deuxième temps. Autrement dit si l'essentiel de l'enseignement scientifique ne réside pas dans la rectification d'un concept et non pas dans son énonciation conforme à la vérité dernière (au sens de plus récente et non pas ultime) au niveau scientifique* ». Dans les situations d'apprentissage que nous avons proposées aux participants à la deuxième partie de cette thèse, nous n'avons pas seulement remis en cause le paradigme « ADN comme programme » mais nous avons présenté le nouveau paradigme « épigenèse » sachant que le nouveau ne nie pas le premier mais le complète.

2.2.6. Critiques épistémologiques du paradigme « tout génétique »

Kupiec voit que la notion d'équilibre doit remplacer celle de programme : « *l'embryogenèse n'est pas l'expression d'un programme génétique inscrit dans l'ADN, composé d'une suite de signaux qualitatifs, mais l'évolution du système cellulaire vers un état d'équilibre* » (Kupiec, 2005).

Le « tout génétique » est un paradigme qui a régné pendant des dizaines d'années en biologie. C'est peut-être parce que l'on voyait le déterminisme comme une fatalité que l'on n'a guère remis en question le pouvoir des gènes.

La prédominance du paradigme du « tout génétique » continuera longtemps à guider chez les élèves la formulation des problèmes concernant la part et l'importance respective du noyau et du cytoplasme (Rumhellard, 2005).

Comme le dit W. Gehring : « *Même si les gènes contenant les Homéobox régulent beaucoup d'autres gènes, ils doivent être eux-mêmes régulés. Découvrir comment les régulateurs sont régulés sera un accomplissement important, qui pourrait conduire à l'identification, dans le cytoplasme de l'œuf, des facteurs porteurs de l'information de position* ».

2.2.8. Conclusion

Le concept ADN évolue dans l'histoire des sciences comme tout concept. Du paradigme du « tout génétique », on tend vers le paradigme de l'émergence et de la complexité. Le paradigme « ADN-comme-programme » est fort critiqué par une partie de la communauté scientifique, surtout des biologistes, des épistémologues et des didacticiens. Les paradigmes ne cèdent pas facilement. Les anciens paradigmes forment des obstacles aux apprentissages

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

des nouveaux paradigmes. Le paragraphe suivant développe le concept de l'épigenèse cérébrale qui ouvre plus d'horizons scientifiques et thérapeutiques.

2.3. Epigenèse cérébrale

Un objectif important du présent travail est d'identifier les systèmes de valeurs implicites dans l'enseignement du système nerveux.

2.3.1. Le choix du système nerveux n'est pas dû au hasard :

- ✓ L'équipe lyonnaise de didactique de la biologie (LIRDHIST, université Claude Bernard), dont nous sommes membre, travaille depuis plusieurs années sur la notion d'identité biologique, pour montrer qu'elle n'est pas la seule expression du génotype unique de chaque personne, mais qu'elle exprime aussi tous les processus d'épigenèse, c'est à dire les interactions entre le génotype et son environnement, et notamment les processus d'épigenèse cérébrale (Abrougui & Clément 1997b, Clément et al 1998, Forissier & Clément 2001, Abou-Tayeh, 2003 et thèses de Mouelhi et Kochkar, 2007).
- ✓ Cette équipe travaille aussi sur les conceptions relatives au cerveau, et aux rapports entre le cerveau et la pensée. Plusieurs de nos résultats ont mis en évidence la prégnance du dualisme cartésien, avec une coupure entre le corps et l'esprit (Clément 1994b, Clément et al 1998, 2001, Abou Tayeh & Clément 1999, …), et la méconnaissance des processus d'épigenèse cérébrale.
- ✓ Ces processus d'épigenèse cérébrale sont pourtant l'objet de nombreuses recherches, en neurobiologie et en sciences cognitives (réseaux neuronaux formels, connexionisme, …). Même si tout est loin d'être compris dans le détail, un large consensus existe dans la communauté scientifique sur le rôle des réseaux neuronaux comme supports des apprentissages, par élimination des communications synaptiques initialement redondantes, puis par stabilisation des synapses fonctionnelles (Changeux 1983, Changeux & Ricoeur 1998, Fottorino 1998, Clément 1999, Edelman 2000).
- ✓ Le succès même de la biologie moléculaire, qui s'est accompagné ces dernières décades d'une tendance à tout expliquer par l'ADN et la génétique, rend aujourd'hui évidentes les limites de cette approche. Atlan (1999) titre l'un de ses derniers ouvrages: « La fin du tout génétique ». Et le séquençage récent de l'ADN de plusieurs espèces animales ou végétales a clairement montré que les performances humaines ne

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

sont pas proportionnelles au nombre de gènes : celui-ci est beaucoup plus élevé chez la rose ou le riz que chez l'homme. Tous les êtres humains ont en commun 99,99 % de leur ADN (février 2001 : numéros spéciaux de Nature et de Science), ce qui revalorise du même coup l'importance de l'étude des processus épigénétiques.

Nous n'avons pas la place de faire références ici à tous les travaux récents de biologistes et cogniticiens éminents sur le cerveau en tant que support de la mémoire, de la pensée, de la conscience, de l'intentionnalité, des émotions, etc. Ces questions sont centrales dans le renouveau actuel des recherches et connaissances en Biologie, et elles intéressent un public de plus en plus large, et tout particulièrement les enseignants désireux de mieux comprendre les processus d'apprentissage.

L'épigenèse et le tout génétique sont deux paradigmes qui se complètent. L'enjeu du concept de l'épigenèse est politique, cognitif, concernant les principes de l'auto-construction, de l'interaction, de la sélection et du hasard : une politique tournée vers l'avenir tenant compte de l'environnement et des limitations du paradigme du tout génétique.

Comment passer d'un paradigme à l'autre et construire une alternative concrète au système déterministe ?

Avec l'épigenèse, il ne s'agit pas d'apporter de nouvelles certitudes, ni de réfuter tout ce qui a été dit jusque là, mais plutôt de préciser qu'un certain nombre de concepts ne sont pas réductibles au tout génétique : ADN, gène, déterminisme, génotype / phénotype et éviter qu'ils virent à l'idéologie (sexisme : voir un exemple sur la craniométrie, le dualisme, le chromosome Y surnuméraire, le gène de l'alcoolisme, le gène de la croyance). Le concept de l'épigenèse s'oppose à l'idéologie du « tout génétique » jusqu'alors dominante (Atlan, 1998). Il n'est pas question de réduire à néant tout le savoir scientifique accumulé que le séquençage du génome nous a donné, mais bien plutôt de compléter l'approche réductionniste analytique par une compréhension globale, synthétique, interactive, dynamique et évolutive. Le déterminisme génétique pouvait prétendre à un individu entièrement déterminé par ses gènes (car programmé par un créateur, « le Dieu ADN »), sur le modèle instructiviste d'Aristote et ses disciples contemporains, défenseurs du tout génétique. L'épigenèse devrait ainsi permettre de sortir de l'alternative entre l'inné et l'acquis vers l'aléatoire et la sélection. Le monde de l'épigenèse est la réfutation de toute puissance du « Dieu ADN », car c'est un monde traversé par l'improbable et le hasard des histoires individuelles. Le déterminisme biologique en général ne peut rendre compte de l'hypervariabilité des anticorps, des synapses et des différences entre individus (quand on sait qu'ils ont 99.99 % de gènes semblables). Ce serait une grave erreur de croire que l'épigenèse devrait dès lors remplacer le déterminisme

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

biologique et, sous prétexte qu'il y a une limite aux prédispositions génétiques, renoncer à explorer le génome humain. Pourtant ce serait une autre erreur de croire que cette épigenèse est purement subjective et pourrait être dépassée par une plus profonde connaissance du déterminisme génétique. La part d'imprévisible dans l'épigenèse nous oblige à passer d'une logique de programmation dirigiste et fataliste à une logique d'interaction avec l'environnement, une logique qui donne place au hasard et à l'auto-organisation.

2.3.2. Le concept "épigenèse" : un bref rappel historique

Avec R. Y Cajal (début XXème), le cerveau devient neuronal. L'invention du terme neurone est discutée entre lui et Waldeyer (1890). Golgi défendait la continuité des neurones à la place de leur contiguïté. Le point d'articulation entre les neurones recevra le nom de synapse donné par le physiologiste anglais Sherrington (1897). Cajal avait émis en 1909 l'hypothèse que la croissance des neurones se poursuivait après la naissance sous l'influence de l'exercice (cité par Jeannerod, 1983). On voit dans les propos de Cajal les prémisses de la théorie de l'épigenèse.

Atlan : « *la vieille querelle (qui a fait les beaux jours des XVIII^{è} et XIX^{è} siècles) entre préformation, où le germe est considéré comme miniature toute formée de l'adulte, et épigenèse, où le germe est, au contraire, sans structure et inorganisé, l'organisation de l'adulte ne venant que du développement. La biologie moléculaire a nécessairement associé ces idées opposées…* » (Atlan & Bousquet, 1994, p. 160).

Changeux : « *L'élément épi- est tiré du grec et désigne « sur », « en plus », avec l'idée de superposition, de recouvrement. Le mot genèse, issu de l'ancien testament, se réfère initialement à la création du monde, à la formation d'une chose, d'une pensée, au développement. Le mot épigenèse possède pour nous, le double sens, de se superposer à l'action des gènes (effets de l'expérience) et de se rapporter au développement (du système nerveux)* » (Changeux, 2001)

2.3.3. La théorie de l'épigenèse cérébrale

Vidal (2001) définit l'épigenèse : « *A la naissance, le programme génétique a défini les grandes lignes de l'architecture du cerveau et les neurones cessent de se multiplier*[1].

[1] Voir paragraphe 1.2.1 polémiques autour du cerveau. Partie : La non multiplication des neurones après la naissance : un dogme scientifique ébranlé p 57.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Cependant, la construction du cerveau est loin d'être terminée : 90 % des circuits de neurones vont se former progressivement dans les années qui suivent la naissance. C'est précisément sur la construction de ces circuits que l'environnement intervient sous ses diverses formes, qu'il s'agisse du milieu intérieur (alimentation, hormones) ou extérieur (interactions familiales et sociales, rapport au monde) ».

Le terme d'épigenèse est aussi utilisé en biologie moléculaire :

A un schéma qui représente un flot d'informations unidirectionnel, des ADN aux ARN et aux protéines directement responsables des fonctions biologiques, on peut opposer une représentation schématique des phénomènes épigénétiques (Figure 6) (Atlan, 1998).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

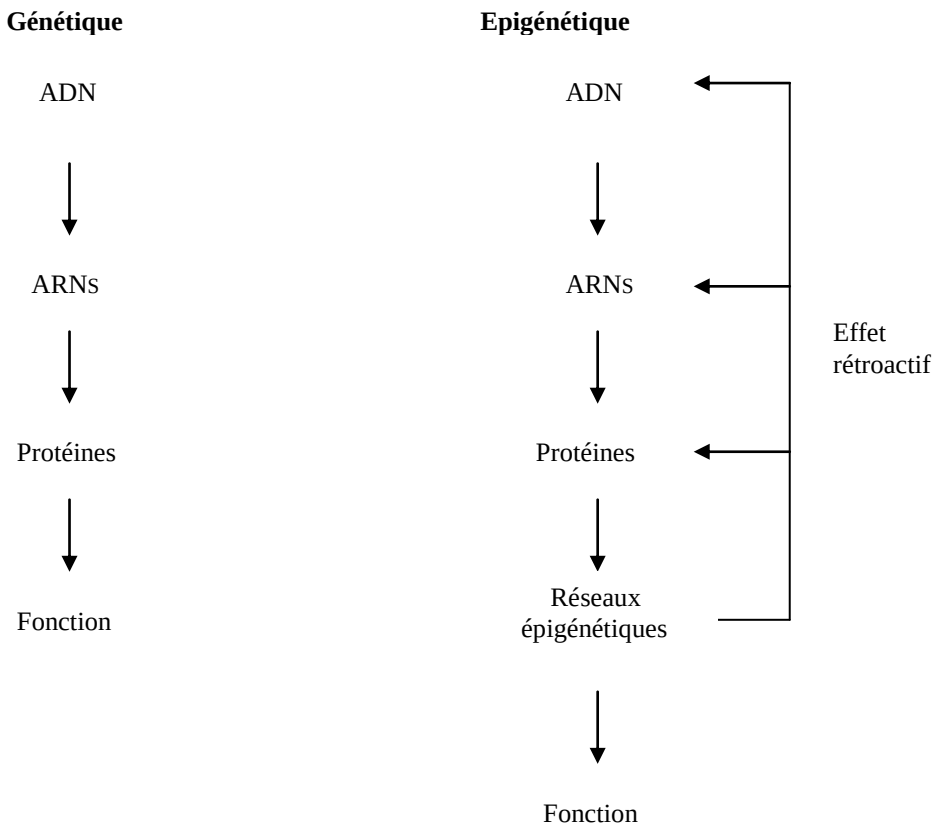


Figure 6. Représentation schématique des phénomènes épigénétiques

On estime actuellement le nombre gènes de l'ADN humain à moins de 30000. Ils sont incapables de contenir une programmation différentielle de la formation de 10^{16} synapses (10^{12} neurones dont chacune contracte 10000 synapses). Donc ils interviennent de façon plus globale et leur rôle est complété par celui des facteurs non génétiques dans le développement du cerveau s'avère indispensable (Jacquard, 1993). Ces facteurs sont appelés facteurs épigénétiques (le préfixe grec épi signifie tout à la fois, le surcroît, la succession, le contact et l'inflexion d'une trajectoire) car ils interviennent après la genèse initiale induite par les informations présentes dans les gènes. Ils comprennent des facteurs d'environnement (nutritionnels, sensoriels, l'expérience sociale et l'apprentissage) et des facteurs intrinsèques (interaction entre cellules, sécrétion de substances chimiques, hormones en particulier) (Habib, 1995). La théorie de l'épigenèse est popularisée par Changeux en 1983. Elle se résume en trois phases dans la figure 7 ci-dessous :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

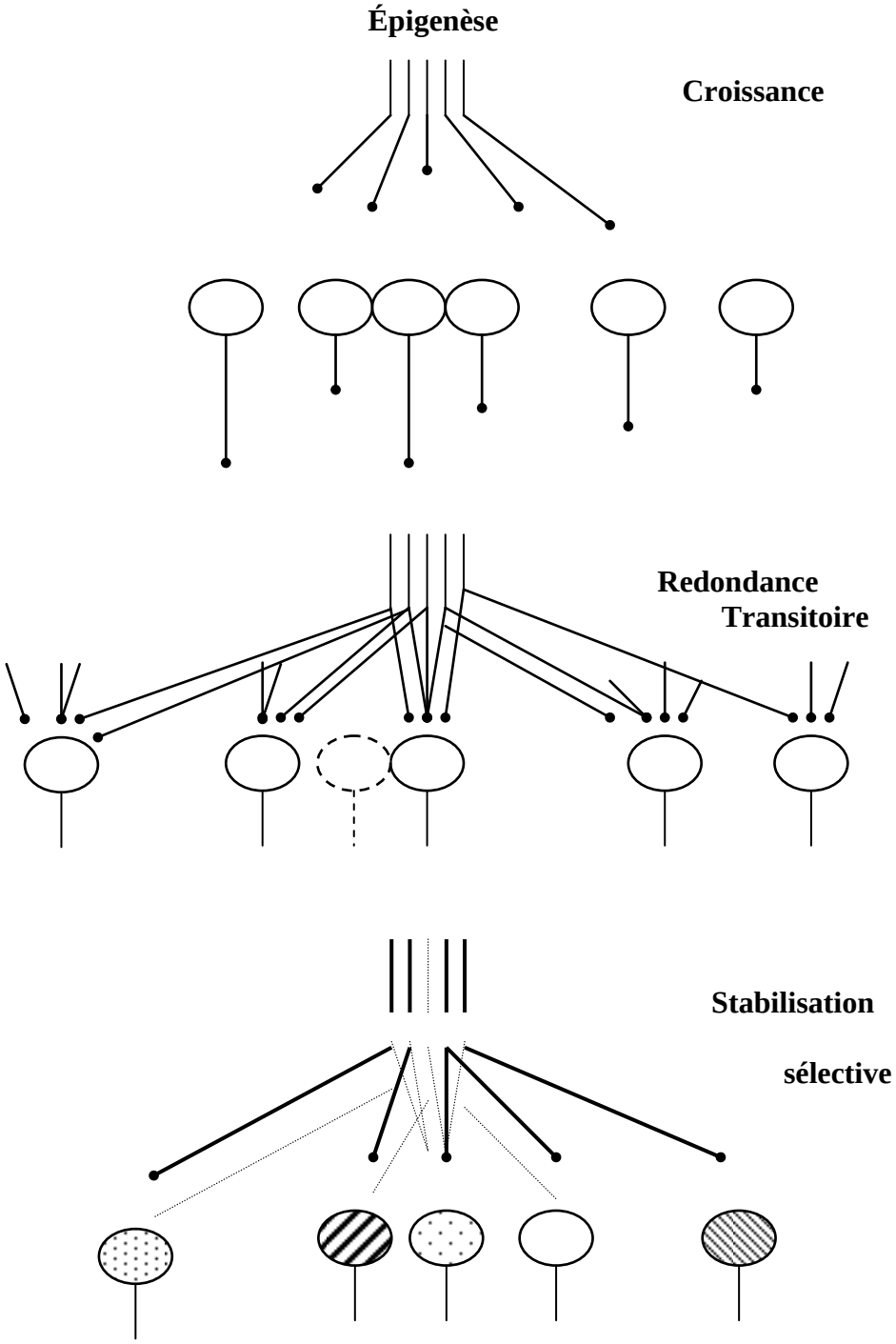


Figure 7. Les principales étapes de l'épigenèse par stabilisation sélective des synapses. (La multiplication des ramifications dendritiques et des synapses n'est pas schématisée ici : au cours de l'ontogenèse, le cerveau augmente donc en taille malgré la disparition de neurones et de synapses) (D'après Changeux, 1983).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Redondance transitoire = les arborisations axonales et dendritiques bourgeonnent et s'épanouissent de manière exubérante.

- Régression = des phénomènes régressifs interviennent rapidement. Des neurones meurent. Des synapses actives disparaissent.
- Stabilisation = en réponse aux stimulations sensorielles reçues par le cerveau, certaines combinaisons de connexions sont sélectionnées et consolidées plutôt que d'autres.

Le cerveau naît immature et c'est grâce aux processus épigénétiques que les réseaux neuronaux se configurent en fonction de l'expérience individuelle et sociale de chaque individu pour donner enfin un cerveau unique au monde (Clément, 1999). L'épigenèse dure jusqu'à l'âge de 15 ans (Fottorino, 1999) mais le cerveau reste plastique jusqu'à un âge avancé (Prochiantz, 1993). L'épigenèse est une théorie qui a une limite tracée par l'enveloppe génétique, caractéristique de l'espèce, on a beau mettre un singe dans un environnement humain, il ne deviendra pas homme pour autant (Prochiantz, 1993).

2.4. Plasticité cérébrale

Santiago Ramon Y Cajal fut le premier à formuler le concept de plasticité neuronale, à la fin du XIXe siècle, (Laroche, 2006).

Les modifications du cerveau par l'environnement se font, en règle générale, pendant des fenêtres temporelles limitées, dites périodes critiques : en achevant sa maturation, le cerveau devient de plus en plus réfractaire aux leçons de l'expérience (Purves et al., 1999). L'exemple de l'enfant-loup est particulièrement évocateur à cet égard : il ne lui sera plus possible d'apprendre à parler, une fois la période critique dépassée (Habib, 1995). Toutes ces modifications, qui surviennent au cours de la période critique, reflètent une formidable plasticité du réseau nerveux.

Dans le paragraphe sur l'apprentissage dans le cadre théorique didactique (p 29), nous avons expliqué la relation entre la plasticité cérébrale et notre travail. Cette notion relativement récente fait l'objet de recherches dans de nombreux laboratoires en France et à l'étranger. Nous allons essayer de définir cette notion : La plasticité cérébrale est la capacité que possède le cerveau à réorganiser ses réseaux de neurones en fonction des stimuli extérieurs et des expériences vécues par l'individu ou d'adapter son fonctionnement suite à un traumatisme ou à une maladie.

Le terme général de plasticité cérébrale recouvre deux familles de processus :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- l'une est liée aux apprentissages (par épigenèse cérébrale) qui sont possibles à tout âge, même s'ils sont plus importants chez les enfants. C'est de ce côté qu'il faudrait chercher les supports neuronaux des changements conceptuels, ou ceux des obstacles épistémologiques en acte.
- l'autre est liée à des modifications cérébrales de plus grande ampleur, qui sont parfois compensées par des réorganisations des circuits neuronaux.

Ainsi, en fonction de l'environnement ou en réponse à des lésions, de nouvelles connexions peuvent s'établir assez rapidement pour permettre le recâblage, en contournant les régions lésées ou endommagées du cerveau (Elbert et al. 1996). Des recherches récentes montrent qu'en fait des modifications plastiques se produisent à tous les niveaux du système nerveux central : le cerveau est un système dynamique qui s'auto-organise et se réorganise en permanence à l'âge adulte, exemple : La pratique du violon accroît la dextérité d'une seule main et augmente la représentation corticale de l'auriculaire gauche chez les violonistes. Cependant, une différence est observée en ce qui concerne cette représentation : elle est plus importante chez les violonistes qui ont commencé à pratiquer avant l'âge de 13 ans, mais elle est également substantielle chez ceux qui ont commencé plus tard. Ces observations montrent que si le cerveau peut se modifier plus facilement dans l'enfance, il est encore remarquablement plastique chez les adultes. La plasticité cérébrale peut intervenir pour répondre à des agressions et compenser les effets de lésions cérébrales en aménageant de nouveaux réseaux, l'exemple vécu par mon encadreur Clément vient témoigner en ce sens, son discours est à la fois cognitif et affectif : « *Savoir que les fonctions vestibulaires et oculomotrices sont couplées est une chose : autre chose est d'expérimenter sur soi qu'après un déficit vestibulaire il devient insupportable de regarder la télévision, et même de lire, dangereux de marcher sans aide, et bien sûr impossible de conduire (sans même parler des grands vertiges et nausées des premiers jours).*

Connaître l'importance de la plasticité cérébrale est une chose. La vivre en est une autre : plus merveilleuse en est devenue mon expérience de la disparition progressive de ces déficiences comportementales alors même que persiste leur origine initiale (le déficit vestibulaire). Le concept de plasticité cérébrale devient dès lors associé à la guérison. » (Clément, 1999).

Conclusion : Déclenchée à bon escient, maîtrisée, cette formidable possibilité de réadaptation des neurones laisse envisager dans quelques années de larges applications thérapeutiques dans de nombreuses maladies neurologiques.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.5. Identité biologique et déterminisme génétique : science et idéologie.

2.5.1. L'identité biologique est-elle limitée à l'identité génétique ?

Nous allons esquisser un petit historique de l'identité de l'homme :

- ✓ La notion de la « prédestination » remonte à la plus haute antiquité, elle a été reprise et amplifiée par les discours religieux qui considèrent que les moindres gestes et faits de notre vie sont programmés par Dieu avant notre naissance.
- ✓ Au 18ème siècle, ce déterminisme religieux va devenir biologique avec le progrès scientifique. En effet, c'est vers 1802 que Gall (médecin et père de la phrénologie) postulait que le développement des aptitudes mentales correspondait à une bosse détectable par palpation de la boite crânienne (bosse des maths !).
- ✓ Au 19ème siècle, « *du temps de l'anthropologie criminelle de Cesare Lombroso (1887). Celui-ci prétendait pouvoir identifier les prostitués à leurs pieds : elles avaient soi-disant le gros orteil séparé des autres doigts, tout comme les pieds préhensiles des singes, signe morphologique de régression évolutive de cette catégorie de femmes indésirables dans la société* », (Vidal, 2001 ; Gould, 1983).
- ✓ Au 20ème siècle, le déterminisme devient microscopique et détourne à son profit les grandes avancées en technologie et en génétique comme le montrent les trois exemples de recherche suivants :
  - « *En 1993, Dean Hamer décrivait dans la revue Science un fragment du chromosome X associé à l'orientation homosexuelle chez l'homme. Depuis, la réalité de ce gène a été clairement invalidée (Rice et al., 1999). Néanmoins le succès médiatique du gène de l'homosexualité a été tel qu'il est toujours présent dans l'esprit du grand public* », (Vidal, 2001).
  - « *Je pense, par exemple, à un éditorial de la revue Science voici quelques années, expliquant que non seulement toutes les maladies seraient guéries mais la criminalité aussi, puisque ce projet permettrai d'identifier le gène de la criminalité et de l'éliminer de la population !* » (Atlan & Bousquet, 1994, p. 82).
  - « *les travaux récents de Dreen Kimura (2001, Western Ontario, Canada) en offrent une autre illustration : il est question cette fois de trouver des corrélations entre le sexe, le nombre de stries des empreintes digitales et les fonctions cognitives. Ainsi les hommes auraient un nombre de stries plus élevé que les femmes, tandis que le nombre de stries des homosexuels masculins serait plus*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

proche de celui des femmes et des hommes transsexuels. […] mais Kimura ne s'arrête pas là et va jusqu'à trouver des corrélations entre le nombre de stries des doigts et les meilleures performances des hommes par rapport aux femmes dans des tests de raisonnement mathématique. Ainsi, ces différences d'aptitudes déterminées avant la naissance expliqueraient non seulement la faible proportion des femmes dans les disciplines mathématiques et physiques, mais aussi la moindre productivité des femmes scientifiques comparé à leurs homologues masculins » (Vidal, 2001)

Le plus grave dans les exemples cités ci-dessus, réside d'une part dans la fausseté des connaissances qui peut créer un obstacle didactique difficilement dépassable, et d'autre part dans l'idéologie qui utilisait au 19ème siècle un trait morphologique (bosse dans le crâne, gros orteil séparé, etc.) et au 20ème siècle un trait génétique (chromosome ou gène) ou l'imagerie cérébrale pour justifier les différences entre les hommes et les femmes ou déterminer un comportement humain (prostitution, homosexualité, criminalité, intelligence, croyance en Dieu, etc.). Les critères ont changé mais l'enjeu est le même comme le définit Vidal (2001) : « *il s'agit de trouver une raison biologique aux inégalités socioculturelles»* et nous complétons la phrase de Vidal en disant «pour que le pouvoir politique se dérobe de ses responsabilités envers les damnés de la terre».

Nous rappelons les grandes formes de croyances déterministes qui se sont succédées, et persistent souvent encore, avec comme seul point commun d'un déterminisme malgré soi, dès notre naissance, de traits fondamentaux de notre personnalité : la théorie de la prédestination (jansénistes, calvinistes, etc.), l'astrologie, la chiromancie, la physiognomonie (qui est devenue la morphopsychologie, c'est elle qui a inventé la théorie de l'angle facial), le nazisme jusqu'aux gènes (Clément et al, 2000).

Avec le 20ème siècle, le déterminisme biologique est fréquemment réduit au déterminisme génétique et ce sont nos gènes, selon les héréditaristes et les sociobiologistes, qui contrôleraient notre intelligence et nos performances sociales.

Le Dieu des religieux est remplacé par l'ADN des biologistes dans les idéologies héréditaristes. Ces dernières ont connu un grand succès avec le nazisme, l'eugénisme, la purification ethnique, le racisme, le sexisme, les surdoués (dont les échecs sont tus par la presse), l'élitisme banal du système scolaire et le fatalisme social (Clément, 1993).

Les arguments classiques du déterminisme biologique confondent les apprentissages individuels et sociaux pour faire des distinctions entre les groupes humains (par exemple,

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

l'intelligence), produits de l'évolution culturelle et historique (Gould, 1983), avec des phénotypes génétiquement déterminés.

Un des objectifs du débat actuel est de dissocier le postulat matérialiste de la biologie des conceptions héréditaristes et réductionnistes qui lui collent trop à la peau (Clément, 1999). Dans les manuels scolaires tunisiens et français (mis à part Nathan), l'identité d'un être humain est systématiquement associée à la seule identité génétique, ce qui manifeste des choix implicites très héréditaristes (Abrougui, 1997). Ces choix peuvent conforter des conceptions héréditaristes chez les enseignants tunisiens et des blocages ou absences de motivation chez les apprenants qui pourraient ainsi dire : l'intelligence est héréditaire, et si nous ne sommes pas intelligents, ce n'est pas notre faute et on n'y peut rien. Donc à quoi sert de travailler si notre destin est déjà écrit dans l'ADN.

A présent, on pense que tous les comportements, toutes les pensées, de tous les êtres vivants sont des effets de l'interaction entre l'environnement et l'ADN. Mais les facteurs de l'environnement sont très faiblement pris en considération dans les manuels scolaires tunisiens, car ils sont absents dans les programmes, ce qui traduit un choix de la noosphère (Abrougui, 1997).

L'identité biologique est un concept porteur de plusieurs sens. Elle est en partie définie, bien sûr, par notre génome unique (ADN). Cette identité englobe le biologique, le génétique, le comportemental, le psychologique, car les traits psychologiques ont, avec l'épigenèse (cadre théorique p 63), une base neuronale : ils sont aussi biologiques (Abrougui & Clément, 1996). Notre identité biologique, c'est tout notre corps en interaction avec son environnement intérieur et extérieur comme l'affirme Prochiantz (1993) « *On ne pense pas de la même manière si on est un manchot ou si l'on a ses deux mains* ». L'intelligence n'est pas uniquement située dans la tête

L'exemple connu de modification du déterminisme génétique, c'est le cas de la lutte contre la "phénylcétonurie [1]" par un régime carencé en phénylalanine responsable de cette maladie chez les porteurs du gène (Jacquard, 1972). Nous savons aussi que l'expression du gène dépend de son environnement cellulaire comme dans le cas du colibacille[2].

[1] Affection héréditaire dans laquelle l'enzyme qui transforme la phénylalanine (acide aminé) en tyrosine (autre acide aminé) est déficiente et cela provoque une arriération mentale sévère. Un traitement est possible, il consiste à restreindre la prise de phénylalanine qui est un constituant de la plupart des aliments renfermant des protéines. Le malade est soumis à un régime, principalement végétarien, très pauvre en protéines.

[2] Ce n'est qu'en présence de lactose que le colibacille se met à synthétiser une protéine qui lui permet de tirer de l'énergie de ce sucre particulier. Ce signal qui déclenche la transcription du gène correspondant est détecté par une partie du gène lui même (Chambon, 1993)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Il n'empêche que certains gènes sont directement déterminants comme dans le cas de la maladie de « la chorée de Huntington[2] ». Cependant, il est des cas d'anomalies génétiques où l'environnement peut empêcher la prédisposition génétique de se concrétiser comme dans le cas où la découverte d'une prédisposition à un infarctus du myocarde peut conduire à une hygiène, alimentaire notamment, plus stricte. Un autre exemple est cité par Atlan : « *Certains cancers du sein ont une détermination génétique : ce sont les cancers familiaux et précoces, qui touchent, de mère en fille, des femmes relativement jeunes. Actuellement, on a identifié des gènes qui déterminent l'apparition de cancers dans ces familles. Cette détermination n'est pas absolue, mais importante, car elle a été estimée à 80 % (bien que cette estimation soit contestée), […] Toute la question est là : est-ce 20 % c'est beaucoup ou non, est-ce que 80 % c'est beaucoup ou non ? Dans ces exemples, la prédiction n'est pas absolue. Quand elle est absolue (ce qui est rare), comme dans le cas de la chorée de Huntington, pour autant on ne sait pas à quel moment la maladie va se développer.* » (Atlan & Bousquet, 1994, p.p. 65-66).

Dans l'exemple précédent, Atlan a parlé de parité (*détermination estimée à 80 %)* mais il a ajouté entre parenthèses que cette estimation est contestée. En effet, elle l'est car il y a une interaction entre le génome, l'environnement et le phénotype donc nous préférons la formule d'Albert Jacquard « *100 % inné et 100 % acquis* » pour chaque caractère, (Jacquard, 1993).

2.5.2. Critiques récentes du déterminisme génétique émises par certains auteurs

Clément (2004) : « *[…] Nous sommes pourtant à l'heure où les scientifiques proclament la "fin du tout génétique"(Atlan 1999 ; Kupiec, Sonigo, 2000), à l'heure où le séquençage du génome humain montre que nous sommes loin de posséder les 150000 gènes initialement escomptés, et que nous en avons moins de 25000 (deux fois moins que le riz ou la rose), à l'heure où l'importance des processus épigénétiques commence à être reconnue : épigenèse cérébrale mais aussi épigenèse de l'ADN et lors de la synthèse des protéines* ».

Atlan : « *Le destin écrit dans les gènes, fixé une fois pour toutes dès l'origine, c'est déjà faux… L'illusion de la maîtrise de ce destin, encore plus ! Chaque histoire doit se régler cas par cas. Reportez-vous au gène du cancer du sein, dominant à 80 %. C'est effrayant, mais on*

[2] Maladie peu fréquente dans laquelle la dégénérescence des noyaux striés gris centraux du cerveau entraîne une chorée (mouvements involontaires, rapides, saccadés) et une démence (détérioration mentale progressive). C'est une maladie génétique à transmission autosomique dominante. Les symptômes n'apparaissent généralement pas avant l'âge de 35 à 50 ans ; dans de rares cas, cette maladie survient dans l'enfance (Encyclopédie médicale de la famille, Larousse, 1991).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

peut faire quelque chose. Parfois il est vrai que certaines préfèrent ne pas savoir. Et dans certains cas, cela peut sembler justifié. » (Atlan & Bousquet, 1994, p. 72).

Atlan : « *Prenons l'exemple de la bactérie Escherichia coli (2000gènes) : même si on connaissait toute la séquence de son matériel génétique, on ne saurait pas tout d'elle !* » (Atlan & Bousquet, 1994, p. 159).

Le génétique se trouve divinisé, et c'est bien évidemment le paradigme dominant qui en est responsable, puisqu'on nous a répété que tout est génétique, que tout est dans le programme génétique, qu'il suffit d'avoir le listing du dit programme pour avoir tout compris, etc. (Atlan, 1998).

R. C. Lewontin regrette que la lutte contre le déterminisme biologique soit comparable à la lutte contre l'incendie. Chaque fois que vous éteignez un, un autre se déclare ailleurs, (Gouyon et al, 1997).

2.6. Auto-organisation et émergence

2.6.1. Emergence et déterminisme

Les comportements qui font l'objet du questionnaire que nous utiliserons comme l'agressivité, l'intelligence ou la performance d'être très bon violoniste sont des émergences résultant de l'auto-organisation des neurones en interaction avec l'environnement « *Il apparaissait plutôt que le cerveau fonctionne à partir d'interconnexions massives, sur un schéma distribué, de sorte que la configuration des liens entre ensembles de neurones puisse se modifier au fil de l'expérience. Ces ensembles témoignent d'une aptitude à l'auto-organisation qui ne trouve aucune représentation en logique* » (Varéla, 1989)

Parler d'émergence, c'est alors refuser le réductionnisme. Refuser de réduire nos comportements à un programme codé dans nos gènes.

Le concept d'auto-organisation a été mis en évidence à partir des nouvelles générations d'ordinateurs (Varéla, 1989). Transposé en biologie il permet de concevoir qu'il puisse exister au sein de tout système biologique une « marge de liberté » et de « créativité » indispensable à la survie de toute espèce. La liberté et la créativité sont, par définition, des processus d'auto-organisation qui n'obéissent ni à un programme génétique (ADN), ni à un apprentissage

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

scolaire. Ces processus découlent des propriétés intrinsèques du système : l'ouverture, la complexité, la redondance[1], la fiabilité, la compétence.

Cette théorie de l'auto-organisation se retrouve, implicite, dans la théorie de Piaget (Universalis, 1997) et le constructivisme peut aujourd'hui s'appuyer sur l'ontogenèse neuronale, la mise en place des synapses et la constitution des réseaux neuronaux (Clément, 1994), exemple : les travaux multiples sur l'ontogenèse[2] de la vision chez le chaton ont montré que certaines voies visuelles se mettent en place même sans expérience visuelle, mais pas d'autres : la proportion de neurones répondant à des lignes horizontales ou verticales varie selon l'expérience visuelle du chaton (Hubel et Wiesel, 1962)

L'auto-organisation et l'émergence sont deux concepts importants en biologie. Ils complètent le concept de déterminisme et formeront avec lui un nouveau paradigme scientifique. Ces deux nouveaux concepts pourraient ne pas faciliter la résolution d'un problème mais au contraire le complexifier mais ils le mettront sur la bonne voie de la solution correcte. Prenons l'exemple de l'intelligence, elle est 100 % héréditaire et 100 % acquise d'après la formule d'Albert Jacquard : 100 % inné car on hérite de nos parents un cerveau humain composé de 10^{12} de neurones. Dans chaque neurone, s'effectuent des milliards de réactions chimiques. Le neurone n'est pas isolé, il échange avec son environnement des milliards d'éléments chimiques instables.

2.6.2. Critiques récentes du concept "auto-organisation" :

Kupiek (2005), le chercheur à l'école normale supérieure de Paris nous met en garde contre de multiples confusions : « *souvent considérée comme une alternative au programme génétique, l'auto-organisation est une théorie des années 1960 qui connaît plusieurs variantes, portées par Henri Atlan, Ilya Prigogine, Stuart Kauffman…Elle tente d'expliquer l'émergence de l'ordre à partir des interactions entre les composants d'un système biologique sans faire appel à une contrainte qui s'exercerait sur ce système. Elle semble donc s'opposer au programme génétique, censé dicter le comportement des protéines. Cette opposition n'est que superficielle. En effet l'auto-organisation souscrit à la même vision d'un monde hiérarchisé en niveaux d'organisation différenciés qualitativement. […] Tandis que la génétique privilégie l'information génomique- équivalente de la spécificité et de la cause formelle-, l'auto-organisation réintroduit l'accident et la cause finale […] Elles sont*

[1] La redondance se traduit par le fait que de nombreux éléments identiques quand à la structure et à la fonction sont interconnectés entre eux et ne sont pas localisés en un même lieu.
[2] Histoire singulière d'un individu ou d'une cellule.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

prisonnières du même cadre de pensée. Elles partagent la même vision d'un monde fondamentalement en ordre qu'elles cherchent à expliquer. »

2.6.3. Conclusion

Nous ne sommes pas tout a fait d'accord avec la mise en garde de Kupiek : l'épigenèse qui tente d'expliquer l'émergence de comportements à partir des interactions entre les neurones, semble bien s'opposer au programme génétique. Cette opposition nous paraît profonde, car d'après les déterministes, nos comportements sont inscrits dés la naissance dans nos gènes (gènes de intelligence, de l'agressivité, de l'alcoolisme, de l'homosexualité, de la croyance en Dieu, etc.).

2.7. Clonage humain :

2.7.1. Clonage et épigenèse

Les conceptions sur le clonage humain font partie de notre travail (la troisième et la dernière question du questionnaire que nous utiliserons). En 1997, des chercheurs britanniques sont parvenus à cloner une brebis, à créer en laboratoire son double génétique, sans fécondation d'un ovule par un spermatozoïde, à partir d'une cellule différenciée prélevée sur une glande mammaire. Mais la succession d'évènements, ayant permis la naissance de la fameuse brebis Dolly, a bien peu de chances de se produire dans la nature (Gouyon et al., 1997). Dolly, la petite brebis met le monde en ébullition et à partir de ce moment on commence à penser sérieusement au clonage humain. Je cite ici Prochiantz (1993) qui attire notre attention sur la difficulté de cloner l'Homme : « […] *on peut faire l'hypothèse que plus une espèce occupe une position élevée dans l'échelle évolutive, plus la part de l'épi-génétique , comparée à la part du génétique, prend de l'importance dans la construction des individus.* ».

2.7.2. Critiques épistémologiques récentes du terme clonage par Rumelhard (2005) :

Il faudrait citer ici en totalité le paragraphe pour bien comprendre sa critique avec laquelle je suis tout à fait d'accord « *Les termes de clone et de clonage véhiculent une " représentation culturelle" très active et fortement contagieuse (Claude Debru, 2003 p. 385-397). Initialement au milieu des années 1950, le terme apparaît chez les botanistes et les agronomes. Klôn signifie en grec petite branche, et le verbe Klaô signifie couper, tailler des branches, fragmenter. Sur cette origine se greffent deux images : celle de la reproduction végétative, et celle de la fragmentation. C'est l'ensemble des individus obtenus sans fécondation, à partir d'un seul individu, par parthénogenèse ou par bouturage. De cette*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

pratique à celle du transfert de noyaux, puis à la réalisation du clonage reproductif chez les batraciens (John Gurdon, 1970), puis chez les mammifères, puis chez l'homme le chemin est long et le changement de signification important. Clone ne signifie pas un groupe de membres identiques, mais un membre individuel de ce groupe. " Ce n'est plus le groupe, la reproduction en nombre, qui est en vue et peut susciter l'effort, mais l'individu, et avec cette signification, c'est une certaine culture, non de la production de masse, mais du narcissisme individuel, qui s'introduit. Le terme de clonage en est donc venu à désigner des réalités très différentes avec des connotations quasiment opposées et une très grande ambivalence" Une base expérimentale assez semblable soutient cette fois des problèmes, mais aussi des représentations, sinon des fantasmes, très différents. »

2.7.3. Conclusion

Au-delà de la critique pertinente de Rumelhard, poser à des personnes des questions sur le clonage permet d'avoir des conceptions intéressantes qui porteront à la fois sur :

- la question du déterminisme génétique des compétences intellectuelles (ou autres), ce qui rejoint l'axe central de notre recherche sur les déterminismes biologiques ;
- les connaissances scientifiques, avec ou non la confusion entre clonage et photocopie, la prise en compte ou non de l'épigenèse cérébrale ;
- et enfin des positions éthiques quand au droit moral de cloner un être humain, en tant que pratique socialement admise ou interdite.

Cette question sur le clonage nous permet aussi d'explorer les interactions KV dans les conceptions des élèves et des enseignants selon le modèle KVP de Clément (1998, 2004). Dans les réponses des enquêtés, nous avons analysé leurs connaissances (K) et leurs valeurs (V) sur le clonage d'Einstein.

2.8. Conclusion sur le cadre théorique scientifique

L'étude de ces concepts dans le cadre théorique va nous permettre d'affiner l'analyse des réponses des enquêtés au questionnaire :

- la polémique autour du cerveau nous a permis de découvrir dans les réponses des élèves les différentes conceptions des enquêtés sur le cerveau (dualisme, cerveau mosaïque, cerveau uni, cerveau homme/cerveau femme, régénération des neurones)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- La polémique autour du concept gène nous a aidé dans l'interprétation des questions sur la prédisposition génétique et les gènes.
- Nous avons évalué les définitions données par les interrogés sur l'épigenèse et la plasticité grâce aux points de vue des scientifiques.
- L'étude de l'identité biologique, du déterminisme, de l'auto-organisation et de l'émergence nous a facilité l'établissement d'une grille de catégorisation des conceptions en trois modèles : le génotype agit sur le phénotype ; l'environnement ou / et le génotype agit sur le phénotype ; interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

CHAPITRE II

La première partie : Analyse des conceptions d'enseignants et futurs enseignants

Sommaire

1. **Problématique et Méthodologie ……..81**
2. **Analyse des données et Interprétation des résultats question par question…….92**

II.1.

Problématique et Méthodologie

Sommaire

1.1. Problématique et Hypothèses	82
1.2. Méthodologie d'échantillonnage	83
1.2.1. L'échantillonnage	83
1.2.2. Caractéristiques des échantillons	83
1.2.3. Mode de passation du questionnaire	86
1.3. Le questionnaire	87

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

1.1. Problématique et Hypothèses

Notre présent travail de recherche vise, dans sa première partie, l'identification d'éventuelles résistances à l'apprentissage de « l'épigenèse cérébrale » à travers l'analyse des conceptions de 275 enseignants et futurs enseignants tunisiens sur le cerveau, l'épigenèse cérébrale et le déterminisme biologique. Cette analyse nous a permis d'identifier des obstacles et de définir des objectifs-obstacles qui ont été pris en compte dans la préparation des enseignements dont l'impact sera analysé dans la deuxième partie (chapitre III) dans le but de mesurer l'éventuel changement conceptuel après l'apprentissage. Car comme le dit Clément (2004) : « D*ans une perspective constructiviste, il est essentiel d'analyser les conceptions initiales de ceux à qui est destiné un message scientifique - que ce soit dans un contexte scolaire ou autre - pour mieux comprendre leurs difficultés à assimiler ces nouvelles connaissances (plasticité et épigenèse cérébrales) – analyse des obstacles éventuels à ces acquisitions – comme pour évaluer les changements conceptuels à la suite d'un apprentissage* ».

Notre question centrale est ici la suivante :

« Quelles sont les conceptions d'enseignants et futurs enseignants tunisiens sur le cerveau, l'épigenèse cérébrale et le déterminisme biologique ? »

Les hypothèses de conceptions attendues du public interrogé

Hypothèse 1 : l'identité biologique est associée à l'identité génétique (Forissier et Clément, 2003).

Hypothèse 2 : le débat inné-acquis classique est posé de la façon suivante : Déterminisme, soit uniquement génétique, soit uniquement culturel, soit selon un modèle additif (par exemple : pourcentage de l'un des deux).

Hypothèse 3 : prégnance du dualisme cartésien (le corps et l'âme sont de nature différente).

Hypothèse 4 : le cerveau agit sur le comportement, mais pas l'inverse.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

1.2. Méthodologie d'échantillonnage

1.2.1. Echantillonnage

C'est un échantillonnage raisonné car, en Tunisie, pour travailler sur des enseignants ou des futurs enseignants, il faut demander l'autorisation du ministère.

Nous avons demandé et obtenu l'autorisation de travailler sur les trois échantillons suivants : 74 enseignants des SVT, 158 futurs enseignants des SVT et 43 enseignants d'autres disciplines.

Ces trois échantillons vont être comparés entre eux et comparés aussi, ensuite à quelques échantillons d'autres pays (France, Sénégal, Liban).

1.2.2. Caractéristiques des échantillons

Composition des trois échantillons

- Le 1er échantillon comprend 74 enseignants des SVT (sciences de la vie et de la terre).
- Le 2ème échantillon est formé de 158 futurs enseignants des SVT (98 d'entre-eux en 4ème année maîtrise et 60 en 3ème année maîtrise).
- Le 3ème échantillon est composé de 43 enseignants d'autres disciplines : 1 sport, 5 math, 2 physique, 1 musique, 2 anglais, 1 journalisme, 2 psychologie, 5 français, 7 histoire géographie, 8 arabe, 3 technique et 6 « discipline non mentionnée dans le questionnaire » (63 % de littéraires : 27 / 43).
- Total = 275 enseignants et futurs enseignants du nord de la Tunisie.
- Nous avons choisi de travailler sur la région du nord car nous considérons que le Nord possède les mêmes caractéristiques sociales et culturelles que les autres régions. Nous tenons à rappeler que la recherche est personnelle et nous ne disposons pas de moyens financiers pour toucher les autres régions tunisiennes.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 1. Les âges du public interrogé.

		Enseignants SVT	Futurs Enseignants SVT	Enseignants d'autres disciplines	Total
Effectifs des échantillons		n = 74 (100 %)	n = 158 (100 %)	n = 43 (100 %)	N = 275 (100 %)
Age des enseignants	21 – 30	8 (10.8 %)	158 (100 %)	12 (27.9 %)	178 (64.7 %)
	31 – 40	27 (36.5 %)	0 (0 %)	15 (34.9 %)	42 (15.3 %)
	41 – 50	27 (36.5 %)	0 (0 %)	12 (27.9 %)	39 (14.2 %)
	51 - 60	1 (1.3 %)	0 (0 %)	4 (9.3 %)	5 (1.8 %)
	Non mentionné	11 (14.9 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	11 (4 %)

(Pour plus d'informations, consulter l'annexe de la première partie n° 1.1, tableaux A 1, 2, 3 et 4)

Commentaire du tableau :

Les futurs enseignants sont plus jeunes que les autres. La majorité des enseignants des SVT et des enseignants d'autres disciplines sont entre 31 et 50 ans.

Tableau 2. Les diplômes du public interrogé.

		Enseignants SVT	Futurs Enseignants SVT	Enseignants d'autres disciplines	Total
Effectifs des échantillons		n = 74 (100 %)	n = 158 (100 %)	n = 43 (100 %)	N = 275 (100 %)
Diplôme le plus élevé	Maîtrise	**36 (48.6 %)**	0 (0 %)	**24 (55.8 %)**	60 (21.8 %)
	DEUG (2 ans après le bac)	4 (5.4 %)	**158 (100 %)**	4 (9.3 %)	166 (60.4 %)
	DEA (2 ans après la maîtrise)	8 (10.8 %)	0 (0 %)	3 (7 %)	10 (3.6 %)
	AEA (entre maîtrise et DEA)	3 (3.9 %)	0 (0 %)	1 (2.3 %)	4 (1.4 %)
	Doctorat	0 (0 %)	0 (0 %)	1 (2.3 %)	1 (0.4 %)
	Non mentionné	23 (31.1 %)	0 (0 %)	10 (23.2 %)	33 (12 %)

(Pour plus d'informations, consulter l'annexe de la première partie n° 1.1, tableaux A 1, 2, 3, 4, 8 et 9)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Commentaire du tableau :

Nous remarquons qu'un grand pourcentage d'enseignants n'a pas mentionné son diplôme. Environ la moitié des enseignants sont maîtrisards. En Tunisie, on peut enseigner au lycée avec un DEUG. Peu d'enseignants ont fait leur 3ème cycle (DEA, doctorat) car les universités étaient situées seulement dans les grandes villes donc inaccessibles aux gens de l'intérieur et des petites villes.

Tableau 3. Les appartenances sexuelles du public interrogé.

		Enseignants SVT	Futurs Enseignants SVT	Enseignants d'autres disciplines	Total
Effectifs des échantillons		n = 74 (100 %)	n = 158 (100 %)	n = 43 (100 %)	N = 275 (100 %)
Sexe	Femmes	47 sur 74 (63.5 %)	83 sur 158 (52.5 %)	15 sur 43 (34.9 %)	145 sur 275 (53 %)
	hommes	9 sur 74 (12.2 %)	67 sur 158 (42.4 %)	25 sur 43 (58.1 %)	101 sur 275 (37 %)
	Non mentionné	18 sur 74 (24.4 %)	8 sur 158 (5 %)	3 sur 43 (7 %)	29 sur 275 (10 %)

(Pour plus d'informations, consulter l'annexe de la première partie n° 1.1, tableaux A 1, 2, 3 et 4)

Commentaire du tableau :

Plus que la moitié des enseignants et futurs enseignants SVT sont de sexe féminin. Les autres disciplines sont plutôt masculinisées.

Tableau 4. Les sources d'informations du public interrogé.

		Enseignants SVT	Futurs Enseignants SVT	Enseignants d'autres disciplines
Effectifs des échantillons (n)		n = 74 (100 %)	n = 158 (100 %)	n = 43 (100 %)
Sources d'informations scientifiques les plus utilisées (+++)	Manuels scolaires nationaux	++	+++	+
	Manuels scolaires français	+++	+	+
	Revues scientifiques	++	+	+
	Internet	0	+	0
	Journaux quotidiens	+	+	0
	Emissions de radio	+	++	0
	Emissions de télévision	+	++	+
	Ouvrages scientifiques	++	++	+
	Musées et expositions	+	+	0
	autres	+	++	0

(Pour plus d'informations, consulter l'annexe de la première partie n° 1.1 p.., tableaux A 5, 6 et 7)

Notes du tableau : les signes : « +++ » signifie qu'entre 25 % et 50 % de l'effectif de l'échantillon utilisent cette source d'informations ; « ++ » : entre 10 % et 25 % ; « + » : entre 1 % et 10 % ; « 0 » : 0 %.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Commentaire du tableau :

Nous remarquons que les enseignants SVT utilisent, plus que les autres, les manuels scolaires français, cela pourrait s'expliquer par la similitude des programmes des SVT tunisiens et français, ils lisent plus que les autres les revues scientifiques car ils en ont besoin dans leur travail. Les futurs enseignants lisent plus que les autres les manuels scolaires nationaux car ils ont un examen à passer sur le contenu de ces livres, ils écoutent la radio et regardent la télévision et naviguent sur Internet plus que les autres car ils sont plus jeunes, ils sont mieux branchés aux nouvelles technologies (MP3 ou 4, échanges de CD, etc.). Les ouvrages scientifiques sont plus lus par les enseignants et futurs enseignants des SVT car le 3ème échantillon est formé de 63 % de littéraires.

1.2.3. Mode de passation du questionnaire

- Le pré-questionnaire

Nous avons établi un pré-questionnaire formé seulement des deux premières questions et nous l'avons distribué à un petit échantillon. Ce dernier est formé d'enseignants des SVT (lors d'une réunion pédagogique) et d'enseignants d'autres disciplines (dans la salle d'enseignants à 12 heures). L'objectif étant de savoir si les techniques utilisées allaient convenir et permettre d'atteindre ce que nous cherchons.

Ce petit échantillon ne sera pas retenu dans la recherche définitive.

Les deux remarques que nous avons retenues de ce travail diagnostique sont les suivantes :

- ✓ la première concerne les enseignants des SVT qui ont répondu et posé quelques questions légitimes du type : ça sert à quoi ce questionnaire ? Est-ce pour tester nos connaissances ? On répond en arabe ou en français ?
- ✓ la deuxième remarque concerne les enseignants d'autres disciplines qui ont répondu et posé les mêmes questions que les précédentes mais ils ont ajouté : c'est très difficile, nous ne sommes pas des spécialistes et nous voulons répondre chez nous tranquillement car maintenant nous sommes épuisés.

Après la passation de ce pré-questionnaire, nous avons rédigé le vrai questionnaire en équipe au LIRDHIST[1] à l'Université Claude Bernard-Lyon 1 avec P. Clément.

Le questionnaire est anonyme. Il a été rempli par les personnes interrogées dans les conditions suivantes :

[1] Laboratoire Interdisciplinaire de Recherches en Didactique, Histoire des Sciences et Techniques

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Pour l'échantillon des enseignants des SVT : à la fin d'une réunion pédagogique au CREFOC (Centre de Recyclage et de Formation Continue), nous avons saisi l'occasion et nous avons distribué le questionnaire à 74 personnes présentes en donnant oralement les consignes suivantes : « S'il vous plait, ne consultez pas les documents, ne parlez pas avec vos camarades et vous avez environ une demi-heure pour répondre à toutes les questions ». Les questionnaires ont été remplis sur place, en présence du chercheur, et relevés de façon à préserver un total anonymat des réponses.
- Pour l'échantillon des futurs enseignants des SVT 4è année (n = 60), le questionnaire a été distribué à la faculté des sciences à la fin du cours de didactique par leur professeur de didactique en suivant les mêmes consignes citées ci-dessus.
- Pour l'échantillon des futurs enseignants des SVT 3ème année (n = 98), le questionnaire a été distribué à la Faculté des Sciences de Bizerte à la fin du cours de biochimie par leur professeur de biochimie. Dans les deux cas, les questionnaires ont été remplis en présence du professeur, et ramassés en préservant l'anonymat total des étudiants.
- Pour l'échantillon d'enseignants d'autres disciplines : nous avons distribué les questionnaires dans la salle d'enseignants. Ils ont été remplis sur place et ramassés en préservant l'anonymat total des enseignants.

Remarque : nous avons noté, pour chaque questionnaire, les paramètres suivants : le lieu de passation (centre de formation, lycée ou faculté), le moment de passation (fin de réunion ou fin de cours) et le statut de celui qui distribue le questionnaire (le chercheur ou un collègue).

1.3. Le questionnaire

Le questionnaire comprend 4 types de recueil des données :

- Accrochage de mots à l'extrémité de chaque rayon autour d'un terme scientifique, [bardanes du cerveau et du gène (Schaefer, 1972 ; Clément 1996)] : questions 3 et 8.
- Réalisation de dessins légendés : question 4.
- Connaissances et définitions de termes scientifiques : questions 5, 6 et 7.
- Expression d'opinions : questions 1, 2, 6 et 9.

Le questionnaire comporte 25 questions, regroupées en 9 ensembles numérotés de 1 à 9, qui obéissent à deux types de finalités :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- 13 questions qui visent à faire émerger des valeurs sur les différences entre hommes et femmes (questions n° 1, 2) sur l'inné et l'acquis de certains caractères comme la mucoviscidose, myopathie, don de violoniste, rougeole, intelligence, agressivité, alcoolisme ou croyance (6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9) et sur le clonage (9a, 9b).
- 12 questions qui permettent de cerner de plusieurs manières l'état des connaissances sur des termes neurobiologiques : neurone, cortex cérébral, synapse, réseau neuronal, plasticité cérébrale, aire de Broca, épigenèse cérébrale (5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7) ou bardanes du cerveau et du gène (n° 3 et 8) ou dessin du cerveau (n° 4) ou la définition et les fonctions du gène (7a, 7b).

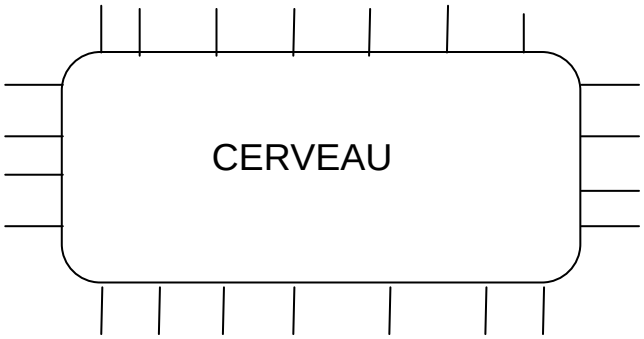
Présentation du questionnaire

Question 1 : Existe-t-il ☐ OUI ou ☐ NON des différences entre les comportements, les façons de penser, des hommes et des femmes ?

Que vous ayez répondu Oui ou Non, justifiez votre réponse en indiquant les origines, les causes de ces différences ou non-différences.

Question 2:Existe-t-il ☐ OUI ou ☐ NON des différences entre les cerveaux des hommes et des femmes ? Précisez la nature de ces différences (ou non-différences) et indiquez leurs origines, leurs causes.

Question3 : accrochez à l'extrémité de chaque rayon un mot (ou une courte expression) qui vous vient spontanément à l'esprit quand vous entendez le terme «cerveau ».



Question 4: Dessinez un cerveau, en schématisant et légendant ce qui semble essentiel à son fonctionnement.

Question 5: Pour chaque terme de la colonne gauche, répondez s'il vous plaît aux questions posées (même si vous ne connaissez pas ou peu le terme)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

	Connaissez-vous les termes Suivants ?			Donnez-en une courte définition
	Oui	+/-	Non	
Neurone				
Cortex cérébral				
Synapse				
Réseau neuronal				
Plasticité cérébrale				
Aire de Broca				
Epigenèse cérébrale				

Question 6:

* Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être atteints de mucoviscidose ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

* Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être myopathes ?

☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

* Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être très bons violonistes ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

* Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être immunisés contre la rougeole ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

* Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être alcooliques ?

☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

* Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être de sexe masculin ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

* Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être très bons à l'école ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

* Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être agressifs ?

☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

*Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être croyants en Dieu ?

☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

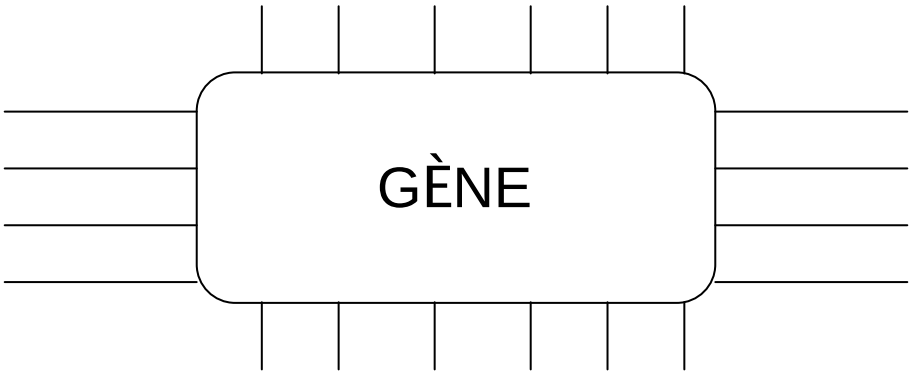
Question 7a : Définissez ce qu'est un gène.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Question 7b : Explicitez brièvement les principales fonctions d'un gène

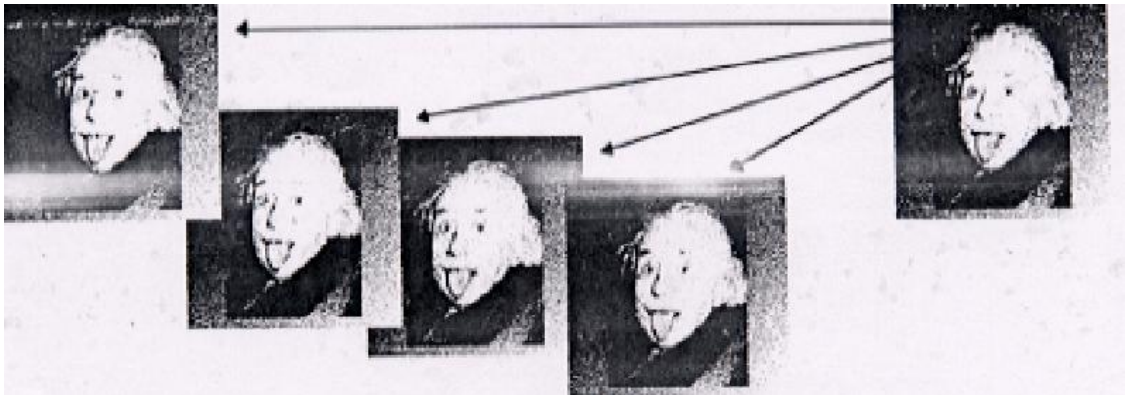
(Là aussi avec un texte très court et en vous aidant aussi de schémas).

Question 8 : Accrochez à l'extrémité de chaque rayon un mot (ou une courte expression) qui vous vient spontanément à l'esprit quand vous entendez le terme « gène ».



Question 9a : Etes-vous ☐ en accord ou ☐ en désaccord, avec le clonage d'Einstein ? Justifiez votre réponse.

Question 9b : Un magazine a commenté ainsi l'éventualité du clonage d'Einstein : « Il faudra multiplier le nombre de prix Nobel ! ». Ils ont accompagné leur article des photos suivantes :



Etes-vous ☐ en accord ou ☐ en désaccord, avec cette présentation du clonage d'Einstein ? Justifiez votre réponse.

Quelques renseignements sur vous (qui préservent votre anonymat)

☐ Femme ☐ Homme

Age : ☐ 10-20 ans ☐ 21-30 ans ☐ 31-40 ans ☐ 41-50 ans ☐ 51-60 ans ☐ >60 ans

Métier : (si vous êtes enseignant, précisez la discipline et l'âge de vos élèves)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Diplômes : (indiquez vos diplômes les plus élevés, en précisant dans quelle discipline ainsi que la date et le lieu d'obtention) :

Sources de vos informations scientifiques sur les questions abordées par ce questionnaire.

	0	+	++	+++
Manuels scolaires nationaux				
Manuels scolaires français (citez quelles éditions)				
Revues de vulgarisation scientifique (précisez lesquelles) : La Recherche, Pour la Science, Science et Avenir, Science et Vie, Euréka, ça m'intéresse,				
Internet (précisez les cites)				
Journaux quotidiens (précisez lesquelles et quelles rubriques)				
Emissions de radio (précisez lesquelles)				
Emissions de télévision (précisez les chaînes et les émissions)				
Ouvrages scientifiques, encyclopédies, …				
Musées et expositions scientifiques				
Autres (précisez)				

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

II.2.

Analyse et Interprétation des 275 réponses au questionnaire

Sommaire

2. (1-2). Les questions 1 et 2 sur les différences entre les comportements et les cerveaux des hommes et des femmes	93
2.3. La question 3 sur la bardane du cerveau	105
2.4. La question 4 sur le dessin d'un cerveau	109
2.5. La question 5 sur les définitions des termes (neurone, cortex cérébral, synapse, réseau neuronal, plasticité et épigenèse cérébrales)	114
5.6. La question 6 sur la prédisposition génétique de certains caractères	119
2.7. La question 7 sur le gène	152
2.8. La question 8 sur la bardane du gène	159
2.9. La question 9 sur le clonage d'Einstein	164
2.10. Discussion générale et conclusion	171

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2. (1-2). Les questions 1 et 2

2. (1-2).1. Présentation des questions 1 et 2

Question 1 : Existe-t-il ☐ OUI ou ☐ NON des différences entre les comportements, les façons de penser, des hommes et des femmes ?
Que vous ayez répondu Oui ou Non, justifiez votre réponse en indiquant les origines, les causes de ces différences ou non-différences.
Question 2 : Existe-t-il ☐ OUI ou ☐ NON des différences entre les cerveaux des hommes et des femmes ?

Précisez la nature de ces différences (ou non-différences) et indiquez leurs origines, leurs causes.

2. (1-2).2. Points de vue de certains auteurs sur les différences entre hommes et femmes

Neubauer (2003) : « *il existe deux vérités absolues. La première est que les hommes sont plus intelligents que les femmes. – Et la seconde ? – Que la terre est plate. Cette pique amusera peut-être, dans la mesure où elle lutte contre une idée reçue. Car, en matière de quotient intellectuel reflétant des performances cognitives, la plupart des études ne révèlent aucune différence entre les hommes et les femmes. Afin d'éviter les discriminations, les tests d'intelligence sont construits de façon à éviter tout artefact lié au sexe*. ».

Gould (1983) : « *La plupart des biologistes s'accorderaient à penser, avec moi, que les divers attitudes et styles de pensée que l'on trouve dans les groupes humains sont habituellement des effets de l'évolution culturelle et non génétique*».

Purves et al. (1999). : « *On n'a pu, pour l'instant, complètement démontrer ni les dimorphismes sexuels du cerveau humain ni leur signification fonctionnelle* ».

Kahn (2000, p 175): « *le dualisme de la pensée religieuse pour laquelle le monde de l'esprit, celui de l'âme, est de nature divine et ne se réduit pas à la matérialité du corps* ».

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Clément (2004, p 7) :

« *Les neurobiologistes savent aujourd'hui que le cerveau humain naît immature, et qu'il se configure progressivement par épigenèse cérébrale au cours de laquelle des réseaux neuronaux se stabilisent progressivement en fonction de l'expériences individuelle (voir par exemple Changeux 1983, 2002 ; Edelman 1987 ; Fottorino 1998). […] une éventuelle différence de latéralisation entre cerveaux d'hommes et de femmes ne prouve pas que ce serait une donnée biologique de naissance. Elle peut tout aussi bien être la conséquence de comportements différenciés* ».

Nous résumons son point de vue dans l'encadré suivant :

CERVEAU ←→ LANGAGE, COMPORTEMENTS, PENSEES

La réponse affirmative « oui » à la question 2, sur les différences de cerveaux entre hommes et femmes, peut venir de deux côtés opposés :

- Le « oui » des sexistes et des héréditaristes signifie que l'homme est plus intelligent que la femme car il a un cerveau plus grand.
- Le « oui » des scientifiques signifie que les différences fonctionnelles se forment entre les cerveaux des individus (entre hommes et femmes ou entre hommes et hommes ou entre femmes et femmes) au cours de la formation des réseaux neuronaux (les gènes codent pour le nombre et la différenciation des cellules nerveuses et codent pour la production des neurotransmetteurs et des neurohormones) et de leur épigenèse (configuration des réseaux neuronaux en fonction de l'expérience individuelle et sociale).

La réponse négative « non » à la question 2 des féministes et des égalitaristes signifie que l'homme et la femme sont égaux en droit donc identiques en cerveau. Cependant la différence biologique n'implique pas automatiquement l'inégalité sociale, nous pouvons être génétiquement différents mais égaux en droit.

L'objectif du questionnaire est aussi de mettre en évidence les éventuelles conceptions craniométriques chez ces enseignants et futurs enseignants tunisiens et de chercher les éventuelles conceptions sur l'épigenèse.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2. (1-2).3. Présentation des de résultats : réponses aux questions 1 et 2

(A) Questions fermées (oui ou non)

Nous allons comparer les catégories de réponses aux questions fermées dans les trois échantillons en calculant le Khi2 pour voir si la différence est significative ou non.

Tableau 5. Les réponses aux deux premières questions fermées.

Public interrogé / Réponses	Enseignants SVT	Futurs enseignants SVT	Enseignants d'autres disciplines	Total
Comportement-Cerveaux	Nbre et (%)	Nbre et (%)	Nbre et (%)	Nbre et (%)
Oui-(oui) $\aleph^2 = 0.013$ **0.01< p < 0.05 (S)**	**34 (46 %)**	**101 (64 %)**	**20 (46 %)**	**155 (56 %)**
Oui-non $\aleph^2 = 0.07$ p > 0.05 (NS)	33 (45 %)	47 (30 %)	17 (40 %)	97 (35 %)
Non-(non)	3 (4 %)	7 (4 %)	3 (7 %)	13 (5 %)
Autres (oui / oui-non, ect.)	4 (5 %)	3 (2 %)	3 (7 %)	10 (4 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	n = 275

(Pour plus d'information, consulter l'annexe de la première partie n° 1.2, tableaux A 10 et A 11)

$\aleph^2$: test Khi2. S : significative. NS : non significative. TS : très significative.

Commentaire du tableau : Un peu plus de la moitié des enseignants et futurs enseignants sont cohérents dans leurs réponses en répondant oui aux différences de comportements et oui aux différences de cerveaux entre femmes et hommes. Mais un pourcentage important d'entre-eux sont incohérents dans leurs réponses car ils affirment l'existences de différences au niveau des comportements et nient les différences au niveau des cerveaux.

(B) Questions ouvertes (justification du oui ou du non)

Nous avons catégorisé de façon globale les arguments relatifs à la question 1 et à la question 2, qu'ils justifient un oui ou un non :

- la catégorie des arguments « socioculturels » comprend les termes suivants : social, culturel, éducation, familial, environnement, religion, tradition, psychologique, etc.

- la catégorie des arguments « biologiques » comprend les termes suivants : hormones, physiologie, morphologie, anatomie, génétique, embryologie, même espèce, craniologie, aire cérébrale, hémisphères, circonvolutions, cerveaux différents, neurones, synapses, etc.

Comparons à présent les catégories d'arguments dans les trois échantillons.

Tableau 6. Les arguments des deux premières questions.

Public / Arguments	Enseignants SVT	Futurs enseignants SVT	Enseignants d'autres disciplines	Total des enseignants
Socioculturels Et biologiques	40 sur 74 (54 %)	93 sur 158 (59 %)	23 sur 43 (53 %)	156 sur 275 (57 %)
Socioculturels $\aleph = 0.49$ $p > 0.05$ (NS)	16 sur 74 (22 %)	25 sur 158 (16 %)	9 sur 43 (21 %)	50 sur 275 (18 %)
Biologiques $\aleph = 0.21$ $p > 0.05$ (NS)	9 sur 74 (12 %)	33 sur 158 (21 %)	6 sur 43 (14 %)	48 sur 275 (17 %)
Ne justifie pas	9 sur 74 (12 %)	7 sur 158 (4 %)	5 sur 43 (12 %)	21 sur 275 (8 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	n = 275

(Pour plus d'information, consulter l'annexe de la première partie n° 1.2, tableaux A 12 et A 13 et pour lire des réponses intégrales, voir tableaux A 14 et 15)

Commentaire du tableau : pour justifier leurs réponses, la majorité des enseignants et futurs enseignants ont présenté en même temps des arguments socioculturels et biologiques. Peu d'entre-eux ont présenté ces arguments séparément.

Tableau 7. Les arguments évoquant les neurones et les synapses, et ceux mentionnant l'influence de l'environnement sur le cerveau.

Public / Arguments	Enseignants SVT Nbre et (%)	Futurs enseignants SVT Nbre et (%)	Enseignants d'autres disciplines Nbre et (%)	Total Nbre et (%)
Neurones et synapses	1 (1.3%)	9 (5.6 %)	1 (2.3 %)	11 (4 %)
Influence de l'environnement sur le cerveau	0 (0 %)	2 (1.2 %)	1 (2.3 %)	3 (1 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	n = 275

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Commentaire du tableau : Nous voyons très bien sur ce tableau que la majorité des enseignants et futurs enseignants ne mobilisent pas leurs connaissances académiques sur les neurones et les synapses pour justifier leurs réponses. Nous remarquons aussi que très peu de ces derniers évoquent l'influence de l'environnement sur le cerveau.

Le tableau 8 recense le nombre de réponses qui mentionnent le poids ou la taille du cerveau pour expliquer des différences entre hommes et femmes, dans les trois échantillons tunisiens

Tableau 8. Les arguments de type craniologique des deux premières questions.

Public / Argument	Enseignants SVT Tunisiens	Futurs enseignants SVT Tunisiens	Enseignants d'autres disciplines Tunisiens	Total
Craniologie $\aleph^2$ = 8,71 significatif ($\alpha = 0.05$, v = 2)	**15** **(20 %)**	**63** **(40 %)**	**14** **(33 %)**	**92** **(33.4 %)**
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	n = 275

Commentaire du tableau : Il paraît que la crâniologie règne encore en Tunisie et surtout chez les futurs enseignants.

2. (1-2).4. Analyse et interprétation des résultats

L'interprétation des résultats permet de formuler les conclusions suivantes

- Les personnes interrogées ne mobilisent pas leurs connaissances académiques sur les structures microscopiques (neurones, synapses et réseaux neuronaux) pour justifier leurs réponses La majorité des personnes interrogées (91 %, tableau 5, addition des valeurs de lignes oui-oui et oui-non, dernière colonne : 56 + 35) pensent qu'il y a différences entre les façons de penser et de se comporter des hommes et des femmes mais seulement la moitié d'entre-elles (57 %, tableau 6, 2ème ligne, dernière colonne) justifient leurs réponses par une double cause biologique et socioculturelle..
- Les arguments biologiques relatifs au cerveau sont anatomiquement globaux et ne mentionnent que très exceptionnellement les neurones et les synapses (4 %, tableau 7,

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2ème ligne, dernière colonne) mais jamais les réseaux neuronaux. C'est le cerveau entier qui est évoqué.

- L'influence de l'environnement sur le cerveau est un argument presque absent. Trois enseignants seulement sur 275 (1 %, tableau 7, 3ème ligne et dernière colonne) ont affirmé cette influence mais sans entrer dans les détails de la configuration des réseaux neuronaux et la stabilisation sélective des synapses.
- L'absence totale des arguments épigénétiques (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype) dans la justification des réponses et l'abondance des arguments biologiques mettent en évidence la prégnance du déterminisme biologique chez l'écrasante majorité des personnes interrogées. Ce déterminisme décrit une causalité linéaire entre le biologique et le comportemental sans interaction.
- Une prégnance du dualisme cartésien : affirmer l'existence des différences entre les comportements, les façons de penser, des hommes et des femmes mais nier tout support cérébral à ces différences. D'où viennent alors ces différences de pensée si leurs cerveaux sont identiques ?
- Une prégnance de la craniologie (poids et taille du cerveau).
  - ✓ Le test khi2 est significatif (tableau 8) donc la différence entre les trois échantillons n'est pas du au hasard. Le taux le plus élevé d'argumentation craniométrique se trouve chez les futurs enseignants tunisiens (40 %) qui sont les plus jeunes des personnes interrogées et les moins diplômés. Cependant ce thème est traité dans les manuels scolaires tunisiens, les revues scientifiques et les ouvrages. Cette vulgarisation aurait pu influencer les personnes interrogées dans le bon sens- nier la craniométrie- ce qui n'est pas arrivé. Donc ces conceptions craniométriques ont créé un obstacle à l'acquisition de conceptions épigénétiques (la configuration des réseaux neuronaux du cerveau résulte de l'interaction entre génome, environnement et phénotype).
  - ✓ L'implantation des conclusions de la craniologie dans les conceptions des enseignants tunisiens pourrait être due à différentes causes :
    - o L'enseignement des idées de Broca pendant un siècle a créé un obstacle didactique qui empêche l'acquisition de nouvelles connaissances scientifiques. Malgré l'avancée de la neurobiologie et malgré les travaux de Gould (1983) qui portent sur les différences de taille du cerveau entre les sexes il est frappant de constater la prégnance de la craniologie chez les enseignants et futurs enseignants de biologie surtout les tunisiens.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- La craniologie a trouvé le temps pour s'inscrire dans notre langage quotidien comme le montre ces deux proverbes tunisiens suivants : « la grosse tête pour réfléchir et le gros pied pour perdre » (Jadis, les plus grands souliers coûtent plus cher) ou « corps de mulet et tête d'oiseau » en parlant des idiots.
- Cette conception craniologique s'est transformée en idéologie chez les sexistes qui veulent montrer par tous les moyens que l'homme est supérieur à la femme.
- L'absence de l'histoire des sciences et de l'épistémologie dans les programmes comme le dit Clément (2004) : « *la formation des enseignants et futurs enseignants mériterait d'être attentive à ces interactions entre science et idéologie. […] notons enfin que l'idéologie déterministe dont témoigne cet exemple sur la craniologie, se retrouve dans […] le déterminisme génétique* ».

- Une confusion, entre inégalité et différence, pousse certaines personnes (40 %, addition des pourcentages des lignes 4 et 5 de la dernière colonne du tableau 5) à dire qu'il n'y a pas de différence biologique par souci d'égalité en droit. Cependant, on sait que tous les individus sont biologiquement différents mais égaux en droit.

  Exemples de réponses de personnes interrogées : femme future-enseignante de SVT n° 45 *« Certains hommes se comportait comme les femmes et vice versa »* ; enseignante du français n° 16, « *Il est révolu le temps où on pensait que les hommes étaient plus intelligents que les femmes et que ces dernières sont stupides, bêtes et idiotes* » (c.f. annexe de la première partie n° 1.2 des questions 1 et 2 qui contient plusieurs exemples en ce sens) : elles ont la même intelligence donc il n'y a pas de différences entre leurs cerveaux. Ainsi, 35 % des personnes interrogées (97/275) affirment l'existence des différences entre les comportements, les façons de penser, des hommes et des femmes mais en même temps elles ne voient aucune différence entre leurs cerveaux. Les incohérences persistent même dans les réponses « oui-oui » aux questions 1 et 2 (oui à la question 2 mais la justification est craniométrique).
- Une forte carence de connaissances relatives à l'épigenèse et à la plasticité cérébrales qui n'a pas aidé les personnes à mobiliser leurs connaissances des supports cérébraux de ces différences (neurones, synapses et réseaux neuronaux). Ce constat sera fondé par les résultats relatifs à la question 5.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2. (1-2).5. Analyse par appartenance sexuelle

Nous allons comparer les résultats des hommes avec ceux des femmes pour voir s'ils répondent de façon identique ou différente à la 2ème question (différences entre les cerveaux des hommes et des femmes) ?

Le test du Khi2 ($\aleph^2 = 0.09$) est non significatif au seuil de 0.05 donc la réponse à la 2ème question ne varie pas avec le sexe dans notre échantillon.

2. (1-2).6. Analyse comparative entre les échantillons tunisiens et étrangers

Ces étrangers ont répondu à deux questions identiques à nos deux premières questions.

(A) Questions fermées (oui ou non)

Nous allons comparer :

- les futurs enseignants tunisiens avec les futurs enseignants étrangers ;
- les enseignants des SVT tunisiens avec les enseignants des SVT européens ;
- et les enseignants non biologistes tunisiens avec les enseignants d'histoire- géographie français.

- **Les futurs enseignants**

Tableau 9. Les réponses de futurs enseignants des SVT aux deux premières questions fermées.

public / réponses	F.E.SVT Tunisiens Nbre et (%)	F.E.SVT Sénégalais Nbre et (%)	F.E.SVT Européens Nbre et (%)	Total Nbre et (%)
Oui-oui $\aleph^2 = 2.78^{E-05}$ $p < 0.01$ (TS)	101 (64 %)	5 (18 %)	6 (40 %)	112 (56 %)
Oui-non $\aleph^2 = 0.4^{E-03}$ $p < 0.01$ (TS)	47 (30 %)	18 (67 %)	8 (53 %)	73 (37 %)
Non-non	7 (4 %)	3 (11 %)	0 (0 %)	10 (5 %)
Autres	3 (2 %)	1 (4 %)	1 (7 %)	5 (2 %)
Effectif total	n = 158	n = 27	n = 15	n = 200

F.E : futur enseignant

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Commentaire du tableau : le test khi2 est très significatif donc la différence entre les trois échantillons n'est pas dû au hasard. La majorité des futurs enseignants des SVT tunisiens ont répondu « oui » à la question 1 sur les différences de comportement et « oui » à la question 2 sur les différences de cerveaux. Donc ils sont plus cohérents que les étrangers car une différence au niveau de comportement crée une configuration différente des réseaux neuronaux. La majorité des étrangers ont répondu « oui » à la question 1 et « non » à la question 2. Donc ils sont incohérents dans leurs réponses car pour avoir des comportements différents, il faut avoir des cerveaux différents.

- **Les enseignants des SVT**

Tableau 10. Les réponses d'enseignants des SVT aux deux premières questions fermées.

public / réponses	Enseignants. SVT Tunisiens Nbre et (%)	Enseignants. SVT Européens Nbre et (%)	Total Nbre et (%)
Oui-oui $\aleph^2$ de Yeats = 2.97 (> 2.71 avec α = 0.1 et v = 1) (peu S)	34 (46 %)	3 (19 %)	37 (41 %)
Oui-non $\aleph^2 = 0.079$ $p > 0.05$ (NS)	33 (45 %)	11 (69 %)	44 (50 %)
Non-non	3 (4 %)	1 (6 %)	4 (4 %)
Autres	4 (5 %)	1 (6 %)	5 (6 %)
Effectif total	n = 74	n = 16	n = 90

Commentaire du tableau : dans les réponses « oui-oui », la différence est peu significative entre les enseignants tunisiens des SVT et les enseignants européens des SVT interrogés. La différence dans les réponses « oui-non » entre les deux échantillons n'est pas significative.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- **Les enseignants non biologistes**

Tableau 11. Les réponses d'enseignants non biologistes aux deux premières questions fermées.

public / réponses	Enseignants tunisiens d'autres disciplines Nbre et (%)	Enseignants H G IUFM Lyon Nbre et (%)	Total Nbre et (%)
Oui-oui $\aleph^2$ de Yeats = **17,51** (> 6.63 avec α = 0.01 et v = 1) (T S)	20 (46 %)	1 (3 %)	21 (26 %)
Oui-non **$\aleph^2 = 5.6^{E-05}$** **p < 0.01 (TS)**	**17** **(40 %)**	**31** **(84 %)**	**48** **(60 %)**
Non-non	3 (7 %)	2 (5 %)	5 (6 %)
Autres	3 (7 %)	3 (8 %)	6 (8 %)
Effectif total	n = 43	n = 37	n = 80

Commentaire du tableau : dans la ligne « oui-oui », la différence entre les échantillons est très significative, donc les tunisiens ont montré une certaine cohérence dans leurs réponses plus que les français. Dans la ligne « oui-non », la différence entre les échantillons est très significative aussi, donc les français ont montré une certaine incohérence dans leurs réponses plus que les tunisiens. L'échantillon français est plus homogène (100 % HG) que le tunisien (formé de plusieurs disciplines différentes). Cette différence pourrait être dûe à la réticence des historiens à tout ce qui rappelle le sexisme. Leur « non » à la différence de cerveaux entre femmes et hommes semple exprimer une opinion antisexiste. Ils ne veulent plus que la biologie recommence à justifier des inégalités dont, en tant qu'historiens, ils ont mesuré les dégâts (racisme, nazisme,…). Ce faisant, ils expriment leur conception d'une biologie profondément déterministe, héréditariste, à l'inverse de la conception que nous tentons de promouvoir dans la présente thèse.

(B) Questions ouvertes (justification du oui ou du non) (Kochkar et al, 2002)

Nous nous limitons ici à comptabiliser, parmi les réponses à la partie ouverte de la question 2 sur les différences entre les cerveaux des hommes et des femmes, celles qui évoquent explicitement un argument crâniologique. Il s'agit parfois de la simple mention de la taille ou du poids du cerveau. Parfois l'explication est plus argumentée, précisant que le cerveau des

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

hommes est plus lourd, ou plus gros, que celui des femmes ; ou que celui des femmes est plus léger, ou plus petit, que celui des hommes. La relation causale entre ces différences et des différences de comportements ou de performances entre hommes et femmes est rarement indiquée. A contrario, certaines réponses argumentent que cette différence entre cerveaux d'hommes et de femmes n'est pas, ou peut-être pas, liée à des différences de performances (ou "de fonctionnement des cerveaux").

TUNISIE : voir nos résultats dans le tableau 8 p 97.

La présence de ces thèses reste importante, et est plus forte chez les futurs enseignants biologistes (40 %) que chez les enseignants biologistes (20 %).

LIBAN : **Tableau 12. Fréquence des arguments de type crâniologique au Liban**

Public Effectif total	Enseignants libanais n = 150	Etudiants libanais n = 356	Total n = 506
Effectif de ceux qui ont donné des arguments	91 100 %	271 100 %	362 100 %
Arguments crâniologiques	47 52 %	161 59 %	208 57 %

Le pourcentage est plus élevé encore qu'en Tunisie : plus que la moitié des enseignants et étudiants qui ont proposé des arguments ont mentionné l'argument crâniologique ! 57 % au total ! Et ceci quelle que soit leur discipline ou leur confession.

FRANCE : **Tableau 13. Fréquence des arguments de type crâniologique en France**

Public Public Effectif total	Etudiants premier cycle scientifique (Univ. Montpellier 2) : futurs enseignants n = 23	Doctorants scientifiques (Univ. Lyon 1) n = 15	Total Total n = 38
Arguments crâniologiques	0 0 %	1 (*) 7 %	1 3 %

(*) Cet étudiant précise que le poids du cerveau n'a pas d'incidence sur le fonctionnement cérébral.

Ces résultats, ainsi que la discussion qui a suivi avec ces étudiants, montrent clairement que, pour eux, d'une part les hommes ne sont pas plus intelligents que les femmes ; d'autre part, l'intelligence n'à rien avoir avec la taille ou le poids du cerveau.

Notre hypothèse est donc que la différence très nette entre ces échantillons français et les échantillons tunisiens et libanais traduit une influence sur les français d'une idéologie féministe, ou du moins antisexiste. Ces idéologies sont devenues dominantes en France, ce

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

qui ne semble pas être le cas en Tunisie ou au Liban. L'information scientifique sur l'absence de fondements scientifiques des thèses crâniologiques est donc bien passée en France, mais pas en Tunisie ni au Liban.

Comparaison avec d'autres résultats déjà publiés

Le tableau 14 montre un pourcentage assez fort (29 %) pour les étudiants libanais de Paris, et le pourcentage le plus faible (0 %) chez des futurs enseignants de biologie sénégalais. Ce pourcentage varie de 7 à 26 % dans des échantillons européens ou maghrébins, traduisant une variabilité de la fréquence d'idéologies déterministes / fatalistes. Un quart des futurs enseignants de Versailles utilise un argument crâniologique : ce qui montre que les résultats présentés ci-dessus pour deux échantillons d'étudiants français sont loin d'être généralisables à tous les étudiants et enseignants français !

Cependant ; aucun des résultats de ce tableau 14 n'atteint les pourcentages de 40 % à 59 % que nous avons présentés ci-dessus pour les échantillons tunisiens et libanais (tableaux 8 p 97 et 12 p 103). Ces très forts pourcentages demeurent les résultats les plus significatifs, et les plus inquiétants, de notre travail.

Tableau 14. Comparaison des fréquences des arguments de type crâniologique avec d'autres échantillons étrangers

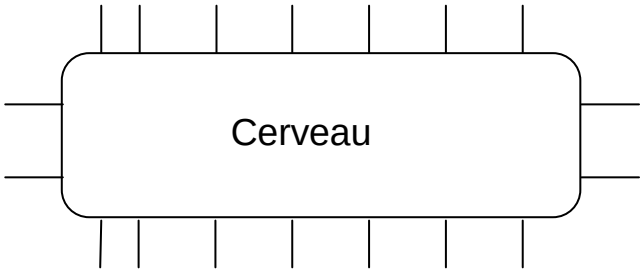
Caractéristiques de l'échantillon	Effectif	Arguments crâniologiques	Référence
Alger : étudiants algériens en licence ou maîtrise, biologie / biochimie	44	3 7 %	Savy et al, 2001
Paris : étudiants libanais en maîtrise ou 3ème cycle, biologie, médecine, sciences	31	9 29 %	Abou-Tayeh et Clément, 1999
Versailles : étudiants IUFM, futurs enseignants, licence ou plus ; biologie, santé, sciences	85	22 26 %	Savy et al, 2001
Alger : enseignants universitaires et du lycée de divers pays, biologie et autres sciences	36	6 17 %	Clément et Savy, 2001
Ecole d'été européenne pour doctorants didactiques sciences de tous les pays européens	34	5 14 %	Clément, 1999
Dakar : futurs enseignants sénégalais (ENS Dakar, licence ou plus), en biologie	27	0 0 %	Ndiaye et Clément, 1998

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.3. La question 3

2.3.1. Présentation de la question 3

Accrochez à l'extrémité de chaque rayon un mot (ou une courte expression) qui vous vient spontanément à l'esprit quand vous entendez le terme «cerveau ».



Dans cette question, l'objectif est d'aborder par une autre approche les conceptions qu'ont, sur le cerveau, les personnes interrogées. L'approche employée dans les questions 1 et 2 fait appel à des conceptions conjoncturelles associées à une réflexion sur les différences entre cerveaux d'hommes et de femmes. La présente question est plus ouverte, elle mobilise tout ce qui est spontanément associé au terme « cerveau »

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.3.2. Présentation des résultats de la question 3

Tableau 15. La catégorisation des citations accrochées à la bardane du « cerveau »

Comment lire ce tableau : cellule grise : parmi un total de 526 citations accrochées au cerveau par les 74 enseignants des SVT, il y a 217 (41.2 %) qui appartiennent à la catégorie « fonctions intellectuelles et opinions.

Public / catégories	Enseignants SVT tunisiens	Futurs enseignants SVT tunisiens	Enseignants d'autres disciplines tunisiens	Doctorants didacticiens des sciences (*) (disciplines scientifiques différentes)	Etudiants libanais (*) (disciplines scientifiques différentes)	$\aleph^2$ TS = très significatif NS = non significatif
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	n = 32	n = 48	
Fonctions intellectuelles, opinions	217 sur 526 (41.2%)	492sur 1594 (30.9%)	216 sur 400 (54 %)	126 sur 413 (30.6%)	182 sur 392 (46.4 %)	4.2^{E-21} p< 0.01(TS)
Anatomie	44 (8.4 %)	279 (17.5%)	37 (9.3 %)	68 (16.5%)	30 (7.6 %)	7.03^{E-11} p< 0.01(TS)
Sensori-moteur, comportement	128 (24.3%)	293 (18.4%)	50 (12.5 %)	73 (17.7%)	100 (25.5 %)	2.2^{E-06} p< 0.01(TS)
Pathologie	29 (5.5 %)	60 (3.8 %)	20 (5 %)	40 (9.7 %)	15 (3.8 %)	3.2^{E-05} p< 0.01(S)
Fonctionnement global	55 (10.4 %)	189 (11.9 %)	30 (7.5 %)	45 (10.9 %)	34 (8.6 %)	0.08 p> 0.05 (NS)
Neurones, synapses, réseaux,	15 (2.8 %)	104 (6.5 %)	10 (2.5 %)	43 (10.4%)	20 (5.1 %)	6.06^{E-07} p< 0.01(TS)
Autres	38 (7.2 %)	177 (11.1 %)	37 (9.2 %)	18 (4.4 %)	11 (2.8 %)	
Total	526 (100 %)	1594 (100 %)	400 (100 %)	413 (100 %)	392 (100 %)	
ne répond pas	0	1	3	0	2	

(*) : Les résultats des doctorants didacticiens des sciences sont extraits de l'article de Clément (1999) « Situated conceptions theory and methodology from the collection of data to the analysis of conceptions », table 3, page 307. Les résultats des étudiants libanais sont extraits de l'article d'Abou-Tayeh et Clément (1999).
(Pour plus d'information, consulter l'annexe de la première partie n° 1.3, tableau A 16 et pour lire la liste intégrale des termes accrochés à la bardane du cerveau, voir tableau A 16.1)

Nous avons compté le nombre de termes différents accrochés à la bardane du « cerveau » et leurs occurrences puis nous les avons classés en 31 catégories (annexe de la première partie n° 1.3 de la question 3).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Pour pouvoir comparer nos résultats avec ceux de Clément (1998) et avec ceux d'Abou Tayeh, nous avons refait la catégorisation selon le modèle présenté par Clément (1999) (appliqué aussi par Abou Tayeh) dans son article « Situated conceptions. Theory and methodology. From the collection of data to the analysis of conceptions », p 309-310, table 4. Nous avons fusionné nos 31 catégories dans les 7 catégories suivantes de Clément :

- Dans la catégorie « Fonctions intellectuelles, opinions » figurent les termes suivants : réflexion, pensée, intelligence, raisonnement, apprentissage, mémoire, esprit, âme, valeurs morales positives, valeurs morales négatives.
- Dans la catégorie « Anatomie », nous avons réuni les parties anatomiques du système nerveux.
- Dans la catégorie « Sensori-moteur, comportement » se trouvent les thèmes suivants : contrôle, régulation, comportement, sensibilité, sentiment.
- Dans la catégorie « Pathologie », nous avons mis les termes se rapportant aux idées suivantes : vie, mort, santé, pathologie.
- Dans la catégorie « Fonctionnement global », nous avons réuni les termes suivants : savoir et savants, importance, éveil, réveil, sommeil, rêves, homme, humanité, pouvoir, commande, ordinateur.
- Dans la catégorie « Neurones, synapses, réseaux, médiateurs », nous avons rassemblé les termes suivants : Neurones, synapses, réseau neuronal, médiateurs chimiques.
- Dans la catégorie « Autres », nous avons classé les termes suivants : informatique, choses, autres organes, etc.

2.3.3. Analyse et interprétation des résultats de la question 3

Les résultats présentés dans le tableau 15, permettent de formuler les conclusions suivantes :

- Absence des termes « plasticité cérébrale » et « épigenèse cérébrale », cela peut être expliqué par l'absence de ces thèmes dans les programmes tunisiens anciens et nouveaux. Cette lacune dans les connaissances est mise en évidence dans les résultats de la question 5 où plus que 90 % des personnes ne définissent pas ces deux concepts (tableau 19 p 117). Parallèlement, on rencontrait souvent ces thèmes dans les revues scientifiques mais d'après nos résultats, 75 % des tunisiens interrogés ne lisaient pas ces revues (tableau 4 p 85).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Les littéraires expriment plus d'opinions que les scientifiques (54 %). Ce résultat pourrait s'expliquer par leur formation diversifiée contrairement aux scientifiques qui sont en général des spécialistes.
- L'évocation de la mort et de la maladie augmente avec l'âge. la différence entre les échantillons est très significative au seuil de 0.01. Le taux de termes pathologiques augmente avec l'âge [le pourcentage des personnes âgées de plus de 30 ans : il est égal à 74 % chez les enseignants des SVT tunisiens ; 0 % chez les futurs enseignants des SVT tunisiens ; 72 % chez les enseignants d'autres disciplines (tableau 1, p 84), 62 % chez les doctorants didacticiens scientifiques et 10 %chez les étudiants libanais]. Les taux les moins élevés de ces termes (moins de 4 %) se trouvent chez les échantillons les plus jeunes (les futurs enseignants des SVT tunisiens et les étudiants libanais) car ils sont les moins concernés par la maladie.
- Les doctorants européens citent plus que les autres les structures microscopiques du cerveau (neurones, synapses, réseaux, médiateurs) (10.4 %). Peut-être parce que ce sont les personnes qui ont suivi les études les plus récentes. Les termes (neurones, synapses et réseau neuronal) sont certes plus fréquents (le taux varie de 2.8 % à 10.4 % du total des arguments dans les 5 échantillons) que pour les questions 1 et 2 (1.8 % : 11/579), mais ne traduisent pas une mobilisation spontanée de ces connaissances. La conception spontanée du cerveau est d'abord anatomique, globale.
- Prégnance de la conception "le cerveau est aux commandes" : Les termes volonté, pouvoir et importance du cerveau se répètent souvent [9 % : 243/2520 citations (totaux des trois lignes : « pouvoir –commande (92 citations) + « importance » (126 citations) + « volonté –décision » (25 citations) : annexe de la première partie n° 1.3 de la question 3]. Ceci confirme la présence d'une conception d'indépendance du cerveau par rapport aux autres organes et par rapport à l'environnement. Le cerveau est alors un maître absolu ou un chef d'orchestre. En réalité, c'est un organe qui peut être influencé par les autres organes.
- Les tunisiens associent le cerveau avec le plaisir. L'affectif et l'émotionnel ne sont pas isolés du fonctionnement de l'organe reconnu comme le siège de l'apprentissage[1].

  Exemples de mots associés au cerveau dans notre travail : « *Rire, Amour, Désir, Plaisir, Affection, Joie, Bonheur, Tendresse. Pleurer, Haine, Stress, Douleur,*

[1] Ce paragraphe est inspiré de Favre et al (2000, p 8).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Handicap, Dépression, déprimée, angoisse, Crainte, malheur, Solitude, Tristesse, Peur, Méchanceté, Nervosité, Passion, Emotion, Vie, Vie / mort, Motivation. »

Ce résultat est complètement différent de celui de Favre et Reynaud (2000, p 8) : « *pour revenir à l'enquête citée ci-dessus […] aucun enseignant n'associe le cerveau avec le plaisir, la frustration, la joie, la souffrance ou d'autres sentiments* ».

2.4. La question 4

2.4.1. Présentation de la question 4

Dessinez un cerveau, en schématisant et légendant ce qui semble essentiel à son fonctionnement.

En plus d'un dessin anatomique correct du cerveau, on s'attend à une légende évoquant les facteurs essentiels à son fonctionnement comme les facteurs d'environnement (nutritionnels, sensoriels), les facteurs épigénétiques qui configurent les réseaux neuronaux et les facteurs intrinsèques (interactions entre cellules et entre organes, sécrétion de substances chimiques, neurohormones et neurotransmetteurs en particulier). Le libellé de la question rendait aussi possible le dessin de tout type de diagramme fonctionnel sans prétention de figurativité anatomisante.

2.4.2. Présentation des résultats de la question 4

Nous avons modifié de la façon suivante les pourcentages, sans toucher les effectifs, dans les deux échantillons international et libanais avec l'accord des auteurs Clément et Abou Tayeh : ils ont inclus les non réponses dans le total, nous avons refait les pourcentages en nous basant sur les nouveaux totaux.

Par la suite, nous avons adapté la catégorisation de légendes de dessins (écrites par les personnes interrogées) à celle utilisée par Clément et Abou Tayeh pour pouvoir comparer nos résultats avec les leurs. Présentons maintenant tous ces résultats dans le tableau suivant :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 16. La catégorisation des légendes du dessin du cerveau (question 4).

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 1.6 % des légendes (ou 4/242) écrites par les enseignants de SVT appartiennent à la catégorie « fonctions intellectuelles, opinions »

Nbre et % d'occurrences / Catégories de légendes	Enseignants SVT tunisiens	Futurs enseignants SVT Tunisiens	Enseignants d'autres disciplines Tunisiens	Doctorants didacticiens des sciences (disciplines scientifiques différentes)	Etudiants libanais (disciplines scientifiques différentes)
Fonctions opinions intellectuelles,	4 (1.6 %)	4 (0.7 %)	6 (11.5 %)	5 (17.2 %)	14 (25.4 %)
Anatomie $\chi^2 = 7.4^{E-22}$ **p< 0.01(TS)**	**158** (65.3**%)**	**518 (92.2%)**	**33 (63.5 %)**	**19 (65.5 %)**	**39 (70.9 %)**
Sensori-moteur, comportement	63 (26 %)	29 (5.2 %)	7 (13.5 %)	4 (13.8 %)	1 (1.8 %)
Pathologie	1 (0.4 %)	2 (0.3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Fonctionnement global	4 (1.6 %)	5 (0.9 %)	1 (1.9 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Neurones, synapses, réseaux,	12 (4.9 %)	4 (0.7 %)	5 (9.6 %)	0 (0 %)	1 (1.8 %)
Autres	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	1 (3.4 %)	0 (0 %)
Total des légendes	242	562	52	29	55

(Pour plus d'information sur la catégorisation des dessins anatomiques, consulter l'annexe de la première partie n° 1.4, tableau A 17)

Comparons dans un nouveau tableau les formes de réponses à la question 4 (dessin ou diagramme) dans nos trois échantillons tunisiens.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 17. Répartition des réponses à la question 4 (dessin du cerveau).

Public / Réponses	Enseignants SVT Nbre et (%)	Futurs enseignants SVT Nbre et (%)	Enseignants d'autres disciplines Nbre et (%)	Total Nbre et (%)
Dessin anatomique $\aleph^2 = 0.5$ $p > 0.05$ (NS)	58 (78.4 %)	121 (76.6 %)	30 (69.8 %)	209 (76 %)
Diagramme (tracé géométrique sommaire)	2 (2.7 %)	2 (1.3 %)	0 (0 %)	4 (1.4 %)
Légende sans dessin	0 (0 %)	1 (0.6 %)	0 (0 %)	1 (0.4 %)
Ne répond pas $\aleph^2 = 0.3$ $p > 0.05$ (NS)	14 (18.9 %)	34 (21.5 %)	13 (30.2 %)	61 (22.2 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	n = 275

2.4.3. Analyse et interprétation des résultats de la question 4 (dessin légendé du cerveau)

L'interprétation, des résultats des tableaux 16 et 17, permet de tirer les conclusions suivantes :

- Les termes anatomiques sont les plus nombreux. Leur taux varie de 63.5 % à 92.2 % des légendes chez les différents échantillons, (tableau 16 p 110). Par ailleurs, la différence entre les 5 échantillons est très significative au seuil de 0.01. Les futurs enseignants des SVT mobilisent plus que les autres les termes anatomiques (92 % de leurs légendes ou 518/562, tableau 16, p 110).

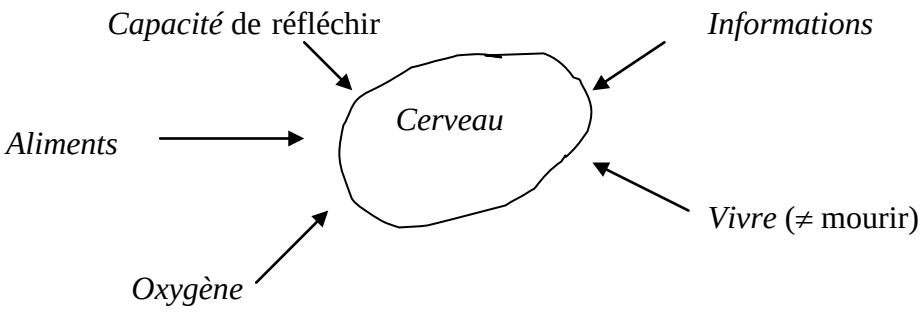
  Cette forte mobilisation nous semble s'expliquer de deux manières :

  - ✓ Ils ont récemment étudié le système nerveux.
  - ✓ Ils ont rempli le questionnaire dans un cadre scolaire en présence de leur professeur de biochimie donc ils font un dessin anatomique comme ils ont l'habitude de le faire dans les examens de biologie.

- Aucune légende n'évoque l'influence du milieu sur le cerveau. Seulement deux enseignants de biologie ont évoqué le milieu mais pour exprimer l'influence du cerveau sur le milieu et non le contraire : n° 13 : *cerveau → milieu, nutrition et santé de l'organisme ;* n° 26 : *cerveau → milieu extérieur → motricité et sensibilité.*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Une seule future enseignante de biologie n° 110 a inversé le sens des flèches dans le dessin, c'est-à-dire la flèche part de l'environnement vers le cerveau :



En revanche, nous ne trouvons pas explicitement l'interaction entre le cerveau et le reste du corps ou l'environnement. Alors que le cerveau est un organe tout à fait dépendant des autres organes du corps.

- Une non mobilisation des connaissances académiques : les termes « neurone », « synapse » et « réseau neuronal » sont certes plus fréquents dans la question 4 que dans les questions 1 et 2 (questions 1 et 2, 1.8 % du total des arguments : 11/579, tableau 7 p 96). Ces termes ne semblent pas traduire le niveau de connaissances manifesté dans la question 5 comme nous le verrons en analysant les réponses à cette question.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.4.4. Comparaison entre les résultats d'Abou Tayeh /Clément et les nôtres :

Tableau 18. La comparaison entre les résultats d'Abou Tayeh /Clément et les nôtres.

Références	Abou-Tayeh et Clément (1999)	Kochkar (2007)
Public interrogé	48 étudiants libanais de disciplines différentes et de confessions différentes dont 15 musulmans	275 enseignants et futurs enseignants tunisiens tous musulmans (dont 84 % : 232/275 enseignants ou futurs enseignants de SVT)
Méthodologie	Questionnaire	Questionnaire
Question	Dessin du cerveau	Dessin du cerveau
Résultats	- 48 % (ou 7/15) des étudiants musulmans ont schématisé des fonctions intellectuelles (diagrammes). - En revanche 84 % (21/25) des catholiques ont réalisé un dessin anatomique.	- La différence entre les trois échantillons n'est pas significative au seuil de 0.05. - 76 % : 209/275 (tableau 17) des enseignants musulmans ont réalisé un dessin anatomique.
Hypothèses d'interprétation de résultats	- Un rapport difficile au dessin figuratif chez les musulmans libanais de différentes disciplines scientifiques [7 (bio. + méd.), 3 (phys. + techno.), 5 (S.H.S)]. - Pas de mention à l'influence du milieu, associé à une représentation anatomisante chez les catholiques maronites argumentée notamment par l'anatomie du cerveau. - Ces hypothèses restent à vérifier sur des échantillons plus importants.	- Contrairement à l'hypothèse d'Abou-Tayeh & Clément, un rapport facile au dessin figuratif chez les musulmans biologistes tunisiens. Cette différence s'explique par le fait que notre échantillon est 18 fois plus important et il présente des caractéristiques différentes (formé de 84 % : 232/275 enseignants et futurs enseignants des SVT) qui pourraient expliquer les divergences de résultats. - Comme chez les maronites libanais, pas de mention à l'influence du milieu, associé à une représentation anatomisante chez les musulmans tunisiens.

Commentaire du tableau : nous constatons que les étudiants libanais et les enseignants et futurs enseignants tunisiens n'ont pas mentionné l'influence du milieu. Ils n'ont du cerveau qu'une représentation anatomisante. Les musulmans tunisiens, contrairement aux musulmans libanais, ont réalisé un dessin anatomique du cerveau.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.5. La question 5

2.5.1. Présentation de la question 5

Pour chaque terme de la colonne gauche, répondez s'il vous plaît aux questions posées (même si vous ne connaissez pas ou peu le terme)

	Connaissez-vous les termes suivants ?			Donnez-en une courte définition
	Oui	+/-	Non	
Neurone				
Cortex cérébral				
Synapse				
Réseau neuronal				
Plasticité cérébrale				
Aire de Broca				
Epigenèse cérébrale				

2.5.2. Des définitions de ces termes données par certains auteurs

Neurone : « *Neurone nm, 1891 [du grec neuron, nerf.] Angl. Neurone, Am. Neuron. Le neurone est l'élément fondamental du tissu nerveux. C'est une cellule excitable, conductrice de signaux de type " influx nerveux" et sécrétrice d'une ou de plusieurs substances chimiques spécifiques appelées neurotransmetteurs. Ses fonctions essentielles sont la transmission et l'intégration des messages nerveux* ». (Aimé-Genty, 1997, p 110).

Cortex cérébral : « *Cortex : couche superficielle du cerveau de 3 à 5 mm d'épaisseur, constituée par des corps cellulaires de neurones (substance grise) qui s'organisent en aires spécialisées, sensorielles ou motrices* ». (Hatier, 1ère S, 2001, p 372).

Le cortex est formé de *« Six couches de neurones»* (Bordas, 1ère S, 2001).

Synapse : « *Synapse nf, 1897 [formé avec le préfixe sun, avec et aptein, joindre.] Angl. Synapse. On appelle synapse la zone de contact entre deux neurones (synapse interneuronale), entre un neurone moteur et une cellule effectrice, cellule glandulaire ou cellule musculaire, entre une cellule sensorielle ou récepteur sensoriel et un neurone sensoriel. C'est au niveau de cette zone que s'effectue la transmission des messages nerveux, d'un élément présynaptique à un élément postsynaptique. On distingue les synapses*

chimiques, de loin les plus répandues, et les synapses électriques, rares chez les mammifères ». (Aimé-Genty, 1997, p 168).

Réseau neuronal : « *Il ne s'agit pas d'un ensemble anatomique figé de neurones, mais de cellules activées transitoirement et simultanément qui interagissent entre elles à un moment donné. Ces neurones forment des connexions qui se renforceraient de manière spécifique avec l'expérience et l'apprentissage* ». (Gandolfo et Grammont, 2005, p 296)

Plasticité cérébrale :

« - *nf, XVIIIe siècle [du grec plasticos, qui se prête au modelage, de plassein, façonner, modeler.] Ang plasticity. Capacité du système nerveux immature à s'adapter aux modifications du milieu interne ou externe. Elle peut être appréciée en étudiant les remaniements des réseaux neuronaux en réponse à la lésion ou à la manipulation des paramètres de l'environnement, car ils peuvent révéler des mécanismes utilisés au cours du développement normal. Un neurone embryonnaire est en effet capable de réorienter son axone et de former de nouvelles connexions synaptiques quand sa cible normale a disparu* ». (Aimé-Genty, 1997).

Aire de Broca :

« *Aire de lobe frontal, spécialisée dans la production du langage* » (Purves et al, 1999).

Epigenèse cérébrale :

Vidal (2001) définit l'épigenèse cérébrale : « *A la naissance, le programme génétique a défini les grandes lignes de l'architecture du cerveau et les neurones cessent de se multiplier*[1]. *Cependant, la construction du cerveau est loin d'être terminée : 90 % des circuits de neurones vont se former progressivement dans les années qui suivent la naissance. C'est précisément sur la construction de ces circuits que l'environnement intervient sous ses diverses formes, qu'il s'agisse du milieu intérieur (alimentation, hormones) ou extérieur (interactions familiales et sociales, rapport au monde)* ».

2.5.3. Présentation des résultats de la question 5

Nous présentons ci-dessous des exemples de définitions correctes des personnes interrogées :

Neurone : « *unité de structure et de fonctionnement du système nerveux* ».

[1] « Les neurones cessent de se multiplier » est une affirmation à discuter (Voir cadre théorique scientifique, 2.1.5. La non multiplication des neurones après la naissance : un dogme scientifique ébranlé, p 57).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Cortex : « *c'est l'enveloppe du cerveau formée par les aires : substance grise* ».

Synapse : « *zone de liaison entre neurones ou un neurone et une cellule musculaire* ».

Réseau neuronal : « *ensemble de neurones qui possèdent des fonctions nerveuses particulières* »

Plasticité cérébrale : « *capacité de modifier les réseaux neuronaux* »

Aire de Broca : « *aire de langage* »

Epigenèse cérébrale : « *le cerveau évolue avec l'évolution de l'homme. Il n'est pas préalablement programmé*»

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Essayons de présenter tous les résultats de la question 5 dans un seul tableau.

Tableau 19. Les réponses à la question 5, fermée et ouverte

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 86.5 % des enseignants des SVT (64/74) connaissent le terme « neurone » et 87.8 % (65 sur 74) ont donné une définition correcte.

Catégorie	Nombre et pourcentage des personnes qui ont répondu (oui et +/-)					Nombre et pourcentage des personnes qui ont donné des définitions correctes				
Public interrogé	Enseignants SVT	Futurs enseignants SVT	Enseignants d'autres disciplines	Doctorants (*)didacticiens des sciences	Test Khi 2 ($\aleph^2$)	Enseignants SVT	Futurs enseignants SVT	Enseignants d'autres disciplines	Doctorants(*) didacticiens de sciences	Test Khideux ($\aleph^2$)
Neurone	64/74 (86.5%)	154/158 (97.5 %)	26/43 (60.5%)	31/33 (93.9 %)	9.04^{E-11} p< 0.01 (TS)	65/74 (87.8 %)	130/158 (82.3%)	22/43 (51.2%)	28/33 (84.8 %)	1.09^{E-05} p< 0.01 (TS)
Cortex	64 (86.5%)	142 (89.9%)	19 (44.2%)	17 (51.5 %)	8.3^{E-13} p< 0.01 (TS)	64 (86.5%)	83 (52.5 %)	11 (25.6%)	21 (63.6 %)	6.8^{E-10} p< 0.01 (TS)
Synapse	64 (86.5%)	153 (96.8 %)	12 (27.9%)	29 (87.9 %)	1.07^{E-25} p< 0.01 (TS)	69 (93.2%)	132 (83.5 %)	9 (20.9%)	29 (87.8 %)	1.7^{E-20} p< 0.01 (TS)
Réseau Neuronal	53 (71.6%)	128 (81%)	19 (44.2%)	26 (78.8 %)	2.4^{E-05} p< 0.01 (TS)	55 (74.3%)	91 (57.6 %)	11 (25.6%)	28 (84.8 %)	6.04^{E-08} p< 0.01 (TS)
Plasticité	19 (25.7%)	43 (27.2%)	8 (18.6%)	9 (27.3 %)	0.7 p> 0.05 (NS)	7 (9.4 %)	3 (1.5 %)	2 (4.6 %)	13 (39.4 %)	
Aire	20 (27 %)	16 (10 %)	3 (7 %)	8 (24.2 %)		19 (25.7%)	15 (9.5 %)	1 (2.3 %)	13 (39.4 %)	
Epigenèse	9 (12.2%)	33 (20.9%)	3 (7 %)	3 (9.1 %)		3 (4 %)	9 (5.7 %)	2 (4.6 %)	5 (15.1 %)	
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	n = 33		n = 74	n = 158	n = 43	n = 33	

(*) : Les résultats des doctorants didacticiens des sciences sont extraits de l'article de Clément (1999) « Situated conceptions theory and methodology from the collection of data to the analysis of conceptions », table 3, page 307.

(Pour plus d'information, consulter l'annexe de la première partie n° 1.5, tableaux A 18, 19 et 20)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.5.4. Analyse et interprétation des résultats de la question 5

Nous allons voir quelles seraient les conclusions possibles :

- Pour les termes (neurone, cortex et synapse), la différence significative vient de ce que les enseignants non biologistes ont nettement moins bien su que les autres : c'est particulièrement net pour le terme synapse (20 % au lieu de 83 à 93 % pour les autres échantillons).

  Il s'agit bien de connaissances académiques, que les enseignants non biologistes maîtrisent moins bien.

  Mais ce sont les enseignants des SVT qui en ont donnés, plus que les autres, une définition correcte des termes neurone, cortex et synapse, car ils enseignent ces concepts.

  Pour le terme cortex, on retrouve le même effet (25 % chez les enseignants non biologistes contre 52 à 86 % pour les enseignants et futurs enseignants des SVT tunisiens). Mais les doctorants scientifiques européens, dont la plupart sont physiciens ou chimistes, répondent eux-mêmes moins bien que les enseignants biologistes.
- Concernant le terme réseau neuronal, la différence entre les 4 échantillons est très significative au seuil de 0.01.

  D'après les réponses aux questions fermées, les futurs enseignants des SVT savaient, plus que les autres, ce qu'est un réseau neuronal.

  Mais ce sont les doctorants didacticiens des sciences qui en ont donnés, plus que les autres, une définition correcte peut-être parce que c'est un concept qu'on rencontre plus en didactique des sciences.
- Remarquons d'autre part que ces concepts (neurone, cortex, synapses et réseau neuronal) semblent bien connus par le public interrogé excepté l'échantillon d'enseignants d'autres disciplines qui est le seul échantillon constitué en majorité (63 %) de littéraires qui n'ont pas de formation biologique.

  Il semble que malgré l'acquisition des connaissances sur ces concepts, au secondaire ou à l'université, les personnes interrogées n'ont pas mobilisé leur savoir pour argumenter leurs réponses aux questions 1, 2, 3 et 4.
- Les termes « plasticité cérébrale » et «épigenèse cérébrale » sont très mal connus par les tunisiens (aucun échantillon ne dépasse 10 %) car ils ne sont pas enseignés en Tunisie.

  Les revues scientifiques vulgarisaient ces notions depuis 1983 date de l'apparition de l'ouvrage de Changeux « L'homme neuronal ».

  Il semble que peu de personnes tunisiennes interrogées (tableau 4, p 85) déclaraient lire les revues scientifiques, d'ailleurs parfois pour des raisons tout à fait logiques (salaire bas,

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

éloignement, difficulté ou absence de distribution de ces revues, etc.). L 'effet de ce manque d'informations chez les enseignants est senti dans l'analyse des deux premières questions. Les enseignants ne voient pas de relation entre un support anatomique cérébral et les différences dans la façon de penser et de se comporter.

2.5.5. Conclusion

Les résultats de la question 5 révèlent des lacunes de connaissances, mais aussi l'étendue de connaissances qui n'ont pas été mobilisée pour répondre aux questions précédentes. Ils peuvent être interprétés en fonction des interactions KVP (Clément, 1998, 2004) :

- dans la situation académique comme la question 5, les connaissances (K) n'ont pas ou très peu d'interactions avec les valeurs (V), mais très liées à une pratique (P) académique : le contrôle des connaissances.
- pour des questions vives (questions 1 et 2), les valeurs (V) prennent le dessus et toutes les connaissances (K) ne sont pas mobilisées.
- dans la situation intermédiaire (question 3 : dessin), toutes les connaissances (K) ne sont pas mobilisées, la situation favorisant un savoir scolaire anatomique (pratique sociale "P" des dessins réalisés dans le cadre scolaire).

2.6. La question 6

Présentation générale de la question 6

6.1* Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être atteints de mucoviscidose ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

6.2 * Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être myopathes ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

6.3 * Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être très bons violonistes ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

6.4 * Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être immunisés contre la rougeole ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

6.5 * Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être alcooliques ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

6.6 * Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être de sexe masculin ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

6.7 * Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être très bons à l'école ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

6.8 * Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être agressifs ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

6.9 * Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être croyants en Dieu ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

Points de vue de certains auteurs sur la question de la prédisposition génétique

Atlan : « *On commence par prendre un certain nombre de traits visibles (couleur de la peau, taille, nature des cheveux), facilement identifiables et transmis effectivement par des gènes. Puis on tente d'associer à ces caractères visibles d'autres non visibles concernant le comportement : agressivité, intelligence, aptitude à la musique ou aux abstractions, entre autres ! Tous caractères que personne n'a jamais prouvé être génétiquement déterminés (ni le contraire d'ailleurs… »)* (Atlan & Bousquet, 1994, p.p. 189-190).

Kahn : « *il est certainement bien plus confortable pour les classes dirigeantes de considérer que les désordres de la société, l'exclusion, la drogue, la violence sont les conséquences soit des gènes, soit des virus idéologiques propres aux couches de la population en proie à ces soubresauts, plutôt que celles de la somme des réactions individuelles et collectives de révolte contre les inégalités croissantes engendrées par un libéralisme sans complexe grisé par ses succès.* » (Kahn, 2000, p. 196).

Prochiantz : « *dire qu'il n'y a jamais de base génétique ou physique à un comportement serait idiot* » (Oliva, 1995)

2.6.1. La question 6.1 :

2.6.1.1. Présentation de la question 6.1

* Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être atteints de mucoviscidose ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.6.1.2. Points de vue de certains auteurs sur la question 6.1 (mucoviscidose)

Notons au préalable ce que nous avons trouvé dans l'encyclopédie médicale de la famille (1991, p 667) : « *La mucoviscidose est une maladie héréditaire présente dès la naissance. Elle est caractérisée par une tendance aux infections pulmonaires chroniques et par la non-absorption des graisses et d'autres éléments nutritifs. Elle est due à la présence d'un gène défectueux. L'anomalie est de type récessif, ce qui signifie qu'elle doit avoir été héritée des deux parents pour être manifeste. Les sujets qui héritent du gène par un seul de leurs parents sont porteurs du gène : ils n'en ont, en principe, pas connaissance et ne souffrent d'aucun symptôme* ».

Pour un auteur comme Atlan (1994, p196): « *pour la mucoviscidose, par exemple, c'est clair : le gène, c'est la séquence qui code pour une protéine responsable du transport du chlore, dont la déficience semble être responsable de la maladie*».

2.6.1.3. Présentation des résultats de la question 6.1

Les réponses des personnes interrogées peuvent être réparties comme suit :

Tableau 20. Les réponses à la question fermée 6.1.

Prof / Réponse	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplines nbre et (%)	total
Oui $\chi^2 = 1.3^{E-08}$ $p < 0.01$ (TS)	58 (78.4 %)	57 (36.1 %)	20 (46.5 %)	135 (49.1 %)
Non	11 (14.9 %)	19 (12 %)	4 (9.3 %)	34 (12.4 %)
NR $\chi^2 = 2.7^{E-10}$ $p < 0.01$ (TS)	5 (6.7 %)	82 (51.9 %)	19 (44.2 %)	106 (38.5 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	n = 275

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Analyse des justifications exprimées

Nous avons classé les termes rencontrés dans les deux « catégories » suivantes :

- « Environnement » = environnement, acquis, maladie microbienne, vaccin, éducation, milieu, tradition, fréquentation, apprentissage, religion, culture, école, après la naissance, brassage ou rencontre des chromosomes X et Y, etc.
- « Génétique » = génétique, héréditaire, innée, mariage consanguin, parents hétérozygotes, don, etc.

Les arguments utilisés pour justifier la question 6.1 dans les trois échantillons sont :

Tableau 21. Les arguments relatifs à la question 6.1 ouverte

Prof / Argument	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplines nbre et (%)	Total
Environnement	0 (0 %)	1 (0.6 %)	0 (0 %)	1 (0.4 %)
Génétique $\chi^2 = 2.6^{E-10}$ $p < 0.01$ (TS)	**43 (58.1 %)**	**27 (17.1 %)**	**8 (18.6 %)**	**78 (28.4 %)**
Environnement et génétique	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Non génétique	2 (2.7 %)	3 (1.9 %)	0 (0 %)	5 (1.8 %)
Autre	4 (5.4 %)	1 (0.6 %)	0 (0 %)	5 (1.8 %)
Ne justifie pas $\chi^2 = 1.6^{E-12}$ $p < 0.01$ (TS)	**25 (33.8 %)**	**126 (79.7 %)**	**35 (81.4 %)**	**186 (67.6 %)**
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

(Pour lire des exemples de réponses à cette question, consulter l'annexe de la première partie n° 1.6, tableaux A 27.1)

2.6.1.4. Analyse et interprétation des résultats de la question 6.1

- Le terme mucoviscidose est très mal connu par le public interrogé. 38 % (106/275, tableau 20, p 121) des personnes interrogées ne répondent pas à la question « oui ou non ». C'est le pourcentage le plus élevé d'abstention parmi les 9 sous questions (tableau 39, p 149).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Ceci pourrait être dû à la non compréhension du terme « mucoviscidose » comme l'écrit le ou la futur(e) enseignant(e) n° 19 « *Je ne connais pas le terme : mucoviscidose* » (consulter l'annexe de la première partie n° 1.6 de la question 6).

- Soulignons aussi que 67 % (186/275, tableau 21, p 122) des personnes interrogées ne justifient pas leurs réponses. C'est le pourcentage le plus élevé d'absence d'argumentation parmi les 9 sous questions (tableau 41, p 151). Les 2/3 des enseignants des SVT justifient leur réponse, pour la plupart correctement, alors que seulement 20 % des autres échantillons font de même.
- Nous pouvons constater que les enseignants des SVT semblent connaître mieux la prédisposition génétique de la mucoviscidose, répondre plus et justifier plus en fournissant plus d'arguments génétiques que les autres échantillons. Ces différences pourraient être expliquées par le fait que les professeurs des SVT ont enseigné la génétique en prenant la mucoviscidose comme exemple à l'instar de plusieurs manuels français de biologie. De plus ils ont consulté plus que les autres ces manuels et les revues scientifiques (tableau 4, p 85). que les enseignants non biologistes connaissent mal cette maladie génétique ne peut surprendre, et mesure l'impact limité de la télévision française en Tunisie (impact du téléton sur les maladies génétiques). En revanche, que les futurs enseignants des SVT connaissent aussi mal cette maladie génétique classique est quelque peu inquiétant sur la façon dont la génétique est (mal) enseignée ou assimilée dans le secondaire comme dans le supérieur tunisien en Biologie.

2.6.2. La question 6-2 :

2.6.2.1. Présentation de la question 6.2

* Y a t il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être myopathes ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

2.6.2.2. Points de vue de certains auteurs sur la question 6.2 (myopathie)

D'après l'encyclopédie médicale de la famille (1991, p 670 et 677) : « *La myopathie ou dystrophie musculaire est une anomalie génétique récessive ou dominante qui provoque une faiblesse progressive des muscles entraînant une infirmité progressive. Certaines formes apparaissent dès la naissance ; d'autres, plus nombreuses ; au cours de l'enfance ; d'autres enfin vers 50 ou 60 ans. Il en existe diverses formes selon l'âge auquel apparaissent les*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

premiers symptômes, la rapidité de développement de la maladie, et son mode de transmission héréditaire. La myopathie est parfois provoquée par une intoxication chimique, sous l'effet néfaste d'un médicament (corticothérapie) »

Purves et al (1999) proposent la définition suivante : « *La myopathie est une anomalie génétique récessive ou dominante. Elle est parfois provoquée par une intoxication chimique, sous l'effet néfaste d'un médicament* »

Il est utile de remarquer à ce propos, comme l'a fait Atlan (1994, p 68), que : « *la mucoviscidose, la myopathie de Duchenne, la tension artérielle, le diabète, bref…on ne les appelle plus maladies génétiques mais plutôt maladies à composante génétique* ».

2.6.2.3. Présentation des résultats de la question 6.2

Les réponses à la question 6.2 fermée dans les trois échantillons peuvent être réunis comme suit :

Tableau 22. Les réponses à la question 6-2 fermée.

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 66.2 % des professeurs des SVT (49/74) ont répondu « oui » à la question 6.2.

Prof / Réponse	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplines nbre et (%)	total
Oui χ^2 = 0.08 p> 0.05 (NS)	49 sur 74 (66.2 %)	86 sur 158 (54.4 %)	20 sur 43 (46.5 %)	**155 sur 275** **(56.4 %)**
Non χ^2 = 0.48 p> 0.05 (NS)	19 (25.7 %)	30 (19 %)	10 (23.2 %)	**59** **(21.4 %)**
NR **χ^2= 0.002** **p< 0.01 (TS)**	**6** **(8.1 %)**	**42** **(26.6 %)**	**13** **(30.2 %)**	**61** **(22.2 %)**
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Les arguments relatifs à la question 6.2 dans les trois échantillons se répartissent de la façon suivante :

Tableau 23. Les arguments relatifs à la question 6-2 ouverte.

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : Aucun professeur des SVT n'a utilisé des arguments environnementaux pour justifier sa réponse à la question 6.2.

prof / argument	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplines nbre et (%)	Total
Environnement	0 (0 %)	1 (0.6 %)	0 (0 %)	1 (0.4 %)
Génétique $\chi^2 = 8.2^{E-08}$ **p< 0.01 (TS)**	**48 (64.9 %)**	**52 (32.9 %)**	**7 (16.3 %)**	**107 (38.9 %)**
Environnement et génétique	0 (0 %)	1 (0.6 %)	0 (0 %)	1 (0.4 %)
Non génétique	0 (0 %)	8 (5.1 %)	1 (2.3 %)	9 (3.3 %)
Autre	0 (0 %)	4 (2.5 %)	1 (2.3 %)	5 (1.8 %)
Ne justifie pas $\chi^2 = 1.2\ E^{-05}$ **p< 0.01 (TS)**	**26 (35.1 %)**	**92 (58.2 %)**	**34 (79.1 %)**	**152 (55.3 %)**
Effectif total	n = 74 (100 %)	n = 158 (100 %)	N = 43 (100 %)	N = 275 (100 %)

(Pour lire des exemples de réponses à cette question, consulter l'annexe de la première partie n° 1.6, tableaux A 27.2)

2.6.2.4. Analyse et interprétation des résultas de la question 6.2

L'analyse des réponses à cette question permet de constater que le terme « myopathie » est mieux connu que celui de « mucoviscidose ». Les résultats de cette question (tableaux 22 et 23) sont presque similaires à ceux de la question 6-1 donc ils corroborent les mêmes conclusions :

- Plus que la moitié (56,4 %, tableau 22) des personnes interrogées savent que la myopathie est une maladie génétique héréditaire.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Certaines personnes interrogées ont donné des réponses contradictoires ou elles n'ont pas compris l'expression « prédisposition génétique » ou elles confondent génétique et acquis : exemple futur(e) enseignant(e) des SVT n° 37 : non + « *La myopathie est héréditaire* » (consulter l'annexe de la première partie n° 1.6 de la question 6).

- Les différences entre les trois échantillons sont très significatives. Les enseignants des SVT répondent plus et justifient plus en fournissant plus d'arguments génétiques que les autres échantillons. Ces différences pourraient être expliquées par le fait que les enseignants des SVT ont enseigné la génétique en prenant la myopathie comme exemple à l'instar de plusieurs manuels français de biologie. De plus ils ont consulté plus que les autres ces manuels et des revues scientifiques (tableau 4 p 85).

Les enseignants d'autres disciplines fournissent moins d'arguments génétiques (16,3 %, tableau 23) que leurs collègues car ils n'ont pas de formation biologique.

Il est intéressant de constater que les futurs enseignants des SVT se situent régulièrement entre le pôle constitué enseignants des SVT (où les 2/3 savent que c'est génétique, et le justifient) et le pôle enseignants non biologistes (où 46 % disent que c'est génétique, seulement 16 % le justifient).

La différence n'est donc pas due uniquement à une formation en biologie (dans ce cas, les futurs enseignants au moins aussi performants que les enseignants de biologie). Elle n'est pas due non plus à la seule pratique d'enseignement. Mais elle est due à la pratique de l'enseignement de biologie. C'est en l'enseignant qu'on apprend, comprend et retient la biologie. Ce qui justifie a posteriori nos recherches sur les conceptions / connaissances des enseignants / futurs enseignants.

2.6.3. La question 6-3

2.6.3.1. Présentation de la question 6.3

* Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être très bons violonistes ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.6.3.2. Points de vue de certains auteurs sur la question 6.3

Il est utile de souligner qu'il n'existe pas de gène du bon violoniste bien que certains enfants d'artistes fassent des carrières artistiques. Cela est sans doute plus lié à des raisons épigénétiques que génétiques. Elbert et al (1996) ont remarqué que des observations sur le cortex des violonistes apportent la preuve d'une étonnante plasticité : la stimulation répétée d'une partie du corps (en l'occurrence les doigts de la main gauche) entraîne une modification significative des zones de représentation sensorielle à l'intérieur du cerveau.

2.6.3.3. Présentation des résultats de la question 6.3

Comment se présentent les réponses à cette question ?

Tableau 24. Les réponses à la question 6.3 fermée.
(L'effectif des futurs enseignants est égal à 159 au lieu de 158 car une personne a donné deux réponses en même temps donc elle est comptée avec les oui et avec les non).

Prof / Réponse	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplines nbre et (%)	total
Oui $\aleph^2 = 0.09$ p>0.05 (NS)	22 (29.7 %)	31 (19.5 %)	14 sur 43 (32.7 %)	67 sur 276 (24.3 %)
Non $\aleph^2 = 0.72$ p> 0.05 (NS)	42 (56.8 %)	98 (61.6 %)	25 (58.1 %)	165 (59.8 %)
NR $\aleph^2 = 0.24$ p> 0.05 (NS)	10 (13.5 %)	30 (18.9 %)	4 (9.3 %)	44 (15.9 %)
Effectif total	n = 74	n = 159	n = 43	**n = 276**

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Quand aux arguments présentés par les trois échantillons, ils se répartissent ainsi :

Tableau 25. Les arguments relatifs à la question 6.3 ouverte.

prof / Argument	Prof de SVT nbre et (%)	Futur prof de SVT nbre et (%)	Profs d'autres Disciplines nbre et (%)	Total nbre et (%)
Environnement $\aleph^2$= 0.99 p>0.05 (NS)	15 (20.3 %)	32 (20.2 %)	9 (20.9 %)	56 (20.4 %)
Génétique $\aleph^2$=0.029 0.01<p<0.05(S)	13 (17.6 %)	10 (6.3 %)	5 (11.6 %)	28 (10.2 %)
Environnement Et génétique	2 (2.7 %)	1 (0.6 %)	0 (0 %)	3 (1.1 %)
Non génétique	3 (4 %)	25 (15.8 %)	0 (0 %)	28 (10.2 %)
Autre	1 (1.3 %)	6 (3.8 %)	0 (0 %)	7 (2.5 %)
Ne justifie pas $\aleph^2$ = 0.23 p> 0.05 (NS)	40 (54 %)	84 (53.2 %)	29 (67.4 %)	153 (55.6 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

(Pour lire des exemples de réponses à cette question, consulter l'annexe de la première partie n° 1.6, tableaux A 27.3)

2.6.3.4. Analyse et interprétation des résultats de la question 6.3

La lecture des deux tableaux précédents permet de voir que :

- La majorité des personnes interrogées dans les trois échantillons (59,8 %, tableau 24) refusent le déterminisme génétique dans le cas d'aptitude à être très bon violoniste. Mais ¼ de ces personnes (24.3 %) pensent que c'est génétique, ce qui est une proportion importante, plus forte chez les plus âgés (autour de 30 %) que chez les futurs enseignants (20 %). 17 % des enseignants des SVT justifient ce choix d'un déterminisme génétique.
- La majorité des personnes interrogées dans les trois échantillons (55,6 %, tableau 25) ne justifient pas leurs réponses car l'argumentation est difficile à trouver, surtout dans cette question qui relève de l'épigenèse et de la plasticité cérébrale. Ces deux derniers termes sont ignorés par la majorité des personnes interrogées (tableau 19, p 117).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Notons ici que 20,4 % des personnes interrogées utilisent des arguments environnementaux de type acquis, apprentissage, milieu, etc. selon le modèle causal linéaire (environnement → phénotype). 1,1 % utilisent des arguments environnementaux et génétiques selon le modèle additif (génotype + environnement → phénotype). 10,2 % utilisent des arguments génétiques selon le modèle causal linéaire (génotype→ phénotype), (Forissier et Clément, 2003).
- Une minorité (18/275) des personnes interrogées affirme que c'est un don, argument classé dans la catégorie «génétique ».
- A propos des arguments génétiques, la différence entre les trois échantillons est significative au seuil de 0.05 ($\aleph^2$ = 0.029, tableau 25, 3ème ligne, p 128) : les enseignants des SVT utilisent les arguments génétiques plus que les autres échantillons car ils sont les plus prisonniers du paradigme du « tout génétique ». Par contre les professeurs d'autres disciplines utilisent moins les arguments génétiques car ils n'ont pas hérité, comme leurs collègues biologistes, l'obstacle didactique de l'enseignement de la biologie qui se manifeste dans l'argumentation génétique de tous les caractères.
- Certains enquêtés ont confondu violence et violoniste comme l'écrit la future enseignante de biologie n° 45 « *La violence est un comportement mais pas une maladie* » (consulter l'annexe de la première partie n° 1.6 de la question 6). Cette question du bilinguisme français-arabe dans l'enseignement scientifique tunisien pose quelques problèmes spécifiques qui semblent minoritaires dans les échantillons sur lesquels nous avons travaillé.
- Et d'autres ont donné des réponses contradictoires ou elles n'ont pas compris l'expression « prédisposition génétique » ou elles confondent génétique et acquis : exemple future enseignante de biologie n° 32 « *oui + En écoutant la musique et en achetant des instruments* » (consulter l'annexe de la première partie n° 1.6 de la question 6).

2.6.4. La question 6.4

2.6.4.1. Présentation de la question 6.4

* Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être immunisés contre la rougeole ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.6.4.2. Notre point de vue sur la question 6.4

A notre connaissance, il n'existe pas de gène d'immunisation contre la rougeole. L'immunisation est un caractère acquis après le premier contact avec la maladie ou après le vaccin.

2.6.4.3. Présentation des résultats de la question 6.4

Les réponses à la question 6.4 fermée dans les trois échantillons se présentent comme suit :

Tableau 26. Les réponses à la question 6.4 fermée.

Prof / Réponse	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplines Nbre et (%)	Total nbre et (%)
Oui $\aleph^2 = 0.31$ p> 0.05 (NS)	6 (8.1 %)	23 (14.6 %)	7 (16.3 %)	36 (13.1 %)
Non $\aleph^2 = 0.07$ p> 0.05 (NS)	63 (85.1 %)	113 (71.5 %)	31 (72.1 %)	207 (75.3 %)
NR $\aleph^2 = 0.28$ p> 0.05 (NS)	5 (6.7 %)	22 (13.9 %)	5 (11.6 %)	32 (11.6 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Quant aux arguments :

Tableau 27. Les arguments relatifs à la question 6.4 ouverte.

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 48.6% des professeurs des SVT (36/74) ont fourni des arguments environnementaux pour justifier leurs réponses à la question 6.4.

Prof / Argument	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplines nbre et (%)	Total nbre et (%)
Environnement $\aleph^2$ =0.006 **p<0.01 (TS)**	**36 (48.6 %)**	**46 (29.1 %)**	**11 (25.6 %)**	**93 (33.82 %)**
Génétique	1 (1.3 %)	5 (3.2 %)	3 (7 %)	9 (3.3 %)
Environnement et génétique	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Non génétique	8 (10.8 %)	19 (12 %)	1 (2.3 %)	28 (10.2 %)
Autre	1 (1.3 %)	8 (5.1 %)	0 (0 %)	9 (3.3 %)
Ne justifie pas $\aleph^2$ = 0.015, 0.01<p< .05(S)	**28 (37.8 %)**	**80 (50.6 %)**	**28 (65.1 %)**	**136 (49.4 %)**
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

(Pour lire des exemples de réponses à cette question, consulter l'annexe de la première partie n° 1.6, tableaux A 27.4)

2.6.4.4. Analyse et interprétation des résultats de la question 6.4

Les résultats de cette question (tableau 26) corroborent ceux de la question 6.3 :

- Il n'y a pas de différence significative entre les trois échantillons dans leur refus du déterminisme génétique (tableau 24, 3ème ligne, p 127). Donc nous allons commenter le total : 75,3 % des personnes interrogées déclarent qu'il n'y a pas de déterminisme génétique dans l'immunisation contre la rougeole mais seulement 33,82 % d'entre-eux donnent des arguments environnementaux. Donc le refus déclaré du déterminisme génétique ne se fonde pas sur des bases scientifiques solides. D'ailleurs, chez la moitié des interrogées (49.4 %, tableau 27), ce refus n'est pas justifié du tout.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Les différences entre les trois échantillons sont significatives concernant les arguments environnementaux ($\aleph^2$ = 0.006, tableau 27, 2éme ligne) et à propos de la non-justification des réponses ($\aleph^2$ = 0.015, tableau 25, avant dernière ligne, p 128) par conséquent on peut dire que les professeurs des SVT justifient plus leurs réponses en utilisant plus que les autres échantillons les arguments environnementaux. Il semble qu'ils connaissent mieux l'immunisation car ils l'enseignent. En revanche les futurs enseignants des SVT ont appris ces questions, mais sont aussi imprécis dans leurs réponses que les enseignants non biologistes.
- Quelques enquêtés ont donné des réponses contradictoires ou elles n'ont pas compris l'expression « prédisposition génétique » ou elles confondent génétique et acquis : exemple future enseignante des SVT n° 49 : « *oui + la femme enceinte subit des vaccins et des tests médicaux pour la protection de son fœtus* » (consulter l'annexe de la première partie n° 1.6 de la question 6).

2.6.4.5. Conclusion

Ainsi, pour une maladie qui n'a rien d'héréditaire, nous aboutissons à des conclusions voisines de celles formulées à propos d'exemples classiques de maladies génétiques : les enseignants des SVT sont ceux qui ont les meilleures connaissances, les enseignants non biologistes ceux qui en ont le moins, les futurs enseignants de biologie étant situés entre les deux.

Il est cependant notable que l'idéologie héréditariste s'exprime même dans cet exemple sur la rougeole par 13 % des réponses. Ce pourcentage était de 24 % pour le déterminisme d'être un bon violoniste.

2.6.5. La question 6-5

2.6.5.1. La présentation de la question 6.5

* Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être alcooliques ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

2.6.5.2. Points de vue de certains auteurs sur la question 6.5

Comme l'affirme Chambon (1993), non, aucune recherche ne permet aujourd'hui de dire s'il existe ou non une composante génétique dans l'alcoolisme : « *Evelyne Dumont - Damien, de l'Université de Reims, et Michel Duyme du CNRS, tous deux spécialistes de l'analyse*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

génétique des comportements et auteurs d'un ouvrage récent sur le thème " génétique et alcoolisme", ont analysé plus de trois cent cinquante études cherchant à déterminer les gènes de la susceptibilité à l'alcoolisme, soit l'essentiel de ce qui a été publié à ce jour. Bilan de leur enquête rigoureuse et systématique : aucune recherche ne permet aujourd'hui de dire s'il existe ou non une composante génétique dans l'alcoolisme. Certes, il y a bien quelques pistes, comme celle proposée par Kenneth Blum, de l'université de Texas. Son équipe a trouvé un marqueur génétique de l'alcoolisme associé au récepteur de la dopamine, un neurotransmetteur impliqué dans la sensation de plaisir et les états de dépendance, chez 77 % des alcooliques, alors qu'il n'est représenté que chez 28 % des non-buveurs. Une découverte qui devra être confirmée par d'autres groupes. Mais peut-on raisonnablement expliquer le comportement de dizaines de millions d'alcooliques à partir des neurones des 70 sujets de l'étude ? Pire encore : six équipes ont repris les recherches sur le marqueur incriminé sans trouver la moindre association avec les conduites alcooliques. Ce que la presse s'est bien gardée de relever, et qui n'a pas empêché Kenneth Blum de déposer un brevet sur un test génétique de l'alcoolisme. Test qui ne pourra jamais dire à coup sûr si les personnes positives deviendront alcooliques ou non. »

2.6.5.3. Présentation des résultats de la question 6.5

Nos enquêtés ont répondu :

Tableau 28. Les réponses à la question 6.5 fermée.

L'effectif (n = 159) des futurs enseignants s'explique par le fait que l'un d'eux a coché en même temps la case « oui » et la case « non » donc on l'a comptabilisé deux fois.

Prof / Réponse	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplines nbre et (%)	Total nbre et (%)
Oui $\aleph^2 = 0.5$ p> 0.05 (NS)	11 (14.9 %)	19 (11.9 %)	8 (18.6 %)	38 (13.8 %)
Non $\aleph^2 = 0.9$ p> 0.05 (NS)	58 (78.4 %)	125 (78.6 %)	34 (79.1 %)	217 (78.6 %)
Ne répond pas	5 (6.7 %)	15 (9.4 %)	1 (2.3 %)	21 (7.6 %)
Effectif total	n = 74	n = 159	n = 43	**n = 276**

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Et ils ont argumenté leurs réponses de la façon suivante :

Tableau 29. Les arguments relatifs à la question 6.5 ouverte.

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 37.8 % des professeurs de SVT (28/74) ont utilisé des arguments environnementaux pour justifier leurs réponses à la question 6.5.

Prof / Argument	*Prof de* SVT nbre et (%)	*Futur prof de* SVT nbre et (%)	*Profs d'autres Disciplines nbre et (%)*	*Total nbre et (%)*
Environnement $\aleph^2 = 0.6$ p> 0.05 (NS)	28 (37.8 %)	51 (32.6 %)	13 (30.2 %)	92 (33.4 %)
Génétique	2 (2.7 %)	3 (1.9 %)	0 (0 %)	5 (1.8 %)
Environnement Et génétique	0 (0 %)	1 (0.6 %)	0 (0 %)	1 (0.4 %)
Non génétique	6 (8.1 %)	26 (16.4 %)	2 (4.6 %)	34 (12.4 %)
Autre	2 (2.7 %)	6 (3.8 %)	0 (0 %)	8 (2.9 %)
Ne justifie pas $\aleph^2 = 0.06$, p> 0.05 (NS)	36 (48.6 %)	71 (44.9 %)	28 (65.1 %)	135 (49.1 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

(Pour lire des exemples de réponses à cette question, consulter l'annexe de la première partie n° 1.6, tableaux A 27.5)

2.6.5.4. Analyse et interprétation des résultats de la question 6.5

Les différences entre les trois échantillons dans les deux tableaux ne sont pas significatives. Commentons l'ensemble du tableau :

- 78 % des personnes interrogées ont répondu non à la prédisposition génétique de l'alcoolisme (tableau 28, 3ème ligne). Cet antihéréditarisme dans ce cas pourrait trouver ses origines dans l'éducation religieuse qui bannit l'alcoolisme ; dans l'éducation scientifique qui considère l'alcoolisme comme une maladie ou dans les media qui présentent l'alcoolisme comme un délit.
- Un tiers des personnes a fourni des arguments environnementaux contre 1 % seulement de personnes fournissant des arguments génétiques. L'argumentation par l'environnement

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

peut révéler un déterminisme culturel de type causalité linéaire (environnement → phénotype).

- Nous constatons un faible taux d'argumentation (49 % des personnes ne justifient pas leurs réponses, tableau 29). Les personnes ont des opinions non basées sur des connaissances.
- Au total, il s'avère cependant que 13.8 % des personnes considèrent que c'est génétique (tableau 28), ce qui est un pourcentage non négligeable.

2.6.6. La question 6.6

2.6.6.1. Présentation de la question 6.6

* Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être de sexe masculin ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

2.6.6.2. Un point de vue sur la question 6.6

Non, c'est le hasard des rencontres (ou peut être sous l'influence des facteurs nutritionnels : à tort ou à raison cet argument est très controversé par les chercheurs), dans les voies génitales de la femme, qui fait qu'un spermatozoïde "Y" féconde un ovule "X" et donne un garçon. Tout en sachant que le sexe est déterminé génétiquement, il suffit d'avoir été conçu par un spermatozoïde porteur d'un chromosome "X" ou d'un chromosome "Y" pour être fille ou garçon.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.6.6.3. Présentation des résultats de la question 6.6

Les réponses de nos enquêtés se répartissent ainsi :

Tableau 30. Les réponses à la question 6.6 fermée.

Prof / Réponse	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profsd'autres disciplin nbre et (%)	Total nbre et (%)
Oui $\chi^2 = 0.0003$ **p< 0.01 (TS)**	**24 (32.4 %)**	**94 (59.5 %)**	**18 (41.9 %)**	**136 (49.4 %)**
Non $\chi^2 = 0.002$ **p< 0.01 (TS)**	**42 (56.8 %)**	**53 (33.5 %)**	**21 (48.8 %)**	**116 (42.2 %)**
Ne répond pas	8 (10.8 %)	11 (7 %)	4 (9.3 %)	23 (8.4 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

Et les arguments sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 31. Les arguments relatifs à la question 6.6 ouverte.

NB = dans la catégorie « autre », les futurs professeurs citent des arguments de type hasard (29/158 personnes) ou régime (11/158 personnes).

prof / argument	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplin nbre et (%)	Total nbre et (%)
Environnement	8 (10.8 %)	26 (16.4 %)	0 (0 %)	34 (12.4 %)
Génétique $\chi^2 = 0.47$ p> 0.05 (NS)	16 (21.6 %)	24 (15.2 %)	7 (16.3 %)	47 (17.1 %)
Environnement et génétique	0 (0 %)	1 (0.6 %)	0 (0 %)	1 (0.4 %)
Non génétique	0 (0 %)	1 (0.6 %)	1 (2.3 %)	2 (0.7 %)
Autre	18 (24.3 %)	49 (31 %)	2 (4.6 %)	69 (25.1 %)
Ne justifie pas $\chi^2 = 1.1^{E-05}$ **p< 0.01 (TS)**	**32 (43.24 %)**	**57 (36.1 %)**	**33 (76.7 %)**	**122 (44.4 %)**
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

(Pour lire des exemples de réponses à cette question, consulter l'annexe de la première partie n° 1.6, tableaux A 27.6)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.6.6.4. Analyse et interprétation des résultats de la question 6.6

Il y a une difficulté dans la question : différencier ce qui est génétique de ce qui est héréditaire. Les différences entre les trois échantillons sont significatives au seuil de 0.01 :

✓ Les futurs enseignants des SVT répondent « oui » à la prédisposition plus que les autres (khi 2 très significatif, tableau 30, 2ème ligne) donc il semble qu'ils sont plus déterministes dans ce cas car ils sont encore à la faculté sous le poids du paradigme du « tout génétique ».

✓ Les enseignants des SVT répondent « non » plus que les autres (khi 2 très significatif, tableau 30, 3ème ligne) donc ils sont plus clairs sur le plan scientifique et moins déterministes.

✓ Les enseignants d'autres disciplines justifient moins que les autres leurs réponses ($\aleph^2$ = 1.1^{E-05}, tableau 31, avant dernière ligne, p 136) car ils sont les moins formés en biologie.

✓ Enfin, certains pensent que certains régimes induisent un sexe plutôt qu'un autre. C'est le cas de futur(e) enseignant(e) n° 156 « *oui+ en mangeant des qualités particulières de nourriture* », il confond ce possible déterminisme nutritionnel avec une « prédisposition génétique ».

✓ L'ampleur de l'erreur d'appréciation des biologistes laisse cependant songeur : environ 60 % des futurs enseignants des SVT et toujours 32 % chez les enseignants des SVT en service, confondent le déterminisme génétique du sexe et son hérédité.

2.6.7. La question 6.7

2.6.7.1. Présentation de la question 6.7

* Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être très bons à l'école ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

2.6.7.2. Points de vue de certains auteurs sur la question 6.7

Le quotient intellectuel QI

Les psychologues français Alfred Binet (1857-1911) et Théodore Simon (1873-1961) ont mis au point en 1905 des tests pour mesurer l'intelligence des enfants de 3 à 15 ans. L'âge mental de l'enfant est évalué en fonction du type d'épreuves qu'il est à même de surmonter.

Exemples :

- Reconnaître la différence entre le matin et le soir : 6 ans.

- Compter de 20 à 0 par ordre décroissant : 8 ans.
- Connaître les mois de l'année dans l'ordre : dix ans.
- L'âge mental est calculé à partir des épreuves réussies. Par exemple, un enfant qui réussit tous les exercices jusqu'à l'âge de 11 ans et trois parmi les cinq épreuves de l'âge de 12 ans, a un âge mental de 11.6 ans.

Depuis les tests de QI ont été normalisés, et leurs items sont testés au préalable sur des populations témoins d'âge précis. Ne sont conservés dans les tests que les items qui permettent de répartir 95 % des individus de cette population entre les valeurs 60 et 40 de QI.

Le quotient intellectuel a été l'objet de critiques diverses

Chacun connaît des personnes ayant une intelligence extraordinaire, mais limitée à un domaine particulier. Chacun sait que l'intelligence n'est pas une capacité figée, on parle maintenant de la plasticité cérébrale et de la plasticité de l'intelligence, par exemple : un élève qui n'a pas réussi cette année, peut réussir l'année suivante. Un jeune étudiant qui a échoué dans ses études, peut récupérer à un certain âge plus avancé. Ainsi, il est aventureux de faire l'amalgame entre toutes les formes d'intelligence, et encore plus d'envisager un QI unique et universel, sans tenir compte des différences culturelles. (Neubauer, 2003, p.48).

Kahn (2000, p.p. 178-179) : « *En mai 1998, dans le journal Psychological Science […] Les auteurs en concluaient qu'un gène intervenant dans l'intelligence est porté par le chromosome 6 et est situé à proximité de la séquence polymorphe. Tous les généticiens savent l'extrême prudence avec laquelle il convient d'accueillir de tels résultats. Ce sont des approches similaires qui ont conduit, dans le passé, à des conclusions ensuite démenties portant sur la localisation de gènes dans les maladies psychiatriques et dans l'homosexualité masculine* ».

Jacquard (2002, p.p. 83-84): « *c'est à propos de l'intelligence que se pose avec plus d'acuité la question de l'inné et de l'acquis. Pour des raisons idéologiques, il est tentant d'admettre que toute activité résulte des dons de la nature, ou au contraire que l'essentiel résulte de l'aventure vécue. L'expérience idéale pour trancher entre ces deux thèses serait de comparer des vrais jumeaux élevés dans des conditions très différentes. Mais le nombre des cas observés avec rigueur est trop faible pour permettre une conclusion. Une étude bien documentée a été publiée par l'INSERM, un institut français de recherche. Trente cinq enfants de statut social très bas et adoptés par des familles de niveau élevé ont été suivis tout*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

au long de leur scolarité, et leurs parcours ont été comparés à ceux de leurs trente-neuf frères et sœurs restés dans leurs familles d'origine. Parmi les premiers, un seul échec scolaire grave a été constaté, parmi les seconds, douze. Il est clair que le développement intellectuel conditionnant l'insertion dans la société dépend plus des conditions de vie des enfants que de leur patrimoine génétique. Les gènes peuvent être responsables de cas pathologiques, mais ils n'ont guère d'influence sur la construction fine de l'intelligence».

Jeannerod : « *on prend un concept aussi global, aussi multifactoriel que l'intelligence, on le ramène à un seul facteur par des artifices statistiques, ensuite on cherche sa transmission génétique et on fait des banques du sperme pour Prix Nobel !* » (Oliva, 1995)

Giordan (1998) : "*Il faut envisager l'apprendre dans un double mouvement, du biologique au social et du social au biologique, ce qui permet de dépasser aisément les querelles habituelles sur l'inné et l'acquis. C'est de leur interaction que naît cette caractéristique de la pensée humaine que l'on nomme intelligence*".

A ceux qui disent que l'intelligence n'est pas du tout génétique mais uniquement acquise, il faut sans cesse rappeler que la genèse du cerveau est déterminée par les gènes et son épigenèse est le résultat d'interaction entre le génome et l'environnement.

2.6.7.3. Présentation des résultats de la question 6.7

Allons voir les échos de ces idées dans les réponses de nos enquêtés ?

Tableau 32. Les réponses à la question 6.7 fermée.

Quant une personne coche en même temps le « oui » et le « non », on le compte dans les deux catégories, c'est ce qui explique le changement d'effectif dans les échantillons de futurs professeurs des SVT (n = 160) et de professeurs d'autres disciplines (n = 44).

Prof / Réponse	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplines nbre et (%)	total nbre et (%)
Oui $\aleph^2 = 0.08$ p> 0.05 (NS)	34 (45.9 %)	50 (31.2 %)	14 (31.8 %)	98 (35.2 %)
Non $\aleph^2 = 0.04$ 0.01<p< 0.05(S)	**32 (43.2 %)**	**95 (59.4 %)**	**27 (61.4 %)**	**154 (55.4 %)**
Ne répond pas	8 (10.8 %)	15 (9.4 %)	3 (6.8 %)	26 (9.3 %)
Effectif total	n = 74	n = 160	n = 44	**n = 278**

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Les arguments de nos enquêtés ont été nombreux :

Tableau 33. Les arguments relatifs à la question 6.7 ouverte.

Prof / Argument	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplin nbre et (%)	Total nbre et (%)
Environnement $\aleph^2 = 0.19$ $p > 0.05$ (NS)	12 (16.2 %)	40 (25.3 %)	7 (16.3 %)	59 (21.4 %)
Génétique	12 (16.2 %)	18 (11.4 %)	4 (9.3 %)	34 (12.4 %)
Environnement et génétique	6 (8.1 %)	8 (5.1 %)	1 (2.3 %)	15 (5.4 %)
Non génétique $\aleph^2 = 0.69$ $p > 0.05$ (NS)	6 (8.1 %)	12 (7.6 %)	5 (11.6 %)	23 (8.4 %)
Autre	3 (4 %)	11 (7 %)	2 (4.6 %)	16 (5.8 %)
Ne justifie pas $\aleph^2 = 0.36$ $p > 0.05$ (NS)	35 (47.3 %)	69 (43.7 %)	24 (55.8 %)	128 (46.5 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

(Pour lire des exemples de réponses à cette question, consulter l'annexe de la première partie n° 1.6, tableaux A 27.7.a, 27.7.b et 27.7.c)

2.6.7.4. Analyse et interprétation des résultats de la question 6.7

De ces deux précédents tableaux, nous pouvons dire :

- Un tiers des personnes interrogées croient que l'intelligence est héréditaire (35,2 % ou 98/275). Ceci pourrait s'expliquer par l'impact de l'enseignement scolaire (dominance du paradigme du « tout génétique ») combiné à l'effet des media qui véhiculent une idéologie déterministe. Par contre on sait maintenant que l'intelligence se construit en fonction de l'expérience individuelle par interaction entre l'environnement et le génotype.
- La différence entre les trois échantillons à propos des réponses « non » est significative au seuil de 0.01 (tableau 32, 3ème ligne) : les enseignants d'autres disciplines refusent plus que les autres échantillons le déterminisme génétique de l'intelligence. Comme mentionné plus haut, ils sont moins prisonniers que les biologistes, du paradigme du

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

« tout génétique ». Au sein des biologistes, les plus jeunes (futurs enseignants) sont moins héréditaristes que les plus âgés (enseignants en service).

- Les autres différences entre les trois échantillons dans le tableau 33, ne sont pas significatives, il est donc préférable de commenter l'ensemble du tableau : 46 % des personnes interrogées (tableau 33) ne justifient pas leurs réponses car c'est difficile de trouver des arguments dans un temps court et en plus ces arguments relèvent de l'épigenèse qui est mal connue du public interrogé (question 5, tableau 19, p 117).
- Un exemple de réponse illustre la notion de conceptions situées chez la future enseignante des SVT n° 50 qui n'a pas défini le terme d'épigenèse dans la question 5 mais dans sa réponse à la question 6.7, il mobilise des arguments épigénétiques : « *non + Le développement du cerveau (nombre de synapses) se fait après la naissance au cours de la vie. l'enfant naît comme une page blanche qui va se remplir par la suite* » (consulter l'annexe de la première partie n° 1.6 de la question 6).
- Quelques personnes interrogées ont donné des réponses contradictoires, ce qui signifie qu'elles n'ont pas compris l'expression « prédisposition génétique » ou elles confondent génétique et acquis : elles répondent « oui » à l'existence d'une prédisposition génétique mais donnent des arguments environnementaux exemple : enseignant non biologiste n° 37 : «*oui + le niveau intellectuel des parents, l'encadrement* » (si vous souhaitez lire d'autres exemples, veuillez consulter l'annexe de la première partie n° 1.6 de la question 6). Ceci nuance (de façon marginale) les statistiques du tableau 32 p 139 car ces réponses ont été classées dans la catégorie des « oui ». D'autres ont fait le contraire « non + un argument génétique » exemple : enseignant non biologiste n° 27 « *non + je pense que l'intelligence est héréditaire* » (si vous souhaitez lire d'autres exemples, veuillez consulter l'annexe de la première partie n° 1.6 de la question 6, tableau A 27.7b). Certaines réponses sont humoristiques : future enseignante biologiste n° 86 « *oui + la femme doit lire des livres différents au moment de la grossesse* » (consulter l'annexe de la première partie n° 1.6 de la question 6, tableau A 27.7c).
- Les enseignants des SVT sont divisés : la moitié croit au déterminisme biologique et l'autre moitié croit au déterminisme culturel (45 % de « oui » et 43 % de « non », tableau 32 p 139). Il en est de même dans leurs arguments exprimés (16 % environnementaux et 16 % génétiques, tableau 33 p 140).

Cette parité entre l'inné et l'acquis chez les enseignants des SVT est sans doute le résultat du débat ancien entre l'inné et l'acquis posé de la façon suivante : déterminisme / soit uniquement génétique, soit uniquement culturel. Alors que ce débat est dépassé.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.6.8. La question 6.8

2.6.8.1. Présentation de la question 6.8

* Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être agressifs ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

2.6.8.2. Points de vue de certains auteurs sur la question 6.8

Clément et al (1981) : « *Non, il n'existe pas de gène de violence ni de " chromosome du crime". Une composante hormonale existe. Cependant, le rôle de l'environnement social est primordial. En 1965, un article dans la célèbre revue anglo-saxonne Nature établissait pour la première fois une corrélation entre le caryotype XYY, un déficit mental, et un comportement agressif. Parmi 197 détenus, les chercheurs découvrirent 7 XYY, soit bien plus que dans une population témoin de 1925 hommes examinés au hasard, dont un seul était XYY [...] Actuellement il semble admis que le pourcentage de XYY dans les institutions pénales est légèrement supérieur à 1 % et de 0.1 % dans la population générale. [...] Dans aucun article nous n'avons trouvé ce pourcentage de plus de 99 % de porteurs XYY qui n'on jamais été emprisonnés ou enfermés. Or il aurait suffi que le doigt soit mis sur cette évidence pour que le mythe du « chromosome du crime » ne puisse naître ! [...] Une erreur fréquente chez les chercheurs est de transformer une corrélation en une relation de cause à effet : une alternative possible (parmi d'autres) expliquant la corrélation entre XYY et emprisonnement, sans qu'il y ait la moindre relation de cause à effet entre les deux paramètres* ».

Kahn (2000, p 178) : « …*L'article qui rapporte ces résultats, publié dans Nature, en tire la conclusion qu'un ou deux gènes de "sociabilité" sont portés par le chromosome X masculin. Malgré son intérêt, cette hypothèse doit être considérée avec précaution ; en effet, doit-on penser que les hommes, dont le chromosome X est évidemment d'origine maternelle puisqu'ils ont hérité d'un chromosome Y de leur père, sont tous des êtres asociaux comparés aux femmes qui ont la chance insigne d'avoir hérité de leur père ce chromosome X de la "sociabilité" ? La tendance naturelle de la gent masculine à se réunir entre copains, à former des clubs de pétanque ou de chasse, ne le suggère pas vraiment.* ».

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.6.8.3. Présentation des résultats de la question 6.8 fermée

Nous allons présenter, sous forme de tableau, les réponses fermées à la question 6.8 dans les trois échantillons.

Tableau 34. Les réponses à la question 6-8 fermée.

	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplin nbre et (%)	total nbre et (%)
Oui $\aleph^2 = 0.16$ p> 0.05 (NS)	20 (27 %)	27 (17 %)	11 (25.6 %)	58 (21 %)
Non $\aleph^2 = 0.92$ p> 0.05 (NS)	52 (70.3 %)	115 (72.3 %)	31 (72.1 %)	198 (71.7 %)
Ne répond pas	2 (2.7 %)	17 (10.7 %)	1 (2.3 %)	20 (7.2 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

Dans leur argumentation, nos enquêtés évoquent les raisons suivantes :

Tableau 35. Les arguments relatifs à la question 6.8 ouverte.

Prof / Argument	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplin nbre et (%)	Total nbre et (%)
Environnement $\aleph^2 = 0.59$ p> 0.05 (NS)	23 (31.1 %)	56 (35.4 %)	12 (27.9 %)	91 (33.1 %)
Génétique $\aleph^2 = 0.32$ p > 0.05 (NS)	9 (12.2 %)	12 (7.6 %)	6 (13.9 %)	27 (9.8 %)
Environnement et génétique	0 (0 %)	1 (0.6 %)	0 (0 %)	1 (0.4 %)
Non génétique	3 (4 %)	10 (6.3 %)	1 (2.3 %)	14 (5.1 %)
Autre	6 (8.1 %)	5 (3.2 %)	1 (2.3 %)	12 (4.4 %)
Ne justifie pas $\aleph^2 = 0.64$ p > 0.05 (NS)	33 (44.6 %)	74 (46.8 %)	23 (53.5 %)	130 (47.3 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

(Pour lire des exemples de réponses à cette question, consulter l'annexe de la première partie n° 1.6, tableaux A 27.8)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.6.8.4. Analyse des résultats de la question 6.8

- Les différences entre les trois échantillons ne sont pas significatives au seuil de 0.05. En conséquence, il est possible d'analyser les résultats portant sur l'ensemble des échantillons :
  - ✓ La majorité des personnes interrogées (71,7 %) refusent le déterminisme génétique de l'agressivité en répondant « non ».
  - ✓ Le cinquième des personnes interrogées (21 %) déclarent croire à l'hérédité de l'agressivité en répondant « oui » (tableau 34). Ce résultat nécessite un commentaire spécial car il est alarmant. Ceci pourrait être du au mythe tenace du chromosome du crime (Clément et al, 1981) qui sévit encore car les media ne l'ont pas combattu avec le même enthousiasme que celui qui a servi à sa propagation.
  - ✓ Le dixième des personnes interrogées (9.8 %) ont fourni des arguments génétiques selon le modèle causal linéaire (génotype→ phénotype) (tableau 35).
  - ✓ Le tiers des personnes interrogées (33,1 %) ont fourni des arguments environnementaux et 5,1 % ont fourni des arguments non génétiques ce qui suggère que le refus du déterminisme génétique de l'agressivité peut être remplacé par un déterminisme culturel selon le modèle causal linéaire (environnement) ou (non génétique) → phénotype) (tableau 35),
  - ✓ 0.4 % seulement des personnes interrogées ont fourni des arguments environnementaux et génétiques, mais selon le modèle additif (environnement + génotype → phénotype) (tableau 35).

2.6.9. La question 6.9

2.6.9.1. Présentation de la question 6.9

* Y a-t-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être croyants en Dieu ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

2.6.9.2. Points de vue de certains auteurs sur la question 6.9

➢ **Deux nouvelles études**

On croyait qu'il n'existe pas de gène de croyance ou d'athéisme jusqu'au jour où la revue « Sciences & Vie » (août 2005) publie en page de couverture deux découvertes stupéfiantes pour un scientifique :

- Notre CERVEAU est programmé pour croire.
- La "MOLÉCULE DE LA FOI" identifiée ?

« *Sous la houlette de la neurobiologiste Jacqueline Borg et de son équipe (Université Karolinska de Stockholm, Suède, 2003), une expérience impliquant 15 volontaires a établi que la propension à voir le monde comme habité par le divin - une tendance baptisée ''religiosité'' par les chercheurs - dépend effectivement du taux de sérotonine*[1] *…*

Une étude dirigée par la psychologue Laura Koenig (Université du Minnesota) et publiée en 2005 dans le "Journal of Personality", révèle que l'attrait pour la religion est non seulement déterminé par l'environnement dans lequel grandit l'individu, mais aussi par …ses gènes… » (Revoy & Bourdial, 2005, p. 49-52).

➢ **Il nous semble que ces deux études méritent une certaine critique :**

- Critique de la 1ère étude : « la "religiosité" dépend du taux de sérotonine » :
  - ✓ L'échantillon est très faible. Il n'est pas représentatif puisqu'il s'agit de volontaires.
  - ✓ De quelle religiosité parle le chercheur ? la définition proposée par les auteurs peut être critiquée, selon la religion de chacun.
- Critique de la 2ème étude : « *l'attrait pour la religion est déterminé par l'environnement et les gènes* » :
  - ✓ l'échantillon est assez élevé (169 paires de jumeaux monozygotes et 104 paires de jumeaux dizygotes) mais la signification des recherches sur les jumeaux est en général contestable (Schiff, 1982)
  - ✓ la notion de « *attrait pour une religion* » est-elle consistante ?

Pour finir, nous nous interrogeons : la revue « Sciences & Vie » choisissait-elle de promouvoir ces travaux ou tout simplement pour augmenter le nombre de ses lecteurs ?

Non, il nous semble qu'il n'existe pas de gène de croyance ou d'athéisme. C'est un caractère, comme presque tous les caractères, à la fois 100 % inné (cerveau évolué d'homme

[1] La sérotonine, une substance qui, dans le cerveau, transmet l'information d'un neurone à l'autre (on parle d'un neurotransmetteur) et dont on sait déjà qu'elle est impliquée dans les sensations de faim, de soif et de sommeil. In « Sciences & Vie » n° 1055, août 2005, p 49.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

capable de croire ou de ne pas croire) et 100 % acquis par épigenèse cérébrale en fonction du contexte socioculturel de chacun.

2.6.9.3. Présentation des résultats de la question 6.9

Qu'ont-ils répondu à cette question nos enquêtés ?

Tableau 36. Les réponses à la question 6-9 fermée.

L'effectif (n = 159) des futurs professeurs s'explique par le fait que l'un d'eux a coché en même temps la case « oui » et la case « non » donc on l'a comptabilisé deux fois.

Prof / Réponse	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplinnbre et (%)	total nbre et (%)
Oui $\aleph^2 = 0.91$ p> 0.05 (NS)	11 sur 74 (14.9 %)	22 sur 159 (13.8 %)	7 sur 43 (16.3 %)	40 sur 276 (14.5 %)
Non $\aleph^2 = 0.54$ p> 0.05 (NS)	61 (82.4 %)	121 (76.1 %)	34 (79.1 %)	216 (78.3 %)
Ne répond pas	2 (2.7 %)	16 (10.1 %)	2 (4.6 %)	20 (7.2 %)
Effectifs des échantillons (n	n = 74 (100 %)	n = 159 (100 %)	n = 43 (100 %)	N = 276 (100 %)

Nous allons présenter, sous forme de tableau, les réponses aux questions ouvertes (les arguments) à la question 6.9 dans les trois échantillons et nous allons les comparer en calculant le Khi2.

Tableau 37. Les arguments relatifs à la question 6-9 ouverte.

Prof / Argument	Prof SVT nbre et (%)	Futurs prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplin nbre et (%)	Total nbre et (%)
Environnement $\aleph^2 = 0.51$ p> 0.05 (NS)	32 sur 74 (43.2 %)	56 sur 158 (35.4 %)	17 sur 43 (39.5 %)	105 sur 275 (38.2 %)
Génétique	0(0 %)	3(1.9 %)	0(0 %)	3(1.09 %)
Environnement et génétique	0 (0 %)	1 (0.6 %)	0 (0 %)	1 (0.3 %)
Non génétique	3 (4 %)	19 (12 %)	2 (4.6 %)	24 (8.7 %)
Autre	2 (2.7 %)	9 (5.7 %)	0 (0 %)	11(4 %)
Ne justifie pas $\aleph^2 = 0.36$ p> 0.05 (NS)	37 (50 %)	70 (44.3 %)	24 (55.8 %)	131 (47.6 %)
Effectifs des échantillons (n)	n = 74 (100 %)	n = 158 (100 %)	n = 43 (100 %)	n = 275 (100 %)

(Pour lire des exemples de réponses à cette question, consulter l'annexe de la première partie n° 1.6, tableaux A 27.9)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.6.9.4. Analyse et interprétation des résultats de la question 6.9

- En analysant les tableaux 36 et 37, nous remarquons que les différences entre les trois échantillons ne sont pas significatives au seuil de 0.05. Il est possible de commenter l'ensemble des résultats : 78,3 % des personnes interrogées refusent le déterminisme génétique de la croyance en Dieu en répondant « non » contre 14,5 % qui pensent que la croyance en Dieu est héréditaire en répondant « oui » (tableau 36). Ce déterminisme culturel pourrait être dû à l'éducation.
- Analyse d'un résultat étonnant : 14,3 % (40 sur 276, tableau 36) des personnes interrogées déclarent que la croyance en Dieu est héréditaire.

  Parmi ces 40 personnes interrogées, nous trouvons que :
  - ✓ 32/40 qui répondent « oui » mais ne justifient pas leurs réponses donc on ne peut pas deviner la conception qui se cache derrière ce « oui ». C'est entre autres pour cette raison qu'en perspective, on pense prolonger ce travail par la technique de l'entretien.
  - ✓ Et 8/40 qui répondent « oui » et justifient justement leurs réponses par des arguments qui relèvent du déterminisme culturel et non génétique.

    Parmi ces 8 personnes interrogées, nous distinguons :
    - 4/8 qui justifient par des arguments environnementaux du type : enseignant des SVT n° 28 « *oui+ c'est un acte acquis* », future enseignante des SVT n° 123 « *oui+ par leur croyance et leur activité* », enseignant non biologiste n° 11 « *oui+ Car le comportement des parents et leurs enseignements à leurs enfants dès l'âge de l'enfance ont une influence sur la croyance des enfants en Dieu* ». Ces quatre personnes ont mal interprété l'expression « prédisposition génétique », soit expriment un dualisme de déterminisme : par les gènes et plus par les parents. Cette dualité est plus claire encore dans les 4 positions suivantes : 4/8 justifient leur réponse par des arguments du type : l'enseignant(e) des SVT n° 10 « *oui+ si l'enfant né dans une famille croyante en dieu* », enseignant des SVT n° 22 « *oui+ Parents bien pratiquants* », futur enseignant des SVT n° 157 « *oui+ c'est évident mais ce n'est pas toujours vrai* ». Le 4ème futur enseignant des SVT n° 87 « *oui + "l'enfant est inné et ses parents le rendent juif ou chrétien ou zoroastrien*[1]*"* »

[1] Mages zoroastriens : Adorateurs du feu. Zoroastrisme (de Zoroastre) : Religion dualiste fondée par Zarathoustra et professée de nos jours par les parsis (personne, qui dans l'Inde, suit la religion de Zoroastre et descend des perses zoroastriens chassés de leur pays par les musulmans) (Petit ROBERT, 1981).

(c'est la parole du prophète de l'islam Mohamed, écrite en arabe dans le questionnaire). Nous pensons que cette personne vise ici l'interprétation exégétique de cette parole qui consiste à considérer l'islam comme la religion innée chez l'individu qu'on risque de changer par l'éducation.

- 38.2 % des personnes interrogées ont fourni des arguments environnementaux et 8.7 % des arguments non génétiques selon le modèle causal linéaire (environnement ou non-génétique → phénotype). (tableau 37, 2ème et 5éme lignes).

2.6.9.5. Comparaison entre les réponses aux questions 6.5 (alcoolisme) et 6.9 (croyance)

Présentation des résultats des questions 6.5 et 6.9 :

Tableau 38. La comparaison entre les réponses aux questions 6.5 et 6.9 fermées.

L'effectif (n = 276 au lieu de 275) s'explique par le fait que l'un des interrogés a coché en même temps la case « oui » et la case « non » dans les questions 6.5 et 6.9 donc on l'a comptabilisé deux fois.

Réponse / Question 6	Oui nbre et (%)	Non nbre et (%)	Ne répond pas nbre et (%)	Total des réponses
6.5	38 sur 276 (13.8 %)	217 sur 276 (78.6 %)	21 sur 276 (7.6 %)	276 sur 276 100 %
6.9	40 sur 276 (14.5 %)	216 sur 276 (78.3 %)	20 sur 276 (7.2 %)	276 sur 276 100 %
Effectif total	n = 276	n = 276	n = 276	**n = 276**

Cette convergence dans les pourcentages ne suffit pas à justifier la comparaison donc on a vérifié si ce sont les mêmes personnes qui répondent pareil aux deux questions. Les résultats de cette vérification sont présentés dans le tableau suivant.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 39. Les Similitudes et les différences entre les réponses aux questions 6.5 et 6.9.

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 4/74 des professeurs de SVT ont répondu « oui » aux deux questions.

Prof / Réponses questions 6-5 et 6-9	Prof SVT nbre	Futurs prof SVT nbre	Profs d'autres disciplines nbre	**Total nbre et (%)**
Oui – oui	4	9	3	**16 (5.8 %)**
Non - non	49	104	29	**182 (66.1 %)**
Réponses différentes	15	25	9	**49 (17.8 %)**
Autres (non-nr,oui-nr,nr-nr)	6	20	2	**28 (10.1 %)**
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

- Sachant que les différences entre les trois échantillons ne sont pas significatives au seuil de 0.05 dans leurs réponses par « oui » ou par « non » aux questions 6.5 et 6.9 (tableaux 28 p 133 et 36 p 146) donc nous pouvons comparer entre eux les totaux des résultats de ces deux questions. On constate un certain parallélisme dans les deux réponses. Un parallélisme qui se manifeste par un refus du déterminisme génétique de l'alcoolisme et de la croyance en Dieu chez 78 % des personnes interrogées dans les deux questions.
- Cette unité de pensée antidéterministe qui se manifeste chez la majorité des personnes interrogées (tableau 38), indépendamment de la diversité d'âge, de niveau ou de discipline et indépendamment du thème de la question, pourrait être due à l'ancrage, dès l'enfance, de conceptions uniformes et stéréotypées.
- 5.8 % des personnes interrogées ont répondu « oui » aux deux questions (tableau 39, 2ème ligne). Cette réponse affirmative pourrait cacher deux types de déterminisme selon le modèle causal linéaire : déterminisme génétique et déterminisme culturel comme dans l'argumentation de la question 6.9 mentionnée plus haut, 8 personnes sur les 40 qui ont répondu « oui », complètent leurs réponses par des arguments culturels, exprimant peut-être alors deux types de modèles explicatifs (gène et environnement) de type apparemment additif.

Nous avons employé le conditionnel dans les phrases précédentes pour deux raisons : la première : 49,1 % des personnes interrogées n'ont pas justifié leurs réponses dans la question

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

6.5 et 47,6 dans la question 6.9 (tableau récapitulatif 41, p 51) donc on ne sait pas quelles sont les conceptions qui se cachent derrière ces « oui » et ces « non ». La deuxième : les conceptions exprimées dans ce travail ne sont que des conceptions déclaratives donc un travail complémentaire, en perspective, par la technique d'entretien nous permettra d'approfondir nos conclusions.

2.6.10. Conclusion générale sur la question 6

Présentation de l'ensemble des résultats dans toutes les sous questions de la question 6

Nous allons présenter, sous forme de tableaux récapitulatifs les réponses aux questions fermées et les arguments dans chaque sous question de la question 6

Tableau 40. Un tableau récapitulatif des réponses aux sous questions fermées de la question 6 (oui ou non par rapport à un déterminisme génétique)

Questi / Répo	6.1 mucoviscidose nbre de prof (%)	6.2 myopathie nbre de prof (%)	6.3 violoniste nbre de prof (%)	6.4 rougeole nbre de prof (%)	6.5 alcoolisme nbre de prof (%)	6.6 Enfant de sexe masculin nbre de prof (%)	6.7 Bon à l'école nbre de prof (%)	6.8 agressivité nbre de prof (%)	6.9 croyance nbre de prof (%)
Oui	135/275 (49.1 %)	155/275 (56.3 %)	67/276 (24.3 %)	36/275 (13.1 %)	38/276 (13.8 %)	136/275 (49.4 %)	98/278 (35.2 %)	58/276 (21 %)	40/276 (14.5 %)
Non	34 (12.3 %)	59 (21.4 %)	165 (59.8 %)	207 (75.3 %)	217 (78.6 %)	116 (42.2 %)	154 (55.4 %)	198 (71.7 %)	216 (78.3 %)
ne répond pas	106 (38.5 %)	61 (22.2 %)	44 (15.9 %)	32 (11.6 %)	21 (7.6 %)	23 (8.3 %)	26 (9.3 %)	20 (7.2 %)	20 (7.2 %)
Effectif des échantillons	275 (100 %)	275 (100 %)	276 (100 %)	275 (100 %)	276 (100 %)	275 (100 %)	278 (100 %)	276 (100 %)	276 (100 %)

(Pour d'informations à cette question, consulter l'annexe de la première partie n° 1.6 p, tableaux A 21, 22 et 23)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 41. Un tableau récapitulatif des arguments des sous questions ouvertes de la question 6

Questi / argument	6.1 mucoviscidose nbre de prof (%)	6.2 myopathie nbre de prof (%)	6.3 violoniste nbre de prof (%)	6.4 rougeole nbre de prof (%)	6.5 alcoolisme nbre de prof (%)	6.6 Enfant de sexe masculin nbre de prof (%)	6.7 Bon à l'école nbre de prof (%)	6.8 agressivité nbre de prof (%)	6.9 croyance nbre de prof (%)
E	1 (0.3 %)	1 (0.3 %)	56 (20.3 %)	93 (33.4 %)	92 (33.4 %)	34 (12.3 %)	59 (21.4 %)	91 (33.1 %)	105 (38.2 %)
G	78 (28.3 %)	107 (38.9 %)	12 (4.3 %)	9 (3.2 %)	5 (1.8 %)	47 (17.1 %)	34 (12.3 %)	27 (9.8 %)	3 (1.1 %)
E+G	0 (0 %)	1 (0.3 %)	3 (1.1 %)	0 (0 %)	1 (0.3 %)	1 (0.3 %)	15 (5.4 %)	1 (0.3 %)	1 (0.3 %)
Non G	5 (1.8 %)	9 (3.3 %)	28 (10.2 %)	28 (10.2 %)	34 (12.3 %)	2 (0.7 %)	23 (8.3 %)	14 (5.1 %)	24 (8.7 %)
Autre	5 (1.8 %)	5 (1.8 %)	23 (8.3 %)	9 (3.3 %)	8 (2.9 %)	69 (25.1 %)	16 (5.8 %)	12 (4.3 %)	11 (4 %)
Nejustifie pas	186 (67.6 %)	152 (55.2 %)	153 (55.6 %)	136 (49.4 %)	135 (49.1 %)	122 (44.3 %)	128 (46.5 %)	130 (47.3 %)	131 (47.6 %)
Effectif total	275 (100 %)	275 (100 %)	275 (100 %)	275 (100 %)	275 (100 %)	275 (100 %)	275 (100 %)	275 (100 %)	275 (100 %)

Arguments : E : environnement. G : génétique. E+G : environnement et génétique. NG : non génétique

(Pour d'informations à cette question, consulter l'annexe de la première partie n° 1.6, tableaux A 24, 25 et 26)

- le terme « mucoviscidose » est le plus mal connu par rapport aux termes des autres questions, et ceci surtout pour les non biologistes.
- Plus de la moitié des personnes interrogées savent que la myopathie est prédéterminée génétiquement.
- Pour la question 6.6, le fait que la détermination du sexe est génétique (XX ou XY) mais pas héréditaire est loin d'être connu par tous : la moitié des réponses confondent les deux.
- Une majorité des personnes interrogées connaissent l'absence du déterminisme génétique héréditaire dans les caractères suivants : être très bon violoniste ou immunisé contre la rougeole ou alcoolique ou très bon à l'école ou agressif ou croyant en Dieu (tableau 40, 3ème ligne, p 150). Leur réponse exprime parfois une conception du modèle ou de type additif (culture + génotype → phénotype). Aucune des justifications exprimées ne concerne le modèle interactif (selon lequel il y a une interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype, (Clément et al, 2003).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Mais le pourcentage des personnes qui ont exprimé des conceptions héréditaristes pour les caractères acquis (violoniste, alcoolique, bon à l'école, agressif et croyant) varie de 13.8 à 35.2 % (tableau 40, p 150). Ce pourcentage non négligeable révèle la prégnance du paradigme du « tout génétique » chez les tunisiens interrogées. Ce résultat pourrait s'expliquer par les obstacles didactiques résultant de l'enseignement de la biologie ou des media (téléton, généton, etc). Le plus grave en Tunisie, on n'a pas encore, contrairement à la France (programme 2001), introduit l'épigenèse dans les programmes d'enseignement secondaire.

2.7. La question 7

2.7.1. La question 7a :

2.7.1.1. Présentation de la question 7a

Définissez ce qu'est un gène.

2.7.1.2. Points de vue de certains auteurs sur la définition du gène (question 7a)

Purves et al (1999) disent que c'est une « *Unité héréditaire située sur les chromosomes, l'information génétique est portée par les séquences linéaires de nucléotides de l'ADN qui codent des séquences correspondantes d'acides aminés* »

Un autre auteur, Gouyon et al (1997), insiste sur une toute autre définition du gène « *Quel que soit le nom donné à ce qui est transmis tout au long du processus évolutif, il ne s'agit pas d'abord d'une entité matérielle, mais plutôt d'une information (au sens le plus large du terme, incluant celui de structure)* »

L'encyclopédie médicale de la famille (1991, p 460) donne une définition plus globale et plus floue : « *Les gènes sont les unités du matériel héréditaire contenu dans les cellules d'un individu. Ils détiennent les informations nécessaires pour tous les aspects de la croissance. Ils exercent leurs effets en contrôlant la fabrication des protéines* ».

(pour lire d'autres définitions du gène, consulter le cadre théorique scientifique, p 58 et 59)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.7.1.4. Présentation des résultats de la question 7a (définition du gène)

Les définitions données par les personnes interrogées peuvent être réunies dans deux catégories car la majorité des réponses ne sortent pas de ces deux cadres :

- soit « entité matérielle + information » : la définition du gène par sa constitution (part de chromosome, d'ADN, ensemble de nucléotides) et par l'information qu'il véhicule sans mentionner son rôle dans la synthèse des protéines.
- soit « un gène → une protéine ou un caractère » : la définition du gène par sa constitution (part de chromosome, d'ADN, ensemble de nucléotides) et par sa fonction dans la synthèse d'une protéine, mais selon le modèle déterministe linéaire : gène → protéine.

Tableau 42 : Les définitions de la question 7a.

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 29.7 % des professeurs des SVT (22/74) se sont contentés de donner une définition du gène, sans indiquer sa fonction, dans leurs réponses à la question 7a.

Prof / Catégories de définitions du gène	Prof SVT Nbre et (%)	Futurs Prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplines nbre et (%)	Total nbre et (%)
Définition (entité matérielle + information) $\aleph^2 = 0.1$ $p > 0.01$ (NS)	22 (29.7 %)	56 (35.4 %)	9 (20.9 %)	87 (31.6 %)
Définition + fonction (un gène → une protéine ou un caractère) $\aleph^2 = 0.1$ $p > 0.01$ (NS)	45 (60.8 %)	92 (58.2 %)	18 (41.8 %)	155 (56.4 %)
ne répond pas $\aleph^2 = 1.7^{E-07}$ $p < 0.01$ (TS)	7 (9.5 %)	10 (6.3 %)	16 (dont 2 définitions fausses et 1 hors sujet) (37.2 %)	33 (12 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

2.7.1.4. Analyse et interprétation des résultats de la question 7a (définition du gène)

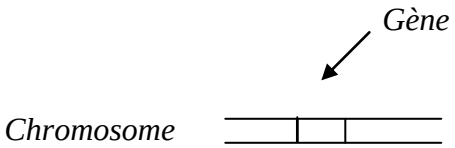
- Presque la totalité des personnes interrogées n'ont pas mentionné le rôle de l'environnement dans l'expression du gène. Cependant, on sait actuellement qu'«u*n gène isolé est muet ; il ne s'exprime qu'en présence d'un certain milieu (entre en*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

interaction avec ce qui l'environne) » (A. Jacquard, 1993). Parmi 275 personnes interrogées, une enseignante des SVT n° 61 a évoqué le milieu « *Son expression dépend du milieu* ».

- Les différences entre les réponses des trois échantillons ne sont pas significatives donc on va commenter l'ensemble du tableau 42 :
  - ✓ Plus de la moitié des personnes interrogées (56.4 % : 155/275, tableau 42, 3ème ligne) ont donné une définition fonctionnelle incluant entité matérielle et information, de type causalité linéaire, sans interaction avec l'environnement : un gène → un caractère ou une protéine. Ce résultat pourrait s'expliquer par la prégnance du paradigme du « tout génétique » qui a régné seul pendant un demi siècle et qui continue à régner malgré la vulgarisation du paradigme de l'épigenèse cérébrale par Changeux (1983). Mais il semble que l'épigenèse est une notion scientifique qui n'est pas enseignée dans plusieurs pays du moins en Tunisie. Exemples de définitions fonctionnelles données par les enseignants des SVT : futur enseignant des SVT n° 103 « *Un gène est une entité biologique responsable de déterminisme du caractère héréditaire chez l'individu.* », futur enseignant des SVT n° 101 « *Un gène est le vecteur de l'information génétique qui s'exprime en donnant un certain phénotype* »

  - ✓ Le tiers des personnes interrogées (31.6 % : 87/275, tableau 40, 2ème ligne, p 150) ont donné une définition structurelle du gène. Exemples de définitions : enseignante des SVT n°25 « *c'est une unité du matériel génétique* », futur enseignant des SVT n° 87 répond par un dessin :



- 12 % des personnes interrogées (33/275, tableau 42, avant dernière ligne) ne répondent pas à la question 7a. dans ce cas, la différence entre les trois échantillons est très significative au seuil de 0.01 (tableau 42, avant dernière ligne) à cause des réponses de l'échantillon des enseignants d'autres disciplines. En effet le taux d'abstention le plus élevé se trouve chez ces derniers (37 % : 16/43, tableau 42, avant dernière ligne) car ils n'ont pas de formation biologique comme celle de leurs collègues biologistes interrogés.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.7.1.4. Conclusion

Des conceptions situées émergent de cette question où 56.4 % (tableau 42 p 153) des enseignants sont déterministes. Par contre, la question précédente 6 sur la prédisposition génétique n'a révélé qu'un pourcentage beaucoup plus faible (14.5 %, tableau 40, p 150) de déterministes. Ce résultat confirme la théorie des conceptions situées de Clément (1999) car les valeurs des interrogés changent selon la situation c'est-à-dire selon la question.

2.7.2. La question 7b

2.7.2.1. Présentation de la question 7b

Explicitez brièvement les principales fonctions d'un gène
(Là aussi avec un texte très court et en vous aidant aussi de schémas).

2.7.2.2. Points de vue de certains auteurs sur la question 7b (fonction d'un gène)

Les gènes de structure codent pour les protéines de structure, éléments de la structure des cellules, des tissus et des organes. Cette idée est expliquée par Prochiantz (1993) « *Gènes régulateurs dont le produit protéique ou régulon se fixe sur certains promoteurs de gènes cibles. Ces régulateurs stimulent ou inhibent, en interaction avec l'environnement cellulaire, l'expression des gènes cibles : exemple choisi en rapport avec notre recherche : les gènes de développement dont certains pourraient être impliqués dans le développement de certaines régions du système nerveux central, par exemple le cortex frontal ou les aires du langage* »

2.7.2.3. Présentation des résultats de la question 7b

Les définitions données par nos enquêtés peuvent être réunies dans deux catégories car la majorité des réponses ne sortent de ces deux cadres :

- soit « information » : la définition par l'information qu'il véhicule sans mentionner son rôle dans la synthèse des protéines.
- soit « un gène → une protéine ou un caractère » : la définition du gène par sa fonction dans la synthèse d'une protéine, mais selon le modèle déterministe linéaire : gène → protéine.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Nous allons présenter, sous forme de tableau, les catégories de fonctions du gène dans les trois échantillons.

Tableau 43. Les réponses à la question 7b.

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 74.3 % des professeurs des SVT (ou 55/74) ont donné une fonction du gène dans leurs réponses à la question 7b.

Prof / Réponse	Prof SVT Nbre et (%)	Futurs Prof SVT Nbre et (%)	Profs d'autres disciplines Nbre et (%)	Total Nbre et (%)
Fonction (un gène → une protéine ou un caractère) $\aleph^2 = 1.08^{E-05}$, $p < 0.01$ (TS)	55 sur 74 (74.3 %)	117 sur 158 (74 %)	16 sur 43 (37.2 %)	188 sur 275 (68.4 %)
Information (sans mentionner ni protéine ni caractère) $\aleph^2 = 0.9$, $p > 0.01$ (NS)	8 (10.8 %)	17 (10.8 %)	5 (11.6 %)	30 (10.91 %)
Ne répond pas $\aleph^2 = 5.7^{E-07}$ $p < 0.01$ (TS)	11 (14.9 %)	24 (15.2 %)	22 (51.2 %)	57 (20.7 %)
Effectifs total	n = 74 (100 %)	n = 158 (100 %)	n = 43 (100 %)	N = 275 (100 %)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.7.2.4. Analyse et interprétation des résultats de la question 7b

- Dans les deux questions 7a et 7b, presque la totalité des personnes interrogées (excepté une dans la question 7a) n'évoquent pas l'influence du milieu sur l'expression du gène. Ce résultat semble mettre en évidence l'impact des media (téléthon, généhton, etc.) et de l'influence de conceptions déterministes de la société sur le système éducatif et sur les conceptions des enseignants. Il semble que ces derniers soient influencés par l'idéologie déterministe véhiculée par les media et parfois même enseignée par l'école.

- La majorité des personnes interrogées (68,4 % : 188/275, tableau 43, 2ème ligne, p 156) se limitent à une fonction de type déterministe : Un gène → un caractère.

  Cela corrobore les résultats de la question 7a. La différence entre les trois échantillons est très significative au seuil de 0.01 à propos de la catégorie « fonction » (tableau 43) : les biologistes utilisent plus que les autres ce schéma de causalité linéaire car il semble qu'ils en aient été imprégnés lors de leur propre formation, et ce jusqu'à aujourd'hui (mêmes conceptions chez les futurs enseignants SVT).

- 20,7 % (57/275, tableau 43) des personnes interrogées ne répondent pas à la question 7b. La différence entre les trois échantillons est très significative au seuil de 0.01 à propos de la catégorie « ne répond pas » (tableau 43, avant dernière ligne). Le taux d'abstention le plus élevé se trouve chez les enseignants non biologistes (51,2 % ou 22/43) car la question exige des connaissances précises. Même chez les professeurs des SVT, ce taux d'abstention est presque le double de celui de la question 7a car la question 7b est plus spécialisée.
- Nous allons présenter quelques résultats détaillés qui ne figurent pas dans le tableau 43 :

✓ 15 SVT (11 futurs enseignants 4ème SVT et 4 enseignants SVT) ont évoqué la fonction de structure et 6 (3 futurs enseignants 4ème SVT et 3 enseignants SVT) celle de régulation.

✓ 16 personnes interrogées [7 futurs enseignants 4ème SVT, 6 professeurs des SVT et 3 enseignants non biologistes] citent les effets pathologiques de l'expression des gènes.

✓ 8 biologistes [6 futurs enseignants 4ème SVT et 2 enseignants des SVT] citent les mutations provoquées par les gènes.

✓ Certaines réponses sont explicitement déterministes : enseignant(e) non biologiste physique, n° 35 « *élément qui détermine le devenir de l'être* », futur enseignant des SVT n° 70 « *il peut provoquer notre joie ou notre tristesse*. »

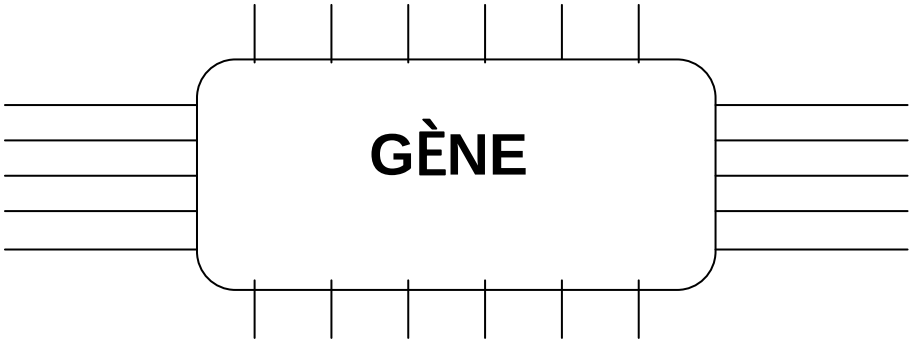
✓ Les enseignants non biologistes n'utilisent presque pas le dessin pour illustrer leurs réponses car ils ne sont pas habitués à le faire.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.8. La question 8

2.8.1. Présentation de la question 8

Accrochez à l'extrémité de chaque rayon un mot (ou une courte expression) qui vous vient spontanément à l'esprit quand vous entendez le terme « gène ».



2.8.2. Avantages de la bardane

Dans cette question, l'objectif est d'aborder par une autre approche les conceptions qu'ont, sur le gène, les personnes interrogées. L'approche employée dans les questions 7a et 7b fait appel à des conceptions conjoncturelles associées à une réflexion sur les définitions et les principales fonctions d'un gène. La présente question est plus ouverte, elle mobilise tout ce qui est spontanément associé au terme « gène ». En plus des termes d'anatomie et de physiologie, on s'attend à des termes évoquant les interactions entre le gène et son environnement cellulaire.

2.8.3. Présentation des résultats de la question 8

La catégorisation des citations a été établie de la façon suivante :
On a comptabilisé toutes les citations, on les a analysées puis on les a classées dans les 8 catégories suivantes :

- « Entité matérielle » comprend par exemple les citations : centromère, sucre, pentose, n = 46, ADN, Chromatide, etc.
- « Information- transmission ». Comprend par exemple les citations : traduction, vecteur, méiose, disquette, codon, etc.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- « Produits de l'expression génétique ». Comprend par exemple les citations : protéine, nain, mutant, enzyme, yeux bleus, etc.

- « Environnement où s'exprime le gène » comprend par exemple les citations : noyau, ribosomes, acides aminés, cytoplasme, etc.

- « Manifestations pathologiques » comprend par exemple les citations : myopathie, mucoviscidose, stérilité, SIDA, etc.

- « Applications » comprend par exemple les citations : génie génétique, thérapie, clonage, production alimentaire, etc.

- « Déterminisme génétique » comprend par exemple les citations : don, intelligence, destiné, surdoués, racisme, etc.

- « Autres » comprend par exemple les citations : variabilité, complexité, appareil, cerveau, pouvoir, biologie, individu, etc. (si vous souhaitez lire la liste intégrale des termes accrochés à la bardane du gène, consulter l'annexe de la première partie n° 1.8, tableau A 27.10)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Ces réponses sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 44. Les citations accrochées à la bardane du gène (question 8).

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 25.6 % des termes (102/398) accrochées à la bardane du « gène » par les professeurs de SVT appartiennent à la catégorie « Entité matérielle »

prof / Catégories	Prof SVT	Futurs Prof SVT	Profs d'autres disciplines	$\aleph^2$ TS = très significatif NS = non significatif
Entité matérielle	102 (25.6 %)	419 (28.4 %)	25 (13.6 %)	$\aleph^2 = 8.9^{E-05}$ $p < 0.01$(TS)
Information -transmission	90 (22.6 %)	431 (29.2 %)	34 (18.5 %)	$\aleph^2 = 0.0007$ $p < 0.01$ (TS)
Produits de l'expression du gène	103 (25.9 %)	275 (18.6 %)	44 (23.9 %)	$\aleph^2 = 0.003$ $p < 0.01$ (TS)
Environnement cellulaire où s'exprime le gène	6 (1.5 %)	39 (2.6 %)	1 (0.5 %)	$\aleph^2 = 4{,}5$ (< 4.61, á : 0.1, v = 2) (NS)
Manifestations pathologiques	46 (11.5 %)	59 (4 %)	26 (14.1 %)	$\aleph^2 = 1.1^{E-11}$ $p < 0.01$ (TS)
Applications	14 (3.5 %)	77 (5.2 %)	10 (5.4 %)	$\aleph^2 = 0.3$ $p>0.05$ (NS)
Déterminisme génétique explicite	13 (3.3 %)	30 (2 %)	15 (8.1 %)	$\aleph^2 = 1.1^{E-05}$ $p < 0.01$(TS)
Autres	24 (6 %)	145 (9.8 %)	29 (15.8 %)	$\aleph^2 = 0.0009$ $p < 0.01$ (TS)
Total des citations accrochées = 2057	398 (100 %)	1475 (100 %)	184 (100 %)	
Ne répond pas Nbre de prof et (%)	6/74 (8.11 %)	4/158 (2.53 %)	11/43 (25.58 %)	

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.8.4. Analyse et interprétation des résultats de la question 8

L'analyse de ces résultats permet de constater que :

- Les 2057 termes ou expressions accrochés au terme « gène » semblent traduire un déterminisme génétique latent du type causalité linéaire « un gène → un caractère ». On ne trouve aucun terme qui indique de loin ou de près l'action de l'environnement cellulaire, intérieur ou extérieur sur l'expression du gène. L'absence remarquable des interactions entre le gène et son environnement, dans les résultats des questions 7a, 7b et 8, confirme l'ancrage de l'idéologie déterministe dans les conceptions des enseignants.
- Les taux les plus faible de termes accrochés chez les trois échantillons se trouvent dans la catégorie « environnement cellulaire» (moins de 3 %, tableau 44, 6ème ligne, p 161). La même chose se trouve dans les questions 1 et 2, on ne cite pas beaucoup l'environnement, parmi 579 arguments, 3 seulement se rapportent à l'influence de l'environnement sur le cerveau (tableau 7, p 96).
- Les différences entre les trois échantillons sont très significatives au seuil de 0.01 sauf dans les deux lignes de la catégorie « applications » et « environnement cellulaire où s'exprime le gène » où elle est non significative (tableau 44.) donc on va commenter ces résultats :
  - ✓ Comme dans la question 3, ce sont les futurs enseignants des SVT qui citent plus que les autres les termes appartenant aux catégories « entité matérielle » et « information - transmission ». Ce résultat pourrait être expliqué par les conditions de passation du questionnaire (salle de cours à la faculté) et l'effet du contrat didactique (leur professeur distribue les questionnaires) qui peuvent favoriser la mobilisation de connaissances particulières liées au lieu et au contexte. Une autre raison explique cette différence : ils étudient encore la génétique à la Faculté.
  - ✓ Comme dans la question 3, la mobilisation des termes pathologiques augmente avec l'âge. Les futurs enseignants sont les plus jeunes, ils ont le plus faible taux (4 % de leurs arguments, tableau 44).
- Le taux le plus élevé de termes appartenant à la catégorie « Déterminisme génétique » (qui comprend par exemple les citations : don, intelligence, destinée, surdoués, racisme, etc.) appartient aux enseignants d'autres disciplines (khi 2, TS), tableau 44, 8ème ligne). Ce résultat montre que les non biologistes associent souvent « gène » à « déterminisme génétique » y compris les dérapages sociaux associés.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.8.5. Comparaison entre les réponses à la question 3 et à la question 8 (termes associés au cerveau -question 3- et au gène -question 8)

Nous allons comparer, sous forme de tableau, le nombre de termes accrochés à la bardane du cerveau et à celle du gène.

Tableau 45. Les statistiques des termes accrochés à la bardane du « cerveau » et à celle du « gène » dans les questions 3 et 8. (Extrait de l'annexe de la première partie n° 1.3 de la question 3 et l'annexe 1.8 de la question 8).

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 468 termes différents sont accrochés à la bardane du « cerveau » dans la question 3.

Citations accrochées	Cerveau	Gène
Mots différents	468	227
Courtes expressions différentes	123	129
Citations pathologiques différentes	22 mots et 6 courtes expressions	18 mots et 18 courtes expressions
Total des citations pathologiques dont certaines se répètent	65/2520 ou 2.6 %	131/2057 ou 6.4 %
Total des citations dont certaines se répètent	2520	2057

Les deux termes se rejoignent dans l'évocation de la maladie mais le gène en évoque plus car il est le plus souvent associé aux maladies dans les media. Les termes « cerveau » et « gène » sont des termes évocateurs de conceptions : le cerveau a accroché à lui seul 2520 citations et le gène 2057 citations (terme ou expression).

2.8.6. Conclusion

La question présentée sous forme de bardane (les questions 3 et 8) donne plus de liberté de réponses aux enquêtés :

- elle leur permet une grande facilité dans la rédaction car l'interrogé répond en vrac sans construction de phrases préalable.

- c'est un moyen efficace pour explorer leurs conceptions situées car les réponses sont plus spontanées que dans les autres types de questions.

Le résultat de la question 8 confirme la conception déterministe linéaire : le gène informe, transmet, produit, cause des maladies, guérit, etc. Il est toujours aux commandes, il n'est jamais cité comme cible. On oublie souvent son interaction avec l'environnement et sa propre épigenèse.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.9. La question 9

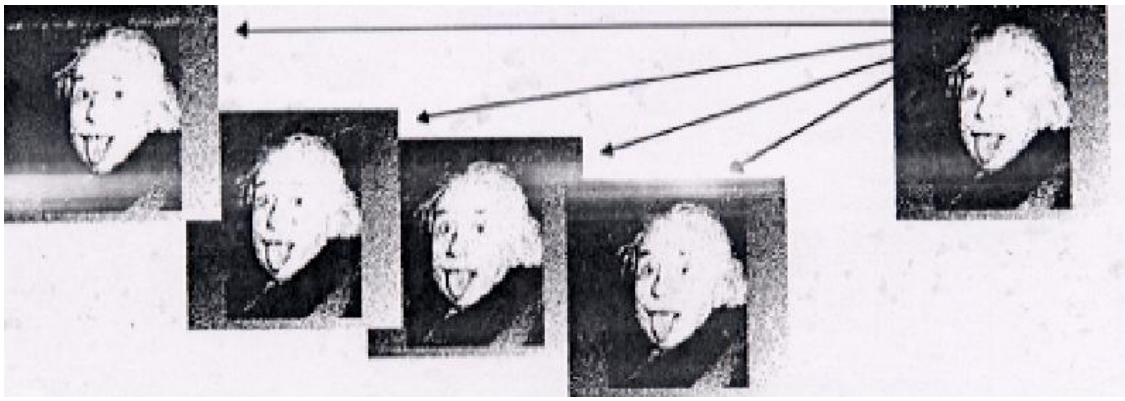
2.9.1. Présentation de la question 9

Question 9a

Etes-vous ☐ en accord ou ☐ en désaccord, avec le clonage d'Einstein ? Justifiez votre réponse.

Question 9b

Un magazine a commenté ainsi l'éventualité du clonage d'Einstein : « Il faudra multiplier le nombre de prix Nobel ! ». Ils ont accompagné leur article des photos suivantes :



Etes-vous ☐ en accord ou ☐ en désaccord, avec cette présentation du clonage d'Einstein ? Justifiez votre réponse.

2.9.2. Points de vue de certains auteurs sur le clonage

Question 9a

Nous sommes en désaccord, car le clonage d'Einstein ne donne pas un autre prix Nobel, certes son clone lui ressemblera physiquement mais il sera complètement différent sur le plan intellectuel et comportemental. L'identité d'un être humain est le fruit des interactions de facteurs génétiques et épigénétiques mais le clonage naturel que constitue la gémellité (jumeaux monozygotes) a été toujours donné comme exemple du déterminisme génétique, à tort comme l'affirme Kahn (2000, p.179): « *Les jumeaux monozygotes (vrais jumeaux) ont*

très souvent été utilisés pour apprécier l'influence de l'inné dans les capacités mentales et les tendances comportementales ».

Question 9b

En désaccord pour deux raisons : premièrement, le clone d'Einstein n'aura ni le même âge, ni le même comportement (tirer la langue) ; deuxièmement, cette présentation réduit l'identité biologique à l'identité génétique et on sait que la personnalité d'Einstein n'est pas déterminée seulement par ses gènes.

2.9.3. Présentation des résultats des questions 9a et 9b

Les réponses aux questions fermées 9a et 9 b dans les trois échantillons se répartissent ainsi :

Tableau 46. Les réponses aux questions 9a et 9b fermées.

La catégorie « autres » comprend les réponses oui - n. r, n. r - oui, n.r - non, non - n. r, (oui - non)-non.

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 1.3 % des professeurs des SVT (1/74) a répondu « oui » aux questions 9a et 9b.

Prof / Réponse	Prof SVT nbre et (%)	Futurs Prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplines nbre et (%)	Total nbre et (%)
Oui-oui	1 (1.3 %)	9 (5.7 %)	0 (0 %)	10 (3.6 %)
Oui-non	9 (12.1 %)	23 (14.5 %)	4 (9.3 %)	36 (13.0 %)
Non-non $\aleph^2 = 0.3$ p>0.05 (NS)	36 (48.6 %)	63 (39.9 %)	21 (48.8 %)	120 (43.6 %)
Non-oui	5 (6.7 %)	17 (10.7 %)	4 (9.3 %)	26 (9.4 %)
autres	14 (18.9 %)	30 (18.9 %)	6 (13.9 %)	50 (18.1 %)
n.r-n.r	9 (12.1 %)	16 (10.1 %)	8 (18.6 %)	33 (12 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Pour les arguments, nous avons catégorisé de la façon suivante :

Nous avons classé les arguments fournis par les personnes interrogées dans les catégories suivantes :

- Catégorie « Refus éthique » comme l'argument évoqué par Atlan dans son livre avec Bousquet (1994, p. 80) : « *le clonage d'individus humains doit être évidemment interdit. Mais pas celui de cellules d'origine humaine* ». Cette catégorie comprend les arguments qu'on a rencontrés dans les exemples suivants : Question 9a : enseignante des SVT n° 19 *« non + cause d'éthique et de respect à l'espèce humaine »*, futur enseignant des SVT n° 92 *« non + le fils de chaque Einstein trouvera des difficultés à trouver son père, les femmes aussi* ». Question 9b : future enseignante des SVT n° 60 *« non + Je trouve que c'est choquant, un homme n'est pas une photocopie, c'est un être humain qui a le droit d'être unique et différent des autres, il n'est ni une machine, ni un jeu* ». Etc.
- Catégorie « Hérédité de l'intelligence » comprend les arguments qu'on a rencontrés dans les exemples suivants : question 9a : enseignant des SVT n° 56 « *oui + choisir un individu très intelligent et faire un clonage* », futur enseignant des SVT n° 105 « *oui + pour assurer une sélection* » mais dans la question 9b, la même personne écrit *« non + ce sont des copies conformes mais ils n'ont pas la même intelligence intellectuelle* », cet exemple illustre les conceptions situées qui changent selon la question. Etc.
- Catégorie « L'intelligence n'est pas héréditaire » comprend les arguments qu'on a rencontrés dans les exemples suivants : Question 9a : enseignant des SVT n° 65 « non + *Le clonage humain est-il maintenant possible ? A mon avis si ce clonage existe il est uniquement anatomique et non intellectuel* ». Question 9b : future enseignante des SVT n° 48 « *non + Car le clonage permet d'avoir la même composition génétique mais le degré d'intelligence n'est pas forcément le même* ».
- Catégorie « crainte des conséquences » comprend les arguments qu'on a rencontrés dans les exemples suivants :
  - ✓ Refus du clonage par crainte de ses conséquences comprend : futur enseignant des SVT (SN3) n° 87 *« non + c'est le déséquilibre de la nature* » ; refus du clonage par nécessité de la diversité comprend : enseignante des SVT n° 17 « *non + le monde peut donner d'autres hommes peut être plus performants qu'Einstein* »
  - ✓ Refus du clonage car on n'est pas sûr de ses conséquences comprend les arguments qu'on a rencontrés dans les exemples suivants : Question 9a, future enseignante des SVT (SN3) n° 30 « *non + On n'est pas sûr des résultats, c'est à dire du comportement de ce dernier* »

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Catégorie « ne comprend pas ou justifie hors sujet » : enseignante des SVT n° 46 « *non + Car le clonage ne donne pas une copie conforme. Il y aura toujours des nouveaux gènes qui s'exprimeront* ». Enseignante non biologiste n° 40, discipline non mentionnée « ne répond pas à la question fermée + *Je ne comprend pas ce que veut dire le clonage d'Einstein* ». Enseignant non biologiste n° 4, Technique « *non + clone = ensemble de cellules identiques provenant d'une cellule initiale* »
- Catégorie « Ne connaît pas l'image (clonage) d'Einstein ». Exemples suivants : future enseignante des SVT n° 11 « *non + dévaloriser le statut d'Einstein* », futur enseignant des SVT n° 3 et enseignant non biologiste n° 6 , spécialité physique ont donné la même réponse « ne répond pas à la question fermée + *Je n'ai pas compris la question* », futur enseignant des SVT n° 102 « oui + *Il tend la langue comme un bébé puisqu'il a perdu son temps dans la science* », enseignante des SVT n° 44 « non + *il se moque du monde* », futur enseignant des SVT n° 147 « non + *c'est un grand savant qui doit être respecté* », future enseignante des SVT n° 85 « oui + *Parce que l'idée est ridicule comme la photo* ». Etc.

  (Si vous souhaitez lire d'autres arguments, veuillez consulter l'annexe de la première partie n° 1.9 de la question 9).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Nous allons répartir, sous forme de tableau, les arguments relatifs à la question 9 a dans les trois échantillons :

Tableau 47. Les arguments relatifs à la question 9a ouverte.

Pourquoi l'effectif des professeurs des SVT est égal à 74 + 2 au lieu de 74 : deux personnes interrogées ont donné deux arguments classés chacun dans une catégorie différente (consulter l'annexe de la première partie n° 1.9 de la question 9).

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 23.6 % des professeurs des SVT (18/74) ont justifié leur désaccord avec le clonage d'Einstein par des arguments éthiques.

Prof / Arguments	Prof SVT nbre et (%)	Futurs Prof SVT Nbre et (%)	Profs d'autres disciplines nbre et (%)	Total nbre de prof et (%)
Refus éthique $\aleph^2 = 0.9$ $p>0.05$ (NS)	18 (23.6 %)	39 (24.7 %)	10 (23.2 %)	67 (24.1 %)
Hérédité de l'intelligence $\aleph^2 = 0.6$ $p>0.05$ (NS)	10 (13.1 %)	16 (10.1 %)	6 (13.9 %)	32 (11.5 %)
L'intelligence n'est pas héréditaire	3 (3.9 %)	8 (5.1 %)	1 (2.3 %)	12 (4.4 %)
crainte des conséquences	15(19.7 %)	14(8.9 %)	2(4.6 %)	31(11.3 %)
Ne comprend pas ou justifie hors sujet	1(1.3 %)	19(12.1 %)	4(9.3 %)	24(8.7 %)
Ne justifie pas $\aleph^2 = 0.6$ $p>0.05$ (NS)	29 (38.1 %)	62 (39.2 %)	20 (46.5 %)	111 (40.1 %)
Effectifs des échantillons (n)	n = 74+2 (100 %)	n = 158 (100 %)	n = 43 (100 %)	N = 275+2 (100 %)

(Pour d'informations à cette question, consulter l'annexe de la première partie n° 1.9, tableaux A 28.1, 28.2, 28.3, 28.4, 28.5 et 28.6)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Nous allons présenter, sous forme de tableau, les arguments relatifs à la question 9 b dans les trois échantillons :

Tableau 48. Les arguments relatifs à la question 9b ouverte.

(Consulter l'annexe de la première partie n° 1.9, question 9).

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 6.7 % des professeurs de SVT (ou 5/74) ont justifié leur désaccord avec la représentation du clonage d'Einstein par des arguments éthiques.

Prof / Arguments	Prof SVT nbre et (%)	Futurs Prof SVT nbre et (%)	Profs d'autres disciplines nbre et (%)	Total nbre et (%)
Refus éthique $\aleph^2 = 0.1$ p>0.05 (NS)	5 (6.7 %)	9 (5.7 %)	6 (13.9 %)	20 (7.2 %)
Hérédité de l'intelligence	2 (2.7 %)	8 (5.1 %)	0 (0 %)	10 (3.6 %)
L'intelligence n'est pas héréditaire	8 (10.8 %)	10 (6.3 %)	0 (0 %)	18 (6.5 %)
Dualisme cartésien	5 (6.7 %)	10 (6.3 %)	2 (4.6 %)	17 (6.2 %)
Ne connaît pas l'image (clonage) d'Einstein	12 (16.2 %)	35 (22.1 %)	10 (23.3 %)	57 (20.7 %)
Ne justifie pas $\aleph^2 = 0.8$ p>0.05 (NS)	42 (56.7 %)	86 (54.4 %)	25 (58.2 %)	153 (55.6 %)
Effectif total	n = 74	n = 158	n = 43	**n = 275**

(Pour d'informations à cette question, consulter l'annexe de la première partie n° 1.9, tableaux A 28.1, 28.2, 28.3, 28.4, 28.5 et 28.6)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.9.4. Analyse et interprétation des résultats des questions 9a et 9b

La différence entre les trois échantillons (testée par Khi 2) est non significative, ce qui nous autorise à tirer les conclusions à partir des résultats globaux :

- La majorité de ceux qui ont répondu aux questions fermées de 9a et 9b refusent le clonage d'Einstein (43.6 % de non-non, tableau 46, p 165). Ce refus est justifié par des arguments différents :
  - ✓ 24.1 % des personnes interrogées dans la question 9a (tableau 47) et 7,2 % dans la question 9b (tableau 48) justifient leur refus du clonage humain par un argument éthique, exemple : Question 9a, enseignante des SVT n° 19 « *non, cause d'éthique et de respect à l'espèce humaine* » (consulter l'annexe 1.9 de la question 9, tableau A 28.1). La question d'éthique occupe aujourd'hui une place importante en biotechnologie.
  - ✓ 11,5 % des personnes interrogées dans la question 9a (tableau 47, p 168) et 3.6 % dans la question 9b (tableau 48, p 169) justifient leur refus ou leur acceptation du clonage humain par l'hérédité de l'intelligence. Exemples : Question 9a, enseignante des SVT n° 42 « *non, en accord car la science et le monde ne progresserait que grâce à eux – en désaccord car l'un des Einstein pourrait induire la fin du monde.* » (consulter l'annexe 1.9 de la question 9, tableau A 28.2). Ce pourcentage correspond à peu près aux héréditaristes irréductibles des questions précédentes. Il est plus faible pour la question 9b pour les raisons signalées dans le paragraphe précédent.
  - ✓ Le plus faible nombre d'arguments éthiques (7.2 %) pour la question 9b vient du fait que 3 personnes sur 4 soit n'ont donné aucun argument (55.6 %), soit ont expliqué qu'elles ne connaissent pas les images proposées (20.7) (tableau 48).
  - ✓ Seulement 4.4 % des personnes interrogées dans la question 9a (tableau 47) et 6.5 % dans la question 9b (tableau 48) justifient leur refus du clonage humain par l'influence de l'environnement et disent que l'intelligence n'est pas héréditaire. Exemples : Question 9b, enseignant des SVT n° 65 « *non , Einstein a été un génie non pas à cause de sa constitution physique mais certainement à cause d'un type d'éducation particulière.* » (consulter l'annexe de la première partie n° 1.9 de la question 9, tableau A 28.3). Ce faible taux d'arguments environnementaux se trouve aussi dans deux autres questions : dans la question 8, les taux les plus faibles de mots accrochés au terme « gène » chez les trois échantillons se trouvent dans la catégorie « environnement cellulaire» (moins de 3 %, tableau 44, p 161) ; dans les questions 1 et 2, on ne cite pas beaucoup l'environnement (tableau 7, p 96, parmi 579

arguments, on compte 3 seulement sur l'influence de l'environnement sur le cerveau). Les processus d'épigenèse cérébrale sont soit inconnus, soit non mobilisés dans les conceptions situées relatives à cette question.

- 20,7 % du public interrogé « ne connaît pas l'image (tirer la langue) d'Einstein » (tableau 48, p 169). Personne n'a soulevé les deux objections suivantes : la première objection, c'est l'âge du clone, le clone d'Einstein ne peut pas avoir le même âge qu'Einstein (ça devrait être un nouveau né) ; la deuxième objection, c'est le comportement d'Einstein (tirer la langue), le clone ne peut pas avoir le même comportement qu'Einstein car le comportement n'est pas déterminé seulement par les gènes, il est le résultat d'interaction entre génotype, environnement et phénotype selon le modèle interactif (Clément et al, 2003). La question 9b est moins claire que la question 9a car le public interrogé ne semble pas connaître cette image (tirer la langue) d'Einstein, mise ici en clin d'œil pour rajouter le clonage du comportement à celui de l'intelligence. On aurait du distribuer cette image à un échantillon réduit pour voir sa réaction avant de la faire passer aux trois échantillons de notre recherche, c'est pourquoi nous allons l'enlever du questionnaire utilisé dans la deuxième partie de la thèse. Exemples : enseignant(e) des SVT n° 35 « *non, cette photo semble narguer le lecteur* » (consulter l'annexe de la première partie n° 1.9 de la question 9, tableau A 28.6).

2.10. Discussion générale et conclusion

Nous avons identifié les conceptions qui peuvent faire obstacle à l'acquisition de connaissances scientifiques et nous les avons appelées conceptions-obstacles selon la définition de Brousseau, (1989) : « U*n obstacle sera une connaissance, une conception, pas une difficulté ou un manque de connaissances* » (cité par Balacheff, 1995).

Mais nous avons aussi identifié des lacunes de connaissances scientifiques.

Nous allons recenser et discuter les points les plus saillants :

En formulant 45 questions différentes dans ce questionnaire, nous avons voulu fournir à la personne interrogée 45 situations différentes pour exprimer ses conceptions situées sur l'identité biologique de l'être humain, le cerveau et son épigenèse.

Ces 45 questions ressemblent à 45 électrodes d'un électroencéphalographe qui vont capter différentes facettes des conceptions situées de la personne interrogée.

De ces conceptions situées qui sont partagées et répétées sous plusieurs facettes, nous tirons les conclusions suivantes quant à quelques conceptions stables chez certains

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

professeurs et futurs professeurs tunisiens, pour discuter en quoi il s'agit de conceptions-obstacles ou de simples lacunes de connaissances, ou encore d'interactions entre les deux.

- **Le cerveau aux commandes des pensées et des comportements**

Question 3 : Les termes accrochés au cerveau - « volonté », « pouvoir » et « importance » - se répètent souvent (9 % : 243/2520 citations, total des trois lignes suivantes) :

- 92 citations appartiennent à la catégorie « pouvoir –commande ».
- 126 citations appartiennent à la catégorie « importance ».
- 25 citations appartiennent à la catégorie « volonté –décision »

(c.f. annexe de la première partie n° 1.3 de la question 3, tableau A16).

Le cerveau est cité toujours comme le maître absolu du corps, jamais on le cite comme organe cible dépendant des autres organes.

L'abondance des arguments biologiques pour justifier les différences ou non différences de comportement et de cerveaux entre les hommes et les femmes (64 % des personnes interrogées (57 % + 17 %), tableau 6, p 95, questions 1-2). La rareté des arguments qui montrent l'influence de l'environnement sur le cerveau (3/579 arguments, tableau 7, questions 1-2, p 96).

Ces résultats **confirment notre 4ème hypothèse qui a prévu l'existence de la conception-obstacle « le cerveau agit sur le comportement ».** Cette idée fait obstacle à l'idée inverse qui postule que le comportement aussi, peut agir sur le cerveau. Cette conception du cerveau aux commandes s'enracine vraisemblablement dans une conception spiritualiste du contrôle du corps humain par Dieu, par son esprit, par les flux et influx nerveux.

- **Le dualisme corps/esprit**

Questions 1-2 : 35 % des personnes interrogées donnent une réponse incohérente en affirmant qu'il existe une différence entre la façon de penser et de se comporter des hommes et des femmes, mais en même temps, elles nient la différence entre les cerveaux des hommes et des femmes (tableau 5, p 95).

Cette incohérence peut venir d'une vue dualiste qui sépare le comportement de son support matériel et biologique qui est le cerveau (Clément, 1984, 1994b).

Ce résultat confirme notre 3ème hypothèse qui a prévu la prégnance du dualisme cartésien. En effet, notre culture arabo-musulmane est largement influencée par la religion musulmane qui reste dualiste quand elle distingue l'âme du corps, le spirituel

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

du matériel, la vie de l'au-delà de la vie d'ici-bas. Ce dualisme fait obstacle à l'idée inverse qui postule que nos pensées, nos rêves et nos états d'esprit ne sont que des évènements qui se produisent dans notre cerveau.

- **La confusion entre différences et inégalités**

Dire qu'il n'y a pas de différences entre les cerveaux des hommes et des femmes peut venir d'un souci égalitariste. 40 % des personnes interrogées répondent « non » à la question 2, (tableau 5, p 95). L'obstacle est ici la confusion entre « inégalité » et « différence ». La différence biologique entre les cerveaux des hommes et des femmes n'implique pas une inégalité ni dans l'intelligence ni dans le statut social.

Cette négation d'une différence biologique s'enracine en même temps dans une vision totalement déterministe du biologique : la différence, dans cette conception, ne peut être que « donnée », à la naissance, et non acquise ou résultant des interactions entre le biologique et tout le reste (environnement culturel, social, …). Ce qui renvoie au tenace débat entre « innée et acquis ».

- **Le débat inné-acquis classique**

Il est posé de la façon suivante : déterminisme, soit uniquement génétique, soit uniquement environnemental selon le modèle causal linéaire (génotype ou culture → phénotype). Il n'est jamais posé selon le modèle interactif épigénétique où le génotype, l'environnement ou culture et le phénotype sont en interaction permanente.

L'inné

- Questions 1-2 : plus de 20 % des personnes interrogées justifient les différences entre les cerveaux et les comportements par des arguments craniométriques (tableau 8, p 97). Donc selon le poids de notre cerveau, on serait prédéterminé à devenir intelligent ou moins intelligent, homme ou femme.
- Question 4 : une idéologie héréditariste argumentée par l'anatomie du cerveau comme chez les maronites libanais et les musulmans tunisiens (tableau 18, p 113).
- Question 5 : l'origine de ces conceptions héréditaristes peut être expliquée en partie par le manque de connaissances de notions nécessaires à leur réfutation. Plus que 94 % des personnes interrogées n'ont pas défini (ou ils ont donné une définition fausse) les termes « plasticité cérébrale » et « épigenèse cérébrale » (tableau 19, p 117).
- Question 7 : 56 % des personnes interrogées dans la question 7a (tableau 42, p 153) et 68 % dans la question 7b (tableau 43, p 156) donnent une définition déterministe

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

du gène, du type causalité linéaire « un gène → une protéine ». Les interactions entre le génétique et l'environnement sont complètement ignorées.

Ce résultat confirme notre 1ère hypothèse qui postule que pour les enseignants et étudiants tunisiens interrogés, l'identité biologique est réduite à l'identité génétique.

Ces conceptions font obstacle à l'acquisition des conceptions épigénétiques.

L'acquis

Question 6 : entre 55 % et 78 % des personnes interrogées refusent le déterminisme génétique des caractères suivants : être très bon violoniste, être immunisé contre la rougeole, être alcoolique, être très bon à l'école, être agressif, être croyant en Dieu (tableaux 24 p 127 ; 26 p 130 ; 28 p 133 ; 32 p 139 ; 34 p 143 ; 36 p 146). Mais une minorité tenace (toujours supérieur à 12 %) considère que chacun de ces comportements (ou convictions) est génétique.

Ces résultats entre l'inné et l'acquis, apparemment différents, confirment notre 2ème hypothèse qui postule que « le débat inné-acquis classique est posé de la façon suivante : déterminisme, soit uniquement génétique, soit uniquement environnemental ». Aucune personne interrogée n'a évoqué l'interaction entre le gène et son environnement dans les questions 7a, 7b et 8.

- **"Cerveau anatomique" / "cerveau synaptique et réseaux neuronaux"**

- Questions 1-2 (différences de comportements et de cerveaux entre hommes et femmes) : Seulement 4 % (11 sur 275) ont fourni des arguments spécifiques de type neurones et synapses. Seulement 1 % (3 sur 275) ont évoqué l'influence de l'environnement sur le cerveau (tableau 7 p 96). Les autres enseignants ont justifié leurs réponses par des arguments globaux, socioculturels ou biologiques.
- Question 3 (bardane cerveau) : le taux d'arguments réservé aux termes « neurone », « synapse » et « réseau neuronal » est inférieur à 7 % dans les 3 échantillons (tableau 15 p 106).
- Question 4 (dessin cerveau) : le taux de légendes réservé aux termes « neurone », « synapse » et « réseau neuronal » est inférieur à 10 % dans les 3 échantillons (tableau 16 p 110).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Concevoir le cerveau globalement s'accompagne donc, dans les situations proposées par les questions 1, 2 et 3 par une non mobilisation de connaissances au niveau neuronal, synaptique et de l'épigenèse cérébrale avec la configuration des réseaux neuronaux en fonction de l'expérience personnelle.

Les 2 tableaux suivants, 49 et 50 permettraient d'établir une comparaison entre la maîtrise des connaissances K (tableau 49) et leur mobilisation dans les situations pertinentes où on en a besoin pour argumenter les conceptions KV (conceptions relatifs aux connaissances et aux valeurs) (tableau 50).

Tableau 49. Un extrait du tableau 19, p 117, question 5, qui montre le nombre et le pourcentage des personnes qui ont donné une définition correcte des termes « neurone », « synapse » et « réseau neuronal ».

Remarque : le total des pourcentages de chaque colonne ne fait pas 100 % car la même personne peut donner une définition correcte de deux ou de trois termes.

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 87.8 % des professeurs des SVT (65/74) ont donné une définition correcte du terme « neurone ».

Question	Donnez-en une courte définition		
Réponse	Définition correcte		
Public interrogé	Prof SVT	Futurs prof SVT	Prof d'autres disciplines
Echantillons	n = 74	n = 158	n = 43
Neurone	65 (87.8 %)	130 (82.3 %)	22 (51.2 %)
Synapse	69 (93.2 %)	132 (83.5 %)	9 (20.9 %)
Réseau Neuronal	55 (74.3 %)	91 (57.6 %)	11 (25.6 %)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 50. Un tableau récapitulatif qui montre la part de chaque échantillon dans la mobilisation de termes « neurone », « synapse » et « réseau neuronal » dans les questions 1, 2, 3 et 4.

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 9 % des termes « neurone », « synapse » et « réseau neuronal » et leurs occurrences (1/11) évoqués dans les questions 1 et 2 sont fournis par les professeurs des SVT.

	Nbre et (%) de termes « neurone », « synapse » et « réseau neuronal » et leurs occurrences dans chaque question		
	Questions 1 et 2 Extrait du tableau 6	Question 3 Extrait du tableau 15	Question 4 Extrait du tableau 16
Prof SVT	1 (9 %)	15 (11.6 %)	12 (57.1 %)
Futurs prof SVT	9 (82 %)	104 (80.6 %)	4 (19 %)
Prof d'autres disciplines	1 (9 %)	10 (7.7 %)	5 (23.8 %)
Total de termes et leurs occurrences	11 (100 %)	129 (100 %)	21 (100 %)

Dans la question 5 : plus de la moitié des personnes interrogées définissent +/- bien les termes « neurone », « synapse » et « réseau neuronal » (tableau 19, p 117).

Bien que 87.8 % des professeurs des SVT avaient donné une définition correcte du terme « neurone », ils n'ont mobilisé ce terme qu'une seule fois en argumentation des questions 1 et 2. (différences de comportements et de cerveaux entre hommes et femmes).

Les professeurs des SVT donnaient, plus que les autres, une définition correcte des termes « neurone », « synapse » et « réseau neuronal » (tableau 19, question 5, p 117) mais ils n'ont pas mobilisé ces connaissances plus que les autres pour argumenter les réponses aux questions 1, 2, 3 et 4 (question 1-2 : tableau 6 p 96 ; question 3 : tableau 15 p 106 ; question 4 : tableau 16 p 110).

L'ensemble de ces résultats peut s'interpréter de deux façons qui ne sont pas incompatibles entre elles mais méritent d'être différenciées pour le prolongement de notre recherche :

1. Soit les enseignants et futurs enseignants, ou du moins certains d'entre eux (par exemple la majorité des enseignants SVT) maîtrisent bien les concepts de neurones, synapses, réseaux neuronaux, et oublient simplement de mobiliser leurs connaissances dans des situations vives telles que les différences entre hommes et femmes. De la même façon ils peuvent savoir que c'est l'interaction entre les gènes et leur environnement qui est à l'origine du phénotype, mais ils restent prisonniers de l'idéologie dominante quand ils pensent à l'hérédité de l'intelligence. On peut dire ainsi que certaines valeurs (V), telles

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

que le sexisme ou l'héréditarisme, s'opposent à la mobilisation de connaissances scientifiques (K) dans des situations de vie quotidienne.

2. soit ces mêmes enseignants (ou étudiants) n'ont qu'une connaissance superficielle de ces concepts (neurones, synapses, réseaux neuronaux, interactions génome / environnement). Ces notions sont simplement juxtaposées à d'autres conceptions qui sont privilégiées dans l'enseignement, et non remises en cause ensuite lorsque sont aussi introduites ces notions. Ainsi la conception anatomisante privilégie l'idée d'un cerveau organe / structure globale à laquelle il devient difficile de substituer l'idée de réseaux neuronaux et de leurs dynamismes. De même la présentation essentielle (mais réductionniste si l'on s'en tient là) du phénotype résultant du génotype reste ensuite tenace et difficile à remplacer par des interactions plus subtiles, plus complexes, entre le génome et son environnement.

Dans ce second cas, les obstacles sont avant tout didactiques, et pouvant être levés si l'on modifie les enseignements. Alors que dans le premier cas, les obstacles sont épistémologiques, opinions et idéologies du contexte familial et socio-culturel prenant le pas sur les connaissances acquises dans un contexte scolaire, dès qu'il s'agit de questions liées à la vie quotidienne.

C'est pour tenter de trancher entre ces deux hypothèses que nous avons entrepris la recherche qui constitue la seconde partie de cette thèse.

L'hypothèse est simple. Les résultats jusqu'ici acquis montrent en effet que non seulement les personnes interrogées qui, pour nous limiter au cerveau humain, connaissent les concepts de neurones, synapses et réseaux neuronaux, mais ne les mobilisent pas dans des situations de vie quotidienne telles que les différences entre hommes et femmes, ou dans leurs conceptions langagières, ou figuratives, sur le cerveau, en même temps ces mêmes personnes pour la plupart ignorant les processus d'épigenèse cérébrale.

La tentation est donc forte de penser que cette dernière lacune de connaissance constitue peut être l'explication essentielle de la non mobilisation par ces personnes de leurs connaissances sur les neurones, synapses et réseaux neuronaux.

Des connaissances acquises de façon académique, sans lien avec les situations de vie quotidienne, risquent de ne jamais être utilisées (Clément 1991, 1994).

Nous faisons le pari qu'un enseignement sur les processus d'épigenèse cérébrale insistant sur l'importance de ces processus dans tout apprentissage, toute

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

conceptualisation et mise en mémoire, devrait faire évoluer de façon significative les conceptions des apprenants.

Cependant, les résultats jusqu'ici présentés montrent aussi que certaines conceptions sur le cerveau, comme sur le déterminisme génétique, peuvent fonctionner comme des obstacles épistémologiques récurrents, car ancrés dans des croyances ou idéologies tenaces. Les avoir identifiées nous aidera à en tenir compte dans l'interprétation des résultats de la seconde partie de thèse. Il est probable que la levée espérée des obstacles didactiques sur le cerveau humain et ses performances, par un enseignement adéquat sur l'épigenèse cérébrale, n'aura en revanche aucun effet sur les environnements socio-culturels des apprenants : jusqu'à quel point ces obstacles épistémologiques seront-ils ou non déstabilisés ?

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

CHAPITRE III

La deuxième partie : Analyse d'éventuels changements conceptuels après un enseignement sur l'épigenèse cérébrale

Sommaire

1. Problématique et Méthodologie de la deuxième partie…….180

2. Analyse et interprétation des résultats de la deuxième partie……..206

1.
Problématique et Méthodologie de la deuxième partie

Sommaire

1.1. Problématique et hypothèses	181
1.2. Méthodologie d'échantillonnage	182
1.3. Les questionnaires : critique, présentation et commentaire	186
1.4. Catégorisation	192
1.5. Le protocole expérimental	198
1.6. Présentation de la situation d'enseignement des élèves dont l'impact sera analysé	199

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

1.1. Problématique et Hypothèses

1.1.1. Problématique

Notre présent travail de recherche a visé, dans sa première partie, à analyser des conceptions d'enseignants et futurs enseignants tunisiens sur le cerveau, l'épigenèse et le déterminisme biologique. Cette identification va nous permettre, dans la deuxième partie, d'envisager des enseignements qui ont pour finalité le franchissement de ces obstacles (Martinand, 1986 ; Giordan & de Vecchi, 1987 ; Clément 1994a, 2003) et d'analyser les changements conceptuels consécutifs. En conséquence la seconde phase de notre recherche tourne autour de la problématique suivante :

« Est-ce qu'un apport de connaissances scientifiques sur l'épigenèse cérébrale peut influencer les connaissances et les valeurs d'enseignants et d'apprenants tunisiens sur les déterminismes biologiques ? »

1.1.2. Hypothèses

Hypothèse 1: hypothèse du lien K-V**:** L'acquisition de connaissances scientifiques sur l'épigenèse cérébrale est suffisante à un changement conceptuel relatif non seulement aux connaissances, mais aussi aux valeurs, à cause de l'interaction KV et plus précisément la forte interaction entre cette connaissance sur l'épigenèse cérébrale et les valeurs relatives au déterminisme biologique (lien fort entre K et V).

Hypothèse 2 : hypothèse du non lien K-V **:** le changement conceptuel relatif aux connaissances est cependant plus facile à obtenir que le changement conceptuel relatif aux valeurs. Malgré le lien fort entre K et V, V est plus résistant au changement que K.

Hypothèse 3 **:** Le travail en présentiel amène à des changements conceptuels plus significatifs qu'en visioconférence.

Hypothèse 4 **:** Une formation biologique préalable d'apprenants favorise le changement conceptuel sur les déterminismes biologiques.

Hypothèse 5 **:** les variables, sexe ou diplôme ou âge ou source d'information, peuvent entrer en compte dans le changement conceptuel sur les déterminismes biologiques chez les apprenants.

Hypothèse 6 : le débat inné-acquis classique est posé de la façon suivante : Déterminisme soit uniquement génétique, soit uniquement culturel.

Hypothèse 7 : un enseignement orienté vers des connaissances nouvelles peut favoriser des changements conceptuels chez les apprenants.

1.2. Méthodologie d'échantillonnage

1.2.1. L'échantillonnage

Pour travailler sur des échantillons d'enseignants ou d'élèves, nous sommes obligés de demander une autorisation du ministère tunisien de l'éducation et de la formation.

Une deuxième contrainte, les notions de la plasticité et l'épigenèse cérébrales ne sont pas encore enseignées en secondaire en Tunisie. Donc nous n'avons pas d'enseignants ou de professeurs spécialistes pour faire un cours sur l'épigenèse cérébrale. En conséquence nous avons choisi nos échantillons selon l'autorisation du ministère et selon la disponibilité d'un enseignant spécialiste, mais aussi pour pouvoir tester nos différentes hypothèses.

1.2.2. Les caractéristiques des échantillons

Nous avons choisi 4 échantillons :

- Le premier est formé de 23 lycéens en 3è année secondaire, filière mathématiques (équivalent au niveau 1ère en France) dans un lycée du gouvernorat de Ben Arous au Nord de la Tunisie.

Nous avons choisi ce niveau parce que le programme français, sur la plasticité et l'épigenèse cérébrale, qu'on va enseigner en Tunisie est conçu pour les niveaux 1ère S et 1ère L.

Nous avons choisi la filière mathématique et évité la filière de spécialité des sciences expérimentales pour tenter de montrer que les notions de plasticité et d'épigenèse cérébrale sont accessibles aux non spécialistes.

- Le deuxième est composé de 13 étudiants du DEA Didactique de la Biologie. Cet échantillon peut nous aider à vérifier notre hypothèse n° 4 : une formation préalable, en biologie ou en Didactique de la Biologie, d'apprenants favorise le changement conceptuel sur les déterminismes biologiques. Cet enseignement a eu lieu en présentiel, à l'ISEFC (Tunis).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Le troisième est formé de 15 enseignants non biologistes (toutes disciplines confondues). Ils ont été invités à assister à cette visioconférence à l'ISEFC (Tunis) en découvrant l'affiche représentée ci-dessous dans leurs lycées respectifs.
- Le quatrième est composé de 21 enseignants de biologie volontaires et invités par l'annonce ci-dessous.

Les enseignants des deux derniers échantillons sont donc volontaires et motivés après la lecture de l'annonce ci-dessous qui avait été affichée dans les différents lycées du gouvernerat de Ben Arous.

Institut supérieur de l'Education
Et de la Formation Continue
Université de Tunis 1

La fin du « tout génétique » ?
Vers de nouveaux paradigmes en
Biologie
Epigenèse et plasticité cérébrales
Visioconférence

Vendredi 17 mai 2002 à 14h
A l'ISEFC, 41 rue de la liberté
Bouchoucha- Bardo
Dans la salle multimédia
Entrée libre

Les renseignements que nous avons demandés à la fin du questionnaire permettent d'avoir plus d'informations sur ces quatre échantillons. Ils sont présentés dans les 4 tableaux suivants.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 51. Age

Nombre et pourcentage Tranche d'âge		Présentiel	Visioconférence		Présentiel	Total
		Etudiants du DEA (didactique)	Enseignants de biologie	Enseignants non biologistes	Elèves de 3ème année secondaire, section maths	
Age	15-20	0 sur 13 0 %	0 sur 21 0 %	0 sur 15 0 %	**23 sur 23** **100 %**	23 sur 72 32 %
	21-30	3 sur 13 23 %	4 sur 21 19 %	0 sur 15 0 %		7 sur 72 9.7 %
	31-40	**8** **62 %**	**9** sur 21 **43 %**	5 sur 15 33 %		22 sur 72 30.5 %
	41-50	2 sur 13 15 %	6 sur 21 28.5 %	**9** sur 15 **60 %**		17 sur 72 23.6 %
	51-60	0 sur 13 0 %	2 sur 21 9,5 %	1 sur 15 7%		3 sur 72 4 %
Effectif		13	21	15	23	72

Tableau 52. Diplômes

Comment lire ce tableau (1ère cellule, en gris) : 100 % des enseignants des SVT (ou 13 sur 13) sont titulaires d'une maîtrise de SVT.

		Présentiel	Visioconférence		Total des enseignants	Présentiel
Echantillons / Nombre et pourcentage par diplôme		Etudiants du DEA (didactique de la biologie)	Enseignants de biologie	Enseignants non biologistes	Elèves de 3ème maths en Tunisie (=1ère S en france)	Total
Diplôme le plus élevé	Maîtrise ou plus	**13 sur 13** **100 %**	**17 sur 21** **81%**	**10 sur 15** **67%**		**40 sur 72** **55.5 %**
	Entre bac et maîtrise	0 sur 13 0 %	4 sur 21 19%	5 sur 15 33%		9 **sur 72** 12.5 %
	3ème en Tunisie (=1ère en France)				**23 sur 23** **100 %**	23 sur 72 32 %
Effectif		13 100%	21 100 %	15 100 %	23 100 %	72 100 %

Remarque : en Tunisie, il est possible d'enseigner au collège sans avoir le diplôme de la maîtrise

Tableau 53. Sex-ratio

Echantillons		Présentiel	Visioconférence		Présentiel	Total
Nombre et Pourcentage par appartenance sexuelle		Etudiants du DEA (didactique de la biologie)	Enseignants de biologie	Enseignants non biologistes	Elèves de 3ème année secondaire, section math (1ére S en France)	
sexe	Femme	7 sur 13 54 %	13 sur 21 62 %	4 sur 15 27 %	16 sur 23 70 %	39 sur 72 54 %
	Homme	6 46 %	8 38 %	11 73 %	7 30 %	33 46 %
Effectif		13	21	15	23	72

Tableau 54. Sources d'informations les plus utilisées (le total des pourcentages par colonne ne fait pas 100 % car une personne peut utiliser plus qu'une source d'informations).

Echantillons		Présentiel		Visioconférence		Total
Nombre et pourcentage de sources d'information		23 élèves de 3ème année (math)	13 Etudiants du DEA (didactique)	21 Apprenants-enseignant de biologie	15 Apprenants-enseignants non biologistes	72 apprenants
sources d'informations	Cours du lycée	23 sur 23 100 %	0 sur 13 0 %	0 sur 21 0 %	0 sur 15 0 %	23 sur 72 32 %
	Cours didactique	0 sur 23 0 %	13 sur 13 100 %	0 sur 21 0 %	0 sur 15 0 %	13 sur 72 18 %
	Cours universitaire	0 sur 23 0 %	0 sur 13 0 %	8 sur 21 38 %	0 sur 15 0 %	8 sur 72 11 %
	Culture générale	0 sur 23 0 %	0 sur 13 0 %	13 sur 21 62 %	9 sur 15 60 %	22 sur 72 30.5
	Ne répond pas	0 sur 23 0 %	0 sur 13 0 %	0 sur 21 0 %	6 sur 15 40 %	6 sur 722 8.5 %
Total		23 sur 23 100 %	13 sur 13 100 %	21 sur 21 100 %	15 sur 15 100 %	72 sur 72 100 %

Notes : le nombre de sources est plus grand que l'effectif de l'échantillon car un seul participant peut utiliser deux sources d'informations différentes. Pour l'échantillon des élèves : Renseignements non demandés dans le questionnaire

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

1.2.3. Le mode de passation du questionnaire

Le questionnaire des élèves a été rempli au lycée, le matin en classe, avant et après l'enseignement.

Le questionnaire des étudiants du DEA didactique de la biologie a été rempli à l'institut supérieur de l'éducation et de la formation continue (l'ISEFC), avant et après l'enseignement.

Le questionnaire des enseignants biologistes et non biologistes a été rempli à l'ISEFC avant et après la visioconférence.

Nous avons veillé à la distribution et au ramassage des questionnaires après avoir garanti l'anonymat de toutes les personnes interrogées.

1.3. Les questionnaires : critique, présentation et commentaire

Nous nous sommes assurés que les questions ont un sens pour cerner l'objectif recherché, ainsi que les types d'informations à recueillir (choix des variables).

1.3.1. Critique du questionnaire de la première partie :

- ✓ Nous nous sommes rendus compte que certaines personnes avaient interprété l'expression « le clonage d'Einstein » dans la question 9a de la première partie (êtes-vous en accord ou en désaccord avec le clonage d'Einstein ?) de la façon suivante : le clonage qui est découvert par Einstein. Pour enlever cette ambiguïté, dans la dernière question (n°10 dans le questionnaire des étudiants et des enseignants et n° 8 dans celui des élèves), on a ajouté l'expression « le clonage d'Einstein en plusieurs Einstein »

  Quand à la question 9b, nous avons pris conscience que cette question a raté complètement son objectif. Dans le nouveau questionnaire, nous avons supprimé cette question.
- ✓ Les modifications qu'on a ajoutées, aux questions 1 et 2 du précédent questionnaire, sont en gras :
  - Question 1 : Existe-t-il ☐ OUI ou ☐ NON des différences entre les comportements, les façons de penser, des hommes et des femmes **de même âge, même niveau intellectuel et même classe sociale ?**

    Que vous ayez répondu Oui ou Non, justifiez votre réponse en indiquant les origines, les causes de ces différences ou non-différences.

- Question 2 : Existe-t-il ☐ OUIou ☐ NON des différences entre les cerveaux des hommes et des femmes **de même âge, même niveau intellectuel et même classe sociale?**

  Précisez la nature de ces différences (ou non-différences) et indiquez leurs origines, leurs causes.

✓ Nous avons également ajouté une question dans les deux versions du nouveau questionnaire : c'est la question 3 : les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ?

Cette question va nous permettre de différencier les conceptions déterministes des autres.

Les deux vrais jumeaux n'ont pas le même cerveau car le cerveau se configure suite à l'interaction entre le génome, l'environnement et le phénotype (voir cadre théorique, scientifique n° 2.7 p 77).

Deux personnes ne pourront jamais avoir le même environnement, chacun a son « umwelt ».

1.3.2. Présentation des deux questionnaires utilisés :

(A) Le questionnaire utilisé pour les étudiants et les enseignants dans la deuxième partie

Le pseudonyme qui figure en tête du questionnaire va nous permettre d'apparier les pré-tests et les post-tests individuels.

Pseudonyme : ☐ **Fille** ☐ **Garçon**

Questionnaire pour les professeurs, réalisé dans le cadre d'une collaboration de recherche

En Didactique de la biologie entre l'ISEFC (Université de Tunis 1) et le LIRDHIST (Université Claude Bernard – Lyon 1, sous la responsabilité de Pierre CLEMENT)

Question 1 : Existe-t-il ☐ OUI ou ☐ NON des différences entre les comportements, les façons de penser, des hommes et des femmes de même âge, même niveau intellectuel et même classe sociale ?

Que vous ayez répondu Oui ou Non, justifiez votre réponse en indiquant les origines, les causes de ces différences ou non-différences.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

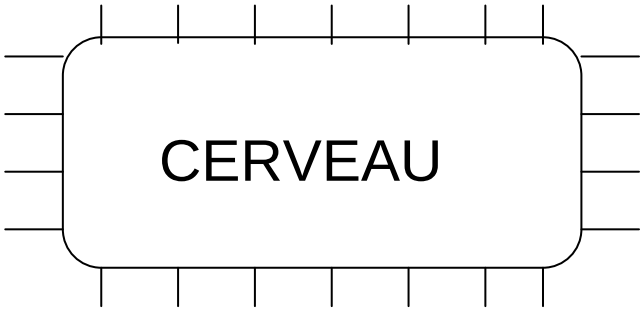
Question 2 : Existe-t-il ☐ OUI ou ☐ NON des différences entre les cerveaux des hommes et des femmes de même âge, même niveau intellectuel et même classe sociale ?

Précisez la nature de ces différences (ou non-différences) et indiquez leurs origines, leurs causes.

Question 3 : les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ?

☐ OUI ou ☐ NON

Question 4 : accrochez à l'extrémité de chaque rayon un mot (ou une courte expression) qui vous vient spontanément à l'esprit quand vous entendez le terme «cerveau ».



Question 5: Dessinez un cerveau, en schématisant et légendant ce qui semble essentiel à son fonctionnement.

Question 6: Pour chaque terme de la colonne gauche, répondez s'il vous plaît aux questions posées (même si vous ne connaissez pas ou peu le terme)

	Connaissez-vous les termes suivants ?			Donnez-en une courte définition
	Oui	+/-	Non	
6.1 Neurone				
6.2 Cortex cérébral				
6.3 Synapse				
6.4 Réseau neuronal				
6.5 Plasticité cérébrale				
6.6 Aire de Broca				
6.7 Epigenèse cérébrale				

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Question 7:

7.1 Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être atteints de mucoviscidose ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

7.2 Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être myopathes ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

7.3 Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être très bons violonistes ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

7.4 Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être immunisés contre la rougeole ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

7.5 Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être alcooliques ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

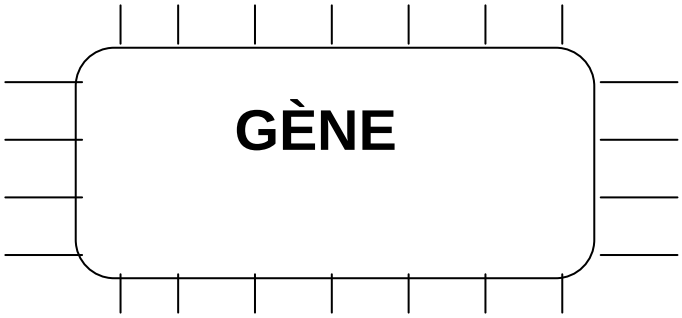
7.6 Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être très bons à l'école ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

7.7 Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être agressifs ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

7.8 Y a-il une prédisposition génétique chez les parents qui induirait leurs enfants à être croyants en Dieu ? ☐ OUI ☐ NON : justifiez votre réponse :

Question 8 : Explicitez brièvement les principales fonctions d'un gène
(Avec un texte très court et en vous aidant aussi de schémas).

Question 9 : Accrochez à l'extrémité de chaque rayon un mot (ou une courte expression) qui vous vient spontanément à l'esprit quand vous entendez le terme « gène ».



Question 10 : Etes-vous ☐ en accord ou ☐ en désaccord, avec le clonage d'Einstein en plusieurs Einstein ? Justifiez votre réponse.

Quelques renseignements sur vous (qui préservent votre anonymat)

☐ Femme ☐ Homme

Age :

Diplôme le plus élevé :

Date et lieu d'obtention :

Sources de vos informations sur les questions abordées par ce questionnaire :

(B) le questionnaire utilisé par les élèves du lycée dans la deuxième partie

Il diffère du questionnaire précédent dans les points suivants :

- les questions 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9 et 10 du précédent questionnaire sont maintenues avec le même contenu mais on a changé l'ordre des questions 7, 9 et 10 (la 7ème question dans le précédent questionnaire devient la 5ème dans le nouveau questionnaire, la 9ème devient la 7ème et la 10ème devient la 8ème). Nous avons allégé le contenu de la question 6 en supprimant 6.4 (réseau neuronal) et 6.6 (aire de Broca) et celui de la question 7 en enlevant 7.1, 7.3 et 7.4.
- les questions 5 et 8 et les renseignements sont complètement supprimées dans le nouveau.

Nous avons fait ces modifications pour les raisons suivantes :

- raccourcir le questionnaire (de 3 pages il est passé à 2 pages seulement) pour diminuer le temps de passation car la durée d'une séance au lycée est limitée à 1 heure et demie.
- la légende du cerveau et son dessin, les termes (réseau neuronal, aire de Broca, mucoviscidose, violoniste, immunisé contre la rougeole) et les fonctions du gène sont des thèmes supprimés dans le nouveau questionnaire car trop spécialisés pour les élèves matheux.
- les renseignements sont supprimés sauf le sex-ratio car on connaît d'avance la réponse des lycéens (ils ont presque le même âge et n'ont pas encore de diplômes).

1.3.3. Commentaire des questionnaires

Le questionnaire permet de recueillir des données sur l'acquisition des connaissances et sur les conceptions situées ; les données doivent être interprétées avec prudence. Notre questionnaire articule deux types de variables : variables concernant l'identification de la personne interrogée (sexe, âge, diplôme le plus élevé, date et lieu d'obtention, sources d'informations sur les questions traitées par ce questionnaire) ; variables concernant les conceptions sur les déterminismes biologiques.

Pour analyser les conceptions des personnes sur les déterminismes biologiques de l'homme et plus précisément sur le cerveau et son épigenèse, nous avons travaillé avec le même questionnaire sous deux versions, une normale et l'autre allégée, pour les mêmes finalités :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- ✓ Le questionnaire des enseignants comporte 20 questions, qui obéissent à deux types de finalité :
  - 10 questions qui visent à faire émerger des valeurs sur les différences entre hommes et femmes, sur l'inné et l'acquis de certains caractères (le don de violoniste, l'intelligence, l'agressivité, l'alcoolisme et la croyance en Dieu) et sur le clonage : questions n° 1, 2, 3, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 10.
  - 10 questions qui permettent de cerner l'état des connaissances sur des notions très précises suggérées (neurone, cortex cérébral, synapse, réseau neuronal, plasticité cérébrale, épigenèse cérébrale) ou spontanées (bardanes du cerveau et du gène) : questions n° 4, 5, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.7, 8, 9.
- ✓ Le questionnaire des élèves obéit aux mêmes finalités mais il comprend seulement 14 questions. La diversité des questions a pour but de mettre les enseignants dans diverses situations pour qu'ils mobilisent différentes facettes de leurs conceptions situées. Pour ne pas réduire l'univers conceptuel des sujets interrogés, nous devons tenir compte des conceptions fort différentes sur un même phénomène, en fonction du contexte.

- ✓ Remarquons que :

2.2. Dans le questionnaire des étudiants et d'apprenants-enseignants, les trois questions [6.6 (définition de l'aire de Broca), 7.1 (prédisposition génétique à être atteint de mucoviscidose) et 7.2 (prédisposition génétique à être atteint de myopathie)] : Nous les avons placées dans le questionnaire pour mettre l'apprenant en situation de questions diversifiées et nous avons prévu dés le début de ne pas les analyser car elles n'apportent pas beaucoup d'informations quand à la mesure de changements conceptuels sur les déterminismes biologiques entre le pré et le post-test et elles pourraient fausser les résultats.

2.3. Dans le questionnaire des élèves, les questions 5.1 (myopathie) et 7 (bardane du gène) ne seront pas analysées pour des raisons différentes : nous avons découvert a posteriori que ces deux questions aussi sont trop spécialisés pour les élèves matheux.

1.4. Catégorisation

1.4.1. Catégorisation des conceptions relatives aux connaissances et valeurs (conceptions KV)

Nous allons classer les conceptions KV en trois catégories, selon les trois modèles présentés dans la figure suivante avec une petite transformation :

- Catégorie 1 : Conceptions KV « Modèle linéaire causal : seul le génotype agit sur le phénotype » (symbole D).
- Catégorie 2 : Conceptions KV « Modèle linéaire causal : l'environnement ou le culturel agit sur le phénotype » ou « Modèle additif sans rétroactions: le génotype et l'environnement agissent sur le phénotype » (symbole E).
- Catégorie 3 : Conceptions KV: « Modèle interactif : interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype » (symbole Ep).

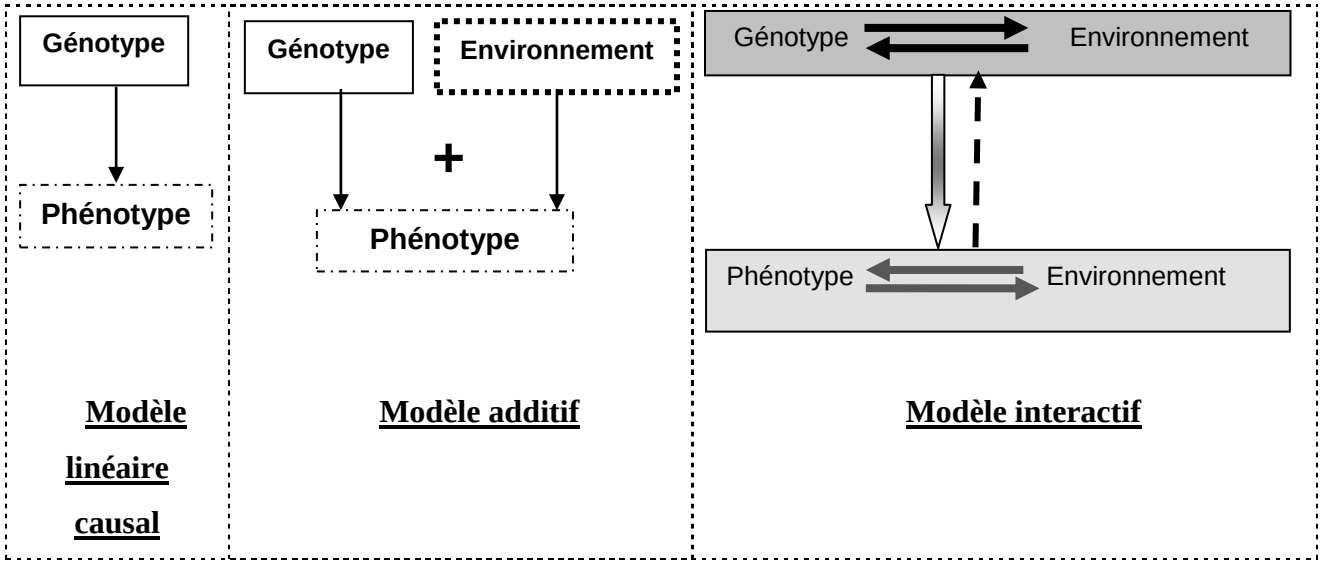


Figure 8 : Trois modèles explicatifs de la relation génotype/phénotype/ environnement. (Clément P. & Forissier. T. 2003)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 55. Grille de catégorisation des conceptions KV

Notes du tableau : K : connaissances (knowledge). KV = connaissances et valeurs.

Types de catégories	Critères de classification des conceptions
Catégorie 1 : Conceptions KV « Modèle linéaire causal : seul le génotype agit sur le phénotype » (symbole D).	Lorsque l'apprenant - développe une réponse relevant explicitement du déterminisme biologique en disant par exemple qu'il y a un gène sur le chromosome Y qui détermine à 100 % le comportement de l'agressivité ou un autre qui détermine à 100 % le comportement de l'alcoolisme ou de l'intelligence ou dit « le caractère (poids du cerveau) est porté par la paire de chromosomes sexuels XY ». - répond par « oui », là où il ne faut pas, dans les questions sur la prédisposition génétique des caractères (alcoolique, très bon à l'école, agressif, croyant en Dieu) même s'il n'argumente pas. - répond par « oui » à la question "en accord" avec le clonage d'Einstein, même s'il n'argumente pas. - répond par « oui » à la question 3 (les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ?). - répond par « oui » à la question 1 sur les différences hommes femmes puis par « non » à la question 2 sur les différences de cerveaux entre femmes et hommes et argumente en disant qu'ils ont le même cerveau donc quel est le support biologique de ces différences dans les comportements ? - donne une différence craniométrique (poids, surface ou volume) entre les cerveaux des hommes et des femmes pour justifier l'inégalité dans les performances intellectuelles ou les droits. - évoque des causes héréditaires des différences de cerveaux entre les hommes et les femmes car il ne tient pas compte de la configuration des réseaux neuronaux en fonction de l'expérience personnelle. - évoque des causes hormonales ou sexuelles qui déterminent les différences dans l'intelligence.
Catégorie 2 : Conceptions KV « Modèle linéaire causal : l'environnement ou le culturel agit sur le phénotype » ou « Modèle additif sans rétroactions: le génotype et l'environnement agissent sur le phénotype » (symbole E).	Lorsque l'apprenant - évoque seulement l'influence de l'environnement, de l'entourage, du milieu, de l'éducation, de la culture, de la famille, de la société ou des expériences personnelles sur l'individu, ou évoque l'interaction entre l'individu et son milieu ou son environnement sans mobiliser ses connaissances neurobiologiques pour l'argumenter - évoque en même temps des causes déterministes d'origine biologique ou culturelle dans les questions suivantes (différences entre les comportements des hommes et des femmes, différences de cerveaux entre les hommes et les femmes, hérédité des caractères, fonctions d'un gène et clonage) sans mobiliser ses connaissances neurobiologiques pour l'argumenter. - répond par « non » à la question (les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ?) - répond par « non » ou par « oui et non » même sans argumenter sa réponse aux

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

	questions sur la prédisposition génétique des caractères (7.4 immunisé contre la rougeole, 7.5 alcoolique, 7.3 très bon violoniste, 7.6 très bon à l'école, 7.7 agressif, 7.8 croyant en Dieu). - répond par « oui » aux sous-questions de la question 7 et donne des arguments contre le déterminisme génétique, il se peut qu'il n'ait pas compris la signification de l'expression « prédisposition génétique » surtout si le cas se répète chez la même personne interrogée. - répond par « oui et non » en même temps aux sous-questions de la question 7 et donne des arguments génétiques et environnementaux.
Catégorie 3 : Conceptions KV: « Modèle interactif : interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype » (symbole Ep).	Lorsque dans l'argumentation d'apprenants, on constate une interaction entre les connaissances et les valeurs comme l'indique le modèle KVP. Les valeurs qui s'appuient sur des connaissances scientifiques sont plus solides. Lorsque l'apprenant - évoque les supports biologiques de l'apprentissage (cerveau, cortex, réseaux, connexions, synapses) pour expliquer l'interaction entre l'environnement et le cerveau ou entre l'environnement et le génotype dans les questions suivantes (différences entre les comportements des hommes et des femmes, différences de cerveaux entre les hommes et les femmes, hérédité des caractères, fonctions d'un gène et clonage). - déclare que le développement du cerveau est acquis dans la question sur le clonage. - répond par « oui et non » en même temps aux sous questions de la question 7 sur la prédisposition génétique et donne des arguments génétiques et épigénétiques articulés.
Catégorie 4 : autres Conceptions KV (symbole A)	Question (clonage) : Lorsque l'apprenant - évoque des arguments se rapportant à l'éthique générale. - évoque des arguments se rapportant à l'éthique religieuse. - répond par « non » et n'argumente pas sa réponse. - répond par «oui et non » et argumente, exemple Enseignant non biologiste 7, post-test : « *oui et non, à la limite de nos connaissances je suis en désaccord, sait-on jamais après* » Question (différences hommes femmes) : Lorsque l'apprenant - n'exprime ni conceptions épigénétiques ni déterministes. - donne des affirmations évidentes ou scientifiquement correctes sur les différences entre hommes et femmes sans pour autant exprimer une opinion déterministe ou épigénétique. Question (différences de cerveaux) : Lorsque l'apprenant - donne des affirmations scientifiquement correctes ou fausses sur les différences des cerveaux entre hommes et femmes (différence de poids ou de surface ou de volume ou de taille ou de sexe) sans pour autant en déduire une opinion sexiste ou déterministe. - nie les différences entre les cerveaux des hommes et des femmes. - évoque des différences hormonales ou sexuelles sans pour autant en déduire une

	opinion sexiste ou déterministe. - déclare que les différences sont au niveau du cerveau sans préciser la nature de ces différences (sans par exemple indiquer des différences de poids ou de volume ou de configuration des réseaux neuronaux en interaction avec l'environnement). Question (prédisposition génétique à être très bon violoniste) : Lorsque l'apprenant ne comprend pas le sens du mot violoniste et le prend pour le terme violent. Question (les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ?) : Lorsque l'apprenant - répond par « oui et non » en même temps.
Catégorie 5 : ne répond pas (symbole N)	Ne répond pas à la question fermée et n'argumente pas.

1.4.2. Catégorisation des conceptions relatives aux connaissances (conceptions K)

1.4.2.1. Catégorisation des conceptions K relatifs aux connaissances dans la question 6

(définitions du neurone, synapse, cortex cérébral, réseau neuronal, plasticité et épigenèse cérébrales)

Pour les mots connus (neurone, synapse, cortex et réseau), nous n'étions pas très exigeants dans la catégorisation : deux catégories (correcte ou fausse) car, par exemple, pour un scientifique qui connaît le neurone, il va le définir tout simplement par « cellule nerveuse » sans entrer dans les détails même s'il connaît sa structure microscopique et son fonctionnement.

Pour les mots inconnus (épigenèse et plasticité cérébrales), nous étions un peu plus exigeants dans la catégorisation : 3 catégories (correcte ou incomplète ou fausse).

Voici à présent quelques exemples de réponses aux questions fermées et ouvertes des enquêtés :

- ✓ **Le neurone**

La réponse est considérée comme correcte lorsque l'apprenant définit le neurone par cellule nerveuse, exemple : pour l'élève 8 : « *oui, cellule nerveuse, chaque cellule présente deux sortes de prolongements cytoplasmiques ramifiés* ».

- ✓ **Le cortex cérébral**

La réponse est considérée comme correcte, lorsque l'apprenant définit le cortex cérébral par substance grise externe ou partie grise du cerveau, exemple : pour l'élève lève 14 : « *oui, substance grise du cerveau* ». La réponse est considérée comme fausse, exemple : Elève 13 : « *oui, la partie blanche dans le cerveau* »

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- **La synapse**

La réponse est considérée comme correcte lorsque l'apprenant définit la synapse par un lien entre deux neurones ou entre un neurone et une cellule cible, exemple : pour l'élève 20 : « *oui, relation entre les neurones* ».

1) **Le réseau neuronal**

La réponse est considérée comme correcte lorsque l'apprenant définit le réseau neuronal comme un ensemble de cellules interconnectées, exemple : pour l'étudiant 7 : « *oui, ensemble de connexions stabilisées. Selon les performances d'une personne, le cerveau réalise des connexions continuellement* », pour l'étudiant 10 : « *oui, ensemble de connexions entre neurones* ».

1) **<u>La plasticité cérébrale</u>**

Définition correcte : Lorsque l'apprenant relie les modifications du cerveau avec l'environnement, exemple : pour l'élève 6 : « *oui, ce sont les facteurs externes (relatifs à l'environnement) qui jouent un rôle dans la modification du cerveau humain* ».

Définition incomplète : Lorsque l'apprenant reprend seulement les termes de la question sans rien ajouter ou lorsque l'apprenant parle des modifications du cerveau sans les relier avec l'environnement, exemple : pour l'élève 2 : « *oui, capacité du cerveau à être plastique* ».

Définition fausse, exemple : pour l'élève 6 : « +/ -, *couche qui recouvre le cerveau* ».

✓ **L'épigenèse cérébrale**

✓ **Critères de catégorisation**

Définition correcte : Lorsque l'apprenant évoque l'action de l'environnement sur le cerveau, exemple : pour l'étudiant 1 : « *oui, formation de connexions cérébrales en interaction avec l'environnement* ».

Définition incomplète : Lorsque l'apprenant évoque le changement du cerveau sans le relier avec l'environnement, exemple : pour l'élève 6 : « +/ -, *développement du cerveau* ».

Définition fausse, exemple : pour l'étudiant 7 : « *oui, genèse des membranes cérébrales*».

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

1.4.2.2. Catégorisation des conceptions K dans les questions 4 (bardane du cerveau) et 5 (dessin du cerveau)

Dans les questions 4 et 5, la réponse est catégorisée « correcte » quand l'apprenant mobilise des termes se rapportant à la localisation cérébrale ou aux mots clés "épigenèse" et "plasticité cérébrale" ou aux supports cytologiques de l'épigenèse, ou aux influences non génétiques sur le cerveau. Les connaissances biologiques sur le cerveau et ses différentes parties pourraient favoriser l'acquisition de nouvelles connaissances sur son fonctionnement. Ce sont en effet ces termes qui peuvent aider l'apprenant à mieux comprendre l'épigenèse : par exemple : cortex, réseau neuronal, synapses, support biologique des facultés mentales, etc. Si la réponse ne contient pas ces termes, elle est considérée « incomplète ».

Exemples de ces termes mentionnés dans les réponses d'apprenants :

Les termes se rapportant aux supports cytologiques microscopiques de l'apprentissage : configuration des réseaux neuronaux, connexions nerveuses, synapses, neurotransmetteur, fibres nerveuses, dendrites, mémoire, la représentation corticale change (ou s'adapte ou s'étend ou augmente ou diminue), configuration des neurones, tonneaux (amas de neurones), organisation du cortex, circuit de neurones, synapses.

Les termes se rapportant à la localisation cérébrale : cortex cérébral, partie visuelle, aire de Broca, aires, localisations, centre nerveux, centre somato-sensoriel, cellule nerveuse, neurone, représentation corticale, plan somato-sensoriel, arborisations terminales, circonvolution, représenté corticalement, aire, cortex, cortex somato-sensoriel, cortex visuel, cortex auditif.

Les termes se rapportant aux mots clés "épigenèse" et "plasticité cérébrale".

Les termes se rapportant aux influences non génétiques qui s'exercent sur le cerveau : acquis, milieu, éducation, apprentissage, culture, famille, société, civilisation ou des expériences personnelles sur l'individu.

Voici à présent des exemples de réponses de personnes interrogées dans ces deux questions :

Pour l'apprenant-enseignant de biologie n° 7 : Question 5 (dessin du cerveau), pré-test « Dessin d'une coupe du cerveau avec des détails à l'intérieur. Légende : *substance blanche, cortex cérébral (substance grise) -Chaîne neuronale, circonvolution »* post-test *« Même dessin. Légende : cortex, neurone (*Il a ajouté une flèche à double sens entre le dessin et le terme environnement) »]

Pour l'apprenant-enseignant de biologie n° 11 : [question 4 (bardane du cerveau), pré-test : « *matière grise- neurones- synapse- contrôle- mémoires- intelligence- pensée* », post-test : « *neurones- réseaux neuronaux - apprentissage- réseaux stabilisés- réseaux déstabilisés* »].

1.4.2.3. Catégorisation des conceptions K dans les questions 8 (fonctions du gène) et 9 (bardane du gène)

Dans ces deux questions, la réponse est catégorisée « correcte » quand l'apprenant utilise des termes se rapportant aux influences de l'environnement sur les gènes ou l'interaction entre l'environnement et les gènes. S'il ne mobilise pas ces termes, sa réponse est considérée « incomplète ».

Des exemples de réponses de personnes interrogées

Question 9 (principales fonctions d'un gène) : pour l'enseignant de biologie 2, visioconférence, pré-test « *le gène, c'est l'unité qui est portée par le chromosome, en général à chaque gène, on peut correspondre un caractère héréditaire, le gène, c'est le support du caractère* », post-test « *gène → caractère avec intervention de l'environnement support du caractère* »

Question 9 (bardane du gène) : pour l'enseignant de biologie 7, visioconférence, pré-test « *ADN- codon- acide aminé- protéine- caractère- physique- insuline- maladie héréditaire- biologie- médecine- aster- dida - biologie- géologie- nucléotide- acide phosphorique- Base- triplet* » post-test « *protéine- caractère- comportement- synthèse- génétique- héréditaire- environnement- expérience* ». Pour l'enseignant non biologiste 15, pré-test : « *couleur des yeux, couleur de la peau, maladies héréditaires, albinisme, daltonisme* », post-test : « *environnement, épigenèse, ADN, programme génétique, phénotype, génotype* »

1.5. Le protocole expérimental

Notre approche est essentiellement qualitative.

La déconstruction de conceptions déterministes (génotype → phénotype) et la construction de conceptions alternatives épigénétiques (interaction entre le génotype, l'environnement et

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

le phénotype) vont de pair. Un cours sur l'épigenèse a été présenté pour essayer d'amener les apprenants à réfléchir sur leurs conceptions et en prendre conscience.

Cette phase s'organise généralement autour d'un débat scientifique pendant lequel l'enseignant va aider les apprenants à accéder à un mode de raisonnement scientifique systémique. Le débat scientifique en classe sur le thème de l'épigenèse cérébrale peut permettre d'engager les élèves dans un processus de changement conceptuel (Lhoste, 2005). L'éventuel changement conceptuel qui va se produire chez les personnes interrogées sera mesuré par comparaison entre le pré-test et le post-test. Dans ce dernier test qui se déroule après un enseignement sur l'épigenèse cérébrale, les apprenants vont opérationnaliser leurs nouvelles conceptions en les faisant fonctionner dans de nouvelles situations (Tekkari, 2006).

Pour analyser les résultats de ce travail, nous avons choisi deux types de recueil de données, le questionnaire et l'enregistrement audiovisuel :

- ✓ L'enregistrement audiovisuel du cours a été retranscrit par écrit et m'a permis d'analyser globalement le contenu de la séquence d'enseignement, ainsi que de tenter de comprendre les raisons de certains changements conceptuels ou absence de changement.
- ✓ Le questionnaire est un outil qui sert à évaluer le changement des conceptions après l'acquisition de connaissances par comparaison des post-tests avec les pré-tests. Il nous permettra de confirmer, nuancer ou infirmer nos hypothèses sur l'éventuel changement conceptuel des personnes qui ont suivi l'enseignement.

1.6. Présentation de la situation d'enseignement des élèves dont l'impact sera analysé

1.6.1. Présentation du programme

Le programme tunisien des SVT ne comprend pas le thème de l'épigenèse cérébrale. C'est pour cette raison que nous avons introduit la partie du programme d'enseignement[1] français réservée à la plasticité du système nerveux. Un professeur du lycée a enseigné cette partie en deux séances intitulées TP 12 et TP 13, chacune d'une heure et demie.

[1] Programme d'enseignement scientifique obligatoire de la classe de 1re S, applicable à compter de l'année scolaire 2001-2002, texte publié au B.O. hors série n° 7, volume 5 du 31 août 2000 (Biologie Géologie n° 3, 2000, p 473)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 56. Le programme français adapté pour les lycéens tunisiens de la classe de 3ème année secondaire de 3ème math (1ère S en France)

THEME	OBJECTIFS SPECIFIQUES	CONTENU	RECOMMANDATIONS	HORAIRE
Article 10 : GENESE ET EPIGENESE DU SYSTEME NERVEUX **(3 semaines)**	- Comprendre que la représentation corticale correspond à la projection de la sensibilité tactile de tout le corps sur le cortex somato-sensoriel et qu'elle dépend de facteurs génétiques mais aussi des conditions de l'environnement. - Expliquer la notion de plasticité cérébrale au cours de la spécialisation du cortex.	2- Le cortex sensoriel et la plasticité du système nerveux - L'information sensorielle générée à la périphérie est transmise au cortex sensoriel. Dans le cortex somato-sensoriel, chaque territoire de l'organisme est représenté. Cette représentation est déformée par rapport à la surface des territoires corporels. -Les zones corticales concernées sont constituées de neurones interconnectés et organisés en colonnes.	Etude de documents d'imagerie cérébrale relatifs à l'activation du cortex sensoriel. Etude comparée des représentations corticales chez deux espèces de mammifères. Etude de la représentation des vibrisses de rongeurs dans le cortex sensoriel et sa modification génétique et épigénétique.	TP 12 : 1 heure et demie.
	Montrer que la plasticité cérébrale est maintenue chez l'adulte et qu'elle est en relation avec la plasticité synaptique.	2-3- Des modifications de l'activité neuronale à la périphérie régulent l'organisation dynamique du cortex. Elles se traduisent par un remodelage des connexions synaptiques, témoin de la plasticité cérébrale. La neuroplasticité est une propriété générale du système nerveux central. *Limites : les détails de l'organisation anatomique du cortex cérébral ne sont pas au programme.*	Analyse de l'évolution de la représentation corticale des doigts des violonistes, occupation du « cortex visuel » chez les non voyants…	TP 13: 1 heure et demie.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

1.6.2. TP12 : la représentation corticale de la surface des territoires corporels

Objectif de la leçon

Faire comprendre aux lycéens les notions de la représentation corticale de la surface des territoires corporels.

Déroulement de la leçon sous forme d'un débat scientifique :

L'enseignant donne aux élèves 6 documents (2 sur l'homme et 4 sur le rat), du manuel scolaire 1re S (Hatier, 2001), sur lesquels ils vont travailler (ces documents sont joints dans l'annexe 2.1, transcription du cours des lycéens) :

- ½ heure : explication de l'objectif de la leçon et étude de documents d'imagerie cérébrale relatifs à l'activation du cortex sensoriel :

  - Activité cérébrale et perception des objets, p. 175, doc. a et b : 2 cerveaux (humains), (Hatier).

- ½ heure : Etude comparée des représentations corticales chez deux espèces de mammifères :

  - Représentations corticales ou « cartes topographiques » du cortex somatosensoriel (chez l'homme), p. 176, doc. 4, (Hatier).

  - Représentation corticale du cortex somatosensoriel (chez le rat), p. 177 doc. 6, (Hatier).

- ½ heure : Etude de la représentation des vibrisses de rongeurs dans le cortex sensoriel et sa modification génétique et épigénétique :

  - Représentations corticales sensorielles des vibrisses (chez le rat), p. 178, doc. 8, (Hatier).

  - Mise en place du cortex somatosensoriel des vibrisses (chez le Rat) dans deux conditions différentes, p. 179 doc. 9, (Hatier).

  - Une spécialisation régionale corticale tardive (chez le rat), p. 179, doc. 10, (Hatier).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

1.6.3. TP13 : Epigenèse et plasticité cérébrales

Objectif de la leçon

Faire comprendre aux lycéens les notions de la plasticité et de l'épigenèse cérébrales pour que le cerveau ne soit pas seulement conçu comme étant aux commandes des pensées et comportements, mais aussi conçu comme façonné par ces pensées et comportements.

L'enseignant donne aux élèves 15 documents (10 sur l'homme et 5 sur le singe), de deux manuels scolaires 1re S (8 de Hatier : 6 sur l'homme et 2 sur le singe et 7 de Bordas : 4 sur l'homme et 3 sur le singe) sur lesquels ils vont travailler (ces documents sont joints dans l'annexe 2.1, transcription du cours des lycéens) :

- ✓ ½ heure : explication de l'objectif de la leçon et comparaison des cerveaux de deux vrais jumeaux : La construction du cerveau, p. 174, doc. b 1 et 2 Cerveaux de jumeaux (chez l'homme), 1 et 3 Cerveaux d'individus non apparentés, (Hatier 2001).
- ✓ 1 heure : Analyse de l'évolution de la représentation corticale des doigts
  - Modification fonctionnelle du cortex somatosensoriel d'un singe hibou à la suite de stimulations préférentielles, p. 180, doc. 12, (Hatier 2001).
  - Evolution du cortex somatosensoriel après suppression des messages afférents (chez le singe), p. 181 doc. 14 (Hatier 2001).
  - La plasticité cérébrale, Amputation d'un membre (chez l'homme), p. 187, (Hatier 2001).
  - Modifications de la « cartographie » du cortex somatosensoriel chez le singe hibou à la suite de l'amputation d'un doigt, p. 228 doc. 1, (Bordas 2001).
  - Modifications de la « cartographie » du cortex somatosensoriel chez le singe hibou à la suite d'un « entraînement » particulier, p. 228 doc. 2, (Bordas).
  - 1er paragraphe en haut et à gauche qui commence par « · Si chez l'animal […] si chez un singe […] des doigts 2 ou 4 », p. 232, (Bordas 2001).
  - Le cerveau des violonistes, p. 188 doc. 6, (Hatier 2001).
  - Questions à réponses courtes (chez l'homme), p188, doc 2, (Hatier 2001).
  - Des observations récentes chez l'homme, p. 229 doc. B, (Bordas 2001).
  - Modifications de la représentation corticale des doigts dans le cortex somatsensoriel des violonistes, p 229, doc 3, (Bordas 2001).
  - « · La réorganisation […] chez un non violoniste », 2ème paragraphe en haut et à gauche, p. 232, (Bordas 2001).
  - Les cortex somatosensoriel et visuel de personnes aveugles, p. 179, doc. 11, (Hatier 2001).

- - La plasticité cérébrale, Lecture du Braille, p. 187, (Hatier).
- Chez les sourds de naissance […] le mot culture », p. 231, Titre de photo, (Bordas 2001).

1.6.4. La justification du choix des deux manuels scolaires utilisés

Que l'on nous permette tout d'abord de reprendre les propos de Clément et al, 2006, relatifs à l'analyse des manuels des éditions suivantes : CNP Tunisie, Nathan, Bordas et Hatier.

- « *En Tunisie, " la communication nerveuse" n'aborde que les supports anatomiques, le message nerveux et l'activité réflexe […] dans les manuels scolaires tunisiens, les seules allusions à l'épigenèse cérébrale et à la plasticité du cerveau sont implicites, à travers les termes de réflexes conditionnés et de conditionnement opérant […] l'ensemble est explicitement béhavioriste :* ***Stimulus → Boîte noire → Réponse*** *[…] une idéologie héréditariste implicite sous-tend donc les choix du programme et du manuel officiel en Tunisie. Cette idéologie héréditariste fait d'ailleurs bon ménage avec le béhaviorisme.*
- *En France, en 1re S […] nous constatons d'abord une heureuse rupture par rapport aux programmes et manuels antérieurs, ce qui les différencie aussi du manuel tunisien : les thèmes de l'épigenèse et de la plasticité cérébrale sont bien présents en 1re S.[…] nous nous limitons à quelques remarques relatives aux éditions :*
  - ✓ *Dans le manuel édité par Nathan (2001), en résumé, notre analyse de ce manuel de 1re S met en évidence une dissymétrie dans la présentation du déterminisme génétique d'une part, et l'épigenèse/plasticité de l'autre. Le premier est affirmé, démontré, illustré par des exemples humains qui concernent tous les élèves. Le second est juste discuté, introduit pour nuancer le premier et illustré par des exemples sur les animaux qui sont plus étrangers aux préoccupations des élèves.*
  - ✓ *Dans le manuel édité par Bordas (2001), nous retrouvons les mêmes tendances que celles notées dans le manuel étudié ci-dessus (Nathan), avec un héréditarisme persistant …*
  - ✓ *Cependant, le manuel édité par Hatier (2001), se distingue des deux précédents en évoquant plus explicitement les interactions entre génotype, environnement et phénotype au cours du développement et ensuite lors de la vie embryonnaire puis jusqu'à l'âge adulte…*»

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- ✓ Nous ajoutons une critique personnelle des manuels : Le modèle additif (Figure 8 p 192) que nous avons utilisé pour catégoriser les conceptions KV se manifeste :
- ✓ Dans le manuel scolaire de 1ère S, édition Hatier, 2001, p 178, nous avons trouvé l'expression en gros caractères gras qui introduit le contenu de 4 pages: « *Quelle est la part relative de l'environnement dans la construction des représentations corticales ?*».
- ✓ Dans le manuel scolaire de 1ère S, édition Bordas, 2001, p 226, nous avons trouvé l'expression en gros caractères gras colorés en bleu qui introduit le contenu de deux pages : « *Quelle est la part du génome dans la mise en place d'un tel câblage ?*», en parlant des réseaux neuronaux.

Ce choix des deux manuels a tenu compte des critiques de Clément et al (2006). Et c'est pour cette raison que l'enseignant qui a fait le cours a multiplié les exemples humains (12 documents) aux dépens des exemples sur les animaux (9 documents).

- ➢ Les 21 documents (12 sur l'homme et 9 sur les mammifères) choisis et utilisés dans les deux leçons proviennent de deux manuels scolaires français car le manuel tunisien n'aborde pas la plasticité cérébrale :
- ➢ 14 documents (8 sur l'homme et 6 sur les mammifères) proviennent du manuel scolaire « Sciences de la vie et de la Terre, 1re S, nouveau programme, Hatier, 2001, pp 173-191 ».
- ➢ 7 documents (4 sur l'homme et 3 sur les mammifères) proviennent du manuel scolaire « Sciences de la vie et de la Terre, 1re S, programme 2001, Bordas, 2001, pp 217-235 ».

- ➢ Il est utile de remarquer qu'en Tunisie, le programme actuel[1] des SVT est le même pour 4 filières différentes (math, lettres, économie/gestion et technique) de la classe de 3ème année (= 1re en France). D'autres part, un seul manuel officiel est obligatoirement utilisé en classe (édition CNP), l'enseignant n'a pas le droit de choisir un autre manuel parmi les autres éditions, tunisiennes parallèles ou étrangères.
- ➢ Avant ce cours, les élèves ont étudié, pendant deux mois, 4 chapitres sur le système nerveux. Chaque chapitre est enseigné en deux leçons, chacune d'une heure et demie :

[1] A partir du 15 septembre 2006, en Tunisie, deux filières seulement (sciences expérimentales et mathématiques) de la 3ème année secondaire auront un nouveau programme des SVT. Dans les 4 autres filières (technique, informatique, économie/gestion et lettres), les SVT seront supprimées de l'enseignement comme matière obligatoire.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- ✓ le support anatomique de la communication nerveuse.
- ✓ Le message nerveux : nature et propagation.
- ✓ L'activité réflexe innée : le réflexe myotatique.
- ✓ Le conditionnement et l'apprentissage.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.

Analyse et interprétation des résultats relatifs aux élèves

(3ème année secondaire Math en Tunisie : 1ère S en France)

Sommaire

2.1. Identification des conceptions-obstacles des élèves avant l'apprentissage	207
2.2. Analyse et interprétation des réponses différentes entre le pré et le post- test	211
2.2.1. Résultat global	211
2.2.2 Les questions de connaissances (questions K)	213
2.2.2.1. Analyse et Interprétation globale	213
2.2.2.2. Analyse question par question	215
2.2.3. les questions de connaissances et valeurs (questions KV)	226
2.2.3.1. Analyse et Interprétation globale	226
2.2.3.2. Analyse et Interprétation question par question	228
2.3. Conclusion	238

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.1. Identification des conceptions-obstacles des élèves avant l'apprentissage

Nous allons identifier les conceptions qui peuvent créer un obstacle à l'apprentissage puis analyser les changements de réponses des élèves entre le pré et le post-test.

Nous retrouvons, chez les élèves tunisiens, les mêmes conceptions-obstacles que nous avons déjà répertoriées dans la première partie de la thèse chez les enseignants et futurs enseignants tunisiens mais pas avec le même degré.

Catégorisation des réponses :

- pour les arguments relatifs aux questions 1, 2 : Nous avons utilisé pour cet échantillon la même catégorisation que pour l'échantillon de 275 enseignants dans la première partie de cette thèse (cf. chap. II, n ° 2. (1-2).3. B, p 95).
- Pour les termes accrochés a à la bardane du cerveau (question 4), nous les avons classés en trois catégories : (1) parties anatomiques macroscopiques du cerveau ; (2) neurones, synapses ou réseau neuronal ; (3) plasticité ou épigenèse.
- pour les conceptions KV (cf. tableau 55, grille de catégorisation des conceptions KV, p 193, 194, 195).

2.1.1. Présentation des résultats

Tableau 57. Résultats des réponses aux questions 1 et 2 fermées

(Différences de comportements et de cerveaux des hommes et des femmes)

Réponses aux questions 1 et 2	Nombre et pourcentage des élèves n = 23
Oui-non	4 (17 %)
Oui-oui	19 (83 %)

Tableau 58. Résultats des réponses aux questions ouvertes sur le cerveau (questions 1, 2 et 4)

Public / questions	Arguments des élèves tunisiens n = 23
1 et 2	43.5 % des élèves (10/23) ont présenté des arguments globaux (socioculturels et/ou biologiques), 17.5 % (4/23) des arguments spécifiques (neurones et synapses), 0 % (réseaux neuronaux), 39 % (9/23) autres
4	total des termes accrochés pour l'ensemble de l'échantillon = 223 : 85 % se rapportent au cerveau anatomique global (parties anatomiques macroscopiques du système nerveux) ; 13 % aux termes « neurone », « synapse » et « réseau neuronal » ; 2 % aux termes épigenèse et plasticité cérébrale. Seulement 11 % des ces 223 termes se rapportent aux autres organes (œil, cœur, etc.)

Tableau 59. Résultats des réponses à toutes les questions ouvertes en pré-test (questions KV)

Nombre et pourcentage de catégories de réponses parmi toutes les réponses possibles	Pré-test
Non réponses aux questions KV (N)	8 sur 184 4.3 %
Conceptions de catégorie D (génétique)	9 sur 184 4.9 %
Conceptions de catégorie E (environnement avec modèle causal ou additif)	129 sur 184 70.1 %
Conceptions de catégorie Ep (épigenèse)	11 sur 184 5.9 %
Conceptions de catégorie A (autres)	27 sur 184 14.6 %

Notes du tableau : Le nombre 184 = 8 (nombre de questions KV) x 23 (nombre d'élèves).
Catégorie D : Conceptions KV « modèle causal linéaire : seulement le génotype agit sur le phénotype ».
Catégorie E: Conceptions KV « modèle causal linéaire ou modèle additif : le génotype et/ou l'environnement agissent sur le phénotype».
Catégorie Ep : Conceptions KV « modèle interactif : interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype ».
Catégorie A : Autres conceptions KV.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.1.2. Analyse et interprétation des résultats : les mêmes conceptions que les enseignants

- **Le cerveau anatomique :** Cette conception persiste aussi chez les élèves mais nous remarquons, par rapport aux résultats des enseignants dans la première partie, une augmentation du nombre d'élèves qui fournissent des arguments spécifiques et évoquent l'influence de l'environnement sur le cerveau. Ces résultats pourraient être justifiés par le cours sur le système nerveux que les élèves viennent de suivre dans les semaines qui précèdent notre expérience. L'épigenèse cérébrale n'est pas enseignée en Tunisie.
- **Le cerveau est aux commandes des pensées et des comportements :** Le cerveau est cité toujours comme organe source, comme un Dieu, jamais on ne le décrit comme organe cible vulnérable et dépendant des autres organes.
- **Le dualisme corps/esprit :** Dans les questions 1-2 (différences entre comportements et cerveaux d'hommes et de femmes) : 4/23 élèves donnent une réponse oui-non en affirmant qu'il existe une différence entre la façon de penser et de se comporter des hommes et des femmes, mais en même temps, ils nient la différence entre les cerveaux des hommes et des femmes. Nous remarquons que les élèves tunisiens sont moins dualistes car 79 % d'entre-eux donnent une réponse cohérente « oui-oui » aux deux premières questions, oui à la différence de comportement et oui à la différence de cerveaux entre les hommes et les femmes. Ce faible taux de dualisme chez les élèves pourrait être expliqué par leur jeune âge, ils ne sont pas encore exposés aux croyances et idéologies culturelles dualistes.
- **L'articulation difficile entre les connaissances et les valeurs :** Les élèves qui donnaient des définitions correctes des termes « neurone », « synapse » et « cortex » n'ont pas mobilisé ces connaissances pour argumenter leurs réponses aux questions 1, 2 (différences entre comportements et cerveaux d'hommes et de femmes).

Seulement 5.9 % des conceptions exprimées sont de type épigénétique. Donc, nous concluons que l'articulation est difficile entre connaissances (K) et valeurs (V) dans les conceptions selon le modèle KVP de Clément (2004).

- **Le débat inné-acquis classique :** Il est posé de la façon suivante : déterminisme, soit uniquement génétique, soit uniquement environnemental selon le modèle causal linéaire ou additif (le génotype et /ou l'environnement → le phénotype) mais jamais selon le modèle interactif (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype).

L'acquis : Dans les questions 1 et 2 (différences entre les hommes et les femmes) 39 % des élèves évoquent l'influence de l'environnement sur le cerveau.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Un résultat inattendu : Avant l'apprentissage, 70.1 % (tableau 59, p 208) des conceptions exprimées relèvent du déterminisme cultuel selon le modèle (environnement avec modèle causal ou additif) comme le montrent les réponses suivantes :

Pour l'élève 1, question 5.3 (prédisposition de l'intelligence) : « *non, parce que l'intelligence est acquise* »

Pour l'élève 15, question 55. (Prédisposition à la croyance en Dieu) : *« non, c'est grâce à la culture»*.

Pour l'élève 14, question 5.2, (prédisposition de l'alcoolisme) : « *non, les enfants sont indépendants de leurs parents, chacun a son environnement et sa vie, il n'est pas obligé d'être comme ses parents »*.

Les élèves (au moins certains d'entre eux) semblent donc penser le débat en terme de inné ou acquis : la critique de l'inné que plusieurs semblent partager (est-ce une influence des cours précédents) les pousse à ne développer que des arguments de type « acquis »

Nous pouvons expliquer ce résultat inattendu par l'hypothèse suivante : Les élèves ont des conceptions pré-acquises qui pourraient avoir leur origine dans une éducation spécifique qui valorise l'acquis de certains caractères.

Nous appelons « déterminisme culturel », cette influence causale, linéaire et sans interaction de l'environnement familial, scolaire et social sur la construction des performances intellectuelles des personnes. L'islam interdit l'alcool donc pour le musulman l'alcoolisme ne peut pas être inné, c'est-à-dire venant de Dieu, il ne peut être qu'un acquis à éviter.

Voici à présent des exemples d'arguments culturels dans les réponses du pré-test des élèves aux sous-questions de la question 5 :

- Question 5.2 (alcoolisme) : pour l'élève 1 : « *non, c'est parce que l'alcool, ce n'est pas génétique pour l'homme*».
- Question 5.3 (l'intelligence), pour l'élève 19: «*non, […] l'intelligence se construit par le travail* ».
- Question 5.4 (agressivité) : pour l'élève 14: «*non, c'est l'environnement ou ses relations avec les gens qui rendent l'enfant agressif ou non*».
- Question 5.5 (croyance): pour l'élève 21 : «*non, on peut avoir un individu qui ne croit pas en Dieu tandis que ses parents sont au contraire*»
- Question 8 (pour ou contre le clonage d'Einstein) : pour l'élève 5 : «*non, on ne peut pas avoir les mêmes caractères du vrai Einstein, le développement du cerveau est acquis*» (ça, ça ressemble à des assertions du même enseignant lors des cours précédents sur le système nerveux).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

L'inné : 4.9 % seulement des élèves ont exprimé des conceptions déterministes de type D (génotype → phénotype). L'origine de ces conceptions héréditaristes peut être expliquée de deux manières, ou bien par le manque de connaissances de notions nécessaires à leur réfutation (l'épigenèse et la plasticité cérébrales ne sont pas enseignées en Tunisie) ou bien par l'obstacle didactique qui est créé par la domination du paradigme du « tout génétique » dans les programmes et manuels tunisiens de la biologie (Clément et al, 2006). Dans le pré-test de la question 6 (définitions de termes neurobiologiques), aucun élève n'a défini les termes « plasticité cérébrale » et « épigenèse cérébrale ». Pourtant, ces deux notions sont indispensables pour prendre conscience de notre identité biologique.

Ces résultats montrent donc que les élèves au pré-test, n'ont pas de connaissances scientifiques concernant « l'épigenèse et la plasticité cérébrales ». Et sachant que ces deux notions sont essentielles pour réfuter le déterminisme biologique, nous allons les introduire dans l'enseignement secondaire d'une classe de 3ème mathématiques (équivalent à une classe de 1ère en France) et nous allons mesurer leur impact sur le changement conceptuel chez les élèves.

2.2. Analyse et interprétation des réponses différentes entre le pré et le post- test

2.2.1. Résultat global

Nous allons présenter nos résultats sous forme de tableau de diagonalisation de Bertin qui visualise en même temps les taux élevés (concentration du gris) et les taux faibles (concentration du blanc) de changements de réponses, entre le pré et le post-test, par question et par élève.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 60. Diagonalisation de Bertin : Tableau récapitulatif des changements et des non changements de réponses entre le pré et le post-test.

n°d'élève / n°de question	24	19	15	5	20	8	3	11	14	23	2	16	13	7	22	21	18	9	6	10	17	1	12	Nombre d'élèves (réponses #)
6.2	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■			19 K
6.4	■	■	■	■	■	■		■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					17 K
2	■	■	■			■	■	■	■	■		■	■	■		■	■		■		■			15 KV
4	■		■	■	■	■	■		■				■		■				■	■		■	■	13 K
6.3	■	■	■	■	■	■	■		■		■							■		■			■	12 K
1	■	■		■	■			■	■	■	■			■							■			10 KV
6.1		■	■	■		■	■	■			■			■				■						9 K
6.5	■		■					■		■		■	■			■			■					8 K
8				■	■		■			■					■		■			■				7 KV
3		■			■							■										■		4 KV
5.3									■															1 KV
5.2																								0 KV
5.4																								0 KV
5.5																								0 KV
Nombre de questions (réponses #)	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	2	2	115

Notes : Nombre d'élèves (réponses #) : nombre d'élèves qui ont fait des réponses différentes entre pré et post-test. Nombre de questions (réponses #) : nombre de questions où les réponses sont différentes entre pré et post-test.
Les réponses de l'élève n° 4 ne figurent pas dans le tableau car il a passé seulement le pré-test, l'effectif total est donc de 23 élèves.
Cellule grise : quand la réponse au post-test diffère de la réponse au pré-test (possible changement conceptuel).
Cellule blanche : quand la personne interrogée n'a pas modifié sa réponse entre le pré et le post-test.
Les 6 questions de connaissances (questions K) sont les suivantes = 4, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5. Les 8 autres questions mesurent les interactions entre les connaissances (K) et les valeurs (V) (questions KV).
Remarque : nous avons considéré la question 4 (bardane du cerveau) comme une question de connaissance (K) car ce qui nous intéresse, c'est l'émergence spontanée dans la bardane, de termes relatifs à l'épigenèse cérébrale et à ses supports, ce qui traduit effectivement l'acquisition de connaissances (K) et leur mobilisation dans la situation proposée (bardane).

Commentaire du tableau : l'aspect horizontal du graphe, sans diagonale nette, indique que la plupart des élèves ont réagi à peu près de la même façon.

A part les 3 élèves à droite du graphe (élèves 17, 1 et 12) dont les réponses n'ont changé que pour 3 ou 2 questions, tous les autres ont évolué dans une fourchette très resserrée de 4 à 7 questions (sur 14 questions). Deux groupes d'élèves peuvent à la limite être définis (ceux qui

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

ont modifié leur réponses 6 et 7 fois, et ceux qui l'ont fait 4 et 5 fois), mais l'aspect du tableau de Bertin ne suggère pas que cette déduction soit pertinente.

Après comparaison entre les réponses différentes des filles et des garçons entre pré et post-test (16 filles ont fait 55 K et 23 KV, 7 garçons ont fait 23 K et 14 KV), nous avons trouvé que le khi2 est non significatif (après correction de Yeats, il est égal à 0,14 donc non significatif car inférieur à 2.71 valeur minimale de la signification du khi2 pour v =1 et α = 0.100) donc, dans le cadre de notre échantillon limité, l'hypothèse 8 est infirmée : « la variable sex-ratio n'a pas d'effet sur le changement conceptuel ».

Ce résultat pourrait être expliqué par la mixité et l'égalité des chances dans l'enseignement tunisien depuis 1957 date de la promulgation de la célèbre loi du code civil favorable aux femmes tunisiennes.

Nous discuterons donc ces résultats plus en détail question par question, en regroupant celles qui ont provoqué approximativement le même taux de changement dans les réponses des élèves.

Le tableau ci-dessus montre que les élèves font plus de changements dans les questions de connaissances K [56.5 % : 78 changements sur 138 (23 élèves x 6 questions K) réponses possibles] que dans les questions de connaissances et valeurs KV [20 % : 37 changements sur 184 réponses possibles (23 élèves x 14 questions KV)].

Le tableau visualise 3 types de changement :

- ✓ taux fort de changement: plus de la moitié des élèves ont exprimé des réponses différentes entre pré et post-test pour les questions 6.2, 6.4, 2, 4 et 6.3.
- ✓ taux moyen de changement: entre 20 % et 50 % des élèves ont exprimé des réponses différentes entre pré et post-test pour les questions 1, 6.1, 6.5 et 8.
- ✓ taux faible de changement: moins de 20 % des élèves ont exprimé des réponses différentes entre pré et post-test pour les questions 5.2, 5.4 et 5.5.

Précisons bien cette analyse :

2.2. 2. Les questions de connaissances (questions K)

2. 2.2.1. Analyse et interprétation globale

Nous allons comparer, sous forme d'un tableau, les réponses aux questions K des élèves au pré et au post-test et nous allons calculer le Khi2 pour voir si le changement survenu est

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

significatif ou non. Rappelons que ces questions sont les suivantes : 4 (bardane du cerveau), et surtout les 5 sous-questions de la question 6 sur la définition du neurone, du cortex cérébral, de la synapse, de la plasticité cérébrale et de l'épigenèse cérébrale.

Tableau 61. La comparaison des réponses au pré-test et au post-test

Nombre et pourcentage de catégories parmi les réponses possibles aux questions K	Pré-test	Post-test
Non réponses (N)	76 sur 138 55 %	28 sur 138 20 %
Définitions correctes (C)	31 sur 138 22.5 %	95 sur 138 68.8 %
Définitions incomplètes (I)	24 sur 138 17.5 %	15 sur 138 10.8 %
Définitions fausses (F)	7 sur 138 5 %	0 sur 138 0 %
Total	138sur 138 100 %	138sur 138 100 %

Pour augmenter l'effectif et utiliser la correction de Yeats, nous avons rassemblé les deux catégories N et F en une seule catégorie.

Le khi2 est très significatif (après correction de Yeats, il est égal à 61.83 donc très significatif car supérieur à 9.21 valeur théorique du khi2 pour v =2 et $\alpha = 0.01$).

Ces élèves ont donc acquis l'acquisition des connaissances suite aux enseignements qui leur sont donnés pendant la période séparant les deux tests.

Au pré-test, le taux de non réponses aux questions K est élevé (55 %). Les élèves ne répondent pas car les termes demandés dans le questionnaire comme réseau neuronal, plasticité et épigenèse, ne sont pas enseignés en Tunisie.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

En revanche, au post-test, le taux de non réponses a diminué (20 %). Pour la question 6, traitée en cours, le nombre de définitions correctes est passé de 22.5 % à 68.8 % entre le pré-test et le post-test.

Cet acquis de connaissances peut s'expliquer par deux raisons :

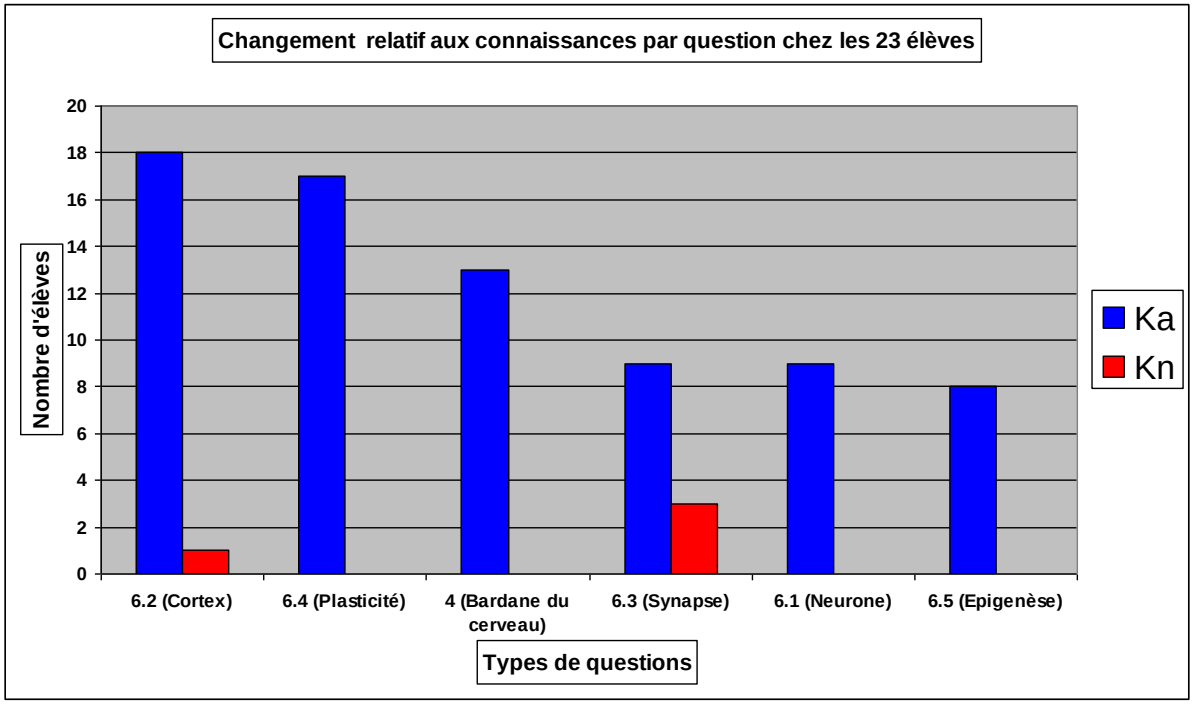
- Les élèves sont motivés par le cours car ils sont dans une situation d'apprentissage volontaire.
- L'enseignant a donné des connaissances sur les termes scientifiques de la question 6 dont les occurrences sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 62. Les occurrences des termes prononcées en cours et relatifs à la question 6 (TP 12 et TP 13)

Termes de la question 6	Neurone	Cortex	Synapse	Plasticité	Epigenèse	total
Nombre d'occurrences prononcées en cours	4	135	1	35	24	199

2.2.2.2. Analyse et interprétation des résultats des élèves question K par question K

L'histogramme suivant visualise l'ampleur des changements de réponses pour chacune des questions K



Ka : l'élève a fait un changement souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche d'une connaissance correcte ou s'éloigne d'une connaissance fausse.
Kn : l'élève a fait un changement non souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'éloigne d'une connaissance correcte ou s'approche d'une connaissance fausse.

Histogramme 1. Les changements de réponses entre le pré et le post-test pour les questions de connaissances (questions K) chez les élèves

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Nous allons analyser les résultats question par question selon un taux de changement décroissant :

A. La question 6.2 : définition du cortex cérébral

Les réponses des élèves à cette question sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 63. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.2 (définition du cortex cérébral)

n° élève / n° question	24	19	15	5	20	8	2	3	11	14	22	16	13	7	23	21	18	9	6	10	17	1	12	Nombre d'élèves (réponses #)
6.2	N	N	N	F	C	N	N	N	N	C	N	N	F	N	N	C	N	N	C	N	N	N	N	18 Ka + 1 Kn
Cortex	- C	- C	- C	- N	- C	- C	- C	- C	- C	- C +	- C	- C	- C	- C	- C	- C	- C	- C	- C	- C	- C	- N	- N	

Notes : C : définition correcte, I : définition incomplète, F : définition fausse, N : ne répond pas.
Cellule grise : Ka : l'élève a fait un changement souhaité qui s'approche d'une connaissance correcte ou s'éloigne d'une connaissance fausse.
Cellule hachurée : Kn : l'élève a fait un changement non souhaité qui s'éloigne d'une connaissance correcte ou s'approche d'une connaissance fausse.
Cellule blanche : l'étudiant n'a pas modifié sa réponse.

C'est la question où il y a eu le plus de changements entre pré et post-test. Sur les 23 élèves : 18 ont amélioré leurs définitions après le cours, 4 n'ont pas changé dont 2 donnaient déjà une définition correcte en pré-test (les deux autres persistent dans leurs non réponses) et 1 a régressé en passant d'une réponse meilleure (C+) vers une réponse correcte (C) (voir tableau 64 ci-dessous). Le nombre de définitions correctes de ces termes a passé de 4 à 21 entre le pré-test et le post-test.

L'amélioration des connaissances peut s'expliquer par le fait que ce terme est bien traité en classe. Il a été prononcé 135 fois dans le cours (voir tableau 62, p 215). Les 14 documents exploités en cours évoquent le cortex cérébral, d'ailleurs la leçon TP 12 s'intitule « la représentation corticale de la surface des territoires corporels ». Voici un petit extrait de la transcription du TP 12 où l'on parle du cortex cérébral :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Intervention 13, Elève : *le cortex.*

Intervention 14, Enseignant*: le cortex cérébral.*

Intervention 16, Enseignant *: le cortex est la partie du cerveau responsable…*

Intervention 19, Elève l1 *: le cortex est responsable de la prise de conscience de notre environnement.*

Intervention 21, Elève*: chaque partie du cortex cérébral est responsable d'une sorte d'activité.*

Intervention 22, Elève l2 *: chaque partie du cortex cérébral est responsable d'un territoire corporel.*

Intervention 27, Enseignant*: c'est à dire, ça représente quoi ? La représentation corticale des deux doigts. Lisez petit a.*

Intervention 37, Elève*: c'est la représentation corticale.*

Intervention 38, Enseignant *: c'est la représentation corticale de quoi ?*

Intervention 40, Enseignant *: c'est la représentation corticale des deux doigts. Et la deuxième figure ? C'est la représentation de quoi ?*

Intervention 45, Elève*: que chaque partie du cortex est responsable d'une partie de notre corps.*

Intervention 46, Enseignant *: chaque partie du cortex est responsable d'une partie de notre corps. Si on reprend la phrase à l'inverse.*

Intervention 47, Elève*: cortex cérébral.*

Intervention 48, Enseignant *: chaque partie de notre corps est représentée dans le cortex cérébral.*

(Pour lire la transcription intégrale du cours des lycéens, consulter l'annexe 2.1)

Voici quelques types de définitions, données par des élèves, dans ce tableau :

Tableau 64. Des exemples de réponses à la question 6.2 (cortex)

Question 6.2 : n° d'élèves	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
7	Ka : N – C	+/- (et ne définit pas).	Oui, la substance grise forme le cortex cérébral.
13	Ka : F – C	Oui, la partie blanche dans le cerveau.	Oui, partie de substance grise externe.
21	Kn : C+ - C	Oui, La partie grise dans le cerveau.	Oui, Substance grise formant le tissu nerveux.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

B. La question 6.4 : définition de la plasticité cérébrale

Le tableau suivant réunit toutes les catégories de définitions données du terme « plasticité cérébrale » par les élèves

Tableau 65. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.4 (plasticité)

n° élève / n° question	24	19	15	5	20	8	2	3	11	14	22	16	13	7	23	21	18	9	6	10	17	1	12	Nombre d'élèves (réponses #)
6.4 plasticité	N-C	N-C	N-I	N-I	N-C	N-C	N-I	N-N	N-C	N-N	N-C	N-C	N-C	N-I	N-C	N-C	N-C	N-C	F-I	N-N	N-N	N-N	N-N	17 Ka

Nous remarquons que 74 % des élèves ont amélioré leurs définitions après le cours et 26 % n'ont pas répondu à cette question ni au pré ni au post-test. Les définitions correctes de ce terme ont passé de 0 à 12 entre le pré et le post-test.

Ce résultat peut s'expliquer par le fait que ce terme est bien traité en classe. Il a été prononcé 35 fois dans le cours (29 par l'enseignant et 6 par les élèves) et voici un petit extrait de la transcription de la leçon TP13 «Epigenèse et plasticité cérébrales »où l'on parle de la plasticité cérébrale :

Intervention 236, Elève 1 *: après la section des nerfs rachidiens innervant le membre antérieur, on remarque que la représentation corticale de la main et du bras disparaît par contre la représentation corticale du visage s'étend.*

Intervention 237, Enseignant *: oui, ça c'est une preuve de quoi ?*

Intervention 238, Elève 1 *: que le cerveau est.*

Intervention 239, Enseignant *: que le cerveau est…*

Intervention 240, Elève 1 *: que le cerveau est plastique.*

Intervention 241, Enseignant *: que le cerveau est plastique. Cela veut dire quoi ? C'est à dire plastique.*

Intervention 242, Elève*: modifiable.* Intervention 243, *Enseignant : modifiable, le cerveau est plastique cad.*

Intervention 244, Elève 6 *: suivant.*

Intervention 245, Enseignant *: le cerveau est plastique c'est-à-dire modifiable suivant le comportement.*

(Pour lire la transcription intégrale du cours des lycéens, consulter l'annexe 2.1)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Le tableau suivant nous donne une idée sur l'amélioration des réponses des élèves :

Tableau 66. Des exemples de réponses à la question 6.4 (plasticité)

Question 6.4 : Elèves	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
2	Ka : N - I	non (et ne définit pas).	Oui, capacité du cerveau à être plastique.
8	Ka : N - C	Non (et ne définit pas)	Oui, pouvoir des modifications avec l'environnement.

C. La question 6.3 : définition de la synapse

Nous allons présenter, sous forme de tableau, les changements conceptuels et les non changements survenus pour chaque apprenant dans cette question.

Tableau 67. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.3 (synapse)

n° élève / n° question	24	19	15	5	20	8	2	3	11	14	22	16	13	7	23	21	18	9	6	10	17	1	12	Nombre d'élèves (réponses #)
6.3 synapse	C - C+	C - N	N - C	F - C	N - C	C + - C	N - C	N - C	C - C	N - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	N - C	C - C	F - C	C - C	N - N	C - N	9 Ka +3 Kn

Parmi les 23 élèves, 14 donnaient déjà une définition correcte en pré-test. De plus 39,1 % ont amélioré leurs définitions de synapse en post-test bien que ce terme ne soit prononcé qu'une seule fois en cours Ce résultat peut s'expliquer par la situation pédagogique dans laquelle est mis l'élève. Cette situation aide l'élève à se rappeler de connaissances non mentionnées en classe mais apparentées à celles qui y sont explicitement évoquées. Concernant la définition de synapse, 3 élèves ont régressé : 1 a passé d'une définition correcte à une incomplète et 2 d'une définition incomplète à une non réponse pour des raisons diverses, négligence, fatigue, ou refus de répéter la même chose.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Les réponses suivantes illustrent les deux types de changement souhaité (Ka) ou non souhaité (Kn) :

Tableau 68. Des exemples de réponses à la question 6.4 (plasticité)

N° d'élève	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
20	Ka : NR - C	non (et ne définit pas)	oui, relation entre les neurones.
8	Kn : C+ - C	oui, relation entre les deux neurones.	Oui, relation entre les corps cellulaires.

C+ : définition meilleure que la définition correcte (C).

D. La question 4 : bardane du cerveau

Le tableau suivant résume les changements éventuels entre pré et post-test pour chaque apprenant par rapport à cette question.

Tableau 69. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 4 (bardane du cerveau)

n° élève / n° question	24	19	15	5	20	8	2	3	11	14	22	16	13	7	23	21	18	9	6	10	17	1	12	Nombre d'élèves (réponses #)
4 bardane cerveau	I - C	I - I	I - C	I - C	I - C	I - C	I - I	I - C	I - I	I - C	I - C	I - I	I - C	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - C	I - C	I - I	I - C	I - C	13 Ka

Nous rappelons que la réponse est considérée correcte si l'élève évoque des termes se rapportant à la localisation cérébrale ou aux mots clés (épigenèse et plasticité) ou aux supports cytologiques de l'épigenèse ou aux influences non génétiques sur le cerveau, si non, elle est classée incomplète (I). Tous les élèves avaient proposé, en pré-test, une réponse incomplète (I).

Parmi les 23 élèves, 56.5 % ont amélioré leurs réponses en post-test en passant de la catégorie "définition incomplète" à la catégorie "définition correcte".

Cette acquisition de termes peut aisément s'expliquer par la richesse du cours en ces termes comme le montre le tableau suivant :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 70. Les occurrences de termes pivots prononcés en classe dans les deux leçons TP 12 et TP 13

Les occurrences	Nombre d'occurrences prononcées par les élèves	Nombre d'occurrences prononcées par l'enseignant
Dans le sens de l'expression suivante : « Le cerveau agit sur le comportement[1] ».	3	11
Dans le sens de l'expression suivante : « Le comportement agit sur le cerveau[2] ».	22	28
Les termes « cerveau » et « cérébral ».	26	70
Les termes comportement, environnement et activité.	47	78
Termes se rapportant à la localisation cérébrale macroscopique.	85	137
Termes se rapportant aux supports cytologiques microscopiques de l'épigenèse.	30	58
Les termes plasticité et plastique.	6	29
Les termes épigenèse et épigénétique.	6	18
Total = 655 occurrences	225 (34 %)	430 (66 %)

Dans le cours, l'enseignant et les élèves ont insisté plus sur l'action du comportement sur le cerveau (22 interventions des élèves et 28 de l'enseignant) plutôt que sur l'action du cerveau sur le comportement (3 interventions des élèves et 11 de l'enseignant). Ils ont prononcé un peu plus les termes comportement et environnement (47 interventions des élèves

[1] Exemples d'interventions contenant l'expression « Le cerveau agit sur le comportement » : leçon- TP 13 : Enseignant (Intervention n° 7) « *cerveau → comportement, le cerveau peut changer le comportement* ». Enseignant (Intervention n° 15) « *cerveau → comportement* ». Élève (Intervention n° 47) « *le cerveau agit sur le comportement* ». Enseignant (Intervention n° 48) « *est-ce que c'est le cerveau qui agit sur le comportement ?* ».

[2] Exemples d'interventions contenant l'expression « Le comportement agit sur le cerveau » : leçon- TP 13 : Enseignant (Intervention n° 13) « *est-ce que le comportement agit sur le cerveau ?* ». Élève (Intervention n° 14) « *est-ce que le comportement peut agir, peut modifier le cerveau ?* ». Enseignant (Intervention n° 15) « *comportement → cerveau* ». Élève (Intervention n° 53) « *le comportement agit sur le cerveau* », (annexe 2.1)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

et 78 de l'enseignant) que les termes cerveau et cérébral (26 interventions des élèves et 70 de l'enseignant). Ils ont mentionné beaucoup plus les termes se rapportant à la localisation cérébrale macroscopique (85 interventions des élèves et 137 de l'enseignant) que les termes se rapportant aux supports cytologiques microscopiques de l'épigenèse (30 interventions des élèves et 58 de l'enseignant). L'enseignant a bien réussi à aider ses élèves à s'approprier des termes se rapportant à l'acquis plutôt qu'a l'inné, et a beaucoup insisté sur les supports cérébraux de l'acquis.

Les réponses suivantes illustrent l'acquisition de termes nouveaux après l'apprentissage :

Tableau 71. Des exemples de réponses à la question 4 (bardane du cerveau)

Question 4 : n° d'élèves	Pré-test	Post-test
6	- moelle épinière- vital- mémoire- obligatoire- encombré- sens- compliqué- tête- crâne- développement- cerveau humain- réflexe- acquis- intelligence- raisonnement- neurone - nerfs- synapses- cervelet- bulbe	Termes répétés : « - mémoire- réflexe- cellule nerveuse- synapses » Termes nouveaux : «- circonvolution- plasticité- épigenèse- représentation corticale- centre somatosensoriel- adaptation- nerfs- cervelet- système nerveux- indépendance- Différence- Hémisphères cérébraux- comportement- cortex cérébral ».
14	- moelle épinière- intestins (forme)- mémoire- synapses - neurones- partie commande- ordres- nerfs - intelligence	Termes répétées : « - moelle épinière- synapses- nerfs » Termes nouveaux : « - réflexion- épigenèse- neurone- bulbe- cervelet- imagination- réflexe- caractère- nerfs crâniens- activité- hémisphère- encéphale- système nerveux- comportement ».

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

E. La question 6.1 : définition du neurone

Sur les 23 élèves, 13 ont donné une définition correcte en pré-test. De plus 9 ont amélioré leurs définitions du neurone en post-test malgré le faible nombre d'occurrences prononcées en cours pour le neurone (tableau 62, p 215). Ce résultat pourrait s'expliquer par la situation pédagogique dans laquelle est mis l'élève. Cette situation aide l'élève à se rappeler de connaissances non mentionnées en classe mais apparentées à celles qui y sont explicitement évoquées. Le tableau suivant précise ces améliorations élève par élève :

Tableau 72. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.1 (neurone)

n° élève / n° question	24	19	15	5	20	8	2	3	11	14	22	16	13	7	23	21	18	9	6	10	17	1	12	Nombre d'élèves (réponses #)
6.1 neurone	C - C	N - C	N - C	F - C	C - C	N - C	N - C	N - C	N - C	C - C	C - C	C - C	C - C	F - C	C - C	C - C	C - C	N - C	C - C	C - C	C - C	N - N	C - C	9 Ka

Au total, tous les élèves ont proposé une définition correcte du neurone en post-test, sauf l'élève 1 qui a persisté dans sa non réponse (et qui fait partie des 3 élèves qui ont très peu évolué (cf. tableau de Bertin 60, p 212)

Les réponses suivantes illustrent ces améliorations :

Tableau 73. Des exemples de réponses à la question 6.1 (neurone)

Questions	Elèves	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
6.1 neurone	5	Ka : F - C	Oui, un organe du cerveau.	Oui, unité de structure du système nerveux.
6.1 neurone	8	Ka : N - C	Non (et ne définit pas)	Oui, cellule nerveuse.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

F. La question 6.5 : définition de l'épigenèse

Le terme épigenèse est prononcé 24 fois dans le cours (cf. tableau 70, p 221). Le nombre de définitions correctes passe de 0 à 8 après le cours : 34 % des élèves ont amélioré leurs définitions en post-test :

Tableau 74. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.5 (épigenèse)

n° élève / n° question	24	19	15	5	20	8	2	3	11	14	22	16	13	7	23	21	18	9	6	10	17	1	12	Nombre d'élèves (réponses #)
6.5 épigenèse	N-C	N-N	N-C	N-N	N-N	N-N	N-N	N-N	N-C	N-N	N-N	N-C	N-C	N-N	N-C	N-C	N-N	N-N	I-C	N-N	N-N	N-N	N-N	8 Ka

Ce résultat peut s'expliquer par le fait que le terme épigenèse est un terme tout à fait nouveau pour l'élève et il est traité indirectement dans les expressions « le comportement agit sur le cerveau ». L'élève ne peut saisir le terme que s'il est introduit explicitement comme dans le passage suivant de la leçon TP13 «Epigenèse et plasticité cérébrales »:

Intervention 132, Enseignant *: A la naissance, est-ce que notre cerveau est bien fait et c'est terminé !*

Intervention 133, Elève *: non.*

Intervention 134, Enseignant *: donc, comment il naît le cerveau ?*

Intervention 135, Elève *: incomplet.*

Intervention 136, Enseignant *: il naît incomplet ?*

Intervention 137, Elève *4 : suivant notre environnement.*

Intervention 139, Elève 1 *: le cerveau, à la naissance, est incomplet.*

Intervention 140, Enseignant *: le cerveau, à la naissance, est incomplet.*

Intervention 141, Elève 1 *: le cerveau se modifie aux dépens des facteurs de l'environnement, pour l'épigenèse.*

Intervention 142, Enseignant *: oui, facteurs pour l'épigenèse. Le cerveau est incomplet à la naissance.*

Intervention 143, Elève 7 *: il se modifie.*

Intervention 144, Enseignant *: il se modifie suivant l'environnement et les facteurs pour l'épigenèse. C'est l'épigenèse.*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Les réponses suivantes illustrent l'acquisition par les élèves de connaissances scientifiques sur l'épigenèse :

Tableau 75. Des exemples de réponses à la question 6.5 (épigenèse)

Question 6.5 : n° d'élèves	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
15	Ka : N - C	non (et ne définit pas).	Oui, l'environnement agit sur le cerveau.
6	Ka : I - C	+/-, développement du cerveau.	Oui, ce sont les facteurs extérieurs (relatifs à l'environnement) qui jouent un rôle dans la modification du cerveau humain.
11	Ka : N - C	non (et ne définit pas).	oui, le cerveau : après le génétique dépend de l'entourage.
13	Ka : N - I	non (et ne définit pas).	Oui, la modification avec les activités de l'homme.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.2.3. Analyse et interprétation des questions de connaissances et de valeurs (questions KV)

2.2.3.1. Analyse et interprétation des questions KV pour l'ensemble des élèves

Nous allons comparer, sous forme d'un tableau, les réponses aux questions KV des élèves au pré et au post-test et nous allons calculer le Khi2 pour voir si le changement survenu est significatif ou non.

Tableau 76. Comparaison des réponses au pré-test et au post-test des questions KV

Nombre et pourcentage de catégories de réponses parmi toutes les réponses possibles	Pré-test	Post-test
Non réponses aux questions KV (N)	8 sur 184 4.3 %	9 sur 184 4.9 %
Conceptions de catégorie D (génétique)	9 sur 184 4.9 %	5 sur 184 2.7 %
Conceptions de catégorie E (environnement avec modèle causal ou additif)	129 sur 184 70.1 %	132 sur 184 71.7 %
Conceptions de catégorie Ep (épigenèse)	11 sur 184 5.9 %	18 sur 184 9.7 %
Conceptions de catégorie A (autres)	27 sur 184 14.6 %	20 sur 184 10.8 %

Notes du tableau : Le nombre 184 = 8 (nombre de questions KV) x 23 (nombre d'élèves).
Catégorie D : Conceptions KV « modèle causal linéaire : seulement le génotype agit sur le phénotype ».
Catégorie E: Conceptions KV « modèle causal linéaire ou modèle additif : le génotype et/ou l'environnement agissent sur le phénotype».
Catégorie Ep : Conceptions KV « modèle interactif : interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype ».
Catégorie A : Autres conceptions KV.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Nous avons réuni les deux catégories de conceptions N et A en une seule catégorie.

Le khi2 est égal à 3.42, il est non significatif car il est inférieur à 6.25 (valeur théorique pour v = 3 et α = 0.100)

La différence est non significative entre les conceptions KV du prétest et celles du post test.

Donc nous concluons ici que les conceptions KV des élèves n'ont pas significativement changé suite à l'apprentissage malgré le changement conceptuel très significatif dans les conceptions K.

Ce résultat infirme notre 1ère hypothèse qui postule que l'acquisition de connaissances scientifiques K sur l'épigenèse cérébrale est suffisante à un changement conceptuel relatif non seulement aux connaissances K, mais aussi aux connaissances et valeurs KV, à cause de l'interaction entre K et V et plus précisément la forte interaction entre cette connaissance sur l'épigenèse et les valeurs relatives au déterminisme biologique (un lien fort entre K et V).

Par ailleurs, ce résultat confirme notre 2ème hypothèse qui dit que le changement conceptuel relatif aux connaissances K est plus facile à obtenir que le changement conceptuel relatif aux valeurs KV. Malgré le lien fort entre K et V, V est plus résistant au changement conceptuel que K.

Ce résultat pourrait être expliqué par le fait que les connaissances et valeurs sur lesquelles nous avons interrogé les élèves dans le questionnaire (différences entre les comportements des hommes et des femmes, différences entre les cerveaux des hommes et des femmes, alcoolisme, très bon à l'école, agressivité, croyance en Dieu et clonage) ne sont pas abordées dans le cours. Donc nous suggérons d'introduire plus précisément dans les enseignements ces interactions K et V.

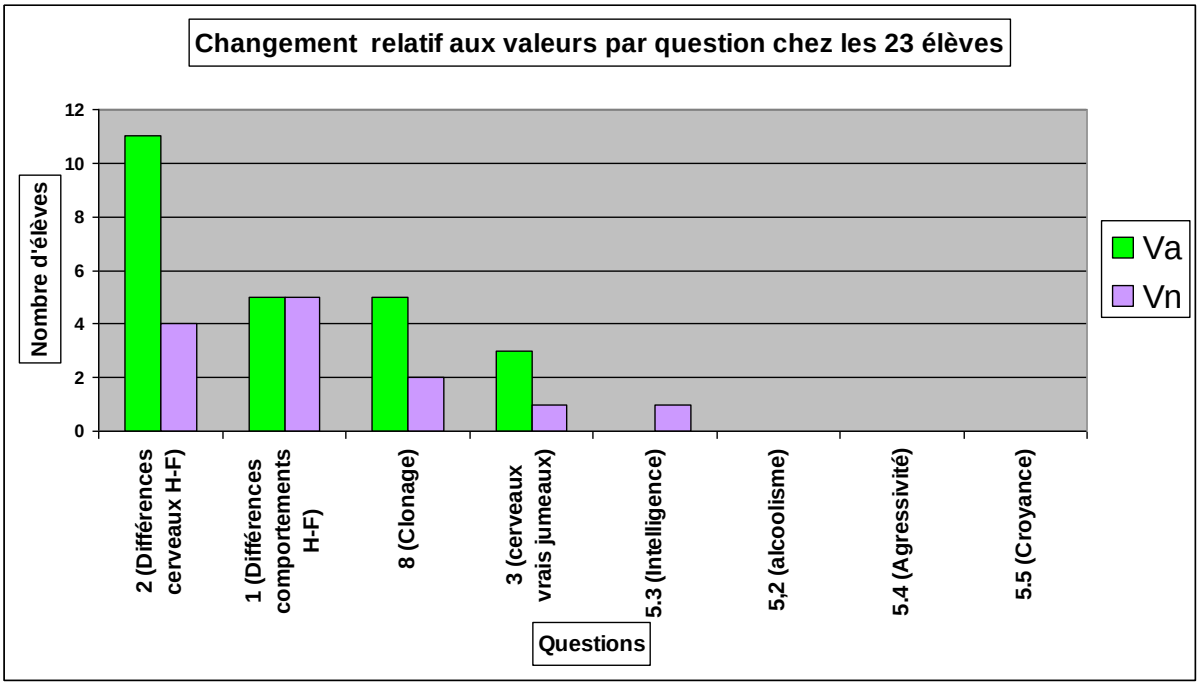
Nous remarquons que l'enseignement de certaines connaissances pertinentes, comme le document b (p. 174 du manuel scolaire de 1ère S, édition Hatier, 2001) qui parle des cerveaux de jumeaux et de non jumeaux, peut aider à changer certaines valeurs comme l'accord ou le désaccord avec le clonage d'Einstein ou la différence entre hommes et femmes. Cette faible progression de conceptions épigénétiques (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype), de 5.9 % à 9.7 %, peut s'expliquer par le fait que l'enseignant a essayé d'introduire la notion de l'épigenèse en insistant sur l'action de l'environnement sur le cerveau. Les conceptions épigénétiques exigent des connaissances sur les supports cytologiques microscopiques de l'épigenèse comme les termes : neurone (mentionné 4 fois en

classe), synapse (mentionné une seule fois en classe) et les réseaux neuronaux (16 fois en classe). Les supports cytologiques microscopiques de l'épigenèse sont peu traités dans les documents du cours : sur 14 documents analysés dans les deux leçons, 10 concernent la localisation cérébrale macroscopique et deux seulement concernent les neurones donc le programme n'a pas aidé l'enseignant à traiter les supports cytologiques microscopiques de l'épigenèse.

2.2.3.2. Analyse question par question

L'histogramme suivant nous permet de faire les remarques suivantes :

- ✓ Les changements de réponse concernant les questions qui évoquent le cerveau sont relativement élevés. Il semble que les élèves ont acquis plus de connaissances sur le cerveau. en revanche, ils n'ont pas changé dans les questions classiques sur l'alcoolisme, l'agressivité et la croyance car d'une part ils ont déjà des conceptions bien faites là-dessus qui résistent aux changements (les conceptions-obstacles dans le cadre théorique, p 9), d'autre part l'enseignement n'a directement abordé aucun de ces points.
- ✓ Le nombre des changements non souhaités (type KVn) est relativement important.



KVa : l'élève a fait un changement souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche de l'épigenèse ou s'éloigne du déterminisme biologique.

KVn : l'élève a fait un changement non souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'éloigne de l'épigenèse ou s'approche du déterminisme biologique.

Histogramme 2. Les changements de réponses entre le pré et le post-test

pour les questions de connaissances et valeurs (questions KV) chez les élèves

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Nous allons interpréter ces résultats de façon plus précise, question par question.

A. La question 2 : différences de cerveaux entre les hommes et les femmes

C'est dans les réponses à cette question où nous avons rencontré le plus de changements de conceptions KV entre le pré et le post-test.

Tableau 77. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 2 (différences de cerveaux)

n° élève / n° question	24	19	15	5	20	8	2	3	11	14	22	16	13	7	23	21	18	9	6	10	17	1	12	Nombre d'élèves (réponses #)
2 différences de cerveaux H-F	A - Ep	~~E~~ - ~~N~~	A - Ep	E - E	A - A	N - Ep	Ep - Ep	N - A	A - Ep	~~Ep~~ - ~~E~~	A - A	A - Ep	A - Ep	N - A	A - Ep	N - E	A - N	E - E	A - E	Ep - Ep	A - Ep	N - N	Ep - Ep	11 KVa + 4 KVn

Cellule grise : quand la réponse au post-test diffère de la réponse au pré-test (possible changement conceptuel), KVa : l'élève a fait un changement souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche de l'épigenèse ou s'éloigne du déterminisme biologique.
Cellule hachurée : KVn : l'élève a fait un changement non souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'éloigne de l'épigenèse ou s'approche du déterminisme biologique.
Cellule blanche : l'élève n'a pas modifié sa réponse.

En pré-test, 4 élèves avaient des arguments de type « épigenèse » ; ils sont 11 (sur 23) dans ce cas en post-test.

Entre le pré et le post-test :

- 8 élèves n'ont pas changé de conceptions KV.
- 4 élèves ont fait un changement non souhaité (KVn) et se sont éloignés de l'épigenèse dont 1 élève a passé d'une conception épigénétique (Ep) à une conception contre le déterminisme biologique (E), 1 autre d'une conception contre le déterminisme biologique à une non réponse et 2 autres d'une non réponse à la catégorie autre.
- 11 élèves ont fait un changement conceptuel souhaité (KVa) et se sont approchés de l'épigenèse dont 8 l'ont atteinte.

Ce grand nombre de changements conceptuels dans cette question peut s'expliquer :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Premièrement par l'enseignement du document b (1 et 2 cerveaux de jumeaux, 1 et 3 cerveaux d'individus non apparentés, voir annexe 2.1), qui montre la différence entre les cerveaux de jumeaux et de non jumeaux, ce qui a facilité la réponse par : « oui, il y a des différences entre les cerveaux des femmes et des hommes ».
- Deuxièmement par le fait que cette question s'apparente plus aux questions de connaissances qu'à celles de valeurs. Mais on l'a classée avec les questions de valeurs pour la raison suivante : on peut connaître les différences anatomiques entre les cerveaux des hommes et des femmes mais on peut répondre à la question en affirmant qu'il n'y a pas de différences par souci d'égalitarisme entre les deux sexes.

Voici quelques exemples de réponses d'élèves qui illustrent les deux types changements, souhaités (KVa) et non souhaités (KVn) :

Tableau 78. Des exemples de réponses à la question 2 (différences de cerveaux)

Question 2 : n° d'élèves	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
16	KVa : A - Ep	non, le cerveau de l'homme est le même que celui de la femme et les cerveaux des êtres humains sont tous semblables	oui, le cerveau commence à se développer dès la naissance. Le comportement agit sur le cerveau
14	KVn : Ep - E	Oui, la nature de ces différences : l'environnement, la pensée ainsi que les synapses qui caractérisent l'intelligence de l'homme et ses pensées.	oui, puisqu'ils pratiquent des activités différentes, des hobbies différents et des différentes réflexions (c'est une conception E compatible avec Ep mais il manque le support biologique).
19	KVn : E - N	oui, car tout simplement, il n'y a aucun qui vit dans les mêmes conditions que l'autre.	Oui (et n'argumente pas).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

B. La question 1 : les différences de pensées et de comportements entre les hommes et les femmes

Cinq élèves utilisent des arguments de type épigenèse en pré-test, et toujours 5 (mais pas exactement les mêmes) en post-test.

Entre le pré et le post-test:

- 5 élèves se sont éloignés de l'épigenèse, ils ont fait un changement non souhaité de type KVn : 2 ont passés d'une conception épigénétique à une conception contre le déterminisme biologique. 1 a passé d'une conception KV épigénétique à une non réponse. 1 a passé d'une conception contre le déterminisme biologique à la catégorie autre et 1 d'une conception contre le déterminisme biologique à une non-réponse.
- 5 élèves se sont approchés de l'épigenèse dont 3 l'ont atteinte.

Tableau 79. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 1 (différences de comportements entre les hommes et les femmes)

n°élève / n° question	24	19	15	5	20	8	2	3	11	14	22	16	13	7	23	21	18	9	6	10	17	1	12	Nombre d'élèves (réponses #)
1	A - Ep	~~E~~ - ~~N~~	A - A	~~E~~ - ~~A~~	~~Ep~~ - ~~E~~	E - E	~~Ep~~ - ~~N~~	A – A	E - Ep	~~Ep~~ - ~~E~~	A - A	E - E	A - A	A - N	E - Ep	A - A	A - A	A - A	E - E	Ep - Ep	A - N	N - N	Ep - Ep	5 Va + 5 Vn

Il faut noter ici que les changements de réponse se font dans deux sens opposés : du déterminisme à l'épigenèse ou le contraire car c'est une question controversée. Au pré-test et au post-test, tous les élèves ont répondu oui à cette question et personne ne nie l'existence de différences entre les comportements des hommes et des femmes mais la controverse commence lorsqu'on arrive à l'argumentation : quelques un expliquent par la différence de l'environnement et d'autres argumentent par la différence de cerveaux. Les conceptions KV épigénétiques sont inspirées de l'analyse du document b (1 et 2 cerveaux de jumeaux, 1 et 3 cerveaux d'individus non apparentés, voir annexe 2.1), qui illustre de la différence entre les cerveaux de jumeaux et de non jumeaux.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Voici quelques exemples précis de réponses :

Tableau 80. Des exemples de réponses à la question 1 (différences de comportements)

Question 1 : n° d'élèves	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
11	KVa : E - Ep	oui, les causes de ces différences, c'est la nourriture et l'entourage de ces personnes.	Oui, la cause de ces différences est due au cerveau. Les deux vrais jumeaux n'ont pas le même comportement à cause de l'entourage et l'environnement.
14	KVn : Ep - E	Oui, la différence, c'est qu'il n'y a aucune personne qui ressemble à une autre, puisque chacune d'elles vit une vie différente, un environnement différent et a une pensée différente. Les origines sont les neurones et les synapses qui se forment avec l'environnement de l'homme.	oui, parce qu'ils sont différents dans leurs environnements et dans leurs activités (c'est une conception E compatible avec Ep mais il manque le support biologique).
19	KVn : E - N	oui, il y a des différences entre les comportements, les façons de penser puisque chacun a son avis et sa personnalité qui est construite par son environnement personnel qui n'est jamais semblable à l'environnement des autres.	Oui (et n'argumente pas).

C. La question 8 : en accord ou en désaccord avec le clonage d'Einstein en plusieurs Einstein

Notons d'emblée qu'entre le pré-test et le post-test :

- 5 élèves ont fait un changement souhaité (KVa) car ils se sont approchés de l'épigenèse. 2 d'entre-eux ont clairement utilisé des arguments liés à l'épigenèse.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- 2 élèves en revanche évolué en sens inverse dont 1 a passé d'une conception épigénétique (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype) à une conception contre le déterminisme biologique (environnement et/ou génotype → phénotype) et l'autre d'une non réponse à une conception déterministe (la non-réponse est considérée meilleure que la réponse déterministe car au moins la personne interrogée est dans une position neutre ou elle réfléchit et n'a pas tranché encore).
- 19 d'élèves ont gardé leurs conceptions KV du pré-test : 7 ont déjà des conceptions contre le déterminisme biologique, 3 pour le déterminisme biologique et 6 ont une autre position.

Ces résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 81. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 8 (clonage)

n°d'élève / n° question	24	19	15	5	20	8	2	3	11	14	22	16	13	7	23	21	18	9	6	10	17	1	12	Nombre d'élèves (réponses #)
8 clonage	E - E	D - D	E - E	~~Ep - E~~	D - Ep	E - E	A - A	~~N - D~~	E - E	E - E	D - N	A - A	A - A	D - D	E - Ep	E - E	D - A	A - A	E - E	D - A	A - A	D - D	A - A	5 Va + 2 Vn

Ce faible taux de changement peut s'expliquer de deux manières :

- Cette question n'a pas été traitée en classe.
- 7 élèves ont déjà des conceptions contre le déterminisme biologique donc ils ne voient pas de raison de les changer, mais comme l'indiquent les exemples de réponses suivants, ces conceptions sont de type causal linéaire (déterminisme génétique ou déterminisme culturel).
- En revanche, il est difficile de comprendre comment l'exercice fait sur les jumeaux n'a pas été transféré à cette question sur le clonage.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 82. Des exemples de réponses à la question 8 (clonage)

Question 8 : n° d'élèves	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
20	KVa : D - Ep	non, Einstein est dépassé, trouvez un autre savant moderne ou bien si vous le clonez une seule fois pour expliquer ses théorèmes car c'est inutile de plusieurs Einstein, à quoi bon faire !	non, il ne sera pas comme le précédent Einstein car il est impossible de trouver deux mêmes cerveaux, car le cerveau est un résultat des actions et réactions et entourage de personnage ça qu'il ne va pas même avec le clonage (le cerveau se forme après la naissance).
23	KVa : E - Ep	oui, car nous avons besoin d'un grand savant pour nous trouver des solutions pour les maladies et les problèmes scientifiques mais est-ce que le clonage fait un autre cerveau totalement semblable ? mais d'après notre leçon il n'y a qu'un cerveau unique. Les cerveaux sont différents ? (car dépendants de l'environnement).	non, puisque le cerveau a une plasticité cérébrale : l'environnement influe sur le cerveau, donc quand on fait le clonage d'Einstein d'après l'épigenèse, le cerveau d'Einstein va déformer (l'élève veut dire va changer d'après le sens général de la phrase).
5	KVn : Ep - E	Oui, on ne peut pas avoir les mêmes caractères du vrai Einstein, le développement du cerveau est acquis.	oui, il n'y aura pas un deuxième Einstein, celui-ci se développe grâce à l'entourage.

D. La question 3 : les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ?

Les réponses à cette question ne peuvent pas être classées dans la catégorie « conception épigénétique » car c'est une question fermée « oui ou non » donc pas d'argumentation et pas d'articulation entre connaissances et valeurs comme le postule l'épigenèse. Nous avons donc catégorisé les réponses « oui » comme déterministes (D) et les réponses « non » comme environnementalistes (E). N signifie non réponse dans le tableau suivant :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 83. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 3 (vrais jumeaux)

n° élève / n° question	24	19	15	5	20	8	2	3	11	14	22	16	13	7	23	21	18	9	6	10	17	1	12	Nombre d'élèves (réponses #)
3 jumeaux	E - E	N - E	E - E	E - E	D - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	D - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - D	E - E	3 Va + 1 Vn

Ce faible taux de changement conceptuel (17.3 %) ne pourrait pas être expliqué par la non acquisition de connaissances ou de valeurs mais tout simplement par le fait que les élèves ont gardé leurs conceptions initiales contre le déterminisme biologique (sans doute issues des enseignements précédents). Les termes vrais jumeaux ou jumeaux ont été prononcés 11 fois en cours (8 par l'enseignant et 3 par les élèves) et les intervenants en classe ont analysé un document qui montre les différences entre les cerveaux des vrais jumeaux dans le passage suivant de la transcription de la leçon TP13 «Epigenèse et plasticité cérébrales »:

Intervention 18, Enseignant*: circonvolutions cérébrales. Si vous comparez les deux cerveaux de vrais jumeaux n° 1 et n° 2. Est-ce qu'ils ont les mêmes circonvolutions ?* Intervention 21, Elève *: les deux cerveaux de jumeaux sont différents.*

Intervention 22, Enseignant*: les deux cerveaux de jumeaux sont différents. Comment se manifeste la différence ?*

Intervention 25, Elève *: les cerveaux des vrais jumeaux sont différents à propos des circonvolutions sur les deux hémisphères.*

Intervention 26, Enseignant: comment ?

Intervention 27, Elève *: ils n'ont pas la même forme des circonvolutions.*

Intervention 36, Enseignant*: est-ce que les vrais jumeaux ont le même comportement ?*

Intervention 37, Elève *: oui.*

Intervention 38, Elève : *non monsieur, les deux vrais jumeaux n'ont pas le même comportement.*

Intervention 40, Elève : *le cerveau n'est pas le même.*

Intervention 41, Enseignant*: les cerveaux n'ont pas les mêmes circonvolutions. Ecrivez : <u>les deux vrais jumeaux n'ont pas le même comportement donc leurs cerveaux ne sont pas identiques.</u> En quoi, ils ne sont pas identiques ?*

Intervention 42, Elève *: circonvolutions.*

Intervention 43, Enseignant*: différences de circonvolutions. Quelle est la conclusion générale qu'on peut tirer de cette observation ?*

Intervention 44, Elève : *relation entre le cerveau et le comportement.*

Intervention 46, Elève : *des liaisons entre le cerveau et le comportement. »*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 84. Des exemples de réponses à la question 3 (vrais jumeaux)

Question 3 : n° d'élèves	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
19	Pas de changement	non	non
16	KVa : D - E	oui	non
19	KVa : N - E	Ne répond pas.	non
12	KVn : E - N	non	Ne répond pas.

E. Les questions : 5.2 (alcoolisme), 5.3 (intelligence), 5.4 (agressivité), 5.5 (croyance)

Avant l'apprentissage, les élèves sont tous contre le déterminisme biologique à propos de la prédisposition génétique de ces caractères. Cet antidéterminisme apparent peut cacher un déterminisme culturel (environnement → phénotype).

Après l'apprentissage, leurs conceptions n'ont pas évolué, comme le montre le tableau suivant :

Tableau 85. Les réponses au pré et au post-test relatives aux questions 5.2, 5.3, 5.4 et 5.5

n° élève / n° question	24	19	15	5	20	8	2	3	11	14	22	16	13	7	23	21	18	9	6	10	17	1	12	Nombre d'élèves (réponses #)
5.3 bon à l'école	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	Ep - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	0 Va +1 Vn
5.2 Alcoolisme	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	0 Va + 0 Vn
5.4 agressivité	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	0 Va +0 Vn
5.5 croyance	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	0 Va +0 Vn

Les élèves croient que ces caractères sont acquis mais ne peuvent pas démontrer l'interaction entre l'environnement et le support biologique de ces caractères donc il semble qu'ils trouvent des difficultés à utiliser leurs connaissances scientifiques pour argumenter

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

leurs conceptions KV contre le déterminisme biologique. Ce déterminisme culturel omniprésent dans les réponses des élèves pourrait s'expliquer par l'éducation qui, heureusement, n'est pas encore imprégnée par le paradigme du « tout génétique » (Atlan, 1998), les élèves n'ont pas encore entendu parler ni du chromosome Y des criminels, ni du gène de l'alcoolisme ni de celui de la religiosité.

Les exemples suivants illustrent la dominance du déterminisme culturel dans les réponses des élèves :

Tableau 86. Des exemples de réponses aux questions 5.2, 5.3, 5.4 et 5.5

Question	N° d'élèves	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
5.2 alcoolisme	14	Pas de changement : E - E	non, les enfants sont indépendants de leurs parents, chacun a son environnement et sa vie, il n'est pas obligé d'être comme ses parents	non, parce que l'alcool est une chose acquise
5.3 intelligence	14	KVn : Ep - E	non, les synapses caractérisent l'intelligence de l'enfant, non les parents.	Non, parce que c'est acquis.
5.4 agressivité	2	Pas de changement : E - E	non, parce que c'est une chose qu'on peut apprendre d'une autre manière et elle n'est pas prédisposée	non, c'est une sorte d'éducation qui est acquise
5.5 croyance	1	Pas de changement : E - E	non, c'est parce que la croyance en Dieu, c'est une chose acquise	non, c'est parce que celle là est une chose qu'on peut la prendre suivant l'environnement

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.3. Conclusion

Nous avons, au cours de cette étude, tenté de mieux comprendre comment des lycéens tunisiens pensent s'approprier l'épigenèse et la plasticité cérébrales.

Le premier résultat, attendu, concerne l'acquisition par les élèves de connaissances scientifiques sur ce qui était l'objectif de ces deux séquences d'enseignement (TP 12 et TP 13) : la plasticité et l'épigenèse cérébrales.

Cette acquisition de connaissances constitue un changement conceptuel des élèves (ou du moins de la majorité d'entre eux) vis-à-vis du cerveau humain. Il s'explique facilement par le contenu même des enseignements, ainsi que par leur forme, dialoguée, au cours de laquelle ces connaissances ont été abordées à plusieurs reprises, permettant à la majorité des élèves de se les approprier.

Ceci constitue donc un premier résultat, à ne pas sous-estimer : car il montre que les élèves de cet âge (18 ans) sont tout à fait capables d'assimiler des connaissances de ce type. Celles-ci n'ont donc aucune raison d'être exclues du programme sous le prétexte qu'elles seraient trop complexes pour des élèves tunisiens de cet âge.

Mais l'enjeu de cet enseignement n'était pas limité à l'acquisition de nouvelles connaissances. Il postulait que les valeurs des élèves, supposées au départ aussi déterministes que celles des étudiants et enseignants analysées dans le chapitre précédent, évolueraient-elles mêmes vers des thèses moins déterministes plus fondées sur des connaissances scientifiques relatives à l'épigenèse cérébrale ?

Or nous n'avons pas observé une telle évolution, sauf de façon marginale pour quelques élèves. La principale raison est que, contrairement à notre attente, en pré-test 70 % des conceptions KV des élèves relèvent déjà du déterminisme culturel.

Ces chiffres diffèrent nettement de ceux que nous avons présenté dans la première partie de cette thèse, obtenus sur des enseignants et futurs enseignants tunisiens : la proportion de conceptions déterministes y était importante.

La particularité des conceptions exprimées par ces élèves vient peut-être de la personnalité de leur enseignant des SVT, qui venait d'assurer 3 séances d'enseignement à ces mêmes élèves sur le système nerveux (séances non enregistrées, au cours desquelles il avait peut-être déjà argumenté contre le déterminisme génétique strict, et non des arguments préparant les élèves à l'idée d'épigenèse).

Une autre hypothèse possible est que le fort courant béhavioriste des programmes et manuels SVT tunisiens (Clément et al, 2006) ait influencé les élèves vers des positions de

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

déterminisme environnemental. Ce que conforte aussi la religion musulmane pour des questions telles que l'alcoolisme (il est interdit par le prophète dans ses actes et ses paroles " la sunna" donc il ne peut pas être inné dans "l'homme création de Dieu").

Toujours est-il que les réponses des élèves aux questions que nous avons étiquetées KV n'ont pas évolué de façon significative entre le pré et le post-tes, pour un ensemble de raisons complémentaires :

- Pour les 5 sous-questions de la question 5, et pour les questions sur les jumeaux, le changement conceptuel était pour l'essentiel effectué avant le pré-test, le cours n'apportant que peu d'informations complémentaires, sauf pour les jumeaux.
- Pour la question sur le clonage, la situation était plus confuse, et le cours n'a pas abordé clairement cette question, ce qui a entraîné la plupart des élèves à rester sur leur position initiale, sans transfert de leurs acquis récents sur les cerveaux des jumeaux.
- Pour les questions 1 et 2 sur les comportements, façon de penser et cerveaux des hommes et des femmes, les résultats sont plus complexes :

  - D'une part, c'est le thème qui correspond le plus à l'interaction KV espérée, avec le même type, en pré-test, de conceptions-obstacles que celles mises en évidence dans le chapitre précédent sur les enseignants et futurs enseignants tunisiens.

  - D'autre part, c'est à propos des cerveaux hommes et femmes qu'il y a eu le plus de changements conceptuels, avec mobilisation de connaissances sur l'épigenèse cérébrale pour le changement conceptuel KV de plusieurs élèves.

  - Cependant, ce changement n'a concerné que quelques élèves, pas la majorité. Sans doute parce que le thème précis du cerveau des hommes et des femmes n'a pas été directement abordé dans les séquences d'enseignement, et que le transfert des connaissances acquises lors de ces séquences pour la mobilisation dans cette situation (cerveaux hommes et femmes) ne s'est pas produit chez une majorité d'élèves chez qui les obstacles initiaux sont demeurés déterminants.

De façon générale, il ressort donc de cette analyse de l'impact d'un enseignement sur le cerveau humain, sa plasticité et son épigenèse, en classe de 3ème secondaire tunisien, spécialité mathématiques (équivaut 1ère S en France), que cet impact est beaucoup plus net en ce qui concerne l'acquisition de connaissances scientifiques (K) que pour le changement de valeurs (V) par l'interaction espérée KV quand K concerne l'épigenèse cérébrale.

Cependant d'une part quelques changements KV ont cependant été observés, d'autre part, principalement, les changements conceptuels relatifs aux valeurs semblent, sur cet

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

échantillon, avoir été antérieurs au pré-test pour une majorité d'élèves, et peut-être à la suite de leurs enseignements précédents sur le système nerveux.

L'analyses des autres situations d'enseignement, non précédées de cours sur le système nerveux, et pourtant sur des apprenants qui sont des enseignants ou futurs enseignants (donc comparables à ceux dont les conceptions ont été analysées dans le chapitre précédent) apportera peut-être des réponses complémentaires intéressantes quand à notre problématique centrale sur les interactions KV.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

3.

Analyse et interprétation des résultats relatifs aux étudiants du DEA Didactique Biologie

Sommaire

3.1. Analyse et interprétation de la séquence d'enseignement des étudiants	242
3.2. Analyse et interprétation des réponses différentes entre le pré et le post-test	244
3.2.1. Résultat global	244
3.2.2. Les questions de connaissances	245
3.2.2.1. Analyse et interprétation globale	245
3.2.2.2. Analyse question par question	247
3.2.3. Analyse et Interprétation des questions de connaissances et valeurs des étudiants (les questions KV)	259
3.2.3.1. Analyse et interprétation globale	259
3.2.3.2. Analyse question par question	262
3.2.4. Analyse et Interprétation des changements entre pré et post-test étudiant par étudiant	277
3.3. Différences des variables contrôlées	278
3.3.1. le sexe	278
3.3.2. l'âge	278
3.4. Conclusion sur l'échantillon des étudiants	**279**

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Nous commençons par une analyse globale du cours puis nous analyserons les éventuels changements conceptuels des étudiants en nous appuyant sur des extraits de la transcription de la séquence d'enseignement (c.f. annexe 2.2).

3.1. Analyse et Interprétation de la séquence d'enseignement des étudiants

C'est une séquence en présentiel, avec 13 étudiants pour une durée totale de 3 heures 20 minutes. Le temps de cours concernant chaque thème est évalué par le nombre de lignes qu'il occupe dans la transcription de cette séquence d'enseignement.

Le cours n'était pas structuré en fonction de ces différents thèmes. Mais ceux-ci ont été plus ou moins abordés, à différents moments du cours, et le tableau qui suit présente une synthèse globale de l'ensemble de ces occurrences dispersées au cours des 3 h 20.

Tableau 87. Le nombre et le pourcentage de lignes réservées à chaque thème dans le cours

Thème et n° de questions	Nombre et pourcentage de lignes réservées à chaque thème
Epigenèse cérébrale (thème qui concerne presque toutes les questions)	655 sur 1608 40.7 %
Prédisposition à être très bon à l'école (question 7.6)	332 sur 1608 20.6 %
Plasticité cérébrale (question 6.5)	186 sur 1608 11.6 %
gènes (questions 8 et 9)	172 sur 1608 10.7 %
Différences comportements et cerveaux H-F (questions 1 et 2)	123 sur 1608 7.6 %
Différences cerveaux vrais jumeaux (question 3)	89 sur 1608 5.5 %
Clonage d'Einstein (question 10)	46 sur 1608 2.9 %
Prédisposition à l'agressivité (question 7.7)	5 sur 1608 0.3 %
Total des lignes	1608 lignes pour 3 h 20mn

La part du professeur et celle des étudiants	**Professeur**:	1483 sur 1608 **92 %**	87 interventions
	Etudiants	125 sur 1608 **8 %**	85 interventions

92 % du volume du discours oral de la séquence est produit par le professeur : les étudiants ont peu participé à la construction de la leçon. La relation professeur / étudiant est dominante,

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

la relation étudiant / étudiant est complètement absente. Les étudiants s'adressent seulement au professeur lorsqu'ils posent leurs questions, il n'y a pas de débat entre les étudiants eux-mêmes. Cette absence de dialogue entre pairs pourrait s'expliquer par deux causes : la première se manifeste dans le manque de connaissances chez ces derniers sur l'épigenèse (nous verrons plus loin qu'en pré-test, 18.4 % des questions sur les connaissances sont restées sans réponses et seulement 33 % des définitions exprimées sont correctes, voir tableau 90, p 246). La deuxième se manifeste dans le comportement habituel des étudiants qui croient que le professeur est la seule source de connaissances.

Les notions de l'épigenèse et de l'intelligence sont bien traitées en cours, elles forment toutes les deux 61.3 % de la leçon. Les notions de plasticité, de gène et de différences de comportements sont un peu moins traitées, les trois, ensemble, forment 29.9 % de la leçon. Par contre les notions de vrais jumeaux, du clonage et de l'agressivité sont beaucoup moins traitées, occupant 8.7 % de la séquence. Tandis que les autres notions, comme le don du violoniste, la rougeole, l'alcoolisme et la croyance, ne sont pas du tout abordés. Ce résultat suggère que le professeur a focalisé son enseignement sur des notions scientifiques générales, en insistant sur leurs interactions avec des valeurs contrairement à l'enseignant du secondaire, dans l'enquête sur les 23 lycéens, qui était plus centrée sur les connaissances simples. Dans l'analyse qui suit, nous allons vérifier l'impact de ce type d'enseignement sur les connaissances (K) et les interactions entre connaissances et valeurs (KV) des étudiants.

Le tableau suivant, montre que le professeur a utilisé fréquemment les termes neurone et réseau neuronal respectivement 55 et 52 fois. Les notions de cortex et de plasticité viennent aux derniers rangs. Cela semble exprimer un penchant du professeur vers les concepts qui forment les supports biologiques de l'apprentissage.

Tableau 88. Les occurrences des termes de la question 6 (neurone, cortex, synapse, réseau, plasticité et épigenèse) dans le discours du professeur :

Termes de la question 6	**Neurone**	Cortex	Synapse	**Réseau neuronal**	Plasticité	Epigenèse	total
Nombre d'occurrences prononcées en cours	**55**	7	22	**52**	14	35	183

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

3.2. Analyse et interprétation des réponses différentes entre le pré et le post-test

3.2.1. Résultat global

L'ensemble des résultats sur les différences entre pré et post-test est présenté sous forme d'un tableau de diagonalisation de Bertin.

Tableau 89. Diagonalisation de Bertin : Tableau récapitulatif des changements et des non changements de réponses entre le pré et le post-test.

étudiant / question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
Plasticité (6.5)														13
Clonage (10)														11
Cerveaux h-f (2)														10
Epigenèse (6.7)														9
Cerveau (4)														9
jumeaux (3)														7
Bon l'école (7.6)														7
Comprte (h-f) (1)														6
cerveau (5)														6
Réseau (6.4)														5
Rougeole (7.4)														3
Cortex (6.2)														3
Agressivité (7.7)														2
violoniste (7.3)														2
Neurone (6.1)														1
Synapse (6.3)														1
gène (8)														1
Bardane gène (9)														1
Alcoolisme (7.5)														1
Croyance (7.8)														1
Nombre de questions (réponses #)	19	9	9	8	7	7	7	7	7	6	5	4	4	99

Notes : Nombre d'étudiants (réponses #) : nombre d'étudiants qui ont fait des réponses différentes entre pré et post-test. Nombre de questions (réponses #) : nombre de questions où les réponses sont différentes entre pré et post-test.
Cellule grise : quand la réponse au post-test diffère de la réponse au pré-test (possible changement conceptuel).
Cellule blanche : quand la personne interrogée n'a pas modifié sa réponse entre le pré et le post-test.
Les 10 questions K de connaissances sont les suivantes = 4, 5, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.7, 8 et 9. Les 10 autres questions KV mesurent les interactions entre K et V.
Remarque : nous avons considéré la question 4 (bardane du cerveau) comme une question de connaissance (K) car ce qui nous intéresse, c'est l'émergence spontanée dans la bardane, de termes relatifs à l'épigenèse cérébrale et à ses supports, ce qui traduit effectivement l'acquisition de connaissances (K) et leur mobilisation dans la situation proposée (bardane).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Commentaire du tableau : le tableau 89 illustre une diagonalisation assez claire, qui permet de définir à la fois des types de questions en fonction du nombre de changements entre pré et post-test, et des types d'apprenants en fonction du nombre de questions pour lesquelles leur réponses a changé entre le pré et le post-test :

- Types de questions :
  - Cinq d'entre elles provoquent entre 9 et 13 changements de réponses d'apprenants (pour les 13 étudiants). La définition de la plasticité cérébrale vient en tête (100 % d'étudiants), suivie par la question sur le clonage (11 étudiants sur 13 ont changé) puis les cerveaux hommes / femmes (10 sur 13), etc. (voir tableau 89).
  - Cinq autres ont provoqué un taux moyen de changement de réponses (entre 5 et 7 étudiants sur les 13) : la question sur les vrais jumeaux (7), sur le déterminisme héréditaire de la réussite scolaire (7), etc. (cf. tableau 89).
- Types d'étudiants :
  - Un étudiant sort du lot (le n° 8) : ses réponses ont changé entre pré et post-test pour 19 des 20 questions !
  - Pour tous les autres étudiants, les changements sont plus modestes : entre 4 et 9 questions. On peut distinguer deux ensembles : 8 étudiants avec un changement moyen (7 à 9 questions) et 4 étudiants avec un changement moins important (4 à 6 questions).

Après cette approche globale, la nature plus précise des changements va être analysée question par question, en commençant par les questions plus focalisées sur les seules connaissances scientifiques (K).

3.2.2. Les questions de connaissances (questions K)

Les questions K de connaissances sont les 10 suivantes : 4, 5, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.7, 8 et 9. Les 10 autres questions KV mesurent les interactions entre K et V.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.2.2.1. Analyse et interprétation globale

Commençons d'abord par la présentation des résultats et l'analyse globale puis nous cèderons la place à l'analyse détaillée.

Tableau 90. La comparaison des réponses au pré-test et au post-test

Nombre et pourcentage de catégories parmi les réponses possibles aux questions K	Pré-test	Post-test
non réponses (N)	24 sur 130 18.4 %	3 sur 130 2.3 %
définitions correctes (C)	43 sur 130 33 %	76 sur 130 58.4 %
Définitions incomplètes (I)	58 sur 130 44.6 %	51 sur 130 39.2 %
définitions fausses (F)	5 sur 130 3.8 %	0 sur 130 0 %
total	130 sur 130 100 %	130 sur 130 100 %

Notes du tableau : Le nombre 130 = 10 (nombre de questions K) x 13 (nombre d'étudiants).

Le khi2 est très significatif (après correction de Yeats, il est égal à 22.27 donc très significatif car supérieur à 6.63 valeur théorique du khi2 pour v =1 et $\alpha = 0.01$)

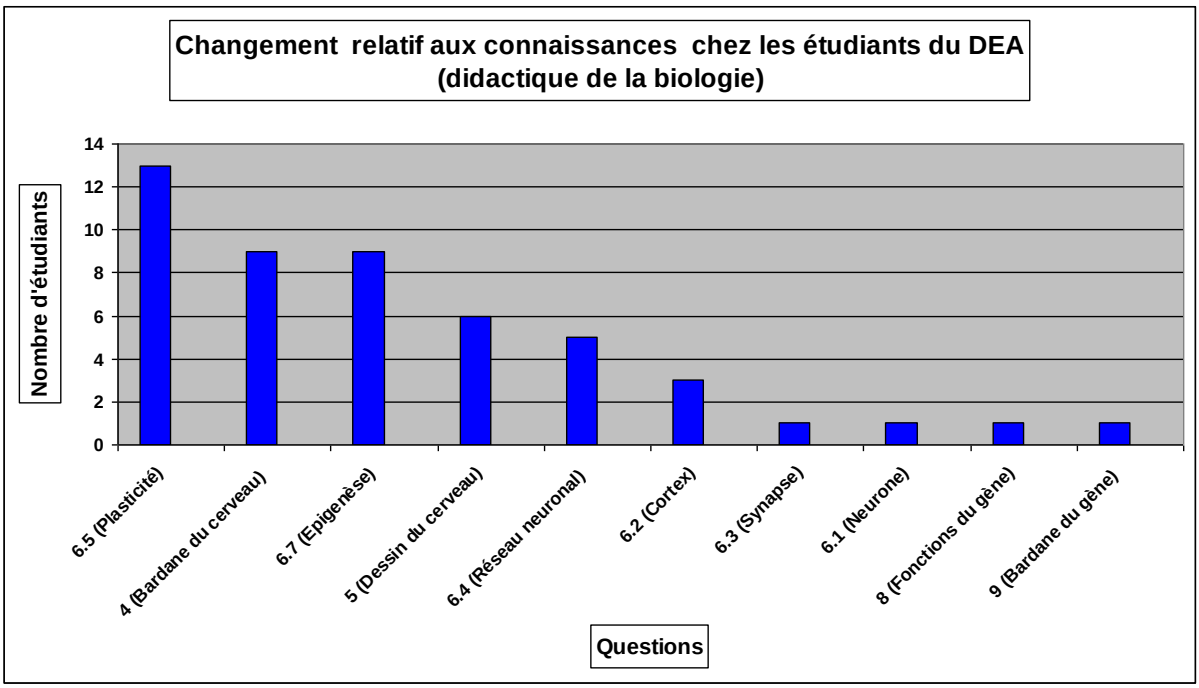
La différence est très significative entre les conceptions K des étudiants au pré-test et au post-test pour les 10 questions cumulées.

- l'apprentissage a permis d'ajuster les définitions correctes (C) presque du simple au double (de 33 % à 58.4 %).
- Cet ajustement est concrétisé par la diminution nette des non-réponses de 18.4 % dans le pré-test à 2.3 % dans le post-test.

Ce résultat est le fruit de l'approche didactique suivie par le professeur qui a donné des connaissances scientifiques sur les termes du questionnaire, au cours de son enseignement qui était pourtant focalisé sur les concepts et démarches de la didactique de la biologie.

3.2.2.2. Analyse question par question

Nous allons présenter nos résultats, sous forme d'histogramme, pour mettre en évidence les différences de changements conceptuels entre les questions.



Histogramme 3. Les changements de réponses entre le pré et le post-test pour les questions de connaissances (questions K) chez les étudiants

L'histogramme nous montre que ce sont les notions nouvelles[1], comme la plasticité et l'épigenèse qui soulèvent le plus de changements chez les étudiants. Les changements conceptuels survenus dans la question 4 (bardane du cerveau) et la question 5 (dessin du cerveau) prouvent aussi l'acquisition des termes se rapportant à l'épigenèse et la plasticité cérébrales Cela pourrait être dû à la motivation des étudiants pour les nouvelles connaissances et à l'insistance du professeur sur ces termes (voir tableau 87 et 88, p 242, 243) plutôt que sur les autres. Les étudiants n'ont pas beaucoup changé dans leur conception sur les termes cortex, synapse, neurone et gène, car ils les connaissaient déjà.

Analysons maintenant, les résultats question par question selon un taux de changement conceptuel décroissant :

[1] Nous avons qualifié ces notions de nouvelles pour les étudiants (qui sont en même temps enseignants) car la première partie de cette thèse a montré que ces notions sont mal connues par les enseignants tunisiens.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

A. La question 6.5 : définition de la plasticité cérébrale

Rappelons que les 13 étudiants ont amélioré leurs définitions à propos du terme plasticité et ont fait un changement conceptuel souhaité de type Ka, un changement qui s'approche d'une connaissance correcte ou s'éloigne d'une connaissance fausse.

Tableau 91. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.5 (plasticité)

n° d'étudiant / n° question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
6.5 Plasticité	N - C	N - I	N - I	N - C	N - C	I - C	N - I	I - C	F - N	F - C	F - I	N - C	N - I	13 Ka

Notes : C : définition correcte, I : définition incomplète, F : définition fausse, N : ne répond pas.
Cellule grise : Ka : l'élève a fait un changement souhaité de réponses entre pré et post-test, qui s'approche d'une connaissance correcte ou s'éloigne d'une connaissance fausse.

Ce changement optimal relatif aux connaissances pourrait être expliqué par l'interaction entre les 3 causes suivantes :

- Premièrement, 12 % du texte transcrit du cours est consacré à la notion de plasticité cérébrale (voir tableau 87, p 242)

- Deuxièmement, ce terme est clairement défini dans le cours

Intervention 78, professeur : « *la plasticité, cela veut dire que les réseaux ne sont pas stables, définitifs car il y a possibilité de compenser des déficiences par l'établissement de nouvelles connexions* ».

(Pour lire la transcription intégrale du cours des étudiants, consulter l'annexe 2.2)

- Troisièmement, en le présentant, le professeur a introduit une dimension affective : il a décrit les étapes de sa maladie et comment il a guéri grâce à la plasticité cérébrale.

Dans ce cas précis, le professeur a enseigné des connaissances chargées d'émotions, il nous a parlé de sa vie, de notre vie et les étudiants se solidarisaient avec lui en mémorisant bien les notions enseignées (Lieury, 1996, p 85).

Dans cet exemple, la biologie a eu quelque chose à dire sur la vie en écho à la question posée par Bousquet dans son dialogue avec Atlan « *La biologie nous parle-t-elle de la vie ? De notre vie ?... S'il s'agit de savoir comment il faut vivre, aimer, souffrir…mourir, force est de reconnaître que non, le vécu n'est pas vraiment l'objet de la biologie. De fait, la science, fût-elle celle de la vie, n'a pas grand-chose à dire sur ces questions de vie !* » (Atlan &

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Bousquet, 1994, p. 7). Ce résultat encourageant de changement conceptuel nous pousse à poser la question suivante : Est-ce que l'enseignement des connaissances dans un contexte de vie quotidienne, chargé sur le plan affectif est un moyen efficace pour changer les conceptions d'apprenants ? Dans la tradition, ces méthodes éducatives étaient répandues au cours de l'antiquité et du moyen âge ou le maître se donne comme exemple à suivre par ses disciples.

Le passage suivant du cours illustre nos propos précédents :

Intervention 73, le professeur *: … Il y a deux ans et quelques, du coup j'étais malade, je ne pouvais plus me tenir debout, j'avais des vertiges, etc. C'est comme si j'avais le nerf de l'oreille interne coupé. […] Je n'avais plus d'équilibration et j'avais un grand vertige accompagné de vomissement. Je ne me tenais plus debout. J'ai découvert ce que je savais intellectuellement, c'est-à-dire que « on voit autant avec l'oreille interne qu'avec l'œil ». Ce que vous ne savez pas est que je ne pouvais plus voir parce que l'œil tout le temps a une coordination permanente entre lui et l'oreille interne…*

Intervention 75, le professeur *: […] on n'arrive plus à voir, on ne peut plus lire, on ne peut plus voir défiler les paysages, c'est l'horreur. […] le toubib m'a dit il faut essayer de bouger, il faut réapprendre à voir, réapprendre à se tenir droit, etc. […] C'est un exemple classique de plasticité cérébrale et au bout de quelques semaines je commençais à pouvoir regarder puis à marcher, c'était plus lent pour apprendre à courir, plus lent encore pour apprendre à faire du vélo par exemple. Mais les synapses se sont reformées et au bout d'un mois ou deux, j'étais redevenu normal. Maintenant ça ne se voit pas que j'avais l'oreille interne qui ne fonctionnait pas, parce qu'on a un cerveau très plastique, est-ce que c'est clair ça ?... »*

(Pour lire la transcription intégrale du cours des étudiants, consulter l'annexe 2.2)

Voici à présent quelques exemples de réponses des étudiants qui montrent qu'ils ont acquis des connaissances scientifiques après l'apprentissage :

Une définition correcte (symbole C) : Etudiant 4, post-test : « *oui, le cerveau est capable de se rétablir en cas de déficience* ».

Une définition incomplète (symbole I) : pour l'étudiant 5, post-test : « *oui, possibilité d'établissement de nouvelles connexions* ».

Une définition fausse (symbole F) : pour l'étudiant 7, pré-test : « *oui, capacité cérébrale à déchiffrer les messages* ».

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

B. La question 6.7 : La **définition de l'épigenèse cérébrale**

Nous avons noté ici que 69 % des étudiants ont amélioré leurs connaissances sur la définition de l'épigenèse cérébrale.

Tableau 92. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.7

N° d'étudiant / n°de question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
6.7 Epigenèse	N - I	I - I	N - I	I - I	N - C	N - I	N - I	F - C	F - I	N - I	I - I	I - I	N - I	9 Ka

Ce résultat pourrait s'expliquer par l'impact du cours sachant que le professeur a beaucoup insisté sur ce thème là (41 % du texte transcrit est consacré à l'épigenèse cérébrale, tableau 87, p 242).

Le passage suivant du cours confirme nos propos précédents :

Intervention 53, le professeur : *[…] Je reviens au schéma de Changeux, qu'est-ce qu'il montre ce schéma ? Il montre qu'on a une phase de croissance d'abord, c'est quoi cette phase de croissance ? […]C'est très étudié pour la plaque motrice par exemple, il y a des motoneurones qui poussent, des connexions qui vont toucher une fibre musculaire et à ce moment précis, ils commandent la contraction musculaire. Vous voyez que c'est simple comme modèle et donc il y a des contacts qui s'établissent mais de façon redondante avec du surplus. Pourquoi c'est une phase décisive ? Parce que dans la cellule musculaire, qui va être innervée, il y aura 2, 3, 4 neurones qui vont aller jusqu'à la plaque motrice. Donc l'innervation est redondante mais transitoire parce que au fur et à mesure que ces nerfs vont faire fonctionner le muscle et bien petit à petit à la fin il y a une seule innervation qui va demeurer. Cela suffit, si on est finaliste, pour que ça soit fonctionnel. Et de fait les autres innervations disparaissent. Il y a une phase au début où tous les réseaux neuronaux possibles se mettent en place, c'est la chimiotaxie. Il y a des guides à la fois chimiques et mécaniques qui font que les cellules s'attirent et établissent des contacts et plus ces réseaux neuronaux fonctionnent et plus ce qui est fonctionnel va être stabilisé. Autrement dit il n'y a pas de prédéterminisme génétique ou biologique des réseaux qui vont s'établir, ça s'établit avec l'expérience.*

(Pour lire la transcription intégrale du cours des étudiants, consulter l'annexe 2.2)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Les exemples suivants de réponses donnent une idée sur l'acquisition de connaissances :
Définition correcte (symbole C) : Etudiant 1, post-test : « *oui, formation de connexions cérébrales en interaction avec l'environnement* ».
Définition incomplète (symbole I) : Etudiant 2, post-test : « *oui, configuration cérébrale* ».
Définition fausse (symbole F) : Etudiant 7, pré-test : « *oui, genèse des membranes cérébrales*».

C. La question 4 : La bardane du cerveau

Dans cette question et dans la question suivante (dessin du cerveau), le changement conceptuel relatif à l'épigenèse est identifié quand l'apprenant mobilise au post-test plus de termes se rapportant à la localisation cérébrale ou aux mots clés « épigenèse et plasticité cérébrales » ou aux supports cytologiques de l'épigenèse, ou aux influences non génétiques sur le cerveau. Ce sont en effet ces termes-là qui peuvent aider l'apprenant à mieux comprendre l'épigenèse : par exemple : réseau neuronal, synapses, support biologique des facultés mentales, etc.

Nos résultats montrent que 77 % des étudiants ont mobilisé des connaissances scientifiques relatives à l'épigenèse cérébrale dans cette question.

Tableau 93. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 4

N° d'étudiant / N°de question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
Bardane du cerveau (4)	I - C	I - I	I - C	I - C	I - C	I - C	I - C	I - C	I - I	I - C	I - I	I - C	I - I	9 Ka

Ce résultat se comprend facilement car tout le cours est consacré au cerveau et à son épigenèse. Le cerveau est cité 85 fois dans le cours, l'adjectif cérébral 27 fois, les termes se

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

rapportant directement au cerveau (neurone, cortex, synapse, réseau neuronal, plasticité, épigenèse) 183 fois (tableau 88, p 243).

Le passage suivant illustre nos propos précédents :

Intervention 53, le professeur *: […] Quand le système nerveux se met en place dans l'embryon humain, les cellules se multiplient. Vous avez fait un peu d'embryologie, la crête neuronale, le tube neural et puis l'encéphalisation avec trois lobes, etc. Les 5 sacs, les 3 puis les 5 ventricules et puis là les couches du système nerveux se mettent progressivement en place, c'est-à-dire les neurones. Au début, ce sont des petites cellules qui ont très peu de connexions puis elles migrent et forment des couches qui vont se stratifier dans le cortex. Elles ne sont pas encore en connexion et puis après les connexions s'établissent. Alors c'est une phase essentielle qui n'a pas lieu au même âge dans toutes les zones du cerveau, des fois c'est utero, des fois juste à la naissance, des fois un petit peu après mais peu importe je ne rentre pas dans le détail. Je donne le principe général qui est vrai pour presque tous, c'est-à-dire que les connexions nerveuses s'établissent (…).*

(Pour lire la transcription intégrale du cours des étudiants, consulter l'annexe 2.2)

Le tableau suivant illustre quelques exemples d'acquisition par les étudiants de termes nouveaux se rapportant à l'épigenèse après l'apprentissage :

Tableau 94. Des exemples de réponses à la question 4 (bardane du cerveau)

N° d'étudiant	Changement de réponses entre le pré et le post-test	Pré-test	Post-test
3	Ka	- voir- entendre- odorat- toucher- ouïe- actes volontaires- mémoire- centre des mouvements volontaires- partie du système nerveux- centre nerveux.	Termes répétées : « - mémoire - centre des actes volontaires ». Termes nouveaux : « - épigenèse cérébrale- substance blanche- substance grise- centre de l'odorat- centre de l'ouïe- centre nerveux sensitif- une partie de l'encéphale- synapses- neurones- connexions nerveuses ».
11	Ka	- intelligence- ordre- perception- évolution- savoir- curiosité- affection- liberté- dignité- générosité- courage- être humain- logique- raisonnement- réflexion- joie- chagrin- tristesse- Stress- humain- amour- mœurs.	Termes nouveaux : « - plasticité- connexions- réseaux neuronaux ».

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

D. La question 5 : Le dessin du cerveau

Nous constatons ici que 46 % des étudiants ont acquis des connaissances scientifiques relatives à l'épigenèse cérébrale dans cette question.

Les changements et les non changements survenus pour chaque apprenant dans cette question sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 95. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 5 (dessin du cerveau)

N° d'étudiant / N°de question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
Dessin du cerveau (5)	I - C	I - I	I - I	I - I	I - C	I - C	I - C	I - C	I - C	I - I	I - I	I - I	I - I	6 Ka

Nous devons remarquer aussi que le cerveau n'était pas présenté en dessin légendé dans le cours, ce qui explique, peut-être, le faible taux de changement (46 %) par rapport à celui obtenu avec la bardane du cerveau (77 %, tableau 93, p 251).

La description suivante des schémas présentés par les étudiants peut nous donner une idée sur le genre de termes nouveaux acquis par les étudiants après l'apprentissage :

Tableau 93. Des exemples de réponses

N° d'étudiants	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
11	Ka	Schéma de l'encéphale. Légende : bulbe, moelle épinière, cerveau (central).	Schéma sous forme d'un cercle où il y a des points reliés par des traits. Légende : cortex cérébral, neurone, réseaux neuronaux.
8	Ka	Schéma du cerveau avec neurones et synapses. Légende : hypothalamus, hypophyse, aire visuelle, réseau neuronal, neurone, synapse.	Schéma du cerveau avec neurones et synapses. Légende : 10^4 synapses, nombre infini de neurones (encore non connu, 10 → 1 milliard, reçoit l'action de l'environnement

Ka : l'étudiant a fait un changement entre le pré et le post-test qui s'approche d'une connaissance correcte ou s'éloigne d'une connaissance fausse.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

E. La question 6.4 : définition du réseau neuronal

Nos résultas indiquent que 38.4 % d'étudiants ont amélioré leurs connaissances au post-test à propos du terme « réseau neuronal ». Ils indiquent aussi que 53.8 % d'étudiants ont bien défini ce terme au pré-test grâce à leur formation biologique de base et ils ont conservé les mêmes réponses au post-test (C - C). Au total, en post-test, 12 sur 13 étudiants définissent correctement le réseau neuronal.

Tableau 97. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.4 (réseau neuronal)

d'étudiant / question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
Réseau neuronal (6.4)	N - C	N - C	C - C	N - C	N - N	C - C	C - C	C - C	C - C+	C - C	C - C	C - C	C - C+	5 Ka

C+ : définition meilleure que la définition dite correcte

Le terme « réseau neuronal » a été prononcé très souvent par le professeur et illustré par différentes images (52 occurrences verbales dans le cours, voir tableau 88, p 243). Les étudiants ont une formation biologique qui leur a permis de bien définir ce terme avant même l'apprentissage.

Le passage suivant illustre nos propos précédents :

> Intervention 49, le professeur : [...] on sait maintenant modéliser les réseaux. Par modélisation informatique, par histologie et par d'autres moyens, on a mis en évidence différents types de réseaux. Tous ces moyens étaient à l'origine des théories sur l'épigenèse cérébrale. Le professeur montre le niveau b du document 13 et dit : vous voyez des accélérations. Alors on peut modéliser aujourd'hui tous ces réseaux, et tout ça était à l'origine de la théorie sur l'épigenèse cérébrale. Alors, je vais tenter de vous donner la plus célèbre des théories, elle qui a été popularisée par Changeux (doc 5) dans son livre, best seller l'homme neuronal en 1983, pour vous dire qu'elle ne date pas d'aujourd'hui. Elle a été acceptée par tous les biologistes dans ses principes et ses différences. *Je vous donne aussi un schéma venant d'Edelman (doc 6), grand neurobiologiste américain, qui généralise, un petit peu, ces principes qui sont de véritables paradigmes en biologie. Est-ce que le terme paradigme vous dit quelque chose ?*

(Pour lire la transcription intégrale du cours des étudiants, consulter l'annexe 2.2)

Illustrons notre analyse par les exemples suivants :

Tableau 98. Des exemples de réponses à la question 6.4 (réseau neuronal)

N° d'étudiant	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
7	Ka : C – C+	Oui, ensemble de neurones interconnectés.	Oui, ensemble de connexions stabilisées. Le cerveau, selon les performances d'une personne, réalise des connexions continuellement.
13	Ka : C – C+	+/-, Interaction entre neurones.	Oui, Ensemble de neurones en interaction.

C+ : définition meilleure que la définition dite correcte

F. La question 6.2 : La définition du cortex cérébral

Notons ici que seulement 3 étudiants ont amélioré leurs connaissances au post-test à propos de ce terme, car la majorité des étudiants ont bien défini ce terme au pré-test grâce à leur formation biologique de base et ils ont conservé les mêmes réponses au post-test. Au total, les réponses du post-test montrent que 12 des 13 étudiants maîtrisent ce concept. Seul l'étudiant n° 8 a persisté dans sa non réponse.

Tableau 99. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.2 (cortex cérébral)

N° d'étudiant / N°de question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
Cortex cérébral (6.2)	NR - NR	NR - C	C - C	C - C	NR - C	C - C	C - C	C - C+	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	3 Ka

Ce terme a été le moins prononcé par le professeur dans le cours (7 occurrences contre 55 pour le neurone et 52 pour le réseau, tableau 88, p 243).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Le tableau suivant illustre deux changements survenus :

Tableau 100. Des exemples de réponses à la question 6.2 (cortex cérébral)

N° d'étudiant	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
10	Ka : N – C	Oui (et ne définit pas).	Oui, écorce constituée de substance grise.
1	Ka : N - C	Oui (et ne définit pas).	Oui, L'enveloppe externe du cerveau

G. Les questions 6.1 et 6.3 : définitions du neurone et de synapse

Notons ici que seulement un étudiant a amélioré sa réponse après l'apprentissage car ses 12 camarades ont bien défini ces termes au pré-test grâce à leur formation biologique de base et ils ont conservé les mêmes réponses au post-test.

Tableau 101. Les réponses au pré et au post-test relatives aux questions 6.1 et 6.3 (neurone et synapse)

N° d'étudiant / N°de Question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
Neurone (6.1)	N - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	1 Ka
Synapse (6.3)	N - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	1 Ka

Ces termes ont été prononcé souvent (le neurone 55 occurrences et la synapse 22, tableau 88, p 243) par le professeur et illustré par différentes images (c.f. annexe 2.2). Par contre, seulement l'étudiant n° 8 a changé ses conceptions à propos de ces deux termes (c'est cet étudiant qui a changé ses conceptions à propos de 19 questions sur 20).

L'acquisition de connaissances par l'étudiant 8 est illustrée dans le tableau suivant :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 102. Des exemples de réponses aux questions 6.1 et 6.3 (neurone et synapse)

N° de Question et n° d'étudiant	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
6.1 définition du neurone : étudiant 8	Ka : N – C	Oui (et ne définit pas).	Oui, cellule fibre nerveuse.
6.3 définition de synapse : étudiant 8	Ka : N – C	Oui (et ne définit pas)	Oui, jonction entre deux neurones.

H. Les question 8 et 9 : les fonctions du gène et la bardane du gène

Dans ces deux questions, nous parlerons de changement relatif aux connaissances quand l'étudiant acquiert des termes se rapportant aux influences de l'environnement sur les gènes ou l'interaction entre l'environnement et les gènes.

Nous notons aussi que c'est seulement l'étudiant n° 8 qui a mentionné l'interaction entre gène et environnement donc il a fait un changement qui s'approche d'une connaissance relative à l'épigenèse. Alors que tous les autres n'ont pas amélioré leurs réponses du pré-test.

Tableau 103. Les réponses au pré et au post-test relatives aux questions 8 et 9

(Fonctions du gène et bardane du gène)

N° d'étudiant / N°de question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
Fonctions du gène (8)	I - C	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	1 Ka
Bardane du gène (9)	I - C	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	I - I	1 Ka

Rappelons que le terme gène a été abordé dans le cours : 10.7 % du texte transcrit (tableau 87, p 242), concernant essentiellement les interactions entre le génome et son environnement.

Malgré cet apport de nouvelles connaissances, 12 étudiants sur 13 n'ont pas changé de conceptions. Or ce faible changement, est-il du à la vivacité du paradigme « tout génétique »

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

dans leurs conceptions ou est-il dû aux obstacles didactiques qui se concrétisent dans la métaphore « gène → caractère » ?

Toujours est-il que les connaissances nouvelles du cours, focalisées sur des exemples précis ou des questions spécifiques nouvelles pour les étudiants (l'épigénétique) n'ont pas mordu sur les connaissances académiques classiques des étudiants, celles qu'ils ont mobilisées dans leur cours de génétique et qu'ils mobilisent dans la bardane sur le terme « gène ».

Le passage suivant du cours, va nous montrer que ce terme a été utilisé par le professeur pour prouver que l'ADN ne peut pas être à lui seul l'origine de la diversité des performances intellectuelles :

Intervention 146, le professeur *: ici c'est Caenorhabditis elegans, c'est le petit ver, tout petit, qui fait 1 mm de longueur. Quand on a les vers, les nématodes, vous savez ce que c'est les nématodes ? Ce sont des animaux très communs. Ce ver a 19000 gènes, alors qu'il n'est rien du tout : il n'est capable d'aucun apprentissage, il est complètement stupide et il a un peu plus d'un millier de cellules. La plante Arabidopsis, qui a été la première dont l'ADN a été séquencé, en a 25000, autant que l'homme. Ce n'est pas fantastique ça ? Et maintenant, on a séquencé le riz. Et la rose est en train d'être séquencée. 51000 gènes pour le riz, la rose en a à peu près autant, bien plus que l'homme. Mais à ce point dire que les gens, comme vous, pensaient que les performances intellectuelles humaines étaient directement liées à un génome, que chaque performance était liée à un gène. Les hommes qui ont fait la révolution culturelle, ont beaucoup moins de gènes que la moindre des plantes, vous le savez ça, non vous ne le savez pas ! Ce qui est plus important encore, c'est la fin d'une illusion, l'illusion héréditariste, etc. […] J'étais en train de chercher dans le monde « les bouleversants révélations de l'exploration du génome humain ». Et je vais prendre le paragraphe « les races humaines n'existent pas ». Ce sujet est fascinant, prenons ce paragraphe là, « cette fois çà n'est pas une surprise mais une importante confirmation, chaque individu sur terre partage 99.99 % du même code génétique avec le reste des humains » (le Monde), soulignent les auteurs de « Science », ça veut dire que dans cette salle on partage tous, hommes, femmes 99.99 % de notre code génétique.*

Intervention 147, Etudiant 11 *: c'est fantastique.*

Intervention 150, le professeur *: ce que j'ai dit ne veut pas dire que les influences génétiques n'existent pas. Tout ce qui a été découvert, par exemple le fait que la couleur de mes yeux est un déterminisme génétique multiallélique, etc. Tout ça reste complètement valide. J'ai parlé des performances intellectuelles, de la configuration du cerveau. Tout ce qu'on sait par ailleurs sur les déterminismes ou prédispositions à certaines maladies ou à des configurations morphologiques, reste totalement valide. Il ne s'agit pas de nier les apports de la génétique et de la biologie.*

(Pour lire la transcription intégrale du cours des étudiants, consulter l'annexe 2.2)

Pour essayer de dépasser les obstacles didactiques à l'acquisition de connaissances sur l'épigenèse (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype), nous

recommandons de multiplier l'apprentissage des notions de l'épigenèse et de la plasticité cérébrales. Les réponses suivantes de l'étudiant 8 montrent que le changement est possible.

Tableau 104. Des exemples de réponses aux questions 8 et 9

(Fonctions du gène et bardane du gène)

Questions : Etudiants	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
Question 8 : étudiant 8	Ka	un gène contrôle généralement un caractère bien déterminé tel que la couleur des yeux. Un gène est transcrit en ARNm qui sera traduit en protéine qui servira comme hormone tel que l'insuline = hormone hypoglycémique	Termes nouveaux : « gène + environnement → caractère »
Question 9 : étudiant 8	Ka	→ clonage → hérédité → contrôle 1 caractère → fragment d'ADN → formés de nucléotides → bases azotées sucres acide phosphorique → noyau d'une cellule → transmis d'une génération à une autre → détermine l'individu → patrimoine génétique → gène ARNm protéine→transcription→traduction. (Les flèches qui sortent de la bardane sont ajoutées par l'étudiant)	Termes nouveaux : « - mutation- (deux flèches parallèles, chacune dans un sens entre la bardane et le mot) Environnement »

3.2.3. Analyse et interprétation des questions de connaissances et de valeurs des étudiants (les questions KV)

3.2.3.1. Analyse et interprétation globale

Les 10 questions KV sont les suivantes : 1, 2, 3, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8 et 10

Nous allons comparer, sous forme d'un tableau, les conceptions KV (les réponses aux questions KV) des étudiants au pré et au post-test et nous allons calculer le Khi2 pour voir si le changement conceptuel survenu est significatif ou non.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 105. Comparaison des conceptions au pré et au post-test

Nombre et pourcentage de catégories de réponses parmi toutes les réponses possibles	**Pré-test**	**Post-test**
Non réponses aux questions KV (N)	**4** (3 %)	**2** (1.5 %)
Conceptions de catégorie D (génétique)	**28** (21.5 %)	**5** (4 %)
Conceptions de catégorie E (environnement avec modèle causal ou additif)	**82** (63 %)	**102** (78 %)
Conceptions de catégorie Ep (épigenèse)	**0** (0 %)	**18** (14 %)
Conceptions de catégorie A (autres)	**16** (12 %)	**3** (2 %)
Total	**130** **(100 %)**	**130** **(100 %)**

Notes du tableau : Le nombre 130 = 10 (nombre de questions KV) x 13 (nombre d'étudiants).
Catégorie D : Conceptions KV « modèle causal linéaire : seulement le génotype agit sur le phénotype ».
Catégorie E: Conceptions KV « modèle causal linéaire et/ou modèle additif: le génotype et/ou l'environnement agissent sur le phénotype».
Catégorie Ep : Conceptions KV « modèle interactif : interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype ».
Catégorie A : Autres conceptions KV.

Pour augmenter l'effectif, nous avons réuni les deux catégories de conceptions N et A en une seule catégorie et nous avons fait la même chose avec les deux catégories E et Ep.

Le khi2 (32.17) est très supérieur à 9.21 (valeur théorique pour $v = 2$ et $\alpha = 0.01$).

Par conséquent, il est permis de conclure que la différence est très significative entre les conceptions KV du pré-test et celles du post-test. Le taux de changement global est égal à 38.5 % [50 réponses différentes sur 130 réponses possibles (13 étudiants x 10 questions KV)].

- Les conceptions déterministes (catégorie D : génotype → phénotype) ont chuté de 21.5 % à 4 %. Elles ont cédé en faveur des conceptions contre le déterminisme biologique (catégorie E et Ep).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Les conceptions contre le déterminisme biologique (catégorie E : environnement et/ou génotype → phénotype) ont augmenté de 63 % à 78 %. En effet, beaucoup d'étudiants semblent avoir acquis de nouvelles conceptions grâce au cours du professeur qui est focalisé sur le rôle de l'environnement dans la construction de certains caractères comme l'intelligence et l'agressivité. Nous rappelons toujours, dans l'interprétation des conceptions contre le déterminisme biologique, que c'est un antidéterminisme qui peut cacher un déterminisme culturel de type causal linéaire.
- Les conceptions épigénétiques (catégorie Ep : interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype) sont apparues seulement au post-test, elles ont passé de 0 % à 14 %. Certains étudiants ont mobilisé leurs connaissances neurobiologiques pour argumenter leurs réponses car le professeur a bien traité l'interaction KV comme dans le cas de l'intelligence, des différences hommes-femmes, du clonage ou de l'agressivité. Voici des exemples de changements souhaités de catégorie Ep (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype) :

  Pour l'étudiant 11, question 7.6 (prédisposition à être très bon à l'école), post-test : « *non, parce que chaque individu a une configuration de son propre cerveau qui se fait suivant son environnement et sa culture sociale…mais qui n'a aucune relation génétique à ses parents (seulement bien sûr du côté biologique = cerveau humain)* ».

  Pour l'étudiant 9, question 2 (différences de cerveaux H-F), post-test : « *oui, car l'environnement et la nature des stimuli influencent l'épigenèse du cerveau donc le nombre de jonctions* ».

  Pour l'étudiant 10, question 1 (différences de comportements H-F), post-test : « *oui, ces différences sont dues à l'éducation qu'ils subissent. Les réseaux neuronaux s'installent en fonction des comportements différents* ».
- Dans la catégorie A, le taux de réponses a chuté de 12 % à 2 %. Les étudiants paraissent plus précis dans leurs formulations en faveur des idées contre le déterminisme biologique.

En comparant les résultats des questions K avec ceux des questions KV, nous remarquons :

- Avant l'apprentissage, 3 % de non réponses dans les questions KV contre 30.5 % dans les questions K de connaissances. Ce résultat pourrait être expliqué par la facilité d'exprimer une opinion et la réticence à donner une connaissance scientifique par crainte de faire une erreur, surtout chez les biologistes.
- Le changement se fait à la fois pour les conceptions K (37,7 % : 49 réponses différentes sur 130 réponses possibles relatives aux questions de connaissances) et les conceptions KV (38.5 % : 50 réponses différentes sur 130 réponses relatives aux questions KV).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

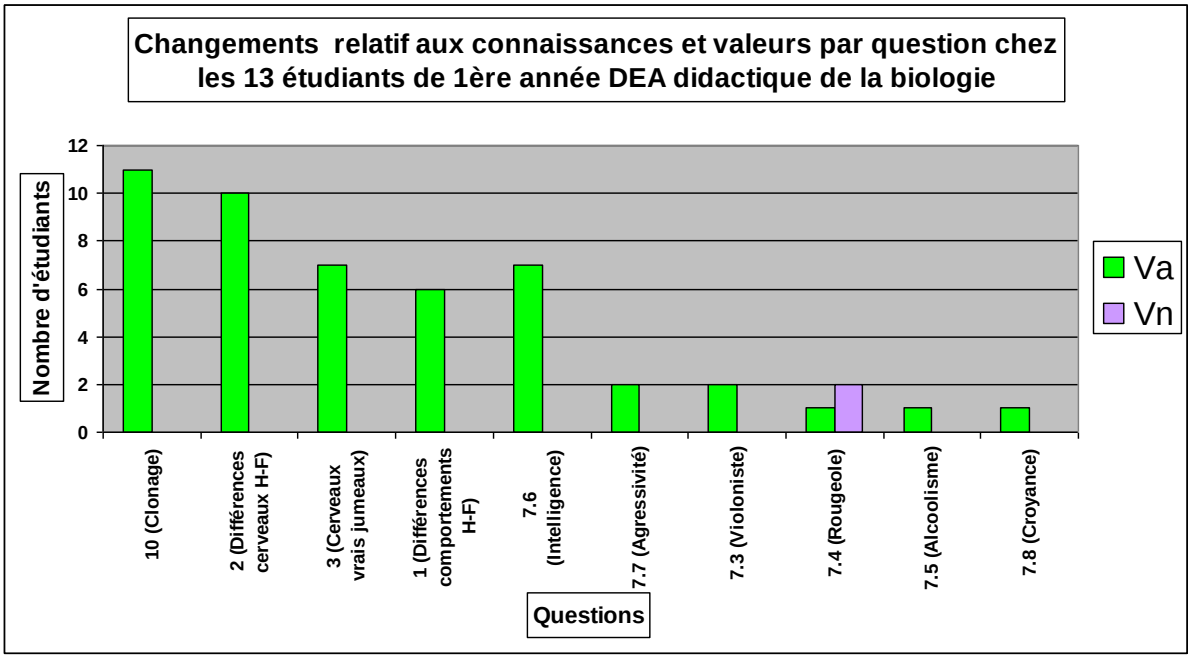
Ce dernier résultat nuance notre deuxième hypothèse qui postule que « le changement conceptuel relatif aux connaissances est cependant plus facile à obtenir que le changement conceptuel relatif aux valeurs. Il ne rejoint pas les résultats de Delalande-Simonneaux et Clément qui ont montré que les changements conceptuels sont plus difficiles à obtenir sur les valeurs des étudiants que sur leurs connaissances scientifiques pures (Clément & Abou-Tayeh, 1999), ni ceux de Hines, Hungerford et Tomera, 1986 ; Kukartz, 1995, Delalande-Simonneaux, 1995 et Lehmann, 1999 qui rapportent que des études quantitatives ont révélé qu'une forte corrélation entre une acquisition de connaissances environnementales et un changement d'attitude ou d'opinion n'est pas toujours vérifiée (cité par T. Forissier, 2003, p 9).

3.2.3.2. Analyse question par question

L'histogramme suivant montre bien que le changement dans les questions KV est plus fort dans les questions traitées par l'enseignant (clonage, différences de cerveaux et de comportements entre femmes et hommes, intelligence, voir tableau 87, p 242) que dans les questions non développées (prédisposition des caractères comme l'alcoolisme, l'agressivité ou la croyance). Ce changement de valeurs semble suivre le changement de connaissances de deux façons :

- Les étudiants ont acquis des connaissances sur les notions de plasticité et de l'épigenèse et ils les ont mobilisées pour argumenter leurs réponses sur les questions KV (modèle KVP Clément, 2004). Cela correspond aussi à la méthode pédagogique appliquée par le professeur qui explicite l'articulation entre connaissances et valeurs.
- Cependant, l'acquisition de connaissances sur les interactions K et V ne suffisent pas à ce que ces interactions soient mobilisées sur les exemples non traités par l'enseignant (questions 7.3, 7.4, 7.5, 7.7 et 7.8). Alors qu'elles sont largement mobilisées pour les questions directement traitées par l'enseignant (questions 10, 2, 3, 1 et 7.6 : voir histogramme 5, page suivante).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010



KVa : l'étudiant a fait un changement souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche de l'épigenèse ou s'éloigne du déterminisme biologique.
KVn : l'étudiant a fait un changement non souhaité entre le pré et le post-test qui s'éloigne de l'épigenèse ou s'approche du déterminisme biologique.

Histogramme 4. Les changements de réponses entre le pré et le post-test pour les questions de connaissances et valeurs (questions KV) chez les étudiants

Abordons à présent l'analyse détaillée des réponses : quels changements a-t-on observé chez ces étudiants ?

A. La question 10 : Le clonage d'Einstein

A cette question, nous avons noté que 85 % (11 sur 13) des étudiants ont fait un changement conceptuel de type KVa, c'est-à-dire qui s'approche de l'épigenèse.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 106. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 10 (clonage)

N° d'étudiant / N°de question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
10	D - E	A - Ep	D - E	D - E	E - E	A - E	D - D	E - Ep	D - E	D - E	D - E	A - E	D - E	11 KVa

Cellule grise : quand la réponse au post-test diffère de la réponse au pré-test (possible changement conceptuel),
KVa : l'étudiant a fait un changement souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche de l'épigenèse ou s'éloigne du déterminisme biologique.
Cellule blanche : l'élève n'a pas modifié sa réponse.
Catégorie D : Conceptions KV « modèle causal linéaire : seulement le génotype agit sur le phénotype ».
Catégorie E: Conceptions KV « modèle causal linéaire et/ou modèle additif: le génotype et/ou l'environnement agissent sur le phénotype».
Catégorie Ep : Conceptions KV « modèle interactif : interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype ».
Catégorie A : Autres conceptions KV.

Cette question qui occupe seulement 2.9 % du cours a suscité le plus grand nombre de changements. Les raisons qui pourraient expliquer ce changement sont les suivantes :

- Premièrement : dans le débat, le professeur a consolidé les connaissances scientifiques nécessaires sur les supports biologiques des comportements avant de présenter l'épigenèse (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype) sur le clonage.
- Deuxièmement : cette remise en cause du déterminisme génétique strict est venue à la fin de la leçon, juste avant le post-test : les étudiants s'en souvenaient donc très bien.
- Troisièmement : le fait de parler d'Einstein, savant très célèbre et adoré par le public, comporte une dimension affective et rend les apprenants plus récepteurs de connaissances et de valeurs (voir cadre théorique, apprentissage et affectivité).
- Quatrièmement : les étudiants ont un intérêt à s'approprier ces nouvelles connaissances / opinions (KV) contre le déterminisme génétique car ils ont un examen à passer à la fin de la 1ère année DEA didactique de la biologie.
- Cinquièmement : le fait que cette question occupe peu de temps dans le cours n'empêche pas les étudiants de mobiliser les connaissances apprises dans le reste du cours comme la notion d'épigenèse. Mais la question a été précocement abordée par l'enseignant : Nous citons ci-dessous les passages consacrés à cette

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

question dans le cours pour mieux comprendre ce qui est retenu par les apprenants :

Intervention 166, le professeur : *« le clonage : c'est ce qu'on a dit sur les jumeaux homozygotes, c'est-à-dire les fantasmes dans les media sur les clones, c'est que tous les clones seraient des photocopies de ce qui est cloné. Par exemple, on a dit : si on clone Einstein, on aura des Einstein qui ont la même gueule qu'Einstein adulte et la même capacité intellectuelle de produire une nouvelle loi de théorie de la relativité, ce qui est complètement ridicule, si on clone Einstein, on aura d'abord un petit bébé avec un décalage de génération fantastique et ces petits bébés seront tous des jumeaux homozygotes puisqu'on aura plein de clones qui vont se différencier autant que des jumeaux homozygotes et qui vont développer leur intelligence en fonction de l'éducation qu'ils auront et du contexte social qui sera le leur et ils ont très peu de chance de devenir chercheur en physique et même s'ils deviennent chercheurs en physique, de toute façon l'état de connaissances fait qu'ils ne pourront pas redécouvrir les mêmes choses, etc. Vouloir cloner Einstein, c'est ridicule, c'est comme il y a des gens qui ont dit que pourquoi pas, pour résoudre le problème d'argent sur terre, on n'a qu'à cloner des milliardaires et comme ça tout le monde deviendra milliardaire mais c'est exactement pareil, c'est aussi ridicule, un milliardaire, il a la chance d'être devenu milliardaire par des tas de raisons, d'une grande complexité, c'est toujours ce phénomène là, l'émergence. Théorie de la relativité ou être riche milliardaire, ça vient de toute une situation complexe qu'on maîtrise très, très mal et même si on va cloner l'émergence, on n'aura jamais cette complexité là, le clonage du génome, c'est un des paramètres parmi touts ceux qui font qu'on a cette émergence créatrice.*

Et tout ça c'est ridicule, c'est vraiment des manipulations des media et la réduction, elle n'est pas dans le fait de dire c'est dans la neurobiologie, elle est dans les media qui cherchent un déterminisme linéaire simple, parce que ça calme le public ou l'élève, il a enfin une raison simple et le problème c'est que la biologie se trompe en enseignant la biologie de façon réductrice en réduisant les systèmes de causalité en biologie à des causes simples… »

(Pour lire la transcription intégrale du cours des étudiants, consulter l'annexe 2.2)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Les 4 réponses suivantes illustrent l'acquisition de valeurs par les étudiants après l'apprentissage :

Tableau 107. Des exemples de réponses à la question 10 (clonage)

Question 10 : n° d'étudiant	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
Etudiant 10	KVa : A - Ep	non, je suis contre le clonage de l'homme en général. Cependant je suis pour le clonage des organes	non, un clonage ne donne pas obligatoirement une copie conforme de l'individu. L'interaction entre le génome et les facteurs du milieu engendrera des individus différents.
Etudiant 11	KVa : E - Ep	non, même si on arrive à cloner plusieurs Einstein, ce n'est pas garanti qu'ils soient aussi ''savants'' que le vrai Einstein	non, non car certainement les Einstein clonés auront des ''interactions'' avec leurs environnements différents de celui du vrai Einstein, donc ce n'est pas obligatoire qu'ils soient physiciens comme lui
Etudiant 2	KVa : D - E	Oui, ce serait bien si on pourrait faire une reproduction de l'espèce humaine.	non, on ne peut pas garantir qu'on aura deux « Einstein » parfaitement identiques. Le fait qu'ils ont deux milieux différents (périodes différentes) ils seront nécessairement différents.
Etudiant 3	KVa : A - E	non, non car on n'a pas le droit de manipuler l'homme.	non, pareil : - cloner Einstein ne donnerait pas de nouveaux Einstein car ce ne sera pas dans les mêmes conditions environnementales. – d'autre part de point de vue éthique, on n'a pas le droit de manipuler l'homme de cette façon.

B. Les question 1 et 2 : différences de comportements et de cerveaux entre les hommes et les femmes

Remarque : ces deux questions sont tellement liées qu'on ne peut pas les séparer dans l'analyse.

Les étudiants ont fait plus de changements sur les différences de cerveaux (78 %) que sur les différences de comportements (54 %) car la question 2 se rapproche plus des questions de connaissances où nous avons observé le plus de changements.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 108. Les réponses au pré et au post-test relatives aux questions 1 et 2

(différences de comportements et de cerveaux entre hommes et femmes)

N° d'étudiant / N°de question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
1	A - E	D - Ep	D - E	A - E	D - E	D - D	E - E	D - D	E - E	A - A	D - E	E - E	E - E	6 KVa
2	A - E	A - E	D - Ep	A - E	NR - Ep	A - A	A - E	A - A	A - Ep	A - Ep	A - Ep	A - Ep	E - E	10 KVa

Cellule grise : quand la réponse au post-test diffère de la réponse au pré-test (possible changement conceptuel), KVa : l'étudiant a fait un changement souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche de l'épigenèse ou s'éloigne du déterminisme biologique.
Cellule blanche : l'élève n'a pas modifié sa réponse.
Catégorie D : Conceptions KV « modèle causal linéaire : seulement le génotype agit sur le phénotype ».
Catégorie E: Conceptions KV « modèle causal linéaire et/ou modèle additif: le génotype et/ou l'environnement agissent sur le phénotype».
Catégorie Ep : Conceptions KV « modèle interactif : interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype ».
Catégorie A : Autres conceptions KV.

Ces deux questions occupent 7.6 % du cours mais le thème de l'épigenèse cérébrale, qui aide les étudiants à argumenter leurs réponses, forme 40.7 % du texte transcrit (tableau 87, p 242).

Le nombre de changements, entre pré et post-test, rencontré dans les réponses à ces deux questions pourrait donc s'expliquer de deux façons largement complémentaires : d'une part cette question précise a été abordée par l'enseignant ; d'autre part la majorité des étudiants ont acquis des termes se rapportant à la localisation cérébrale ou aux mots clés (épigenèse et plasticité) ou aux supports cytologiques de l'épigenèse ou aux influences non génétiques sur le cerveau. Ils ont mobilisé ces connaissances nouvellement acquises dans le cours pour justifier les différences entre et les cerveaux des hommes et des femmes.

Nous citons une partie des passages consacrés à ces deux questions dans le cours pour mieux comprendre les raisons de ces changements :

Intervention 134, Etudiant 12 : « *et les différences entre les cerveaux des hommes et des femmes ?* »

Intervention 135, le professeur *: « alors on a deux façons de penser les résultats, soit on essaye de voir ce que vous avez dit et qu'est-ce qu'on peut en sortir, soit vous me demandez en tant qu'expert qu'est-ce que dit la science aujourd'hui. Je vous renvoie au numéro spécial de La Recherche qui est sorti sur les sexes hommes et femmes, un numéro spécial. Il y a moins d'un an, il y a un article de Catherine Vidal qui s'appelle « quand l'idéologie s'empare de la science du cerveau ». J'en ai un exemplaire ici, si vous voulez je vous l'emmènerai demain et vous pouvez le photocopier. Elle a fait un bon bilan là-dessus et elle a donné les références scientifiques internationales et internationalement reconnues montrant qu'actuellement on sait bien qu'il n'y a aucune différence biologique entre les cerveaux des hommes et femmes. Je peux tenir plusieurs heures là-dessus*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

parce que j'ai plusieurs cours. Rappelons aussi la publication de Broca, à la fin du XIXème siècle, montrant la différence de taille entre cerveaux d'hommes et femmes, c'est bien de la craniologie. Et pendant un siècle les scientifiques n'ont pas réagi à ça et les media s'en sont emparés et ont fait croire qu'on avait grosse tête et petite tête, que l'intelligence était proportionnelle à la taille du cerveau et que les hommes avaient une plus grosse tête que les femmes et c'est pour ça que les femmes ne pouvaient pas devenir ministre ou d'autres professions. Elles étaient vouées à la vaisselle et à l'élevage des enfants. Donc ce sont des discours dont on sait maintenant qu'ils sont idéologiques et on sait actuellement qu'il n'y a pas de proportionnalité entre la taille du cerveau et l'intelligence pour répondre à la question précise ».

(Pour lire la transcription intégrale du cours des étudiants, consulter l'annexe 2.2)

Nous finissons notre analyse des deux questions par la présentation de quelques exemples de réponses des étudiants montrant l'acquisition de valeurs non déterministes après l'apprentissage :

Tableau 109. Des exemples de réponses aux questions 1 et 2 (hommes / femmes)

Etudiants	Questions	Changement	Pré-test	Post-test
Etudiant 7	1	KVa : E - E	Oui, les comportements dépendent de l'histoire de chaque personne, de l'entourage familial, de ses propres conceptions et des ses réactions volontaires spécifiques.	Oui, les différences sont dues à l'environnement, chaque personne ne conçoit pas la même expérience vécue dans un même entourage, de la même façon.
	2	KVa : A - Ep	Oui, la différence est d'ordre hormonal : les mécanismes hormonaux diffèrent de l'homme à la femme. Elle est aussi d'ordre psychologique suivant le rôle vital attribué à l'homme et à la femme dans une situation stable	Oui, La différence réside dans l'épigenèse du cerveau, chaque personne est spécifique par son cerveau qui diffère de celui d'un autre par la stabilisation ou la déstabilisation des connexions des neurones par leurs arborisations terminales et arrivent au niveau des synapses
Etudiant 4	1	KVa : E - E	Oui, les différences entre les hommes et les femmes sont, peut être, dûes au niveau culturel ou bien au milieu de vie. En effet, les gens des régions rurales sont moins cultivés que ceux des régions urbaines. Peut être que c'est à cause des écoles qui offrent aux citoyens des formations de tout genre à n'importe quel âge.	Oui, car ils n'ont pas vécu dans le même milieu ou qu'ils n'ont pas reçu la même culture.
	2	KVa : A - Ep	Oui, il existe une légère différence entre les cerveaux des hommes et des femmes qui réside au niveau du poids des cerveaux. En effet celui des hommes est légèrement plus lourd que celui des femmes.	Oui, ça dépend de ce qu'on fait apprendre aux hommes ou aux femmes car au fur et à mesure qu'on apprend des choses nouvelles il y a des connexions neuronales qui se font.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

C. La question 3 : les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ?

Dans les réponses à cette question qui occupe seulement 5.5 % du cours, 46 % des étudiants ont fait des changements conceptuels. Mais ils ont surtout passé d'une conception déterministe (catégorie D) au pré-test à une conception relevant du déterminisme environnemental de type causal linéaire (catégorie E) au post-test.

Tableau 110. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 3 (vrais jumeaux)

N° d'étudiant / N°de Question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
3 Vrais jumeaux	N - E	D - N	E - E	N - E	E - E	D - E	D - E	E - E	E - E	D - E	D - E	E - E	E - E	7 KVa Pré/posttest

Ce résultat pourrait s'expliquer par l'impact de la prise de position du professeur dans son cours. Il a disqualifié les résultats de Ciryl Burt en disant de lui

> « Ses *travaux ont fait fureur et ils ont été repris par tous, en particulier par tous les biologistes de droite ou d'extrême droite et par les média qui sont très héréditaristes. Nous savons maintenant que ces travaux sont complètement faux. Il s'agit d'une fraude scientifique célèbre […] On n'a jamais trouvé les données. La preuve qu'il a inventé les résultats (il écrit au tableau : pour 11, 14 paires de jumeaux), il trouve toujours le même taux de corrélation. C'est complètement nul d'avoir fait ça* ».

Le professeur a aussi donné des connaissances

> « *Ça veut dire que chez les vrais jumeaux le système nerveux ne se configure pas de la même façon. Il se configure en fonction de l'expérience et être droitier ou gaucher c'est acquis en fonction de l'expérience. Prenez ici encore la variabilité phénotypique neuronale chez les vrais jumeaux, vous avez des arborisations dendritiques de deux Neurones moteurs identiques donc ils ont reconstitués deux Neurones moteurs pour voir comment les dendrites étaient constituées* ».

(Pour lire la transcription intégrale du cours des étudiants, consulter l'annexe 2.2)

Ces propos commentaient des images issues du livre de Changeux (2002) ; en particulier des images de cerveaux de jumeaux homozygotes dont l'un est droitier et l'autre gaucher ; et des images de neurones qui ont des trajets différents, alors qu'ils viennent d'animaux isogénétiques (cf. annexe 2.2)

Le tableau suivant présente les réponses de quelques étudiants à cette question fermée

Tableau 111. Des exemples de réponses à la question 3 (vrais jumeaux)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Question 2 : N° d'étudiants	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
8	KVa : N - E	Ne répond pas	non
10	KVa : D - N	oui	Ne répond pas
3	KVa : D - E	oui	non
5	KVa : D - E	oui	non

D. La question 7.6 : La prédisposition génétique à être très bon à l'école

7 des 13 étudiants se sont rapprochés de l'épigenèse après l'apprentissage : 3 d'entre-eux ont acquis des conceptions relevant du déterminisme culturel (catégorie E) et 4 ont acquis des conceptions épigénétiques (catégorie Ep : interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype). Les 6 restants ont déjà des conceptions de catégorie E avant l'apprentissage, et les ont conservées après le cours.

Tableau 112. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 7.6 (bon à l'école)

N° d'étudiant / N°de question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
7.6	E - Ep	D - E	D - E	D - E	E - E	D - Ep	NR - Ep	E - Ep	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	7 KVa

Ce changement pourrait être expliqué par le fait que le discours du professeur sur l'intelligence a occupé 20.6 % du cours (tableau 87, p 242). De plus la majorité des changements (4/7) sont de catégorie Ep, ce qui est rare dans les autres questions. Soulignons que 4 étudiants étaient initialement sur des positions déterministes héréditaristes, qu'ils ont abandonnées après le cours. Il s'agit bien ici de changements conceptuels concernant aussi bien des valeurs que des connaissances.

Les passages suivants du cours montrent que le professeur a bien traité cette question en insistant sur l'interaction entre le génome et l'environnement :

Intervention 23, le professeur *: « […] Deuxièmement, ce qui a été montré, c'est que ça n'a pas de sens scientifique, c'est à dire on a une interaction entre le génome et son environnement, les deux dépendent l'un de l'autre. Depuis un siècle, on a un débat entre inné/acquis, les biologistes aujourd'hui, savent que c'est un faux débat, c'est un débat dépassé, il n'a pas de sens et les gens ont repris : « non c'est inné, non c'est acquis ». Ça ne veut rien dire, tant pour cent d'inné et tant pour cent d'acquis, le pourcentage n'est possible que si on avait une addition, à ce moment là on peut parler de pourcentage mais quant on a une interaction, les 2 sont totalement nécessaires. Albert Jacquard, dès 1972, dans son livre, « éloge de la différence », il a bien montré ça, il a dit quand il y a une interaction entre 2 paramètres, les 2 sont à 100 % nécessaires et dans les bouquins d'Axel Khan et d'Albert Jacquard 100 % génétique et 100 % environnemental. J'ai un article là aussi sur le*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

débat inné acquis de J. Stewart 93 dans une revue de CNRS, si vous voulez, je vous le photocopierai, il dit la même chose 100 % inné, 100 % acquis. Pourquoi 100%, parce que si on n'avait pas un génome humain on n'existerait pas et 100 % acquis car toute notre intelligence se forge justement par la configuration de notre cerveau et c'est ce qu'on va montrer, c'est l'objectif de ce cours.
Donc actuellement le débat inné/acquis n'existe plus en biologie on a 100 % inné et 100 % d'acquis. On a une interaction, on a 100 % d'inné et 100 % d'acquis. Et le taux de 80 % et 20 % qui traîne encore dans les bouquins ou dans la tête des gens, c'est complètement idéologique, ce n'est pas scientifique.

(Pour lire la transcription intégrale du cours des étudiants, consulter l'annexe 2.2)

Voici à présent quelques exemples précis des réponses des étudiants qui prouvent que certains étudiants ont acquis des valeurs et ils les ont justifiées par des connaissances scientifiques :

Tableau 113. Des exemples de réponses à la question 7.6 (bon à l'école)

Question 7.6 : N° d'étudiant	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
Etudiant 3	KVa : D - Ep	oui, il est possible que l'intelligence soit héréditaire.	non, c'est le vécu de la personne et l'interaction avec son milieu qui lui permettraient d'établir plus de connexions nerveuses et donc d'être meilleur à l'école
Etudiant 5	KVa : N - Ep	Ne répond pas (et n'argumente pas).	non, il n'y a pas une prédisposition génétique chez les parents qui induirait des enfants bons à l'école car cette compétence est liée à l'interaction génotype + environnement.
Etudiant 11	KVa : E - Ep	non, « être très bon à l'école » n'est pas héréditaire, mais dépend de l'enfant lui-même. Ses capacités intellectuelles, « son cerveau », ses intérêts et les circonstances où il vit, jouent un grand rôle…	non, Non parce que chaque individu a une configuration de son cerveau qui se fait suivant son environnement, culture sociale…mais qui n'a aucune relation génétique à ses parents (seulement bien sûr du côté biologique = cerveau humain).
Etudiant 6	KVa : D - E	oui, les enfants acquièrent la volonté pour bien accomplir leurs études de leurs parents mais pas dans tous les cas.	non, non parce qu'en fonction de son expérience et en fonction de l'environnement, un individu peut être intelligent ou non.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

E. La question 7.4 : La prédisposition à être immunisé contre la rougeole

L'analyse de la question 7.4 relative à la prédisposition génétique à être immunisé contre la rougeole permet de voir que 100 % des étudiants ont déjà des conceptions de catégorie E (génotype et/ou environnement → phénotype).

Tableau 114. Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 7.4
(La prédisposition à être immunisé contre la rougeole)

N° d'étudiant / N° deQuestion	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
7.4	E - Ep	E - E	E - D	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - N	E - E	E - E	E - E	E - E	1 KVa + 2 KVn

Cellule grise : KVa : l'étudiant a fait un changement souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche de l'épigenèse ou s'éloigne du déterminisme biologique.
Cellule hachurée : KVn : l'étudiant a fait un changement non souhaité entre le pré et le post-test qui s'éloigne de l'épigenèse ou s'approche du déterminisme biologique.
Cellule blanche : l'étudiant n'a pas modifié sa réponse.

Cette forte présence des conceptions de catégorie E pourrait s'expliquer par le fait que cette maladie et son vaccin sont enseignés par ces mêmes étudiants-enseignants au lycée donc les enquêtés ont déjà une connaissance scientifique de la rougeole. Cette connaissance de l'immunisation est classique car les étudiants n'ont pas étudié l'épigenèse de l'immunité. C'est pourquoi, il y a un seul étudiant qui a évolué en exprimant une conception épigénétique de catégorie Ep (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype) à la place d'une conception de catégorie E.

Deux étudiants n° 6 et 7 ont fait des changements conceptuels non souhaités de type KVn (conceptions qui s'éloignent de l'épigenèse ou s'approchent du déterminisme). Donc nous concluons ici que l'apprentissage n'a pas beaucoup changé les conceptions à propos de cette question.

Le changement conceptuel non souhaité de type KVn de l'étudiant 6 (tableau 115, page suivante) pourrait être dû à son interprétation du dialogue suivant du cours :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Intervention 149, Etudiant 8 *: et les maladies héréditaires.*

Intervention 150, le professeur*: ce que j'ai dit ne veut pas dire que les influences génétiques n'existent pas. Tout ce qui a été découvert, comme le fait que la couleur de mes yeux est un déterminisme génétique multiallélique, reste complètement valide. J'ai parlé des performances intellectuelles, de la configuration du cerveau. Tout ce qu'on sait par ailleurs sur les déterminismes ou prédispositions à certaines maladies ou à des configurations morphologiques ou des trucs, ça reste totalement valide. Il ne s'agit pas de nier les apports de la génétique et de la biologie* ».

(Pour lire la transcription intégrale du cours des étudiants, consulter l'annexe 2.2)

Voici enfin, un tableau qui résume les trois changements conceptuels signalés ci-dessus :

Tableau 115. Des exemples de réponses à la question 7.4

(La prédisposition à être immunisé contre la rougeole)

Question 7.4 : N° d'étudiant	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
Etudiant 6	KVn : E - D	Non (et n'argumente pas).	Oui, la rougeole est génétiquement contrôlée.
Etudiant 7	KVn : E - N	Non, la rougeole n'est pas une maladie génétique.	Ne répond pas (et n'argumente pas).
Etudiant 8	KVa : E - Ep	Non, si les parents sont immunisés contre la rougeole, cette immunité ne sera pas transmise vers les descendants.	Même réponse, ce qu'on peut ajouter, c'est l'intervention de l'environnement et l'épigenèse, génotype + environnement → phénotype. (*c'est la réponse intégrale de l'étudiant*).

F. les questions 7.7 (agressivité)**, 7.3** (violoniste)**, 7.5** (alcoolisme) **et 7.8** (croyance en dieu) **:**

Le changement conceptuel faible a été observé chez moins de 20 % d'étudiants pour les 4 questions 7.7, 7.3, 7.5 et 7.8.

Au pré-test, presque tous les étudiants ont des conceptions de catégorie E de type causal linéaire, additif ou non (génotype et/ou environnement → phénotype) concernant les caractères (l'agressivité, le don de violoniste, l'alcoolisme et la croyance). Très peu d'étudiants ont changé leurs conceptions au post-test car les conceptions forment un système explicatif cohérent qui ne cède pas facilement donc l'apprentissage n'a pas eu l'impact souhaité, c'est-à-dire l'acquisition de conceptions épigénétiques (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Ce résultat confirme la deuxième hypothèse de la première partie de cette thèse qui postule que : « le débat inné-acquis classique est posé de la façon suivante : déterminisme, soit uniquement génétique, soit uniquement culturel ».

Dans chaque question, 1 seul étudiant a acquis une conception épigénétique de type Ep.

Tableau 116. Les réponses au pré et au post-test relatives aux questions 7.7, 7.3, 7.5 et 7.8 (agressivité, violoniste, alcoolisme et croyance)

N° d'étudiant / N°de question	8	10	6	2	1	3	5	11	7	9	12	4	13	Nombre D'étudiants (réponses #)
Agressivité (7.7)	D - Ep	D - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	2 KVa
être très bon violoniste (7.3)	E - Ep	E - E	D - E	E - E	E - E	D - D	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	2 KVa
Alcoolisme (7.5)	E - Ep	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	1 KVa
Croyance en Dieu (7.8)	E - Ep	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	1 KVa

Nous allons analyser les questions du tableau ci-dessus, question par question :

F.1. La question 7.7 (prédisposition à l'agressivité)

Dans cette question, 2 étudiants ont changé de conceptions : les deux seuls qui avaient une position déterministe génétique au début, et qui l'ont abandonnée après le cours. La majorité des étudiants avaient déjà des conceptions de catégorie E avant l'apprentissage, et ils les ont conservées. Le thème de l'agressivité n'a occupé que 0.3 % du cours :

Intervention 41, le professeur *: […] J'ai fait un article sur le chromosome Y surnuméraire. Dans lequel j'ai soutenu que pendant longtemps on a cru que ce chromosome Y était à l'origine des crimes et de l'agressivité. Or cela n'était pas vrai, les criminels et les agressifs sont des gens aussi normaux que les autres sur le plan chromosomique. Il y a beaucoup d'idéologie dans ces idées. En général on a des convictions plus idéologiques*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

que scientifiques, cela rend la discussion très difficile et crée des familles d'obstacles nouvelles par rapport à ce qu'on a envisagé.

(Pour lire la transcription intégrale du cours des étudiants, consulter l'annexe 2.2)

Les 5 lignes réservées à cette question montrent que le professeur a affirmé que le chromosome Y surnuméraire n'est pas à l'origine de l'agressivité mais il n'a pas donné de connaissances concernant l'épigenèse de l'agressivité. Il a préféré renvoyer les étudiants à ses publications. C'est pourquoi, au post-test nous avons remarqué qu'aucun étudiant (à une exception près) n'a eu une conception épigénétique mais ils ont tous des conceptions de type E non articulées avec des connaissances scientifiques sur les supports biologiques des comportements. Le cours n'a pas apporté les connaissances scientifiques nécessaires pour amener les étudiants à articuler leurs valeurs de type E (déterminisme culturel) concernant l'agressivité avec les réseaux neuronaux qui se configurent selon l'expérience individuelle.

F.2. La question 7.3 (prédisposition à être très bon violoniste)

Avant même l'apprentissage, 11 des 13 étudiants croient que ce don n'existe pas en affirment le rôle de l'acquis dans la prédisposition à devenir bon violoniste. C'est un résultat non classique car il sort du paradigme « tout génétique ». Les deux autres étudiants avaient une conception liée au déterminisme génétique de cette performance. L'un d'eux a persisté après le cours, alors que l'autre a changé de conception.

Les autres étudiants ont conservé leurs conceptions de type E après l'apprentissage.

Deux étudiants seulement ont changé leurs conceptions à propos du don du violoniste.

Le professeur a évoqué cette question une seule fois dans sa conférence en disant : Intervention 117, le professeur : *[…] Par contre on aura des performances exceptionnelles pour devenir violonistes, pour devenir, pour devenir bon parleur, pour devenir n'importe qui. Il y a des gens qui se débrouillent mieux que d'autres et alors sont-ils alors des surdoués ? Non ce sont des gens qui ont des performances exceptionnelles*.

(Pour lire la transcription intégrale du cours des étudiants, consulter l'annexe 2.2)

F.3. Les questions 7.5 et 7.8 (prédisposition à être alcoolique ou croyant en Dieu)

Pour ces deux questions, les 13 étudiants ont tous, en pré-test, une conception de déterminisme socio-culturel, non génétique, conception qu'ils conservent en post-test. Seul l'étudiant n° 8 enrichit cette conception en mobilisant les connaissances fraîchement acquises sur l'épigenèse cérébrale, ce que ne font pas les 12 autres étudiants.

Le refus du déterminisme génétique de la croyance en Dieu et du déterminisme de l'alcoolisme pourrait être dû à la vulgarisation d'une interprétation populaire de la parole célèbre du prophète de l'islam, Mohamed : *« l'enfant vient au monde à l'état inné et ses parents le rendent juif ou chrétien ou zoroastrien »*. Dans un autre contexte, l'enfant est comparé à une page blanche. Cette unité de pensée, qui se manifeste chez presque la totalité

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

des personnes interrogées à propos du refus de la prédisposition génétique à être alcoolique, pourrait aussi être due à l'ancrage, dès l'enfance, de ces conceptions religieuses. En principe toutes les personnes interrogées sont musulmanes et nous savons que l'alcoolisme est implicitement interdit par Dieu dans le Coran. Et puisque l'ADN est créé par Dieu donc il ne peut pas être donc la cause du mal. L'alcoolisme ne peut être qu'acquis sous la responsabilité de l'individu lui-même. La croyance en Dieu aussi ne peut être qu'acquise par l'apprentissage selon l'interprétation populaire (non exégétique) de la parole de l'islam citée ci-dessus.

Les quelques changements conceptuels survenus dans les 4 questions précédentes sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau 117. Des exemples de réponses aux questions 7.7, 7.3, 7.5 et 7.8

N° de Question et N° d'étudiant	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
Question 7.7 Agressivité Etudiant 10	KVa : D - E	oui, par exemple les enfants ayant un chromosome Y supplémentaire sont très agressifs.	non, l'agressivité est due à l'éducation.
Question 7.7 Agressivité Etudiant 8	KVa : D - Ep	Oui, dans certains cas oui, car ceci a été démontré par des expériences effectuées sur certaines souris.	Même réponse, ce qu'on peut ajouter, c'est l'intervention de l'environnement et l'épigenèse, génotype + environnement → phénotype. (*c'est la réponse intégrale de l'étudiant*)
Question 7.3 Don de violoniste Etudiant 8	KVa : E - Ep	Non, non héréditaire.	Même réponse, ce qu'on peut ajouter, c'est l'intervention de l'environnement et l'épigenèse, génotype + environnement → phénotype. (*c'est la réponse intégrale de l'étudiant*)
Question 7.3 Don de violoniste Etudiant 6	KVa : D - E	Oui (et n'argumente pas).	Non, jouer du violon est un acte qui s'apprend
Question 7.5 : Alcoolisme Etudiant 8	KVa : E - Ep	Non, non héréditaire.	Même réponse, ce qu'on peut ajouter, c'est l'intervention de l'environnement et l'épigenèse, génotype + environnement → phénotype. (*c'est la réponse intégrale de l'étudiant*).
Question 7.8 : Croyance en Dieu Etudiant 8	KVa : E - Ep	Non, la croyance en Dieu est acquise par apprentissage ou bien par des recherches (comme dans le cas de Descartes) et de philosophe français Roger garaudy.	Même réponse, ce qu'on peut ajouter, c'est l'intervention de l'environnement et l'épigenèse, génotype + environnement → phénotype. (*c'est la réponse intégrale de l'étudiant*).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

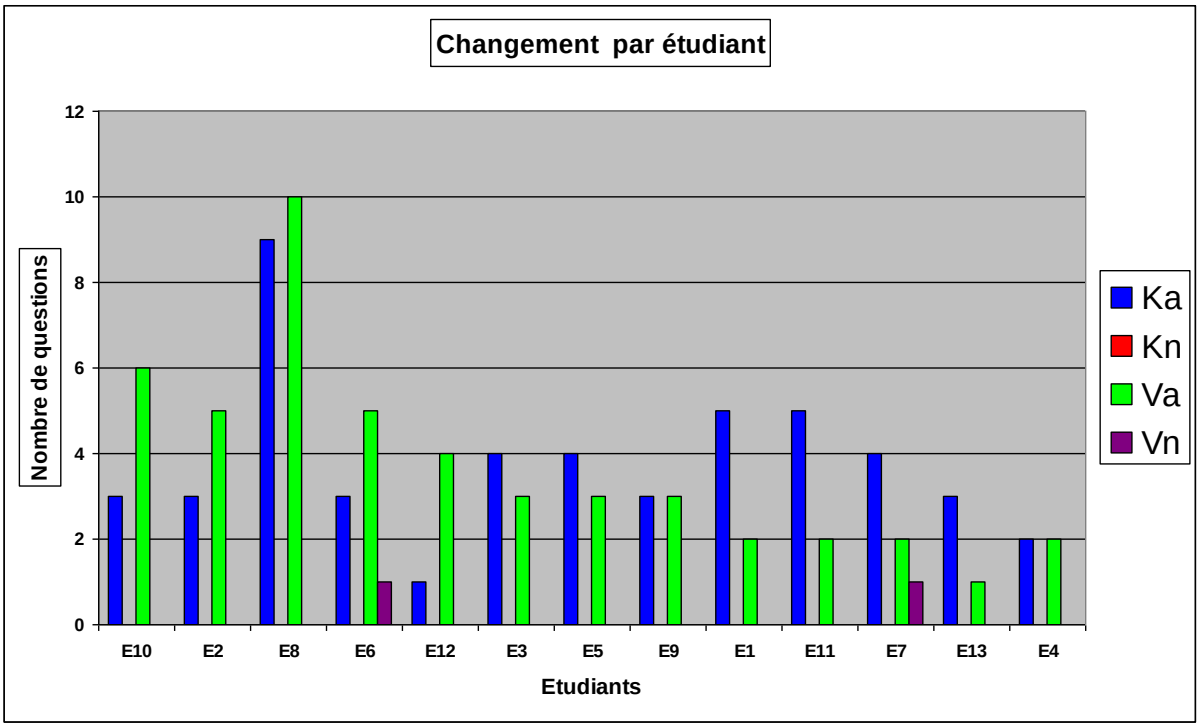
tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

3.2.4. Analyse et interprétation des changements entre le pré et le post-test étudiant par étudiant

L'histogramme suivant met en évidence que pour chaque étudiant, le changement conceptuel concerne aussi bien les connaissances seules (questions K) que les connaissances et les valeurs (questions KV).

Dans certains cas (étudiants 10, 2 et 6), les changements entre pré et post-test concernent un peu plus les questions KV que les questions K.

Dans d'autres cas (étudiants 1, 11 et 7), c'est l'inverse. Mais dans l'ensemble, c'est plutôt équilibré.



Histogramme 5. Le nombre de changements de réponses entre le pré et le post-test pour les questions K et les questions KV chez chaque étudiant

Ces résultats diffèrent fortement de ceux obtenus pour la classe de 3ème math (lycée), où seules les réponses liées aux questions K avaient évolué significativement.

Ils seront discutés dans la conclusion relative à cet échantillon d'étudiants du DEA didactique de la Biologie.

(Pour lire l'analyse des résultats étudiant par étudiant, consulter l'annexe 2.4)

3.3. Différence éventuelle des variables contrôlées

3.3.1 La variable sexe_ratio

Nous pouvons faire la comparaison entre les changements conceptuels (K et KV) survenus chez les hommes et les femmes au post-test : cela donne un **khi2** (après correction de Yeats) égal à 0.21 donc **non significatif** car inférieur à 2.71 (valeur théorique pour v =1 et $\alpha = 0.100$).

Tableau 118. Comparaison des changements entre le pré et le post-test par sex-ratio

Numéros d'étudiants	8	11	5	12	13	9	10	2	1	6	3	7	4	Total
Nombre de réponses différentes entre pré et post-test par étudiant	9 Ka + 10 KVa	5 Ka + 2 KVa	4 Ka + 3 KVa	1 Ka + 4 KVa	3 Ka + 1 KVa	3 Ka + 3 KVa	3 Ka + 6 KVa	3 Ka + 5 KVa	5 Ka + 2 KVa	3 Ka + 6 KV	4 Ka + 3 KVa	4 Ka + 3 KV	2 Ka + 2 KVa	49 Ka + 50 KVa
Appartenance sexuelle	6 hommes (25 K + 23 KV)						7 femmes (24 K + 27KV)							

KV = KVa + KVn

De la comparaison ci-dessus, nous pouvons constater que la variable appartenance sexuelle n'a pas d'effet sur les changements conceptuels relatifs aux connaissances ou aux valeurs. L'échantillon est formé de 8 femmes et de 6 hommes qui ont réussi le concours d'entrée en 3ème cycle parmi une centaine de candidats.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

3.3.2. La variable âge

Comparons tout d'abord, les changements conceptuels survenus (K et KV) dans chaque catégorie d'apprenants chez les âgés de 23 à 32 ans et chez les âgés de 33 à 43 ans : le **khi2** (après correction de Yeats) est égal à **2.51** donc **non significatif** car inférieur à 2.71 (valeur théorique pour v =1 et $\alpha = 0.100$).

Tableau 119. Comparaison des changements entre le pré et le post-test par âge

Nombre de K ou KV par étudiant (n = 13)	9 K + 10 KVa	5 K + 2 KVa	4 K + 3 KVa	1 K + 4 KVa	3 K + 5 KVa	5 K + 2 KVa	4 K + 3 KVa	3 K + 1 KVa	3 K + 3 KVa	3 K + 6 KVa	3 K + 6 KV	4 K + 3 KV	2 K + 2 KVa	49 K + 50 KV
Numéros d'étudiants	8	11	5	12	2	1	3	13	9	10	6	7	4	
Age	7 apprenants 33-43 **(31K + 29KV)**							6 apprenants 23-32 **(18K + 21KV)**						

KV = KVa + KVn

Il n'y a donc pas d'effet de l'âge sur les paramètres mesurés.

Les variables (diplôme et source d'informations) ne sont pas étudiés dans cet échantillon car tous les étudiants ont le même diplôme (Maîtrise) et la même source d'information (leur cours de didactique de la biologie).

3.4. Conclusion sur l'échantillon des étudiants DEA Didactique Biologie

- Le taux de conceptions contre le déterminisme (catégorie E) est déjà élevé avant l'apprentissage (au pré-test 63 % des conceptions). Cette opposition apparente au déterminisme biologique peut cacher une autre forme du déterminisme qui est le déterminisme culturel, qui peut-être même modèle causal linéaire que le déterminisme biologique ou génétique. L'absence totale, dans les conceptions des personnes interrogées avant l'apprentissage, des conceptions épigénétiques selon le modèle interactif (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Après l'apprentissage, on remarque une augmentation des conceptions contre le déterminisme génétique causal linéaire, de 63 % à 78 %. Mais on constate avec satisfaction que le cours a eu un impact sur les conceptions d'apprenants dans le sens souhaité, c'est-à-dire l'apparition des conceptions épigénétiques de type interactif.
- Les variables appartenance sexuelle et âge n'ont pas d'effet sur le changement conceptuel. Ce résultat infirme notre 5ème hypothèse qui postule que ces variables influencent le changement conceptuel sur les déterminismes biologiques chez les apprenants.
- 100 % des étudiants ont amélioré leurs connaissances à propos de la notion de plasticité cérébrale car elle a été exprimée avec une dimension affective (le professeur a parlé de sa propre maladie pour expliquer la plasticité cérébrale).
- Avant l'apprentissage, le professeur qui a fait le cours dans la deuxième partie a pris connaissance des résultats de notre première enquête sur les conceptions de 275 enseignants. Il a insisté sur les notions absentes dans les programmes tunisiens comme l'épigenèse et la plasticité cérébrales donc il a obtenu un résultat remarquable de changements conceptuels dans ces deux notions : 100 % des étudiants ont changé leurs conceptions à propos de la plasticité et 69 % à propos de l'épigenèse.
- Y a-t-il une relation simple entre le taux de changements conceptuels relative à une question et le temps alloué à cette question dans le cours ?

Tableau 120. Comparaison entre les taux de temps et de changement

Questions	Taux de temps alloué à chaque question (100 % du cours = de 3 heures 20)	Taux de changement survenu entre pré et post-test dans chaque question (100 % de l'échantillon = 13 étudiants)
Clonage (10)	**2.9 %**	**85 % (11/13)**
différences de cerveaux entre les hommes et les femmes (2)	**7.6 %**	**78 % (10/13)**
différences de comportements entre les hommes et les femmes (1)		**46 % (6/13)**
les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ? (3)	**5.5 %**	**54 % (7/13)**
prédisposition à l'intelligence (7.6)	**20.6 %**	**54 % (7/13)**
prédisposition à l'agressivité (7.7)	0.3 %	15 % (2/13)
prédisposition à être violoniste (7.3)	0 %	15 % (2/13)
prédisposition à être immunisé contre la rougeole (7.4)		23 % (3/13)
prédisposition à être alcoolique (7.5)		7.7 % (1/13)
prédisposition à être croyant en Dieu (7.8)		7.7 % (1/13)
Total	Le total n'est pas égal à 100 % car le cours traite d'autres thèmes.	le total n'est pas égal à 100 % car le même étudiant peut changer de conceptions dans plusieurs questions en même temps.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Les changements conceptuels relatifs aux valeurs apparaissent beaucoup plus dans les thèmes enseignés (clonage, cerveau, intelligence) que dans les questions non enseignées (le don du violoniste, l'alcoolisme et la croyance).

Mais le taux de changement conceptuel n'est pas rigoureusement proportionnel au temps alloué à cette question dans le cours. Par exemple, 85 % des étudiants ont changé leurs conceptions à propos de la question 10 sur le clonage alors qu'elle n'occupe que 2.9 % du temps du cours ; par contre la question 7.6 sur l'intelligence qui occupe 20.6 % du cours n'a suscité de changement que chez 54 % d'étudiants. Cette non proportionnalité rigoureuse vient en particulier du fait que, dans plusieurs cas, les conceptions des étudiants en pré-test étaient déjà opposées à l'idéologie du tout génétique, valeur que le cours visait à déstabiliser en apportant des connaissances sur l'épigenèse.

Au total, ce cours a atteint ses objectifs par les apprentissages des étudiants sur des notions scientifiques qu'ils ignorent, principalement la plasticité et l'épigenèse cérébrales, mais aussi par cette déstabilisation de conceptions héréditaristes, qui était un objectif essentiel de l'enseignant pour introduire et illustrer les interactions entre K et V dans l'analyse des conceptions : n'oublions pas qu'il s'agirait d'un cours de Didactique de Biologie sur les conceptions, sur l'exemple du déterminisme génétique et épigénétique, alors que le cours pour les lycéens était un cours de biologie.

Le fait que la déstabilisation de positions héréditaristes ait amené un grand nombre d'étudiants à adopter en post-test une position de fait plus behavioriste (influence de l'environnement socio-culturel, sans mentionner les bases du constructivisme en explicitant l'interaction génome / environnement et les processus épigénétiques qu'ils venaient de découvrir), peut s'expliquer de plusieurs façons :

- par la persistance du schéma de pensée inné ou acquis : critiquer l'inné pousse alors les étudiants à ne privilégier que l'acquis.
- Par la centration même du cours qui certes a insisté sur le fait que le débat « inné ou acquis » est dépassé, mais a déployé plus de temps, d'exemples et d'énergie à déstabiliser l'héréditarisme qu'à pourfendre le réductionnisme béhavioriste.

Au-delà de l'évaluation de l'impact du cours par rapport aux objectifs qu'il s'était fixé, notre recherche avait une ambition plus large : tester si un apport de connaissance (K) peut non seulement modifier les connaissances (K) des apprenants, mais aussi leurs systèmes de

valeurs (V), par les interactions supposées entre K et V dès que K concerne les processus d'épigenèse.

Les résultats sur les lycéens avaient montré que l'acquisition de connaissances (K) n'avait pas été accompagnée de changements conceptuels significatifs concernant les valeurs des élèves.

Les résultats sur les étudiants de DEA en didactique de la Biologie sont à cet égard fort différents, mettant en évidence des changements conceptuels significatifs relatifs non seulement aux connaissances des étudiants, mais aussi relatifs à leurs valeurs (questions KV).

En particulier, à de rares exceptions près, toutes les valeurs héréditaristes exprimées en pré-test (D : déterminisme génétique) ont évolué en post-test vers des positions antidéterministes, mentionnant l'influence de l'environnement socio-culturel (catégorie E) et précisant même parfois les processus épigénétiques qui supportent cette influence (catégorie Ep).

Les obstacles épistémologiques fondés sur des conceptions « tout génétique » elles-mêmes nourries par les medias et parfois l'environnement social, peuvent donc être dépassées grâce à un enseignement qui se focalise sur ces obstacles, et qui présente les processus épigénétiques.

Il reste bien sûr à savoir si cette déstabilisation, constaté dans le post-test réalisé dans un contexte académique juste après le cours, perdurera dans le temps et dans d'autres contextes.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

4.

Analyse et interprétation des résultats sur la visioconférence : Echantillon d'apprenants-enseignants biologistes

Sommaire

4.1. Analyse et interprétation globale de la séquence d'enseignement	284
4.2. Analyse et interprétation des changements de réponses entre le pré et le post-test	286
4.2.1. Résultat global	286
4.2.2. Analyse et interprétation globale de l'ensemble des réponses aux questions de connaissances (questions K)	288
4.2.3. Analyse et Interprétation des réponses aux questions K : question par question	289
4.2.4. Analyse et interprétation globale de l'ensemble des réponses aux questions KV	304
4.2.5. Analyse et interprétation des réponses aux questions KV : question par question	306
4.2.6. Ana lyse et interprétation apprenant par apprenant	319
4.2.7. Ana lyse et interprétation variable par variable	323
4.3. Conclusions sur l'échantillon d'apprenants-enseignants biologistes	326

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Nous commençons par une analyse globale du cours puis nous analyserons les éventuels changements conceptuels des apprenants-enseignants en nous appuyant sur des extraits de la transcription de la séquence d'enseignement.

Cet échantillon est formé de 15 apprenants-enseignants non biologistes (toutes disciplines confondues). Ils ont été invités à assister à cette visioconférence à l'ISEFC (Tunis) en découvrant l'affiche représentée p 183 dans leurs lycées respectifs.

La visioconférence a été présentée dans la salle de multi media à l'ISEFC de Tunis, le professeur fait son cours devant une caméra à l'Université Claude Bernard à Lyon 1 et le public écoute et discute de Tunis.

4.1. Analyse et interprétation de la séquence d'enseignement (visioconférence)

C'est une séquence en visioconférence faite par le même professeur que celui qui avait assuré l'enseignement DEA en présentiel. Mais cette fois il était en France, tandis que 36 apprenants-enseignants ont assisté à cette visioconférence à Tunis pour une durée totale d'une heure et demie. L'enseignement a été totalement transcrit par écrit. Une analyse de contenu a ensuite été effectuée. Le temps du cours concernant chaque thème est évalué par le nombre de lignes qu'il occupe dans la transcription de cette séquence d'enseignement.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 121. Le nombre et le pourcentage de lignes réservées à chaque thème de la visio

Thèmes et n° de questions		Nombre et pourcentage de lignes réservées à chaque thème de la visiocobférence	
Epigenèse cérébrale : concerne presque toutes les questions		479 sur 974 49 %	
Prédisposition à être très bon à l'école (question 7.6)		54 sur 974 5.5 %	
Plasticité cérébrale (question 6.5)		37 sur 974 3.8 %	
Gènes (questions 8 : fonctions du gène et 9 : bardane sur le gène)		228 sur 974 23.4 %	
Différences comportements et cerveaux H-F (questions 1 et 2)		114 sur 974 11.7 %	
Différences cerveaux vrais jumeaux (question 3)		27 sur 974 2.7 %	
Clonage d'Einstein (question 10)		35 sur 974 3.5 %	
Prédisposition aux caractères acquis (agressivité, alcoolisme, croyance, immunité, violoniste) (question 7)		0 sur 974 0 %	
Total des lignes		974 lignes pour 1 heure et demie	
La part du professeur et celle d'apprenants-enseignants biologistes	Professeur	906 sur 974 93 %	44 interventions
	apprenants-enseignants	68 sur 974 7 %	43 interventions

Nous remarquons que 93 % du volume du texte transcrit est exprimé par le professeur. Les apprenants-enseignants n'ont pas beaucoup dialogué avec le conférencier et toujours sous forme de questions (courtes) suivies de réponses (longues) par le professeur.

Le thème de l'épigenèse occupe presque la moitié de la conférence.

Les thèmes concernant la plasticité, les gènes, le cerveau des vrais jumeaux, le cerveau des hommes et des femmes, l'intelligence, et le clonage occupent l'autre moitié.

Les autres thèmes du questionnaire (prédisposition génétique de l'agressivité, l'alcoolisme, la croyance, l'intelligence, l'immunité, le violoniste) ne sont pas directement abordés durant cette visioconférence.

Le tableau suivant montre aussi que le professeur a beaucoup utilisé, comme dans le présentiel, les termes neurone et réseau neuronal.

Tableau 122. Les occurrences des termes de la question 6 (neurone, cortex, synapse, réseau, plasticité et épigenèse)

Termes de la question 6	Neurone	Cortex	Synapse	Réseau neuronal	Plasticité	Epigenèse	total
Nombre d'occurrences prononcées en cours	37	4	16	52	3	18	130

4.2. Analyse et interprétation des changements de réponses entre le pré et le post-test

4.2.1. Résultat global

Nous présentons nos résultats sous forme de tableau de diagonalisation de Bertin qui visualise en gris chaque évolution des réponses à une question précise, et en blanc l'absence d'évolution entre le pré-test et le post-test.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 123. Diagonalisation de Bertin : Tableau récapitulatif des changements et des non changements de réponses entre le pré et le post-test survenues chez les 21 apprenants-enseignants

n° d'Apprenant-enseignant / n° de question	17	18	11	2	22	5	4	14	3	13	16	1	21	7	8	9	10	15	6	20	19	Nombre D'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)	
4 bardane sur le cerveau	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■				■	■	■		16	>50 %
6.7 épigenèse	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■				■	■	■		■			14	
2 cerveaux H/F	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■		■			■	■	■				14	
1 comport H/F	■	■	■	■				■	■	■		■		■	■	■	■			■		13	
3 cerveaux de vrais jumeaux		■	■	■		■	■	■	■			■	■		■	■		■				12	
6.5 plasticité	■		■		■	■		■	■		■	■			■		■		■			11	
7.6 bon à l'école	■	■	■	■			■	■	■	■			■	■								10	20 % à 50 %
10 clonage d'Einstein			■		■	■	■				■			■	■	■			■			9	
6.4 réseau neuronal	■	■	■		■	■	■		■			■					■					9	
7.7 agressivité	■		■	■		■				■			■									6	
5 dessin du cerveau	■				■			■			■		■	■								6	
7.3 bon violoniste	■	■		■			■								■			■				6	
6.3 synapse	■	■			■	■	■					■										6	
9 bardane sur le gène		■	■								■			■								4	
7.5 alcoolisme	■	■		■						■												4	
6.2 cortex		■			■		■					■										4	
7.4 immunisation	■	■		■																		3	< 20 %
6.1 neurone	■				■		■															3	
7.8 croyance	■			■																		2	
8 fonctions du gène			■	■																		2	
Nombre de questions (réponses #)	15	13	12	12	10	9	8	8	8	7	7	7	6	6	6	5	5	4	4	2	0	154	
	>50 %				20 % à 50 %															< 20 %			

Notes : Nombre apprenants-enseignants biologistes (réponses #) : nombre d'élèves qui ont fait des réponses différentes entre pré et post-test. Nombre de questions (réponses #) : nombre de questions où les réponses sont différentes entre pré et post-test.
L'apprenants-enseignant biologiste n° 12 a passé seulement le prétest donc son questionnaire a été annulé.
Cellule grise : quand la réponse au post-test diffère de la réponse au pré-test (possible changement conceptuel).
Cellule blanche : quand la personne interrogée n'a pas modifié sa réponse entre le pré et le post-test.
Les 10 questions de connaissances sont les suivantes = 4, 5, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.7, 8 et 9. Les 10 autres questions mesurent les interactions KV.
Remarque : nous avons considéré la question 4 (bardane sur le cerveau) comme une question de connaissance (K) car ce qui nous intéresse, c'est l'émergence spontanée dans la bardane, de termes relatifs à l'épigenèse

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

cérébrale et à ses supports, ce qui traduit effectivement l'acquisition de connaissances (K) et leur mobilisation dans la situation proposée (bardane).

La diagonalisation de Bertin montre que les apprenants-enseignants font plus de changements conceptuels dans les deux types de questions (10 questions de connaissances K : n° 4, 5, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.7, 8, 9 et 10 questions de connaissances et valeurs KV : 1, 2, 3, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 10).

La diagonalisation de Bertin visualise 3 sortes de changement conceptuel :

- Une évolution des réponses pour plus de la moitié des questions : élèves n° 17, 18, 11 et 2.
- Une évolution des réponses pour un pourcentage de questions compris entre 20 et 50 % : élèves n° 22, 5, 4, 14, 3, 13, 16, 1, 21, 7, 8, 9, 10, 15 et 16.
- Une évolution des réponses pour moins de questions (< 20 %) : élèves n° 20 et 19.

Ce tableau permet aussi de catégoriser les questions :

- les questions pour lesquelles plus de 50 % des apprenants-enseignants ont modifié leurs réponses en post-test (entre 11 et 16 apprenants-enseignants sur les 21 présentes).
- Les questions pour lesquelles 20 à 50 % des apprenants-enseignants (soit 4 à 10 apprenants-enseignants) ont modifié leurs réponses en post-test.
- Les questions pour lesquelles < 20 % des apprenants-enseignants (soit 2 à 3 apprenants-enseignants) ont modifié leurs réponses en post-test.

L'ensemble de ces résultats va être analysé et interprété plus précisément question par question

4.2.2. Analyse globale de l'ensemble des réponses aux questions de connaissances (questions K) **:** n° 4 bardane sur le cerveau, 5 dessin du cerveau, 6.1 définition du neurone, 6.2 définition du cortex cérébral, 6.3 définition de synapse, 6.4 définition du réseau neuronal, 6.5 définition de la plasticité cérébrale, 6.7 définition de l'épigenèse cérébrale, 8 fonctions du gène, 9 bardane sur le gène.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 124. La comparaison des réponses au pré-test et au post-test

Nombre et pourcentage de catégories parmi les réponses possibles aux questions K	Pré-test	Post-test
non réponses (N)	33 sur 210 15.7 %	22 sur 210 10.4 %
définitions correctes (C)	74 sur 210 35.2 %	112 sur 210 53.3 %
Définitions incomplètes (I)	95 sur 210 45.2 %	72 sur 210 34.3 %
définitions fausses (F)	8 sur 210 3.8 %	4 sur 210 1.9 %
Total	210 sur 210 100 %	210 sur 210 100 %

Notes du tableau : le nombre 210 = 10 (nombre de questions K) x 21 (nombre d'apprenants-enseignants biologistes).

Le khi2 est très significatif (il est 14.28, très significatif car supérieur à 9.21 valeur théorique du khi2 pour v = 2 et $\alpha = 0.01$).

Les apprenants-enseignants biologistes ont globalement changé leurs conceptions concernant leurs connaissances suite à la visioconférence. Notons que ces connaissances leurs sont utiles dans leur travail (17 sur 21 : 81 % d'entre eux sont dotés d'une maîtrise en SVT ou plus).

4.2.3. Analyse et Interprétation des réponses aux questions K : question par question

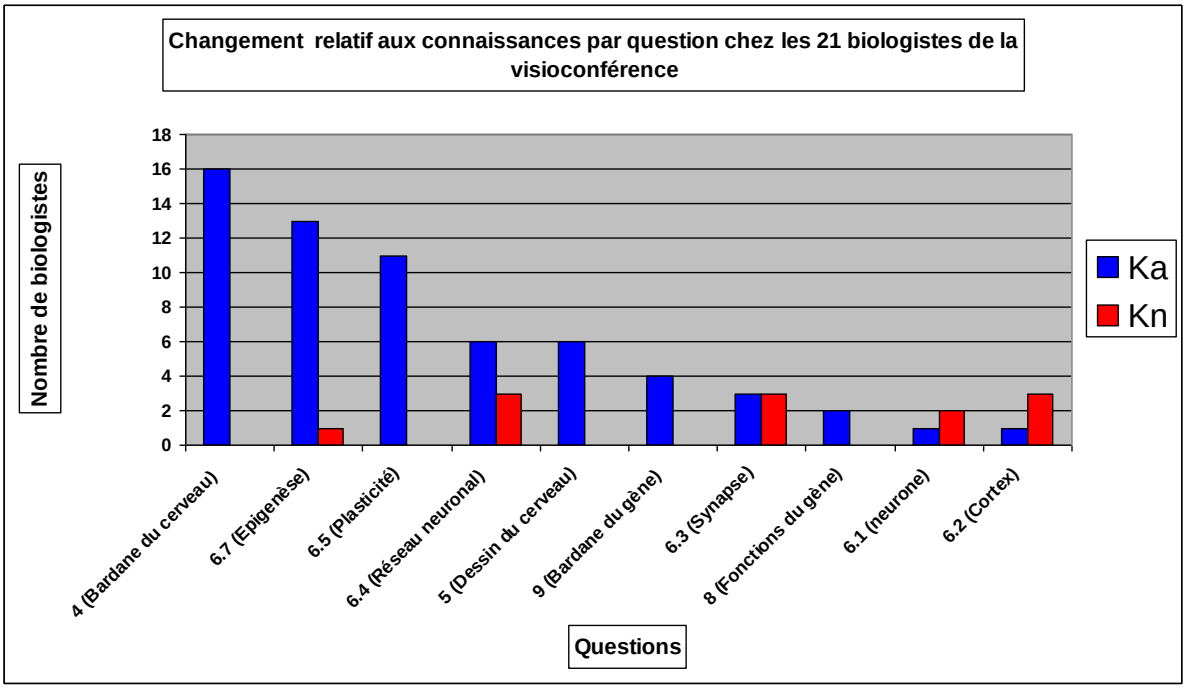
L'histogramme suivant résume les réponses de nos enquêtés. Il montre que les apprenants-enseignants changent plus leurs conceptions à propos des nouvelles notions comme l'épigenèse et la plasticité cérébrales qu'à propos des notions connues comme le neurone, la synapse, le cortex ou le gène. Presque le même résultat a été observé chez les étudiants biologistes. Les résultats pourraient s'expliquer de cette façon : Dans la ZPD[1], un

[1] La théorie de la zone proximale de développement due à Vygotsky se traduit par une formule qui est exactement contraire à l'orientation traditionnelle : *le seul bon enseignement est celui qui précède le développement*. (Bronkart, 1985, p 110)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

enseignement orienté vers un stade déjà acquis est inefficace (Bronkart, 1985). Nous pouvons observer ici un phénomène similaire dans l'acquisition des connaissances chez les apprenants-enseignants jeunes ou adultes : un enseignement orienté vers des connaissances acquises ne provoque pas de changement conceptuel, par contre un enseignement orienté vers des connaissances nouvelles provoque un changement conceptuel comme nous l'avons prévu dans notre 7ème hypothèse.

Ce qui est facilement compréhensible car ces notions étaient déjà définies avant la visioconférence.



Ka : l'apprenant-enseignant a modifié sa réponse en post-test dans le sens souhaité qui s'approche d'une connaissance correcte ou s'éloigne d'une connaissance fausse.
Kn : l'apprenant-enseignant a modifié sa réponse en post-test dans le sens non souhaité qui s'éloigne d'une connaissance correcte ou s'approche d'une connaissance fausse.

Histogramme 6. Les apprenants-enseignants biologistes font plus de changement dans les questions traitées en visioconférence (les questions relatives au cerveau n° 4, 6.7, 6.5, 6.4 et 5)

Comme pour les changements précédents, nous constatons qu'il y a 3 sortes de taux de changements : fort, moyen et faible.

Le taux fort de changement est observé surtout dans les 3 questions (4 : bardane sur le cerveau, 6.7 : définition de l'épigenèse cérébrale et 6.5 : définition de la plasticité cérébrale)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

où plus de 50 % d'apprenants-enseignants ont changé leurs conceptions entre le pré et le post-test.

A. La questions 4 (bardane sur le cerveau)

Dans cette question, le changement conceptuel relatif à l'épigenèse est identifié quand, au post-test, l'apprenant-enseignant a mobilisé plus de termes se rapportant à la localisation cérébrale ou aux mots clés épigenèse et plasticité cérébrale ou aux supports cytologiques de l'épigenèse, ou aux influences non génétiques sur le cerveau. Ce sont en effets ces termes là qui peuvent aider l'apprenant-enseignant à mieux comprendre l'épigenèse : par exemple : réseau neuronal, synapses, support biologique des facultés mentales, etc.

Après l'apprentissage, 76 % d'apprenants-enseignants ont fait un changement conceptuel : ils ont accroché à la bardane des connaissances relatives à l'épigenèse cérébrale d'après notre catégorisation.

Tableau 125. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 4 (bardane sur le cerveau)

n° d'apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre D'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 4 (bardane sur le cerveau)	I-C	I-C	I-C	I-C	I-C	I-C	I-C	I-C	I-C	I-C	I-I	I-I	I-C	I-C	I-I	I-C	I-C	I-C	I-I	I-C	I-I	16Ka

Notes : C : définition correcte, I : définition incomplète, F : définition fausse.
Cellule grise : Ka : l'apprenants-enseignant a fait un changement souhaité, entre le pré et le post-test.
Cellule blanche : l'apprenants-enseignant n'a pas fait de changement conceptuel.

Ce résultat peut s'expliquer facilement car le cerveau forme le thème principal de la visioconférence ; il y est cité 57 fois. Le conférencier l'a mobilisé pour expliquer les notions suivantes : l'épigenèse cérébrale, la plasticité cérébrale, les différences entre les cerveaux des hommes et des femmes, les différences de cerveaux de vrais jumeaux et le clonage.

Le passage suivant de la conférence illustre et confirme nos propos :

Intervention 21, le professeur *: […] alors maintenant on va arriver à quelque chose qui est plus importante, ce sont les capacités intellectuelles et c'est là qu'on va retrouver le cerveau parce que tous les biologistes savent maintenant (je ne vais reprendre l'histoire de la notion du cerveau, si vous avez des questions là-dessus, je pourrai y revenir). Tout le monde, tous les théologiens, les philosophes sont d'accord que le cerveau est bien l'organe biologique qui produit notre pensée à chaque instant. Il la construit…*

Intervention 23, le professeur *: […] les cellules nerveuses sont capables de supporter notre mémoire, d'être le support de notre mémoire et de produire à chaque instant notre pensée. Alors maintenant on va voir un petit peu*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

comment cela se fait. Et pour voir comment cela se fait, on est obligé de rentrer un petit peu dans le cerveau. Alors rentrons dans le cerveau et voyons les cellules nerveuses. Elles sont ici…

Intervention 25, le professeur *: 10 milliards, en fait, on ne sait pas trop, c'est entre 10 et 100 milliards parce que c'est très dur de les compter, ce sont des approximations à partir des coupes. Donc d'un auteur à un autre, vous trouvez 10, 40, 30, 60, les plus optimistes mettent 100 milliards. Alors les cellules se multiplient et vont former les 10 à 100 milliards du cerveau.*

Les exemples suivants de réponses intégrales d'apprenants-enseignants montrent l'acquisition de nouveaux termes se rapportant à l'épigenèse :

Tableau 126. Des exemples de réponses à la question 4 (bardane sur le cerveau)

Question 5 : N° d'apprenant-enseignant	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
7	Ka	- gène - criminalité- intelligence - hérédité- neurone - association- synapse - cortex- comportement – ADN – chaîne.	Termes répétés : « gène, héréditaire, cortex, comportement ». Termes nouveaux : « expérience, environnement, caractère, génétique, épigenèse, habitude »
22	Ka	- intelligence- mouvement volontaire- sensibilité consciente - réflexes acquis - substance grise - ensemble de neurones - centre du langage - centre de lecture - réflexion - synapse.	Termes répétés : « - intelligence- synapse ». Termes nouveaux : « - apprentissage - mémoire- langage- réseaux neuronaux- ensemble d'interactions- réseaux synaptiques ».

B. La question 6.7 (Définition de l'épigenèse cérébrale)

Notons ici que 62 % d'apprenants-enseignants ont amélioré leurs définitions de l'épigenèse cérébrale. Le nombre d'apprenants-enseignants qui ont donné des définitions correctes est passé de 2 à 7 entre le pré et le post-test car ce sujet est bien traité en visioconférence, il a occupé 49 % du temps même si le mot épigenèse n'est mentionné que 18 fois seulement (tableaux 131 et 132).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 127. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 6.7 (définition de l'épigenèse cérébrale)

N° d'apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre D'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 6.7 (définition de l'épigenèse cérébrale)	N - I	N - C	N - I	I - C	I - C	N - C	N - N	F - I	N - I	N - I	C - I	N - I	F - F	F - N	I - C	I - I	I - C	I - I	N - N	C - C	I - I	13 Ka + 1 Kn

N : ne répond pas.
Cellule grise : quand la réponse au post-test diffère de la réponse au pré-test (possible changement conceptuel).
Cellule blanche : l'élève n'a pas modifié sa réponse.
Ka : l'étudiant a fait un changement souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche d'une connaissance correcte ou s'éloigne d'une connaissance fausse.
Kn : l'étudiant a fait un changement non souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche d'une connaissance fausse ou s'éloigne d'une connaissance correcte.

Nous rappelons que ce fort changement conceptuel pourrait être expliqué par la motivation d'apprenants-enseignants pour un enseignement de nouvelles connaissances comme nous l'avons mentionné dans le commentaire de l'histogramme 7 p 290.

Le passage suivant de la conférence nous donne une idée sur ce qui a été enseigné :

Intervention 23, le professeur *: « […] Alors depuis, les connaissances et les théories ont beaucoup avancé. Il y a plusieurs théories, je vais vous donner celle de Changeux et celle d'Edelman, grands leaders de la neurobiologie aujourd'hui, ils sont d'accord pour parler de l'épigenèse cérébrale. L'épigenèse cérébrale, c'est-à-dire comment les réseaux nerveux qui sont dans notre cerveau se constituent et deviennent les supports de nos apprentissages. Je vais prendre un schéma que nos amis qui sont au fond connaissent bien, c'est le schéma de Changeux, qui a été publié en 1973 et qui a été popularisé par Changeux en 1983 dans un livre qui a été un best seller qui s'appelle " l'homme neuronal". Je vais vous décrire ligne par ligne ce schéma (doc n°5, voir annexe de la transcription). On a dans la mise en place du système nerveux plusieurs phases, une phase où les neurones qui sont symbolisés ici par un petit rond blanc et leur axone, c'est le petit trait qui est ici, ils se multiplient, le cerveau se met en place. Combien on a de neurones dans un cerveau humain ?*

(Pour lire la transcription intégrale de la visioconférence, consulter l'annexe 2.3)

Les exemples suivants de définitions correctes de l'épigenèse montrent très bien que les apprenants-enseignants ont acquis des connaissances scientifiques sur l'épigenèse car elle est traitée comme une émergence de l'interaction entre les connaissances et les valeurs dans les thèmes abordés en cours comme les surdoués et le clonage :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 128. Des exemples de réponses à la question 6.7 (définition de l'épigenèse cérébrale)

N° d'apprenants-enseignants	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
6	Ka : I-C	+/-, La formation du cerveau chez l'embryon	Oui, Relations nerveuses se reconstituent et deviennent le support de notre apprentissage
10	Ka : I-C	Oui, C'est la formation de la couche externe du cerveau	Oui, Comment se constituent les réseaux nerveux et deviennent supports de notre apprentissage
11	Ka : N-C	+/-, Ne répond pas à la question ouverte	Ne répond pas à la question fermée, Action de l'apprentissage sur l'évolution du cerveau
14	Ka : I-C	Oui, La formation du système nerveux	Ne répond pas à la question fermée, Formation du cerveau selon le génotype qu'il a en interaction avec l'environnement
8	Kn : C - I	Oui, formation non génétique cérébrale	Oui, comment les réseaux neuronaux fonctionnent = intelligence.

Nous remarquons que les définitions d'apprenants-enseignants sont inspirées directement de celles du professeur.

C. La question 6.5 (Définition de la plasticité cérébrale)

Voyons comment se présentent dans cette question les changements conceptuels et les non changements survenus pour chaque apprenant-enseignant. Un peu plus que la moitié d'apprenants-enseignants (52 %) ont amélioré leurs définitions de la plasticité cérébrale. Le nombre d'étudiants qui ont donné des définitions correctes est passé de 3 à 7 malgré le faible pourcentage occupé par cette notion (3,8 %) dans le texte transcrit.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 129. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 6.5 (définition de la plasticité cérébrale)

N° apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre D'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 6.5 (définition de la plasticité cérébrale)	N-I	N-C	N-N	C-C	N-I	N-I	N-N	I-I	F-N	N-I	I-C	N-N	F-C	F-N	N-C	I-I	I-C	I-I	N-N	C-C	C-C	11 Ka

Ce fort changement conceptuel pourrait s'expliquer par l'enseignement orienté vers des connaissances nouvelles ou par le rôle de l'affectivité dans l'apprentissage (voir cadre théorique, Gandolfo, 2005): le professeur a abordé un exemple personnel en racontant sa maladie et comment il a guéri grâce à la plasticité cérébrale.

Le passage suivant de la visioconférence illustre nos propos sur l'affectivité :

Intervention 39, le professeur : *« […] si vous voulez, je peux prendre un exemple personnel. Il y a un an et demi, j'ai eu un nerf qui a été coupé, le nerf de l'oreille interne parce que c'est un nerf qui passe dans un petit canal très étroit, osseux. Quand la gaine du nerf a des virus qui la font gonfler et ça arrive comme des petits boutons qu'on a d'une rosacée, d'un herpès. A ce moment là, la gaine augmente de volume et le nerf à l'intérieur est coupé parce que un nerf, c'est tout mou. Qu'est-ce qui s'est passé ? L'oreille interne, c'est elle qui commande la perception de la verticalité et c'est elle qui permet de se tenir droit. Donc je ne pouvais plus me tenir debout, j'avais des vertiges, tout tournait, etc. Je ne pouvais plus voir non plus parce qu'on voit beaucoup avec l'oreille interne, il y a un couplage permanent et depuis qu'est-ce qui s'est passé ? Mon nerf n'a pas repoussé. Ce qui s'est passé, c'est qu'il y a eu une plasticité cérébrale qui fait que les connexions nerveuses venant de l'oreille qui était entière et du nerf qui n'était pas coupé, se sont mises à coloniser les autres parties du cerveau pour suppléer aux déficiences de ce qui était coupé. C'est un exemple qui est connu depuis plus d'un siècle. Cet exemple de compensation de plasticité cérébrale à partir d'une maladie de ce type.*

(Pour lire la transcription intégrale de la visioconférence, consulter l'annexe 2.3)

Les exemples suivants illustrent l'évolution des conceptions d'apprenants-enseignants :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 130. Des exemples de réponses à la question 6.5 (définition de la plasticité cérébrale)

Question 6.5 : n° d'apprenants-enseignants	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
14	Ka : N - I	Non (et ne définit pas).	Ne répond pas à la question fermée, capacité d'avoir d'autres nouvelles relations entre les neurones.
1	Ka : F - C	Non (et ne définit pas).	Oui, le cerveau s'adapte au changement produit.
10	Ka : N - C	+/- (et ne définit pas).	Oui, le cerveau peut se modifier avec l'expérience.
6	Ka : I – C	+/-, le pouvoir de changement de synapses.	Oui, reconstruction des synapses sous l'effets de l'environnement.

Nous allons à présent aborder les changements observés pour les 3 questions plus centrées sur les connaissances (6.4 : définition du réseau neuronal, 5 : dessin du cerveau et 6.3 : définition de synapse) où entre 20 et 50 % d'étudiants ont changé leurs conceptions.

D. La question 6.4 (définition du réseau neuronal)

Trois apprenants-enseignants ont fait un changement conceptuel de type Kn : ils ont donné des définitions correctes au pré-test mais ils n'ont pas répondu au post-test. Ce dernier changement négatif peut s'expliquer par le fait que l'apprenant-enseignant néglige de répéter la même réponse du pré-test, par exemple le n° 22 a fait la même chose dans les trois autres questions K (6.1, 6.2, 6.3) ; le n°10 a donné des réponses correctes au post-test des autres questions K (6.1, 6.2, 6.3, 6.5 et 6.7) et le n°4 n'a pas répondu, au post-test à 18 questions sur 20.

Les réponses à cette question peuvent être regroupées dans ce tableau :

Tableau 131. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 6.4 (définition du réseau neuronal)

N° apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre D'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 6.4 (définition du réseau neuronal)	N - C	C - C+	N - C	C - C	C - C	N - C	C - C	C - C	N - C	C - C	C - C	C - C	N - C	~~C - N~~	~~C - N~~	F - F	C - C	C - C	~~C - N~~	C - C	C - C	6 Ka+ 3 Kn

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Le terme réseau est bien traité en visioconférence, il est cité 52 fois dans la conférence. 28.5 % d'apprenants-enseignants ont amélioré leur définition. L'explication réside dans les résultats de la première enquête : 74.3 % (55/74) des apprenants-enseignants tunisiens des SVT ont donné une définition correcte de ce terme (tableau 19 p 117) et lors des pré-tests de la deuxième enquête, 71.4 % (15/21) des étudiants avaient donné une définition correcte avant l'apprentissage (tableau 141 p 296). Le professeur n'a pas défini explicitement le terme réseau neuronal car il le savait connu à partir des résultats de la première enquête.

Le passage suivant de la visioconférence montre que ce terme a été par exemple mobilisé pour expliquer l'épigenèse cérébrale :

Intervention 35, le professeur : […] c'est une autre schématisation du même phénomène de sélection développementale. Les réseaux nerveux se mettent en place en fonction des contacts qui, au hasard, vont être mis en place dans notre cerveau. On a ensuite des stimulations qui viennent de l'extérieur. Ces stimulations font que certains réseaux vont fonctionner plus que d'autres en occurrence ici (doc 6, voir annexe), celui là et ce réseau là vont se stabiliser alors que celui là qui n'est pas fonctionnel va disparaître. Ces contacts là vont disparaître. Vous voyez ce que ça veut dire la stabilisation sélective des réseaux et des synapses !

(Pour lire la transcription intégrale de la visioconférence, consulter l'annexe 2.3)

Les réponses suivantes d'apprenants-enseignants montrent bien leur va et vient entre les non-réponses et les réponses correctes :

Tableau 132. Des exemples de réponses à la question 6.4 (définition du réseau neuronal)

Question: Elèves	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
17	Ka : N - C	Ne répond pas et ne définit pas.	Oui, relation entre les ramifications des neurones (dendrites) → apprentissage.
11	Ka : C – C+	Oui, des liaisons dans différents sens entre les cellules nerveuses.	Oui, interconnexions entre les cellules nerveuses dues à l'apprentissage.
22	Kn : C - N	+/-, contact entre plusieurs neurones.	Oui et ne définit pas).
10	Kn : C - N	Oui, ensemble de cellules nerveuses.	Oui et ne définit pas.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

E. La question 5 (dessin du cerveau)

Dans cette question, le changement conceptuel relatif à l'épigenèse est identifié quand, au post-test, l'apprenant-enseignant a mobilisé plus de termes qu'en pré-test à propos de la localisation cérébrale, des notions d'épigenèse et de plasticité cérébrale, des supports cytologiques de l'épigenèse, ou des influences non génétiques sur le cerveau. Ce sont, en effet, ces notions là qui peuvent aider l'apprenant-enseignant à mieux comprendre l'épigenèse : par exemple : réseau neuronal, synapses, support biologique des facultés mentales, etc.

Après l'apprentissage, 28.5 % d'étudiants ont mobilisé les termes, mentionnés ci haut, pour légender le dessin du cerveau.

Tableau 133. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 5 (dessin du cerveau)

N° d'apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre D'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 5 (dessin du cerveau)	I-C	I-I	I-I	I-I	I-C	I-I	I-C	I-I	I-I	I-C	I-I	I-I	I-I	I-C	I-I	I-I	I-I	I-C	N-N	I-I	I-I	6 Ka

Contrairement au changement conceptuel important obtenu pour la question 4 sur la bardane sur le cerveau (76 %), la question 5 sur le dessin du cerveau n'a suscité qu'un changement conceptuel moyen. Ce dernier résultat semble s'expliquer par la consigne "dessiner" un cerveau, ce qui renvoie à de l'anatomie observable. Nous l'avons déjà indiqué : c'est la première image qui est associée au cerveau humain lors de son enseignement. Or, concevoir le cerveau uniquement en termes de cerveau humain global pourrait faire obstacle à la conceptualisation de l'épigenèse cérébrale avec l'idée de configuration des réseaux neuronaux en interaction avec l'environnement et l'expérience individuelle et sociale.

Voici quelques réponses d'étudiants qui ont échappé à cet obstacle et ont mobilisé des termes se rapportant à l'épigenèse dans la légende :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 134. Des exemples de réponses à la question 5 (dessin du cerveau)

Question 5 : n° d'apprenants-enseignants	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
7	Ka	Dessin d'une coupe du cerveau avec des détails à l'intérieur. Légende : substance blanche, cortex cérébral (substance grise) Chaîne neuronale, circonvolution.	Termes répétées : *Même dessin. Légende :* cortex, neurone. Termes nouveaux *: Il a ajouté une flèche à double sens entre le dessin et le terme* environnement
22	Ka	Dessin d'une coupe transversale du cerveau. Légende : 2 hémisphères cérébraux, cortex cérébral.	Dessin du cerveau avec détails. Légende : neurones, synapses, réseaux synaptiques.

F. La question 6.3 (définition d'une synapse)

Comme le montre le tableau suivant, 14.2 % d'apprenants-enseignants ont effectué un changement conceptuel de type Ka et 14.2 % ont fait un changement de type Kn.

Tableau 135. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 6.3 (définition de synapse)

N° D'apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre D'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 6.3 (définition de synapse)	N - C	C - C	N - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - N	C - C	C - C	C - C	N - C	C - N	C - C	C - C	C - C	C - C	C - N	C - C	C - C	3 Ka + 3 Kn

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Ce résultat est semblable à celui obtenu avec le terme « réseau neuronal » donc nous allons l'interpréter de la même façon, c'est-à-dire que l'enseignement orienté vers des connaissances déjà acquises ne provoque pas de changement conceptuel. La majorité des apprenants-enseignants ont donné, au pré-test, des définitions correctes de ces termes grâce à leur formation biologique. Le conférencier n'a pas donné de définitions à ce terme.

Les réponses suivantes montrent que les vrais changements conceptuels (5) ont pu se faire dans les deux sens, le sens souhaité (Ka) ou non souhaité (Kn).

Tableau 136. Des exemples de réponses à la question 6.3 (définition de synapse)

Question 6.3 : n° d'apprenants-enseignants	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
18	Ka : N - C	Non (et ne définit pas).	Oui, relation de cellule nerveuse avec l'autre.
22	Kn : C - N	+/-, contact de neurones.	Oui (et ne définit pas).

La non réponse de l'apprenant-enseignant n° 22 au post-test s'explique par la négligence et le refus de répéter sa réponse correcte car il a fait la même chose dans les trois autres questions de connaissances (6.1, 6.2, 6.4).

Les paragraphes suivants concernent des questions K qui ont mesuré un changement conceptuel faible chez les apprenants-enseignants biologistes

Les questions (6.1 : définition du neurone, 6.2 : définition du cortex cérébral, 8 : fonctions du gène et 9 : bardane sur le gène) où moins de 20 % d'apprenants-enseignants ont changé leurs conceptions.

G. Les questions 8 (fonctions du gène) **et 9** (bardane)

Les réponses à cette question ne permettent de dire qu'il y a eu changement conceptuel que lorsque les apprenants-enseignants acquièrent des termes se rapportant aux influences de l'environnement sur les gènes ou l'interaction entre l'environnement et les gènes.

Notons que seulement 19 % des conceptions d'apprenants-enseignants ont évolué pour la question 9 (bardane sur le gène) et 9.5 % pour la question 8 (fonctions du gène), bien que le professeur ait consacré le quart (23.4 %, tableau 131 p 285) de la conférence pour parler des gènes.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 137. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives aux questions 8 (fonctions du gène) **et 9** (bardane sur le gène)

N° D'apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre D'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 9 (bardane sur le gène)	I-I	I-C	I-C	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-C	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-C	I-I	I-I	I-I	4 Ka
Question 8(fonctions du gène)	I-I	I-C	I-I	I-C	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	2 Ka

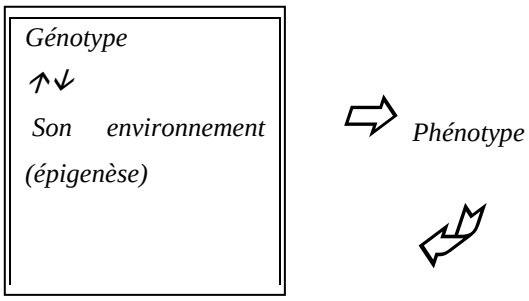
Ce faible taux de changement conceptuel dans ces deux questions pourrait s'expliquer par la prégnance du paradigme du tout génétique qui s'est transformé en obstacle didactique, difficile à dépasser (voir cadre théorique sur les obstacles).

Les apprenants-enseignants tunisiens sont habitués à un enseignement analytique descriptif du type causal linéaire : gène → caractère. Le professeur insiste sur le modèle épigénétique (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype) pour amener les apprenants-enseignants à se poser des questions sur leurs conceptions déterministes concernant les gènes.

Le passage suivant du cours illustre nos propos :

Intervention 19, le professeur *: Dans la cellule vivante, l'ADN est dans le noyau et il y en a un peu dans les mitochondries aussi. Les premières interactions se font entre l'ADN du noyau et ce qui l'entoure. Les cellules ne sont jamais toutes seules, elles sont avec d'autres cellules. Et dans le corps de chacun d'entre vous, dans mon corps, toutes les cellules ont le même génome, ont le même génotype. On reprend le schéma 2 (doc 2) qui est ci-dessous.*

Génotype "programme génétique" → *phénotype*



Ce génotype est en interaction avec des environnements différents. A partir du moment où les cellules vont être à l'extérieur, elles vont faire les cellules de la peau. Ou elles vont être à l'intérieur et vont faire les cellules de l'intestin. Ou elles vont être dans la tête, la crête neurale et elles vont faire les cellules du cerveau, toutes ces cellules là ont exactement le même génome. Donc il doit y avoir le même programme génétique mais ce programme ne s'exprime pas de façon simple parce que pour s'exprimer, il est en interaction permanente avec ce qui l'entoure.

(Pour lire la transcription intégrale de la visioconférence, consulter l'annexe 2.3)

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Il est à noter que le professeur n'est pas revenu sur la définition des gènes. Il a uniquement insisté sur leur interaction avec l'environnement.

Voici à présent quelques rares réponses où il y a eu acquisition de nouvelles connaissances. Elles expriment des connaissances qui étaient acquises avant le cours, et sur lesquelles il n'y a pas eu d'enseignement. Les apprenants-enseignants les reprennent donc après le cours en y rajoutant seulement l'interaction avec l'environnement.

Tableau 138. Des exemples de réponses aux questions 8 (fonctions du gène) **et 9** (bardane sur le gène)

Question : Elèves	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
Question 8 : apprenant-enseignant 11	Ka : I - C	Un gène est une portion du matériel génétique qui sera transcrite, traduite en une protéine qui est l'expression de ce gène. Exemple : gène de couleur.	Termes nouveaux : « Gènes (ADN)→ Transcription-traduction + l'action de l'environnement→ Expression. »
Question 9 : apprenant-enseignant 11	Ka : I - C	- contrôle un caractère- traduction- ribosome- liaisons covalentes- acides aminés- code- allèles- ADN.	Termes répétées : « contrôle un caractère- traduction – ribosome - acides aminés - code- allèles - ADN ». Termes nouveaux : «transcription -environnement -ARN ribosomal-expression ».
Question 8 : apprenant-enseignant 2	Ka : I - C	Le gène, c'est l'unité qui est portée par le chromosome, en général à chaque gène, on peut correspondre un caractère héréditaire, le gène, c'est le support du caractère.	Termes nouveaux : « Gène → Caractère avec intervention de l'environnement support du caractère »
Question 9 : apprenant-enseignant 2	Pas de changement I - I	- dominance /récessivité- allèles- noyau- chromosome - exons/introns- génie génétique- bactérie- expression traduction- transgénie- génome- caractère- thérapie génique.	Termes nouveaux : « - support du caractère- séquençage génétique- 26000-38000 gènes chez l'homme- ADN ».

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

H. Les questions 6.1 (définition du neurone) **et 6.2** (définition du cortex)

Les deux termes sont connus par la majorité d'apprenants-enseignants biologistes et la preuve c'est qu'ils en ont donnés des définitions correctes au pré-test. 1 seul apprenant-enseignant a fait un changement conceptuel de type Ka, cela confirme qu'un enseignement orienté vers des connaissances acquises ne provoque pas de changement conceptuel.

Tableau 139. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives aux questions 6.1 (définition du neurone) **et 6.2** (définition du cortex cérébral)

N° D'apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre d'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 6.1 (définition du neurone)	N - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	F - F	C - N	C - C	C - C	C - C	C - C	C - N	C - C	C - C	1 Ka+ 2 Kn
Question 6.2 (définition du cortex cérébral)	N - N	C - C	N - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	C - C	N - F	C - N	C - C	C - C	C - C	C - C	C - N	N - N	C - C	1 Ka+ 3 Kn

Le conférencier n'a pas donné de définitions de ces notions, constatant que les apprenants-enseignants semblaient comprendre quand il a utilisé ces termes.

Quelques apprenants-enseignants seulement ont effectué un changement conceptuel de type Kn car il se pourrait qu'ils ne veulent pas répéter la réponse correcte du pré-test ou ils sont fatigués après la conférence ou ils sont ennuyés de re-remplir le questionnaire ou le cours les a déstabilisés au niveau de connaissances, etc.

Les deux exemples suivants nous montrent les rares changements conceptuels de types Ka et Kn

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 140. Des exemples de réponses aux questions 6.1 (définition du neurone) **et 6.2** (définition du cortex cérébral)

N° de Question et n° d'apprenants-enseignants	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
Question 6.1 (définition du neurone) : 17	Ka : N - C	Ne répond pas (et ne définit pas).	Oui, cellule nerveuse qui transmet l'influx nerveux.
Question 6.2 (définition du cortex cérébral) : 22	Kn : C - N	+/-, Ecorce grise qui recouvre le cerveau	Non (et ne définit pas).

Ka : l'étudiant a fait un changement souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche d'une connaissance correcte ou s'éloigne d'une connaissance fausse. Kn : l'étudiant a fait un changement non souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche d'une connaissance fausse ou s'éloigne d'une connaissance correcte.

4.2.4. Analyse globale de l'ensemble des réponses aux questions de connaissances et valeurs (questions KV)

Nous comparerons tout d'abord, les conceptions KV (les réponses aux questions KV) d'apprenants-enseignants biologistes au pré et au post-test et nous calculons le Khi2 pour voir si le changement conceptuel survenu est significatif ou non.

Tableau 141. La comparaison des réponses au pré-test et au post-test (questions KV)

Nombre et pourcentage de catégories de réponses parmi toutes les réponses possibles	Pré-test	Post-test
Non réponses (N)	24 sur 210 : 11 %	15 sur 210 : 7 %
Conceptions de catégorie (D)	39 sur 210 : 18.5 %	16 sur 210 : 7.5 %
Conceptions de catégorie (E)	113 sur 210 : 54 %	151 sur 210 : 72 %
Conceptions de catégorie (Ep)	6 sur 210 : 3 %	18 sur 210 : 9 %
Conceptions de catégorie (A)	28 sur 210 : 13 %	10 sur 210 : 4.5 %
Total	210 sur 210 : 100 %	210 sur 210 : 100 %

Notes du tableau : Le nombre 210 = 10 (nombre de questions KV) x 21 (nombre d'apprenants-enseignants biologistes).
Catégorie D : Conceptions KV « modèle causal linéaire : seulement le génotype agit sur le phénotype ».
Catégorie E: Conceptions KV « modèle causal linéaire ou modèle additif : le génotype et/ou l'environnement agissent sur le phénotype».
Catégorie Ep : Conceptions KV « modèle interactif : interactions entre le génotype, l'environnement et le phénotype ».
A : Autres conceptions KV.
N : ne répond pas

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Pour augmenter l'effectif, nous avons réuni les deux catégories NR et A en une seule catégorie et nous avons trouvé que Le khi2 (30.56) est très significatif car supérieur à 11.34 (valeur théorique pour v = 3 et α = 0.01). Cela nous permet de dire que la différence est très significative entre les conceptions KV du pré test et celles du post test

Nous pouvons constater que :

- Au pré-test

  - Les apprenants-enseignants de biologie comme les étudiants de didactique de la biologie répondent plus facilement aux questions KV qu'aux questions K (11 % de non réponses KV contre 25 % dans les questions K). Ce résultat semble montrer que les biologistes se permettent un peu plus de liberté à exprimer une opinion que de définir un concept scientifique précis car ils ont le réflexe omniprésent d'évaluer et d'être évalués. Donc, ils préfèrent ne pas répondre dès qu'ils ne sont pas sûrs de leurs connaissances.
  - 54 % des conceptions KV exprimées en pré-test sont contre le déterminisme biologique (environnement et/ou génotype → phénotype) mais seulement 3 % des conceptions sont épigénétiques (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype).

  Ces deux résultats montrent que les apprenants-enseignants peuvent avoir des conceptions KV contre le déterminisme biologique mais ne peuvent pas les articuler avec des connaissances, ce qui explique le faible pourcentage de conceptions épigénétiques. Cela pourrait s'expliquer par la prégnance en biologie du modèle explicatif de type causal linéaire simple et l'absence du modèle explicatif de type émergence à partir d'un système d'éléments en interactions (voir cadre théorique, figure 8 p 192).

- Au post-test

  - Le pourcentage de conceptions KV contre le déterminisme biologique a augmenté de 54 % à 72 %.
  - Le pourcentage de conceptions KV épigénétiques a augmenté de 3 % à 9 %.
  - le pourcentage de non réponses aux questions KV a diminué de 11 % à 7 %.

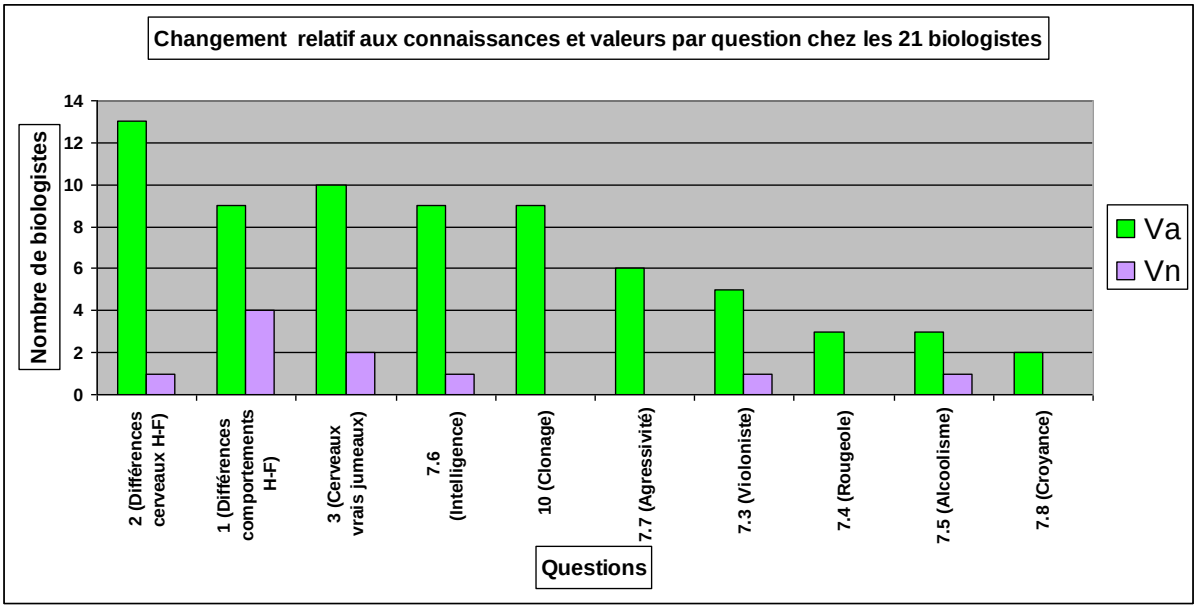
  Donc il semble le cours du professeur a eu un impact positif sur les apprenants-enseignants car ils ont acquis des conceptions KV après l'apprentissage. Mais en même

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

temps, cet impact reste limité puisque seulement 9 ù des apprenants-enseignants mobilisent en post-test ce qui vient d'être enseigné sur l'épigenèse cérébrale.

4.2.5. Analyse et interprétation des réponses aux questions KV : question par question

L'histogramme suivant montre que les changements conceptuels forts se font dans les questions explicitement relatives au cerveau (questions 2, 1et 3) car ce sont les thèmes les plus développés en classe (voir tableau 131). Les apprenants-enseignants ont acquis des connaissances sur la plasticité et l'épigenèse et il semble qu'ils les ont mobilisées pour justifier leurs réponses aux questions KV.



KVa : l'apprenant-enseignant a fait un changement conceptuel souhaité qui s'approche de l'épigenèse ou s'éloigne du déterminisme biologique.
KVn : l'apprenant-enseignant a fait un changement conceptuel non souhaité qui s'éloigne de l'épigenèse ou s'approche du déterminisme biologique.

Histogramme 7. Le nombre de biologistes qui ont fait un changement conceptuel relatif aux connaissances et valeurs (KVa et KVn) dans chaque question

Ces changements se présentent comme suit :

Le taux le plus fort de changement est observé dans les réponses aux questions (2, 1 et 3) où plus de 50 % d'apprenants-enseignants biologistes ont changé de conceptions.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

A. Questions 1, 2 et 3 : 1 (différences de comportements entre les hommes et les femmes)**, 2** (différences de cerveaux entre les hommes et les femmes) **et 3** (les vrais jumeaux, ont-ils le même cerveau ?)

Ces réponses ont permis de voir que la moitié d'apprenants-enseignants ont changé leurs conceptions à propos des questions sur le cerveau. Après l'apprentissage, ils ont acquis des conceptions contre le déterminisme biologique (environnement et/ou génotype → phénotype).

Entre 28.5 % et 33.3 % d'apprenants-enseignants ont acquis des conceptions épigénétiques (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype) dans les questions 1 et 2. Il semble qu'ils ont mobilisé des connaissances K sur les supports biologiques (voir histogramme 7) pour justifier leurs conceptions KV (voir histogramme 8).

Tableau 142. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives aux questions 2 (différences de cerveaux entre les hommes et les femmes)**, 1** (différences de comportements entre les hommes et les femmes) **et 3** (les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ?)

N° d'apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre d'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 2 (différences de cerveaux entre les hommes et les femmes)	A - Ep	Ep - E	A - Ep	D - N	E - Ep	A - Ep	D - E	D - Ep	A - N	D - E	A - A	A - E	A - A	A - E	N - Ep	A - E	E - E	E - E	N - N	Ep - Ep	A - A	13 KVa + 1 KVn
Question 1 (différences de comportements entre les hommes et les femmes)	E - Ep	E - Ep	E - D	E - N	E - Ep	D - Ep	E - E	E - Ep	E - E	E - E	E - Ep	D - E	A - E	E - E	N - Ep	E - E	E - E	Ep - E	N - N	Ep - E	E - E	9 KVa + 4 KVn
Question 3 (les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ?)	E - E	D - N	D - E	A - N	D - E	E - N	D - E	E - E	D - E	E - E	D - E	D - E	E - D	D - D	E - E	D - E	E - E	E - E	D - E	D - D	E - E	10 KVa + 2 KVn

Cellule grise : KVa : l'apprenant-enseignant a fait un changement souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche de l'épigenèse ou s'éloigne du déterminisme biologique.
Cellule hachurée : KVn : l'apprenant-enseignant a fait changement non souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'éloigne de l'épigenèse ou s'approche du déterminisme biologique.
Cellule blanche : l'apprenant-enseignant n'a pas fait de changement conceptuel.
Notes du tableau : Le nombre 210 = 10 (nombre de questions KV) x 21 (nombre d'apprenants-enseignants biologistes).
Catégorie D : Conceptions KV « modèle causal linéaire : seulement le génotype agit sur le phénotype ».
Catégorie E: Conceptions KV « modèle causal linéaire ou modèle additif : le génotype et/ou l'environnement agissent sur le phénotype».
Catégorie Ep : Conceptions KV « modèle interactif : interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype ».
A : Autres conceptions KV.
N : ne répond pas

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Ce résultat pourrait se justifier car toute la conférence est basée sur le cerveau : il est cité explicitement 57 fois et implicitement 130 fois (dans les termes neurone, cortex, synapse, réseau, plasticité et épigenèse). Les 2/3 de la conférence sont consacrés aux thèmes se rapportant au cerveau (49 % à l'épigenèse cérébrale, 3.8 % à la plasticité cérébrale, 11.7 % aux différences entre les comportements et les cerveaux des hommes et des femmes et 2.7 % aux différences de cerveaux de vrais jumeaux). Donc les thèmes bien traités lors de la visioconférence provoquent plus de changements conceptuels.

Remarque : Parmi les 13 apprenants-enseignants qui ont fait un changement conceptuel dans la question 1, il y en a 4 qui se sont éloignés des conceptions KV pour l'épigenèse au lieu de s'en approcher, c'est à dire ils ont fait un changement conceptuel non souhaité de type KVn (changement conceptuel qui s'éloigne de l'épigenèse ou s'approche du déterminisme biologique). Cela pourrait être du à la déstabilisation d'apprenants-enseignants car ils se sont trouvés dans une situation d'enseignement inhabituel avec un sujet nouveau et un professeur étranger.

Les réponses suivantes prouvent l'acquisition des conceptions KV de type épigénétique où l'apprenant-enseignant articule connaissances et valeurs :

Tableau 143. Des exemples de réponses aux questions 2 (différences de cerveaux entre les hommes et les femmes)**, 1** (différences de comportements entre les hommes et les femmes) **et 3** (les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ?)

N° d'apprenant-enseignant	questions	Changement conceptuel	Pré-test		Post-test	
14	1 (différences entre les comportements des hommes et des femmes)	KVa : E-Ep	oui	Les origines de ces différences sont biologiques, sociales, physiologiques et psychiques.	oui	Les causes de ces différences sont les interactions entre l'ADN (génome de l'homme) et l'environnement qui diffère d'une personne à une autre.
	2 (différences de cerveaux entre les hommes et les femmes)	KVa : E-Ep	oui	La différence : la formation même du cerveau, niveau intellectuel de la personne.	oui	La différence entre les cerveaux des hommes indiqués existe dans la différence entre les réseaux neuronaux qui vont donner une performance intellectuelle bien déterminée et parce que le cerveau se construit avec les apprentissages individuels.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

	3 (les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau)	KVa : D-E	oui		non	
17	1	KVa : E-Ep	oui	C'est la période de l'enfance qui a de grandes influences sur la personnalité d'une personne et ceci sur tous les plans : intellectuel, social…et peut être aussi l'entourage (la famille, l'école, les apprenants-enseignants…)	oui	L'apprentissage est continu dans la vie de l'homme à cause de la plasticité du système nerveux et la capacité de construire et de stabiliser des réseaux neuronaux à chaque fois que ceci est nécessaire.
	2	KVa : A-Ep	oui	Chacun a sa façon de réagir, de penser, de prendre des décisions selon sa personnalité.	oui	Capacité de stabiliser ou de construire des réseaux neuronaux en fonction de l'apprentissage que peut recevoir chacun durant toute sa vie.
	3	Pas de changement : E-E (c.f. grille de catégorisation, tableau 55 p 193)	non		non	

Le taux moyen de changement est observé pour les questions (7.6 : prédisposition génétique à être très bon à l'école, 10 : clonage d'Einstein, 7.7 : prédisposition génétique à être agressif et 7.3 : prédisposition génétique à être très bon violoniste) où entre 20 et 50 % d'apprenants-enseignants biologistes ont changé de conceptions.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

B. La question 10 (Le clonage d'Einstein)

Après l'apprentissage, 33 % d'apprenants-enseignants ont acquis des conceptions contre le déterminisme biologique de type causal linéaire simple ou additif (environnement et/ou génotype → phénotype).

Tableau 144. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 10 (clonage d'Einstein)

N° d'apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre d'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 10 (clonage D'Einstein)	N - N	A - E	N - N	A - A	A - A	A - A	A - A	A - A	A - N	A - E	A - E	A - E	A - A	A - E	N - N	N - N	A - E	A - E	A - N	A - A	E - E	9 Va

Remarque : nous précisons ci-dessous le contenu des conceptions A (autres)

Question (clonage) :

Lorsque l'apprenant

- évoque des arguments se rapportant à l'éthique générale.
- évoque des arguments se rapportant à l'éthique religieuse.
- répond par « non » et n'argumente pas sa réponse.
- répond par «oui et non » et argumente, exemple Enseignant non biologiste 7, post-test : « *oui et non, à la limite de nos connaissances je suis en désaccord, sait-on jamais après* »

Question (différences hommes femmes) :

Lorsque l'apprenant

- n'exprime ni conceptions épigénétiques ni déterministes.
- donne des affirmations évidentes ou scientifiquement correctes sur les différences entre hommes et femmes sans pour autant exprimer une opinion déterministe ou épigénétique.

Question (différences de cerveaux) :

Lorsque l'apprenant

- donne des affirmations scientifiquement correctes ou fausses sur les différences des cerveaux entre hommes et femmes (différence de poids ou de surface ou de volume ou de taille ou de sexe) sans pour autant en déduire une opinion sexiste ou déterministe.
- nie les différences entre les cerveaux des hommes et des femmes.
-évoque des différences hormonales ou sexuelles sans pour autant en déduire une opinion sexiste ou déterministe.
- déclare que les différences sont au niveau du cerveau sans préciser la nature de ces différences (sans par exemple indiquer des différences de poids ou de volume ou de configuration des réseaux neuronaux en interaction avec l'environnement).

Question (prédisposition génétique à être très bon violoniste) :

Lorsque l'apprenant ne comprend pas le sens du mot violoniste et le prend pour le terme violent.

Question (les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ?) :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Lorsque l'apprenant

- répond par « oui et non » en même temps.

Ce moyen changement pourrait s'expliquer par le fait que le professeur a réservé peu de temps à cette question (3.5 % de la conférence) mais en contre partie, il a parlé directement du clonage d'Einstein dans la conférence comme l'illustre le passage suivant :

Intervention 13, le professeur : *« […] mais cloner Einstein, cela ne veut pas dire qu'on aura des gens qui vont tous trouver quelque chose d'aussi important que la théorie de relativité, la grande découverte faite par Einstein. Une découverte vient d'une situation complexe, c'est l'émergence, comme je l'ai dit tout à l'heure, d'une situation dans laquelle il y a l'état de la science, il y a un travail collectif et il y a beaucoup de choses. Et à certains moments, certaines personnes arrivent à faire progresser la science. Mais le fait que ça soit déterminé de façon plus complexe et prouvée par l'histoire des sciences parce quand une découverte n'est pas faite par un pays, elle est faite par un autre à peu près à la même époque, des fois 5, 10 ans près ou quelques mois même maintenant. Ce qui veut dire que quand une découverte est mûre, elle est effectuée par quelqu'un. C'est vrai que l'exemple d'Einstein n'est pas un exemple effectivement de génotype ou de cerveau qui serait particulièrement probant par rapport à la thèse des surdoués.*

(Pour lire la transcription intégrale de la visioconférence, consulter l'annexe 2.3)

Les conceptions nouvellement acquises sur le clonage sont toutes des conceptions contre le déterminisme biologique. Elles ne sont pas argumentées par des connaissances scientifiques sur les réseaux neuronaux, supports biologiques de l'apprentissage. Les apprenants-enseignants n'ont pas mobilisé les connaissances acquises sur la plasticité et l'épigenèse cérébrales pour argumenter leurs réponses à cette question. Mais l'interaction entre le génome et l'environnement est souvent mentionné, ainsi que le terme "apprentissage"

Les exemples suivants d'argumentation illustrent cette diversité, ainsi que le fait que les apprenants-enseignants ont souvent retenu l'argumentation précise du professeur sur l'exemple du clonage d'Einstein, sans faire eux-mêmes le lien avec les supports neuronaux de l'apprentissage, lien que le professeur n'avait pas explicité dans son cours sur cet exemple précis.

Tableau 145. Des Exemples de réponses à la question 10 (clonage d'Einstein)

N° apprenant-enseignants	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
8	KVa : A-E	Non, il ne peut y avoir d'être identique en tout point et duplicata car l'homme…	Non, il existe tout de même une différence entre les individus due à l'environnement.
6	KVa : A-E	Non, chaque personne est unique et le clonage des hommes fait prendre à l'être humain sa spécificité « son moi »	non, ce sont les conditions sociales qui ont créé Einstein et non pas son génome.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

C. La question 7.6 (la prédisposition génétique à être très bon à l'école)

Rappelons que l'intelligence est l'un des 6 caractères de la question 7 qui a soulevé le plus de changements conceptuels car l'idéologie dominante à son propos est plutôt déterministe (génotype → intelligence) comme l'a indiqué le professeur dans son cours.

Notons que 23.8 % d'apprenants-enseignants ont acquis des conceptions contre le déterminisme biologique de type causal linéaire simple ou additif (environnement et/ou génotype → intelligence) concernant la prédisposition génétique d'être bon à l'école et 19 % ont acquis des conceptions épigénétiques (l'intelligence est le résultat d'une interaction entre le génotype, le phénotype et l'environnement). 4.7 % d'apprenants-enseignants a fait un changement conceptuel non souhaité de type Kn, expliquant une conception épigénétique Ep en pré-test alors qu'il se limite à exprimer une conception contre le déterminisme E en post-test.

Tableau 146. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 7.6 (prédisposition génétique à être très bon à l'école)

N° d'apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre d'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 7.6 (prédisposition génétique à être très bon à l'école)	N - Ep	E - Ep	N - E	N - E	D - Ep	E - Ep	D - E	D - E	E - D	D - D	E - E	E - E	D - D	E - E	D - D	E - E	E - E	E - Ep - E	D - E	E - E	E - E	9 Va + 1 Vn

L'ensemble de ces changements conceptuels est égal à 47.6 %. Il est important s'il est comparé avec le volume horaire de 5.5 % de la conférence réservé à cette question (tableau 131). Cela pourrait être du à l'intérêt que portent les apprenants-enseignants à cette question sur l'intelligence. Ce résultat nous permet de dire que certains thèmes provoquent des changements conceptuels indépendamment du volume horaire qui leur a été réservé.

Le passage suivant de la conférence reproduit une partie de la conférence où le professeur parle de l'intelligence :

Intervention 7, le professeur : *« et maintenant j'aimerais faire un petit sondage, qui est-ce qui pense que ça existe les surdoués, vraiment ? Parce que des fois on entend parler des choses mais on pense que ça n'existe pas. Quels sont les arguments qui vous permettent de dire que ça existe, effectivement beaucoup d'entre vous, beaucoup d'entre nous avons rencontré des enfants qui apprennent plus vite que les autres, qui sont absolument surprenants dans des apprentissages parfois en mathématiques des calculateurs prodiges, qui sont absolument surprenants dans des réalisations artistiques, de jouer du violon, de jouer du piano, de faire toute une série de*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

choses qui sont surprenantes de créativité dans un domaine bien précis en général et qui à l'école réussissent très vite, on peut même leur faire sauter des classes. Il y a eu un rapport qui a été fait, il n'y a pas longtemps sur les surdoués, un rapport donné à Jack Lang, je l'ai vu dans le monde du 2 avril 2002 et si vous voulez je vous donnerai les résultats de ce rapport. Le problème, c'est que c'est quelque chose qui frappe tellement l'imagination qu'on pense qu'effectivement on est surdoué de naissance, de naissance ça veut dire que ça serait bien leur programme génétique qui déterminerait le fait qu'ils ont un phénotype d'emblée de surdoués et on dirait qu'il y a des gens qui ont un génotype extraordinaire qui ont un ADN spécial qui fait qu'ils sont surdoués. Alors ça c'est notre point de vue de départ, vous êtes majoritairement convaincus que les surdoués (…) ?.

Intervention 9, le professeur : *Alors vous êtes convaincus que ça existe et on est obligé de faire le constat, le problème en sciences c'est que quand on constate que des gens qui ont des performances intellectuelles. On n'a pas pour autant le schéma interprétatif de l'origine de ces performances. Ma tâche va être dure parce qu'on aura pas beaucoup de temps, j'ai encore un peu plus d'une heure pour essayer de vous convaincre que le surdoué en fait ça n'existe pas dans le sens étymologique du terme.*

(Pour lire la transcription intégrale de la visioconférence, consulter l'annexe 2.3)

Dans les exemples qui suivent, les apprenants-enseignants ont mobilisé des connaissances sur les supports biologiques de l'apprentissage pour justifier leurs réponses à cette question :

Tableau 147. Des exemples de réponses à la question 7.6 (prédisposition génétique à être très bon à l'école)

Apprenant-enseignants	Changement conceptuel	Pré-tet	Post-test
17	KVa : N-Ep	n.r (et n'argumente pas).	Non, l'intelligence est reliée à la plasticité du cerveau (flèche) construction de réseaux neuronaux et par conséquent capacité à apprendre plus.
3	KVa : E-Ep	Non (et n'argumente pas).	Non, effets de l'environnement apprentissage et développement du réseau neuronal.

D. La questions 7.7 (prédisposition génétique à être agressif)

Après la question 7.6 sur intelligence, c'est la question 7.7 sur agressivité qui a suscité le plus grand taux de changements conceptuels (28.5 %) malgré que le professeur ne l'a pas évoquée dans la conférence.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 148. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 7.7 (prédisposition génétique à être agressif)

N° d'apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre d'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 7.7 (prédisposition génétique à être agressif)	N - E	D - E	N - N	D - E	E - E	E - E	D - E	D - E	D - E	E - E	E - E	E - E	D - D	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	D - D	E - E	6 KVa

Avant l'apprentissage 33.3 % (7 sur 21) d'apprenants-enseignants ont des conceptions déterministes (génotype → phénotype). Cette prégnance du déterminisme pourrait être du à la dominance du paradigme du tout génétique qui s'est transformé par l'enseignement en obstacle didactique. La théorie selon laquelle le chromosome Y est responsable de l'agressivité est encore présente dans l'enseignement comme l'a rappelé le professeur dans son cours direct (mais pas dans la présente visioconférence).

Après l'apprentissage, seulement 9.5 % ont persisté dans l'expression de leurs conceptions déterministes du pré-test. Les autres apprenants-enseignants ont acquis des conceptions contre le déterminisme biologique de type causal linéaire simple ou additif (génotype et/ou environnement → phénotype). Mais aucun apprenant-enseignant n'a exprimé une conception épigénétique (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype).

Ce résultat montre que les apprenants-enseignants sont partiellement capables de généraliser l'acquisition de connaissances dans certains domaines (intelligence, clonage, épigenèse) à d'autres domaines comme l'agressivité. Ils évoluent vers moins de déterminisme biologique causal, mais ne vont pas jusqu'à transférer sur ce exemple les connaissances apprises en cours sur l'épigenèse cérébrale.

Les réponses suivantes d'apprenants-enseignants mettent en évidence l'évolution des conceptions déterministes après l'apprentissage :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 149. Des exemples de réponses à la question 7.7 (prédisposition génétique à être agressif)

N° d'apprenant-enseignant	Changement conceptuel	Pré-tet	Post-test
2	KVa : D-E	Oui, les gens atteints de (chromosome 23 XYY) sont prédisposés à être criminels.	Non (et n'argumente pas)
5	KVa : D-E	Oui, parce que certaines disciplines sont héréditaires.	Non, par l'influence des facteurs extérieurs.
13	KVa : D-E	Oui, le caractère agressivité peut être transmis génétiquement.	Non (et n'argumente pas)
11	KVa : D-E	Oui, on pense maintenant que les réponses peuvent être liées à une transmission génétique.	Non, c'est l'apprentissage + la société, les contacts.

E. La question 7.3 (Prédisposition génétique à être très bon violoniste)

Six apprenants-enseignants ont changé leurs réponses à cette question : 5 apprenants-enseignants ont exprimé en post-test des conceptions contre le déterminisme biologique de type causal linéaire simple ou additif et 1 apprenant-enseignant a évolué dans le sens non souhaité de type Kn, c'est le n° 18 qui a passé d'une non-réponse à une opinion déterministe.

Tableau 150. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 7.3 (prédisposition génétique à être très bon violoniste)

N° d'apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre d'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 7.3	N - E	E - E	N - - D	D - E	E - E	E - E	E - E	E - E	E - E	D - D	D - E	E - E	D - D	E - E	E - E	D - E	E - E	E - E	D - E	E - E	E - E	5 Va+ 1 Vn

Le soit disant "don" du violoniste n'est pas un exemple développé dans la visioconférence. Le professeur a parlé des surdoués dans ses interventions n° 7 et 9 déjà citées plus haut et les apprenants-enseignants ont généralisé ses idées au don de violoniste. Mais aucun apprenant-enseignant n'a exprimé en post-test une conception épigénétique où il argumente l'inexistence

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

du don par la configuration des réseaux neuronaux en fonction de l'expérience individuelle comme le prône l'épigenèse.

Cela prouve la difficulté qu'ont les apprenants-enseignants à transférer des connaissances nouvelles (relatives à l'épigenèse cérébrale) sur d'autres exemples que ceux choisis par le professeur pour illustrer ce concept.

Ceci peut expliquer le changement de réponses entre le pré et le post-test chez 4 apprenants-enseignants qui ont passé d'une position pour le déterminisme biologique à une autre contre le déterminisme biologique.

Tableau 151. Des exemples de réponses à la question 7.3 (prédisposition génétique à être très bon violoniste)

2	KVa : D-E	Oui (et n'argumente pas)	Non (et n'argumente pas)
8	KVa : D-E	Oui, les virtuoses naissent avec égalité.	Oui, apprentissage et virtuosité.
15	KVa : D-E	Oui, transmission.	Oui, apprentissage.
4	KVa : D-E	Oui (et n'argumente pas).	Non (et n'argumente pas).

F. les questions sur la prédisposition génétique à être : 7.5 (alcoolique)**, 7.4** (immunisé contre la rougeole) **et 7.8** (croyant en Dieu)

Ce taux faible de changement est observé seulement pour ces 3 questions où moins de 20 % d'apprenants-enseignants biologistes ont changé de conceptions.

Aucune réponse déterministe avant et après l'apprentissage dans les questions 7.4 et 7.5 mais les deux ou trois apprenants-enseignants qui n'ont pas répondu au pré-test, ont donné une réponse contre le déterminisme (environnement et/ou génotype → phénotype) au post-test.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 152. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives aux questions : 7.4 (prédisposition génétique à être immunisé contre la rougeole), **7.5** (prédisposition génétique à être alcoolique) **et 7.8** (prédisposition génétique à être croyant en Dieu)

N° d'apprenant-enseignant	17	11	18	2	14	3	21	13	5	16	8	9	1	22	10	15	6	7	4	20	19	Nombre d'apprenants-enseignants biologistes (réponses #)
Question 7.4 (prédisposition génétique à être immunisé contre la rougeole)	N-E	E-E	N-E	N-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	D-D	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	3 Va
Question 7.5 (prédisposition génétique à être alcoolique)	N-E	E-E	N-E	N-E	E-E	E-E	E-E	~~Ep-E~~	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	3 Va + 1 Vn
Question 7.8 (prédisposition génétique à être croyant en Dieu)	N-E	E-E	N-N	N-E	E-E	E-E	E-E	D-D	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	2 Va

Cette position contre le déterminisme biologique (génotype et/ou environnement → phénotype) est majoritaire chez les apprenants-enseignants biologistes. Elle peut se justifier aisément pour la question 7.4 par leur formation biologique qui traite l'immunité acquise et par la culture pour la question 7.5. Dans les questions 7.5 et 7.8, elle pourrait se justifier par l'éducation non imprégnée du paradigme du « tout génétique » (Atlan, 1998) dans la justification de l'alcoolisme et de la croyance ou par l'interdit de l'alcoolisme dans la culture musulmane donc il ne pourrait pas être inné, c'est-à-dire donné par Dieu. Les exemples suivants illustrent nos propos :

N° d'Apprenant	Pré-test	Post-test
N° 10	Non, Il n'y a aucune relation de l'hérédité avec l'alcoolisme. Tout dépend du milieu de vie de l'enfant	Non, Etre alcoolique n'est pas du tout héréditaire. Tout dépend de notre culture et de notre entourage
N° 5	Non, Etre alcoolique est un type de délinquance juvénile qui est dû à l'influence du milieu environnemental de l'enfant (amis, parents…)	Non, A cause de l'éducation
N° 20	Non, (et n'argumente pas)	Non, C'est un phénomène morale éthique en relation avec l'environnement : famille, camarades, politique et société

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

L'apprenant-enseignant n° 13 est le seul parmi les 21 autres apprenants à avoir donné une réponse déterministe sans argumentation avant et après l'apprentissage.
Voici à présent des exemples des rares changements de réponses entre le pré et le post-test chez les apprenants-enseignants :

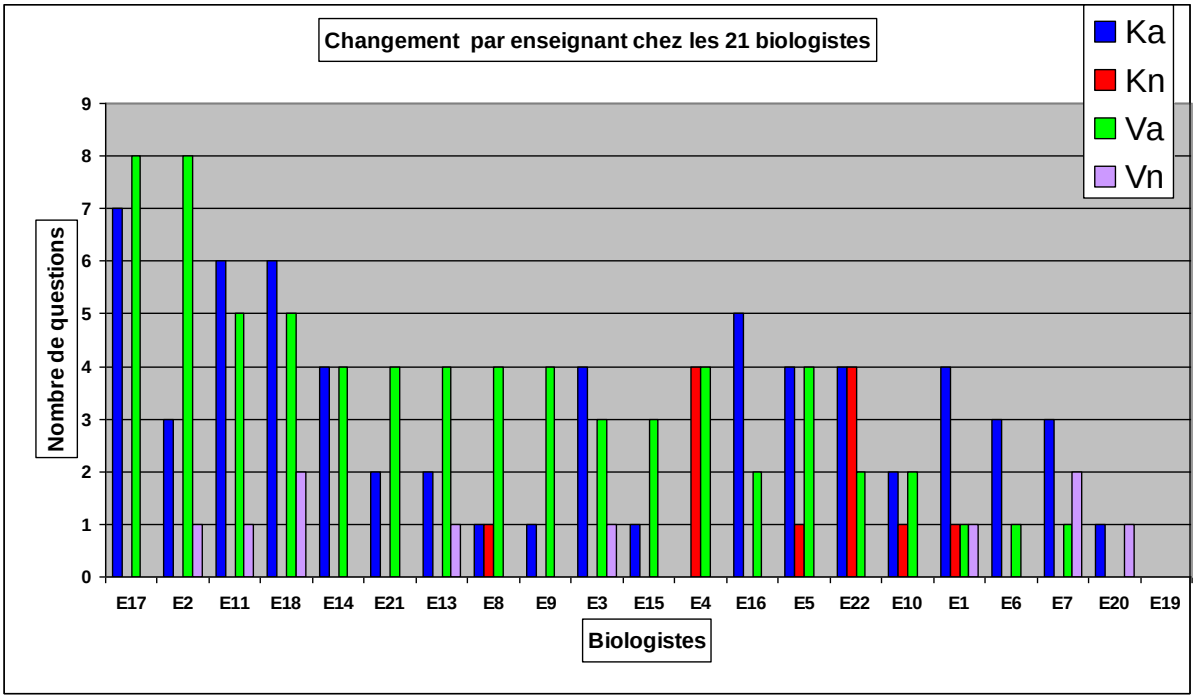
Tableau 153. Des exemples de réponses aux questions : 7.4 (prédisposition génétique à être immunisé contre la rougeole), **7.5** (prédisposition génétique à être alcoolique) **et 7.8** (prédisposition génétique à être croyant en Dieu)

N° de questions et n° d'apprenant-enseignant	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
Question 7.4 (prédisposition génétique à être immunisé contre la rougeole) : 2	KVa : N - E	Ne répond pas (n'argumente pas).	Non (et n'argumente pas).
Question 7.5 (prédisposition génétique à être alcoolique) : 17	KVa : N - E	Ne répond pas (n'argumente pas).	Non (et n'argumente pas).
Question 7.5 (prédisposition génétique à être alcoolique) : 13	KVn : Ep - E	Non, peut être parce que le comportement de l'individu (des parents) peut agir sur son génotype.	Non, l'enfant apprend à être alcoolique.
Question 7.8 (prédisposition génétique à être croyant en Dieu) : 18	KVa : N - E	Ne répond pas (n'argumente pas).	Non, c'est la vie sociale et les relations avec ceux qui nous entourent qui sont responsables de nos croyances.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

4.2.6. Analyse et interprétation apprenant par apprenant

L'histogramme suivant nous permettra une meilleure analyse des changements de réponses entre le pré et le post-test :



Histogramme 8. Les types de changements de réponses entre le pré et le post-test chez chaque apprenant-enseignant.

Analysons maintenant les résultats selon une classification en 2 catégories :

- Va > Ka : exemple : l'apprenant-enseignant n° 2

- Va < Ka : exemple : l'apprenant-enseignant n° 1

L'apprenante-enseignante biologiste n° 2 :

Sexe : femme.

Age : 26 ans (elle appartient à la catégorie des plus jeunes).

Diplôme le plus élevé : 1ère année DEA immunologie.

Date et lieu d'obtention : 1999/2000, Faculté des Sciences de Tunis.

Sources de vos informations sur les questions abordées par ce questionnaire : cours universitaire.

- **Les questions de connaissances (questions K)**

L'apprenante-enseignante a fait 8 changements de type KVa et seulement 3 Ka. Ses changements de conceptions KV s'appuient sur des connaissances scientifiques solides acquises avant l'apprentissage (elle a correctement défini tous les termes de la questions 6 sauf l'épigenèse cérébrale, c.f. tableau n° 164 ci-dessous) et sur la découverte, durant le

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

cours, de connaissances jusque là non maîtrisées (sur l'épigenèse cérébrale) avec la capacité de les mobiliser ensuite dans des situations pertinentes.

Quelques exemples de réponses méritent d'être cités :

Tableau 154. Des exemples de réponses aux questions K de l'apprenant-enseignant biologiste n° 2 :

Questions	Changement de réponses de type Ka	Pré-test	Post-test
4 (bardane sur le cerveau)	Ka	- cellules nerveuses- influx nerveux- cortex cérébral- activité volontaire- chef d'orchestre (commandant)- idée- intention- message nerveux- comportement- réflexion- mémoire- intelligence- vision- audition - parler- olfaction- sensation	Termes nouveaux : « apprentissage – performance - déterminisme -interaction avec l'environnement- plasticité »
6.7 (définition de l'épigenèse)	Ka : I - C	+/-, la formation du cerveau.	Oui, au dessus du déterminisme génétique.
8 (principales fonctions d'un gène)	Ka : I-C	Le gène, c'est l'unité qui est portée par le chromosome, en général à chaque gène, on peut correspondre un caractère héréditaire, le gène, c'est le support du caractère.	Gène → caractère avec intervention de l'environnement. Support du caractère.

- **Les questions de connaissances et de valeurs (questions KV)**

Cette apprenante-enseignante a fait le plus grand nombre de changements relatifs aux KV (8 KVa + 1 KVn). Après l'apprentissage, elle a changé complètement ses conceptions indécises ou pour le déterminisme biologique (génotype → phénotype) et elle a acquis des conceptions contre le déterminisme biologique (environnement et/ou génotype → phénotype). Elle est prédisposée, par sa formation biologique solide, à acquérir des nouvelles conceptions s'il y a un apport de connaissances. Mais cette acquisition de connaissances n'a pas permis à notre enquêtée de franchir le pas et d'exprimer des conceptions épigénétiques (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype) en post-test.

Ses réponses sont peu commentées (c.f. ci-dessous), sauf deux d'entre-elles (questions 2 et 7.7) qui ont défendu des positions nettement déterministes. Ces conceptions ne sont plus du

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tout ni affirmées, ni défendues en post-test, ce qui laisse supposer qu'elles ont été déstabilisées par l'enseignement. Les positions contraires sont signalées en post-test, mais jamais argumentées : le changement conceptuel semble donc à la fois présent, et peu enraciné dans les connaissances nouvelles sur l'épigenèse cérébrale

Tableau 155. Des exemples de réponses aux questions KV de l'apprenante-enseignante biologiste n° 2 :

Questions	Changement de réponses	Pré-test	Post-test
2 (différences entre les cerveaux des hommes et des femmes)	KVa : D - N	oui, les cerveaux des hommes sont plus lourds que ceux des femmes de point de vue poids. L'origine de cette différence est génétique. Le caractère (poids du cerveau) est porté par la paire de chromosomes sexuels XY ».	Oui (et n'argumente pas).
3 (les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ?)	KVa : A - N	Oui et non	NR
7.3 (prédisposition à être très bon violoniste)	KVa : D - E	« oui (et n'argumente pas) ».	Non (et n'argumente pas).
7.4 (prédisposition à être immunisé contre la rougeole)	KVa : N - E	NR	Non (et n'argumente pas).
7.5 (prédisposition à être alcoolique)	KVa : N - E	NR	Non (et n'argumente pas).
7.6 (prédisposition à être très bon à l'école)	KVa : N - E	NR	Non (et n'argumente pas).
7.7 (prédisposition à être agressif)	KVa : D - E	« les gens atteints de (chromosome 23 XYY) sont prédisposés à être des criminels ».	Non (et n'argumente pas).
7.8 (prédisposition à être croyant en Dieu)	KVa : N - E	NR	Non (et n'argumente pas).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

L'apprenante-enseignante biologiste n° 1 :

Sexe : homme

Age : 45 ans

Diplôme le plus élevé : maîtrise en SVT

Date et lieu d'obtention : avril 2001 ISEFC de Tunis

Sources de vos informations sur les questions abordées par ce questionnaire : culture générale

Les questions de connaissances (questions K) et les questions de connaissances et valeurs (questions KV)

L'apprenant-enseignant a fait 4 changements de type Ka et seulement 1 KVa. Ses changements relatifs aux connaissances n'ont pas été suivis de changements relatifs aux connaissances et valeurs. Il semble que le changement de connaissances n'est pas suffisant pour induire un changement dans les valeurs qui sont restées dans la plupart déterministes (c.f. tableau 167 p 328). Il n'a pas su mobiliser ses connaissances scientifiques correctes sur les synapses, réseau neuronal et plasticité cérébrale pour exprimer des valeurs épigénétiques. Quelques exemples de réponses méritent d'être cités :

Tableau 156. Des exemples de réponses aux questions K de l'apprenant-enseignant biologiste n° 1 :

Questions	Changement de réponses de type Ka et Kn	Pré-test	Post-test
4 (bardane sur le cerveau)	Ka : I-C	- traitement de l'information- humain- génie- création- idée- intelligent- méchant- décision- processus de connaissances- phylogenèse- psychogenèse- ontogenèse- trouver les solutions - résolution des problèmes- rend l'humanité prospère- raison- esprit - mental- Réfléchir- Commandes - Raisonner- sagesse	- intelligence (IAD)- ontogenèse-- épigenèse - neurone- l'intelligence en fonction de l'ADN- programme génétique- construit les connaissances par apprentissage
6.3 (définition de synapse)	Ka : N- C	Non, (ne définit pas)	Oui, Les liaisons entre neurones
6.4 (définition du réseau neuronal)	Ka : N- C	Non, (ne définit pas)	Oui, Réseau se forme après chaque apprentissage
6.5 (définition de la plasticité cérébrale)	Ka : F- C	Non, (ne définit pas)	Oui, Le cerveau s'adapte au changement produit

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 157. Des exemples de réponses aux questions KV de l'apprenant-enseignant biologiste n° 1 :

Questions	Changement conceptuel	Pré-test	Post-test
1 (différences de comportements entre les hommes et les femmes)	Va : A- E	Non, les références de culture sont identiques ce qui entraîne des comportements semblables	Oui, il s'agit de la culture menée individuellement par la personne, le milieu social
3 (les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ?)	Vn : E- D	non	oui
7.3 (prédisposition à être très bon violoniste)	Pas de changement D- D	Oui, (ne justifie pas)	Oui, (ne justifie pas)
7.4 (prédisposition à être immunisé contre la rougeole)	Pas de changement D- D	Oui, (ne justifie pas)	Oui, (ne justifie pas)
7.6 (prédisposition à être très bon à l'école)	Pas de changement D- D	Oui, (ne justifie pas)	Oui, (ne justifie pas)
7.7 (prédisposition à être agressif)	Pas de changement D –D	Oui, (ne justifie pas)	Oui, (ne justifie pas)

4.2.7. Analyse et Interprétation variable par variable

A. La variable appartenance sexuelle

Nous allons comparer, sous forme de tableau, les changements conceptuels survenus (K et KV) dans chaque catégorie d'appartenance sexuelle (homme ou femme).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 158. La comparaison des changements de réponses entre le pré et le post-test

Comment lire ce tableau et les 2 tableaux suivants : cellules grises : l'apprenant-enseignant biologiste n°17, appartenant au genre femmes, a fait 7 changements conceptuels de type K (changement conceptuel dans les questions de connaissances) et 8 changements conceptuels de type KV (changement conceptuel dans les questions de connaissances et de valeurs).

N°	17	18	2	14	21	13	5	16	22	10	15	6	4	3	11	8	9	1	7	20	19	
K ou KV	7 K + 8 KV	6 K + 7 KV	3 K + 9 KV	4 K + 4 KV	2 K + 4 KV	2 K + 5 KV	5 K + 4 KV	5 K + 2 KV	8 K + 2 KV	3 K + 2 KV	1 K + 3 KV	3 K + 1 KV	4 K + 4 KV	4 K + 4 KV	6 K + 6 KV	2 K + 4 KV	1 K + 4 KV	5 K + 2 KV	3 K + 3 KV	1 K + 1 KV	0 K + 0 KV	75 K + 79 KV
sexe	13 femmes (53 K + 55 KV)													8 hommes (22 K + 24 KV)								

Le khi2 est significatif (après correction de Yeats, il est égal à 6.43 donc significatif car supérieur à 5.02 valeur théorique du khi2 pour v =1 et α = 0.025). Les femmes ont fait plus de changement conceptuels que les hommes. (Femme : 8.3 = 53 K+ 55 KV / 13 ; homme : 5.7 = 22 K +24 KV / 8). Nous pouvons conclure que la variable appartenance sexuelle a un effet sur le changement conceptuel.

Ce résultat ne pourrait en aucun cas être généralisé. Il est limité au nombre réduit de l'échantillon: Il semble que les femmes de l'échantillon sont plus favorables aux changements ou peut-être que les hommes sont plus résistants aux changements.

B. La variable âge

Nous avons divisé les apprenants-enseignants en trois catégories d'âge :

- Entre 26 et 35 ans : ils sont ici au nombre de 9.
- Entre 36 et 45 ans : ils sont ici au nombre de 7.
- Entre 46 et 54 ans: ils sont ici au nombre de 5.

Comparons ces tranches d'âge :

Le khi2 est non significatif (après correction de Yeats, il est égal à 2.05 donc non significatif car inférieure à 2.71 valeur minimale de la signification du khi2 pour v =1 et α = 0.100). Nous pouvons conclure que dans le cadre de notre échantillon, la variable âge n'a pas d'effets sur le changement conceptuel.

Ce résultat pourrait être expliqué par le fait que les apprenants-enseignants des trois catégories d'âge ont suivi le même cursus scolaire biologique et ils sont tous démunis devant le thème du cours (l'épigenèse cérébrale).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

C. La variable diplôme

Cette variable intervient-elle dans les changements conceptuels ?

Le khi2 est non significatif (après correction de Yeats, il est égal à 0.66 donc non significatif car inférieure à 2.71 valeur minimale de la signification du khi2 pour v =1 et α = 0.100). Nous pouvons constater que dans le cadre de notre échantillon, la variable diplôme n'a pas d'effets sur le changement conceptuel.

Ce résultat pourrait être expliqué par le fait que l'épigenèse et la plasticité cérébrale ne sont pas enseignées à tous les niveaux de la scolarité en Tunisie.

D. La variable source d'information

Voyons à présent la variable source d'informations :

Tableau 159. La comparaison des changements conceptuels

Comment lire ce tableau et les 2 tableaux suivants : cellules grises : l'apprenant-enseignant biologiste n°17, appartenant à la catégorie cours universitaire, a fait 7 changements conceptuels de type K (changement conceptuel dans les questions de connaissances) et 8 changements conceptuels de type KV (changement conceptuel dans les questions de connaissances et de valeurs).

N° d'apprenant-enseignant	17	11	18	2	6	7	13	9	14	3	21	5	16	8	1	22	10	15	4	20	19	
K ou KV	7K+8KV	6K+6KV	6K+7KV	3K+9KV	3K+1KV	3K+3KV	2K+5KV	1K+4KV	4K+4KV	4K+4KV	2K+4KV	5K+4KV	5K+2KV	2K+4KV	5K+2KV	8K+2KV	3K+2KV	1K+3KV	4K+4KV	1K+1KV	0K+0KV	75K+79KV
Source d'info	8 apprenants-enseignants : Cours universitaire (31K + 43 KV)								13 apprenants-enseignants : Culture générale (44K+ 36KV)													

Le khi2 est très significatif (après correction de Yeats, il est égal à 9.56 donc très significatif car supérieur à 6.63 (valeur théorique du khi2 pour v =1 et α = 0.01). Nous remarquons dans le cadre de notre échantillon que la variable source d'information (renseignement demandé à la fin du questionnaire : sources de vos informations sur les questions abordées par ce questionnaire ? exemples de réponses : cours du lycée, cours de didactique, cours universitaire et culture générale, c.f. tableau 54 p 185) a un effet sur le changement conceptuel.

Ce résultat pourrait être expliqué par le fait que les réponses aux questionnaires sollicitent plus les connaissances universitaires que la culture générale.

4.3. Conclusions sur l'échantillon d'apprenants-enseignants biologistes

A. Comme dans les deux échantillons précédents (élèves et étudiants), le taux de conceptions KV contre le déterminisme biologique (génotype et/ou environnement → phénotype) dans cet échantillon est déjà élevé avant l'apprentissage (54 %). C'est plutôt un déterminisme de type causal linéaire ou additif mais non interactif. Au post-test, ce taux augmente de 54 % à 72 % grâce à l'apprentissage.

B. Par contre, le taux de changement conceptuel souhaité (type interactif ou épigénétique) n'a pas beaucoup augmenté, il a passé de 3 à 9 % : plusieurs hypothèses sont possibles :

- soit ces connaissances sur l'épigenèse cérébrale sont trop nouvelles ou trop complexes pour être assimilées après un seul cours, d'autant plus que ce cours est une visioconférence.
- Soit l'articulation entre les connaissances et les valeurs forme un obstacle épistémologique à l'acquisition de conceptions épigénétiques.

C. Certaines variables comme l'appartenance sexuelle et la source d'information ont des effets sur le changement conceptuel d'apprenants-enseignants. Ce résultat particulier confirme notre 5ème hypothèse qui postule que ces variables influencent le changement conceptuel sur les déterminismes biologiques.

Le khi2 est non significatif (après correction de Yeats, il est égal à 0.17 donc non significatif car inférieure à 2.71 valeur minimale de la signification du khi2 pour v =1 et $\alpha = 0.100$). La différence des sources d'informations n'est pas significative entre les hommes et les femmes (les hommes : 5 culture générale et 3 cours universitaire ; les femmes : 8 culture générale et 5 cours universitaire). Donc nous avons mis en évidence un effet de genre : les femmes, dans la même situation de visioconférence, ont plus changé de conceptions que les hommes.

D. Par contre d'autres variables comme l'âge et le diplôme n'ont pas d'effet sur le changement conceptuel. Ce résultat particulier infirme notre 5ème hypothèse qui dit que ces variables influencent le changement conceptuel.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

E. Voyons à présent s'il y a une relation entre le taux de changements de réponses entre le pré et le post-test dans une question et le temps alloué à cette question dans le cours

Tableau 160. La comparaison entre le temps et le taux de changement conceptuel

Questions		Taux de temps alloué à chaque question (100 % du cours = de 3 heures 20)	Taux de changements de réponses survenus dans chaque question (100 % de l'échantillon = 13 étudiants)
Clonage (10)		3.5 %	42.8 % (9/21)
différences de cerveaux entre les hommes et les femmes (2)		11.7 %	66.6 % (14/21)
différences de comportements entre les hommes et les femmes (1)			61.9 % (13/21)
les vrais jumeaux ont-ils le même cerveau ? (3)		2.7 %	57 % (12/21)
prédisposition à l'intelligence (7.6)		5.5 %	66.6 % (14/21)
prédisposition à l'agressivité (7.7)		0 %	28.5 % (6/21)
prédisposition à être violoniste (7.3)			28.5 % (6/21)
prédisposition à être immunisé contre la rougeole (7.4)			14.2 % (3/21)
prédisposition à être alcoolique (7.5)			19 % (4/21)
prédisposition à être croyant en Dieu (7.8)			9.5 % (2/21)
Epigenèse (6.7)		49 %	66.6 % (14 sur 21)
Plasticité (6.5)		3.8 %	52.3 (11 sur 21)
gènes	Fonctions du gène (8)	23.4 %	9.5 % (2/21)
	Bardane sur le gène (9)		19 % (4/21)
Total		Le total n'est pas égal à 100 % car le cours traite d'autres thèmes.	le total n'est pas égal à 100 % car le même étudiant peut changer de conceptions dans plusieurs questions en même temps.

Nous remarquons que les changements conceptuels relatifs aux valeurs surviennent plus dans les thèmes enseignés (clonage, différences hommes et femmes, jumeaux, intelligence et l'épigenèse) que dans les questions non enseignées

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

(l'agressivité, le don du violoniste, l'immunisation contre la rougeole, l'alcoolisme et la croyance).

Et nous constatons aussi que le taux de changement conceptuel dans une question n'est pas proportionnel au temps alloué à cette question. Par exemple, 52.3 % d'apprenants-enseignants ont changé leurs conceptions à propos de la question 6.5 sur la plasticité cérébrale bien qu'elle n'occupe que 3.8 % du temps du cours. Par contre les questions 8 et 9 sur les gènes qui occupent 23.4 % du cours n'a suscité de changement que chez 9.5 % dans la question 8 et 19 % dans la question 9.

F. Les résultats suggèrent que les changements conceptuels dépendent de plusieurs paramètres, pas seulement de l'enseignement d'un thème:

- Quelque soit le sujet : il y a eu plus de changements à propos des connaissances traités durant la visioconférence qu'à propos des connaissances non traitées.
- Tout comme pour le début ou la fin du cours : la question sur les différences de cerveaux entre les hommes et les femmes qui a été traitée à la fin du cours a suscité le plus grand nombre de changements conceptuels (66.6 % : 14/21, tableau 152 p 311).
- Dimension affective : la question sur la plasticité cérébrale a suscité le plus grand nombre de changements conceptuels chez les apprenants car le professeur a évoqué un cas personnel de maladie.

Comparaison entre les deux échantillons de biologistes

Comparons à présent les deux échantillons de biologistes (étudiants du DEA didactique de biologie et les apprenants-enseignants de biologie), pour évaluer l'impact du présentiel ou de la visioconférence sur les conceptions d'apprenants-enseignants

Tableau 161. La comparaison des taux de changements conceptuels chez les deux échantillons de biologistes

Echantillons / Nombre et Taux de changements conceptuels	Echantillon des étudiants biologistes du présentiel	Echantillon d'apprenants-enseignants biologistes de la visioconférence
Dans les questions de connaissances (K)	49 sur 130 37.7 %	75 sur 210 35.7 %
Dans les questions de connaissances et de valeurs (KV)	50 sur 130 38.5 %	79 sur 210 37.6 %

Le nombre 130 = 10 (nombre de questions de connaissances) x 13 (nombre d'étudiants).

Le nombre 210 = 10 (nombre de questions de connaissances) x 21 (nombre d'étudiants).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Les différences de taux de changements conceptuels entre les deux échantillons sont non significatives (le khi2 est non significatif), ce que suggère immédiatement l'identité des pourcentages du tableau 173.

De façon plus précise, au cours de l'analyse des résultats des deux échantillons de biologistes (étudiants et apprenants-enseignants), nous avons remarqué qu'il y a eu une certaine concordance dans les taux de changements conceptuels pour les mêmes questions.

Tableau 162. La comparaison des catégories de changement de réponses entre l'échantillon des étudiants biologistes et celui d'apprenants-enseignants biologistes

Types de questions	Taux de changement conceptuel	Numéros des questions dans chaque catégorie	
		Echantillon des étudiants du DEA didactique de biologie	Echantillon d'apprenants-enseignants biologistes
Questions de connaissances (K)	Fort : Sup ou égal à 50 %	**6.5, 6.7, 4**	**4, 6.7, 6.5**
	Moyen : Entre 20 et 50 %	**5, 6.4**, 6.2	**6.4, 5,** 6.3
	Faible : Inf ou égal à 20 %	**6.1,** 6.3, **8**, **9**	**9**, 6.2**, 6.1, 8**
Questions de connaissances et de KVs (KV)	Fort : Sup ou égal à 50 %	10, **2**, **3**, 7.6	**2**, 1, **3**
	Moyen : Entre 20 et 50 %	7.4	7.6, 10, 7.7, 7.3
	Faible : Inf ou égal à 20 %	7.7, 7.3, **7.5, 7.8**	**7.5,** 7.4, **7.8**

11 questions sur 20 (en gras dans le tableau) appartiennent à la même catégorie dans les deux échantillons.

Les similitudes suggèrent un résultat fort intéressant : L'impact de la visioconférence n'est pas significativement différent de celui du présentiel sur les conceptions d'apprenants-enseignants. Cette différence non significative peut se justifier par plusieurs raisons complémentaires :

- Le cours présentiel et la visioconférence sont faits par le même professeur où il traite le même sujet.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Les étudiants du présentiel et les apprenants-enseignants biologistes de la visioconférence ont presque la même formation biologique (100 % des étudiants et 81 % des apprenants-enseignants ont une maîtrise en biologie).
- Les conceptions et obstacles relatifs aux thèmes abordés jouent un rôle essentiel quand aux changements conceptuels éventuels. Le même contenu d'enseignement se heurte aux mêmes difficultés (et aussi le même type d'impact positif) dans les deux situations d'apprentissage.

Il est à souligner que l'ensemble de ces résultats est d'autant plus important qu'il est contre intuitif. Nous nous attendions à plus de changements conceptuels en présentiel par rapport à la visioconférence (hypothèse 3 postule que le travail en présentiel amène à des changements conceptuels plus significatifs qu'en visioconférence).

Ces résultats valorisent également la didactique de la biologie dans sa focalisation sur le contenu et sur les difficultés spécifiques à l'acquisition de certains contenus et de certaines valeurs. En revanche, nos résultats n'ont pas mis en évidence de différences entre les changements conceptuels K (surtout relatifs aux connaissances) et KV (interaction entre connaissances et valeurs), ce qui est là aussi contradictoire par rapport à nos hypothèses de départ (hypothèses 2 qui postule que le changement conceptuel relatif aux connaissances est cependant plus facile à obtenir que le changement conceptuel relatif aux valeurs. Malgré le lien fort entre K et V, V est plus résistant au changement conceptuel K). Notre présent résultat est différent de celui de Delalande-Simonneaux (1995) qui confirme que les changements conceptuels relatifs aux connaissances sont plus faciles à obtenir que ceux relatifs aux valeurs.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

5.

Analyse et interprétation des résultats relatifs à la visioconférence : Echantillon d'enseignants non-biologistes

Sommaire

5.1. Analyse et Interprétation des changements de réponses entre le pré et le post-test	332
5.1.1. Résultat global	332
5.1.2. Analyse et interprétation de l'ensemble des réponses aux questions de connaissances (questions K)	334
5.1.3. Analyse et Interprétation des réponses aux questions K : question par question	336
5.1.4. Analyse et Interprétation globales des réponses aux questions de connaissances et valeurs (questions KV)	341
5.1.5. Analyse et Interprétation apprenant par apprenant	344
5.1.6. Analyse et interprétation variable par variable	344
5.2. Conclusion sur l'échantillon des apprenants-enseignants non-biologistes	347
6. Discussion générale des résultats de la deuxième partie	349

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Cet échantillon est composé de 15 apprenants-enseignants non biologistes volontaires. Ils ont été invités à assister à cette visioconférence à l'ISEFC (Tunis) en découvrant l'affiche dans leurs lycées respectifs (c.f. affiche p 183).

La visioconférence a été présentée dans la salle de multi media à l'ISEFC de Tunis, le professeur fait son cours devant une caméra à l'Université Claude Bernard à Lyon 1 et le public écoute et discute à Tunis.

5.1. Analyse et Interprétation des changements de réponses entre le pré et le post-test

5.1.1. Résultat global

Comme pour les autres échantillons, nous allons présenter nos résultats sous forme de tableau de diagonalisation de Bertin qui montre en même temps les taux élevés (concentration du gris) et les taux faibles (concentration du blanc) de changements conceptuels par apprenant-enseignant et par question.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 163. Diagonalisation de Bertin : Tableau récapitulatif des changements et des non changements de réponses entre le pré et le post-test survenues chez les 15 apprenants-enseignants **non biologistes**

N°d'apprenant -enseignant / questions	5	15	13	14	1	2	4	9	10	12	3	7	11	8	6	Nombre d'apprenants-enseignants non biologistes (réponses #)	
10 Clonage	■	■	■	■	■		■		■	■	■	■				10	>50 %
6.7 Epigenèse	■	■		■	■	■		■				■		■		8	
6.5 Plasticité	■	■	■	■	■	■		■								7	20 à 50 %
2 # Cerveau H/F	■			■	■		■		■				■			6	
4 bardane Cerveau	■	■		■		■					■	■				6	
6.1.Neurone	■		■	■		■				■						5	
3 Vrais jumeaux					■	■	■	■	■							5	
7.4. Rougeol	■						■	■			■					4	
7.6. Bon à l'école			■							■				■	■	4	
1# Comport H/F	■						■		■				■			4	
6.4. Réseau	■	■	■										■			4	
6.2. Cortex			■	■						■						3	
7.3. B. violoniste		■	■													2	< 20 %
9 Bardane gène		■				■										2	
6.3 Synapse		■	■													2	
7.7. Agressif					■											1	
5 Dessin cerveau	■															1	
8 Fonctions gène																0	
7.5. Alcoolique																0	
7.8. Croyant Dieu																0	
Nombre de questions (réponses #)	10	8	8	7	6	6	5	4	4	4	3	3	3	2	1	74	
	20 % à 50 %										< 20 %						

Notes : Nombre d'apprenants-enseignants non biologistes (réponses #) : nombre d'apprenants-enseignants non biologistes qui ont fait des réponses différentes entre pré et post-test.
Nombre de questions (réponses #) : nombre de questions où les réponses sont différentes entre pré et post-test.
Cellule grise : quand la réponse au post-test diffère de la réponse au pré-test (possible changement conceptuel).
Cellule blanche : quand la personne interrogée n'a pas modifié sa réponse entre le pré et le post-test.
Les 10 questions de connaissances sont les suivantes = 4, 5, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.7, 8 et 9. Les 10 autres questions mesurent les interactions KV.
Remarque : nous avons considéré la question 4 (bardane sur le cerveau) comme une question de connaissance (K) car ce qui nous intéresse, c'est l'émergence spontanée dans la bardane, de termes relatifs à l'épigenèse cérébrale et à ses supports, ce qui traduit effectivement l'acquisition de connaissances (K) et leur mobilisation dans la situation proposée (bardane).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

La diagonalisation de Bertin montre que les apprenants-enseignants font plus de changements conceptuels dans les deux types de questions (10 questions de connaissances K : n° 4, 5, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.7, 8, 9 et 10 questions de connaissances et valeurs KV : 1, 2, 3, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 10).

La diagonalisation de Bertin visualise 2 sortes de changement conceptuel :

- Une évolution des réponses pour un pourcentage de questions compris entre 20 et 50 % : élèves n° 5, 15, 13, 14, 1, 2, 4, 9, 10, et 12.
- Une évolution des réponses pour moins de questions (< 20 %) : élèves n° 3, 7, 11, 8 et 6.

Ce tableau permet aussi de distinguer trois catégories de questions :

- les questions pour lesquelles plus de 50 % des apprenants-enseignants ont modifié leurs réponses en post-test (entre 8 et 10 apprenants-enseignants sur les 21 présentes).
- Les questions pour lesquelles 20 à 50 % des apprenants-enseignants (soit 3 à 7 apprenants- enseignants) ont modifié leurs réponses en post-test.
- Les questions pour lesquelles < 20 % des apprenants-enseignants (soit 0 à 2 apprenants-enseignants) ont modifié leurs réponses en post-test.

L'ensemble de ces résultats va être analysé et interprété plus précisément question par question

5.1.2. Analyse et Interprétation globale de l'ensemble des réponses aux questions de connaissances (questions K)

Le tableau suivant permet de regrouper les conceptions K (les réponses aux questions K) d'apprenants-enseignants non biologistes au pré et au post-test.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 164. La comparaison des réponses avant et après l'apprentissage

Nombre et pourcentage de catégories parmi les réponses possibles aux questions K	Pré-test	Post-test
Non-réponses (N)	58 sur 150 38.6 %	52 sur 150 34.6 %
Définitions correctes (C)	29 sur 150 19.3 %	38 sur 150 25.3 %
Définitions incomplètes (I)	55 sur 150 36.6 %	52 sur 150 34.6 %
Définitions fausses (F)	8 sur 150 5.3 %	8 sur 150 5.3 %
Total	150 sur 150 100 %	150 sur 150 100 %

Notes du tableau : le nombre 150 = 10 (nombre de questions K) x 15 (nombre d'apprenants-enseignants biologistes).

Le khi2 est non significatif (il est égal à 1.62 donc non significatif car inférieur à 6.25 valeur minimale de la signification du khi2 pour v =3 et α = 0.100) et le taux de changement conceptuel dans les questions K est faible, il est égal à 25.3 % (38 sur 150) : la différence est non significative entre les conceptions K du pré-test et celles du post-test. Il semble que les connaissances académiques ne sont pas accessibles aux apprenants-enseignants non biologistes car ils n'ont pas de formation biologique.

Nous ne pouvons pas comparer les biologistes avec les non biologistes mais nous allons faire une exception à cette règle en comparant le comparable, c'est à dire les non-réponses dans les trois échantillons

Tableau 165. La comparaison des trois échantillons qui ont suivi le cours du même professeur

Echantillons	Les étudiants du DEA didactique de la biologie		Les apprenants-enseignants biologistes		Les apprenants-enseignants non biologistes	
catégories	Pré-test	**Post-test**	Pré-test	**Post-test**	Pré-test	**Post-test**
Non réponses	18.4 %	**2.3 %**	15.7 %	**10.4 %**	38.6 %	**34.6 %**

Le taux de non réponses chez les non biologistes est à la fois le plus élevé parmi les trois échantillons d'apprenants-enseignants et celui qui évolue le moins entre pré et post-test. Cela

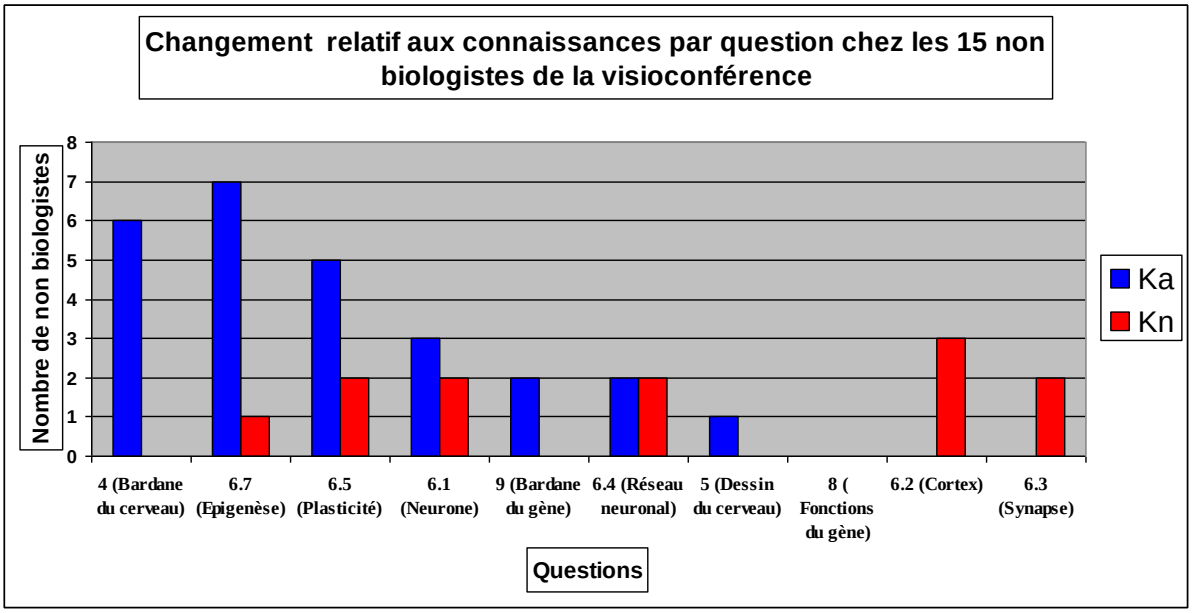
tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

confirme le résultat précédent sur la non acquisition de connaissances biologiques par les non biologistes.

5.1.3. Analyse et interprétation des réponses aux questions K : question par question

Dans les interprétations suivantes des questions, nous n'allons pas reproduire des passages de la transcription de la visioconférence car on l'a déjà fait dans l'interprétation des résultats dans la partie consacrée à l'échantillon des 21 apprenants-enseignants de biologie qui ont assisté à la même conférence. Donc, nous prions le lecteur à se référer à cette partie intitulée « 3.2 Echantillon d'apprenants-enseignants biologistes de la visioconférence ».

L'histogramme suivant nous permet de mettre en évidence les différences de changements conceptuels entre les questions.



Ka : l'apprenant-enseignant a fait un changement souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche d'une connaissance correcte ou s'éloigne d'une connaissance fausse.
Kn : l'apprenant-enseignant a fait un changement non souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'éloigne d'une connaissance correcte ou s'approche d'une connaissance fausse.

Histogramme 9. Le nombre d'apprenants-enseignants qui ont fait un changement conceptuel relatif aux connaissances (Ka et Kn) dans chaque question

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

A. La question 6.7 (définition de l'épigenèse cérébrale)

Tableau 166. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 6.7 (définition de l'épigenèse cérébrale)

N° d'apprenant-enseignant	5	15	1	2	14	10	3	7	4	8	12	6	9	13	11	Nombre d'apprenants-enseignants non biologistes (réponses #)
Question 6.7 (définition de l'épigenèse cérébrale)	N - I	N - I	N - C	N - C	F - N	I - I	N - N	N - I	N - N	N - I	N - N	N - N	N - F	N - N	N - N	7 Ka + 1 Kn

Notes : C : définition correcte, I : définition incomplète, F : définition fausse, N : ne répond pas.
Cellule grise : Ka : l'élève a fait un changement souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'approche d'une connaissance correcte ou s'éloigne d'une connaissance fausse.
Cellule hachurée : Kn : l'élève a fait un changement non souhaité, entre le pré et le post-test, qui s'éloigne d'une connaissance correcte ou s'approche d'une connaissance fausse.
Cellule blanche : l'étudiant n'a pas modifié sa réponse.

C'est la question où s'est fait le plus grand nombre de changements conceptuels, 47 % des personnes interrogées ont amélioré leurs définitions de l'épigenèse après l'apprentissage :

Ce résultat est apparemment contradictoire car nous avons vu dans le tableau 176 que les non-biologistes n'ont pas acquis beaucoup de connaissances. Il pourrait être expliqué de la façon suivante :

- Il est contradictoire car les apprenants-enseignants non biologistes ont amélioré leurs connaissances, justement, dans la question inconnue même par les biologistes. Cette notion n'est pas enseignée en Tunisie.
- Les non-biologistes ont acquis des connaissances sur cette notion car elle est la mieux traitée en visioconférence, beaucoup plus que les autres termes de la question 6, l'épigenèse a occupé à elle seule presque la moitié du temps de la visioconférence.
- Le professeur l'a bien traitée car il a pris en considération les résultats la 1ère partie sur les conceptions, qui a révélé l'absence de connaissances sur l'épigenèse et la plasticité cérébrale même chez les apprenants-enseignants tunisiens de biologie.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Comme nous l'avons signalé à plusieurs reprises, ce résultat confirme notre 7ème hypothèse qui défend l'idée suivante : « un enseignement orienté vers des nouvelles connaissances provoque un changement conceptuel même chez les non-biologistes».

Remarquons enfin qu'un seul apprenant-enseignant, le n° 9, a fait un changement conceptuel négatif de type Kn, c'est à dire Il n'a pas répondu au pré-test et il a donné une définition fausse au post-test : « ne répond pas à la question fermée, déterminisme génétique ». Sa non réponse au pré-test montre qu'il hésite ou ne sait pas mais sa réponse au post-test est fausse.

B. La question 6.5 (définition de la plasticité cérébrale)

Après l'apprentissage, 33 % des enquêtés ont amélioré leurs connaissances à propos de la notion de la plasticité cérébrale.

Les changements conceptuels des enquêtés peuvent être résumées dans le tableau suivant

Tableau 167. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 6.5 (définition de la plasticité cérébrale)

N° d'apprenant-enseignant	5	15	1	2	14	10	3	7	4	8	12	6	9	13	11	Nombre apprenants-enseignants non biologistes (réponses #)
question 6.5 (définition de la plasticité cérébrale)	N-C	N-I	F-I	N-I	N-I	I-I	N-N	I-I	N-N	N-N	N-N	N-N	N-F	I-N	N-N	5 Ka + 2 Kn

Ce changement conceptuel moyen pourrait se justifier de trois manières :

- Il semble que l'affectivité a joué un rôle dans ce changement conceptuel (voir cadre théorique : Gandolfo, 2005). Cette affectivité qui s'est manifestée dans la maladie personnelle du professeur qui est racontée en classe et comment il est guéri grâce à la plasticité cérébrale (voir intervention 39 du professeur dans la transcription de la visioconférence dans l'annexe 2.3).
- En plus, la plasticité est développée en visioconférence même si elle a occupé seulement 3.8 % du volume du discours oral du professeur.
- La notion de plasticité comme celle de l'épigenèse n'est pas enseignée en Tunisie donc elle forme une notion nouvelle et motivante pour les apprenants-enseignants.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

C. La question 4 (bardane sur le cerveau)

Après l'apprentissage, 40 % d'apprenants-enseignants ont fait un changement conceptuel qui s'approche d'une connaissance relative à l'épigenèse c'est-à-dire ils ont accroché à la bardane des connaissances relatives à l'épigenèse cérébrale.

Tableau 168. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 4 (Bardane sur le cerveau)

n°d'apprenant-enseignant / n°de question	5	15	1	2	14	10	3	7	4	8	12	6	9	13	11	Nombre D'apprenants-enseignants non biologistes (réponses #)
4 (bardane sur le cerveau)	I-C	I-C	I-I	I-C	I-C	I-I	I-C	I-C	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	6 Ka

Normalement, nous nous attendons à un changement conceptuel fort dans ce cas car le cerveau est cité explicitement 57 fois dans la conférence. De plus, le conférencier l'a utilisé pour expliquer les notions suivantes : l'épigenèse cérébrale, la plasticité cérébrale, les différences entre les cerveaux des hommes et des femmes, les différences de cerveaux de vrais jumeaux et le clonage. Mais dans notre catégorisation, nous avons limité les réponses correctes à l'acquisition de termes se rapportant à l'épigenèse, ce qui a mis la barre un peu haut pour l'évaluation des réponses des apprenants-enseignants non-biologistes.

D. **Les questions 6.1** (définition du neurone)**, 6.4** (définition du réseau neuronal)**, 6.2** (définition du cortex cérébral) **et 6.3** (définition de synapse)

Le taux de changement conceptuel est faible dans 4 sur 6 des questions de connaissances K. Par contre il est moyen dans la question 6.5 sur la plasticité et fort dans la question 6.7 sur l'épigenèse.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 169. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives aux questions 6.1 (définition du neurone)**, 6.2** (définition du cortex cérébral)**, 6.3** (définition de synapse) **et 6.4** (définition du réseau neuronal)

N° d'apprenant-enseignant / questions	5	15	1	2	14	10	3	7	4	8	12	6	9	13	11	Nombre D'apprenants-enseignants non biologistes (réponses #)
6.1 (definition du neurone)	N - C	C - C	C - C	N - C	F - C	C - C	N - N	C - C	N - N	C - C	C - N	C - C	C - C	C - N	NR - N	3 Ka + 2 Kn
6.4 (definition du réseau neuronal)	N - F	F - C	C - C	N - N	C - C	C - C	N - N	C - C	N - N	N - N	N - N	F - F	C - C	C - N	F - N	2 Ka + 2 Kn
6.2 (definition du cortex cerebral)	N - N	F - F	F - F	N - N	C - F	C - C	N - N	C - C	N - N	C - C	C - N	N - N	C - C	C - N	N - N	0 Ka + 3 Kn
6.3 (definition de synapse)	N - N	C - F	N - N	N - N	C - C	C - C	N - N	C - C	N - N	C - C	N - N	N - N	C - C	C - N	N - N	0 Ka + 2 Kn

Ces deux résultats s'expliquent facilement : les 4 questions (où le taux est faible) ne sont pas traitées en cours et les connaissances d'apprenants-enseignants sont déjà limitées dans ce domaine. 7 à 9 des auditeurs ont donné une définition correcte en pré-test et soit n'ont pas changé, soit pour un petit nombre d'entre-eux (2 à 3 par question) ont évolué vers un taux de changement conceptuel non souhaité de type Kn (surtout C – N). Ce dernier est supérieur ou égal, selon la question, au taux de changement conceptuel souhaité de type Ka. Ce résultat pourrait révéler une négligence, de la part de ce petit nombre d'apprenants-enseignants, à ne pas répéter leur réponse correcte du pré-test ou pourrait indiquer leur déstabilisation suite à la visioconférence d'un scientifique inhabituel pour eux.

E. Les questions 5 (dessin du cerveau)**, 8** (fonctions du gène) **et 9** (bardane sur le gène)

Après l'apprentissage, la majorité d'apprenants-enseignants n'ont pas acquis des termes se rapportant à l'épigenèse, et ils n'ont pas changé leurs conceptions sans doute à cause de leur formation non biologique. Seulement l'apprenant-enseignant n° 5 a remobilisé les

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

connaissances acquises dans la question 4 (bardane sur le cerveau), pour légender le dessin du cerveau (question 5).

A ces questions, nos enquêtés ont répondu comme suit :

Tableau 170. Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives aux questions : 9 (bardane sur le gène)**, 5** (dessin du cerveau) **et 8** (fonctions du gène)

N°d'apprenant-enseignant	5	15	1	2	14	10	3	7	4	8	12	6	9	13	11	Nombre d'apprenants-enseignants non biologistes (réponses #)
question 9 (bardane sur le gène)	N-N	I-C	I-I	I-C	I-I	I-I	I-I	I-I	N-N	I-I	N-N	I-I	I-I	N-N	I-I	2 Ka
question 5 (dessin du cerveau)	I-C	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	N-N	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	1Ka
question 8 (fonctions du gène)	I-I	I-I	N-N	N-N	I-I	I-I	I-I	I-I	I-I	N-N	N-N	N-N	I-I	I-I	I-I	0 Ka

5.1.4. Analyse et Interprétation globale de l'ensemble des réponses aux questions de connaissances et valeurs (questions KV)

Analysons à présent les conceptions KV (les réponses aux questions KV) d'apprenants-enseignants non biologistes au pré et au post-test et nous allons calculons le Khideux pour voir si le changement conceptuel survenu est significatif ou non.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 171. La comparaison des réponses au pré-test et au post-test (questions KV)

Nombre et pourcentage de catégories de réponses parmi toutes les réponses possibles	Pré-test	Post-test
Non réponses aux questions KV N	13 sur 150 8.6 %	11 sur 150 7.3 %
Conceptions de catégorie D	19 sur 150 12.6 %	18 sur 150 12 %
Conceptions de catégorie E	105 sur 150 70 %	107 sur 150 71.3 %
Conceptions de catégorie Ep	0 sur 150 0 %	2 sur 150 1.3 %
Conceptions de catégorie A	13 sur 150 8.6 %	12 sur 150 8 %
Total	150 sur 150 100 %	150 sur 150 100 %

Notes du tableau : Le nombre 150 = 10 (nombre de questions KV) x 15 (nombre d'apprenant-enseignants).
Catégorie D : Conceptions KV « modèle causal linéaire : seulement le génotype agit sur le phénotype ».
Catégorie E: Conceptions KV « modèle causal linéaire ou modèle additif : le génotype et/ou l'environnement agissent sur le phénotype».
Catégorie Ep : Conceptions KV « modèle interactif : interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype ».
A : Autres conceptions KV.
N : ne répond pas

Même en regroupant les deux catégories de conceptions E et Ep en une seule catégorie, le khi2 (0.30) est non significatif.

Les apprenants-enseignants n'ont pas changé leurs conceptions suite à la visioconférence.

Cependant avant l'apprentissage, nous constatons que :

- Les apprenants-enseignants non biologistes ont tendance à répondre plus facilement aux questions de valeurs qu'aux questions de connaissances (8.6 % seulement de N dans les questions KV contre 38.6 % dans les questions K). Ce résultat montre que les non-biologistes semblent se permettre beaucoup plus de liberté à exprimer une opinion que de définir un concept scientifique précis, vu leur formation non biologique.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Nous constatons aussi que 70 % des conceptions KV des non-biologistes sont contre le déterminisme biologique. En comparant ce taux de 70 % avec celui obtenu chez les biologistes (63 % chez les étudiants et 54 % chez les apprenants-enseignants, nous remarquons que les non biologistes sont contre le déterminisme biologique plus que les biologistes. Cette différence pourrait s'expliquer par la prédominance du paradigme du « tout génétique » dans la formation des biologistes. A contrario les littéraires et en particulier les historiens, ont été sensibilisés aux dégâts sociaux d'idéologies déterministes naturalisantes (racisme, nazisme, etc.).
- Soulignons enfin qu'aucun de ces non biologistes n'a exprimé une conception KV épigénétique (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype) car cette articulation entre les connaissances et les valeurs nécessite une maîtrise préalable de concepts biologiques.

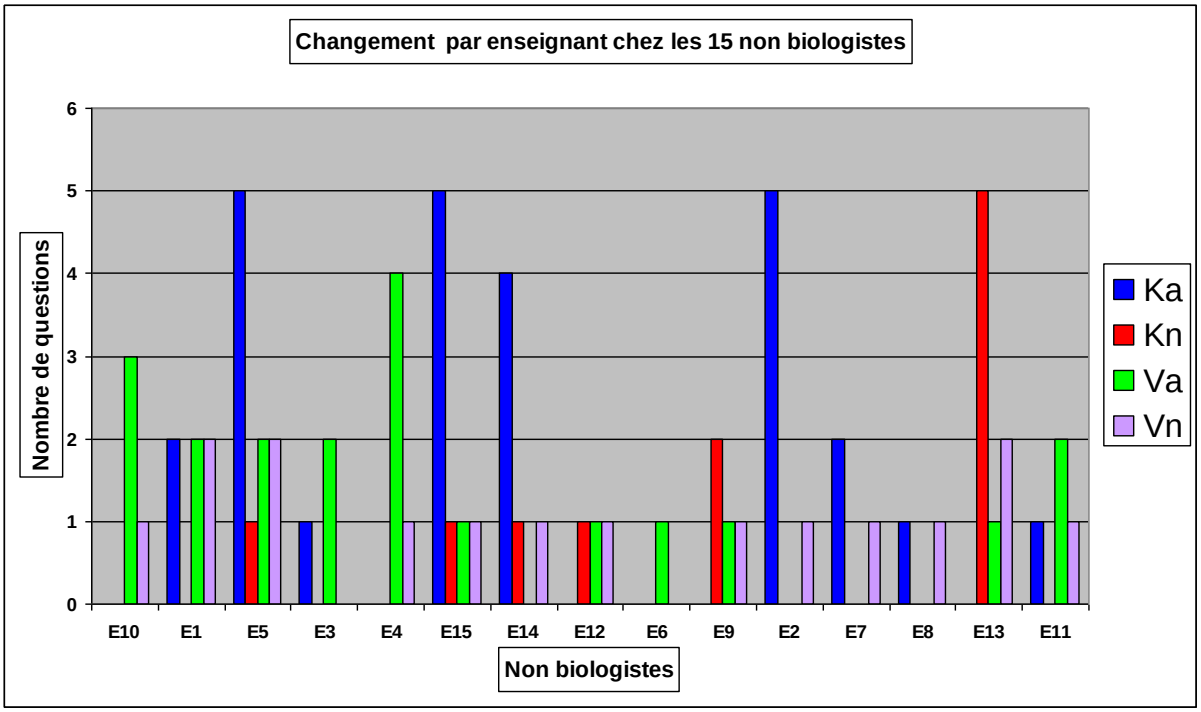
Donc pour l'ensemble de ces raisons, la visioconférence n'a pas eu beaucoup d'impact sur les apprenants-enseignants non biologistes et cela est prouvé par les résultats suivants :

- Le pourcentage des conceptions KV contre le déterminisme biologique est resté stable, (70 % à 71.3 %) chez les non biologistes, alors qu'il avait fortement augmenté chez les biologistes (de 63 % à 78 % chez les étudiants et de 54 % à 72 % chez les apprenants-enseignants).
- Le taux de conceptions KV épigénétiques est lui aussi resté stable (0 % à 1.3 %) chez les non biologistes, alors qu'il avait nettement augmenté chez les biologistes (de 0 % à 14 % chez les étudiants et de 3 % à 9 % chez les apprenants-enseignants). En conclusion, il semble que l'apport de connaissances sur l'épigenèse cérébrale peut aider les biologistes plus que les non biologistes à acquérir des nouvelles conceptions. Ce dernier résultat conforte notre 4ème hypothèse qui défend qu'une formation biologique préalable d'apprenants-enseignants favorise le changement conceptuel sur les déterminismes biologiques.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

5.1.5. Analyse et Interprétation apprenant par apprenant

L'histogramme suivant met en évidence les différences de changements conceptuels entre les apprenants-enseignants non biologistes.



Histogramme 10. Les types de changements conceptuels survenus chez chaque apprenant-enseignant

L'analyse des réponses permet de plus personnaliser les rares changements conceptuels, en tentant de saisir plus la diversité des personnalités de chacun de ces non-biologistes. Cependant, elle n'apporte pas de nouvelle information majeure par rapport aux résultats précédents, et n'est donc présentée que dans l'annexe n° 2.4

5.1.6. Analyse et Interprétation variable par variable

A. La Variable appartenance sexuelle

Selon la variable appartenance sexuelle, les réponses on été regroupées comme suit :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 172. La comparaison des changements conceptuels (K et V) par appartenance sexuelle

Comment lire ce tableau et les 2 tableaux suivants : cellules grises : l'apprenant-enseignant non-biologiste n° 5, de sexe masculin, a fait 6 changements conceptuels de type K (questions de connaissances) et 4 changements conceptuels de type KV (questions de connaissances et valeurs)

Numéros d'apprenant-enseignant	5	15	1	2	10	3	7	4	13	12	11	8	6	9	14	Total
Nombre de K ou V par apprenants-enseignant (n = 15)	6 K + 4 KV	6 K + 2 KV	2 K + 4 KV	5 K + 1 KV	0 K + 4 KV	1 K + 2 KV	2 K + 1 KV	0 K + 5 KV	5 K + 3 KV	2 K + 2 KV	1 K + 2 KV	1 K + 1 KV	0 K + 1 KV	2 K + 2 KV	5 K + 2 KV	38 K + 36 KV
Sexe	11 hommes (30 K + 30 KV)											4 femmes (8 K + 6 KV)				

La comparaison entre les changements conceptuels (K + KV) survenus chez les hommes et les femmes permet de voir que le khi2 (après correction de Yeats) est égal à 2.51 donc non significatif car inférieur à 2.71 (valeur théorique du khi2 pour v =1 et $\alpha = 0.100$).
Le paramètre appartenance sexuelle n'a pas d'effet significatif sur les changements conceptuels relatifs aux connaissances ou aux valeurs.

B. La Variable âge

Nous avons divisé les apprenants-enseignants en deux catégories d'âge :

- Entre 36-42 ans.
- Entre 43-50 ans.

Selon la variable âge, les réponses se présentent ainsi :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 173. La comparaison des changements de réponses (K et V) par âge

Comment lire ce tableau et les 2 tableaux suivants : cellules grises : l'apprenant-enseignant non-biologiste n° 5, appartenant à la catégorie d'âge 36-42 ans, a fait 6 changements conceptuels de type K (changement conceptuels dans les questions de connaissances) et 4 changements conceptuels de type KV (changement conceptuel dans les questions de connaissances et valeurs).

Numéros d'apprenants -enseignants	5	14	12	13	2	3	1	15	10	7	4	11	8	6	9	total
Nombre de K ou V par apprenants-enseignant (n = 11)	6 K + 4 KV	5 K + 2 KV	2 K + 2 KV	5 K + 3 KV	5 K + 1 KV	1 K + 2 KV	2 K + 4 KV	6 K + 2 KV	0 K + 4 KV	2 K + 1 KV	0 K + 5 KV	1 K + 2 KV	1 K + 1 KV	0 K + 1 KV	2 K + 2 KV	38 K + 36 K V
Age	7 apprenants-enseignants 36-42 (26K + 18 KV)							8 apprenants-enseignants 43-50 (12 K + 18 KV)								

La comparaison entre les changements conceptuels (K et V) survenus chez les âgés de 36-42 ans et chez les âgés de 43-50 ans permet de voir que le **khi2** (après correction de Yeats) est égal à 5.79 donc **significatif** car supérieur à 5.02 (valeur minimale de la signification du khi2 pour v =1 et $\alpha = 0.025$).

Par conséquent, le paramètre âge a un effet sur les changements conceptuels relatifs aux connaissances ou aux valeurs car les différences entre les deux catégories d'âge sont significatives. Les plus jeunes ont fait plus de changements conceptuels (31.75 %) que les plus âgés (18.75 %). Plusieurs hypothèses sont possibles pour interpréter ce résultat :

(1) les systèmes de valeurs et de connaissances sont plus souples, plus malléables, chez les jeunes, qui sont donc plus aptes que leurs aînés à changer de conceptions.

(2) les jeunes n'ont pas encore tout oublié de ce qu'ils ont étudié sur les connaissances biologiques au lycée, même s'ils ne sont pas biologistes

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

C. La Variable diplôme

En tenant compte de cette variable, les réponses de nos enquêtés peuvent se distribuer comme suit :

Tableau 174. La comparaison des changements de réponses (K et V) par diplôme

Comment lire ce tableau et les 2 tableaux suivants : cellules grises : l'apprenant-enseignant non-biologiste n° 5, appartenant à la catégorie maîtrise ou plus, a fait 6 changements conceptuels de type K (changement conceptuels dans les questions de connaissances) et 4 changements conceptuels de type KV (changement conceptuel dans les questions de connaissances et valeurs).

Numéros d'apprenant-enseignant	5	1	2	10	3	7	6	4	12	14	13	15	11	8	9	total
Nombre de K ou V par apprenants-enseignant (n = 15)	6 K + 4 KV	2 K + 4 KV	5 K + 1 KV	0 K + 4 KV	1 K + 2 KV	2 K + 1 KV	0 K + 1 KV	0 K + 5 KV	2 K + 2 KV	5 K + 2 KV	5 K + 3 KV	6 K + 2 KV	1 K + 2 KV	1 K + 1 KV	2 K + 2 KV	38 K + 36 KV
Diplôme	10 apprenants-enseignants Maîtrise ou plus (23 K+ 26 KV)										5 apprenants-enseignants DEUG (15 K+10 KV)					

Le khi2 (après correction de Yeats) est égal à 0.002 donc non significatif car inférieure à 2.71 (valeur minimale de la signification du khi2 pour v =1 et $\alpha = 0.100$).

La variable diplôme ne semble pas avoir d'effets sur les changements conceptuels relatifs aux connaissances ou aux valeurs. Ces apprenants ont suivi un cursus scolaire non biologique, et le niveau d'interaction entre les connaissances et valeurs de la visioconférence, et leurs conceptions préalables, ne mobilise pas les niveaux les plus élevés de leurs études.

Remarque : nous ne pouvons pas prendre en considération la variable sources d'informations car nous avons une seule catégorie : 9 apprenants-enseignants puisent leurs informations dans la même source « culture générale » et les 6 autres ne répondent pas à cette demande.

5.2. Conclusion sur l'échantillon d'apprenants-enseignants non-biologistes

- ✓ La variable âge a un effet sur le changement conceptuel d'apprenants-enseignants. Ce résultat confirme notre 5ème hypothèse qui postule que cette variable influence le changement conceptuel.

- ✓ Les variables appartenance sexuelle et diplôme n'ont pas d'effets sur le changement conceptuel d'apprenants-enseignants. Ce résultat infirme notre 5ème hypothèse qui suppose que ces variables influencent le changement conceptuel.
- ✓ Les résultats suivants prouvent que la conférence n'a pas eu beaucoup d'impact sur les conceptions des apprenants-enseignants non-biologistes :
  - Le faible taux de changement conceptuel : il ne concerne que 24 % des réponses dans les questions KV (connaissances et valeurs) et 25.3 % dans les questions K (connaissances).
  - Le taux élevé de non-réponses dans les questions K (pré-test = 38.6 % ; post-test = 34.6 %).
  - Notons que les non biologistes répondent plus facilement aux questions de valeurs qu'aux questions de connaissances.
  - Le taux réduit de définitions correctes parmi les réponses possibles aux questions K, il est de 19.3 % (29 sur 150) au pré-test et de 25.3 % (38 sur 150) au post-test.
  - Nous observons une prédominance de l'antidéterminisme biologique, de type causal linéaire simple ou additif non souhaité (environnement et/ou génotype → phénotype), dans les conceptions d'apprenants-enseignants non biologistes, il est de 70 % au pré-test et il n'a pas beaucoup changé au post-test, il devient 71.3 %.
  - Nous constatons parallèlement que le taux des conceptions épigénétiques (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype) est nul au pré-test et reste très faible (1.3 %) au post-test.
- ✓ Les résultats précédents confirment notre 4ème hypothèse qui supposait que la formation non biologique ne favorisait pas le changement conceptuel sur les déterminismes biologiques.
- ✓ Les questions où nous avons observé le plus de changement sont les questions qui sont prises en considération par le professeur comme les questions 2 (sur les différences de cerveaux entre les hommes et les femmes), 4 (bardane sur le cerveau) et 6.7 (définition de l'épigenèse cérébrale) ou les questions qui motivent affectivement l'apprenant-enseignant comme les questions 10 (sur le clonage d'Einstein) et 6.5 (sur la plasticité cérébrale). Ce résulte prouve que la dimension affective dans l'apprentissage, contrairement à l'obstacle psychologique, motive les apprenants-enseignants et les pousse à acquérir plus de connaissances et de valeurs.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

6. Discussion générale de la deuxième partie de la thèse : Analyse d'éventuels changements conceptuels après un enseignement sur l'épigenèse cérébrale

Commençons tout d'abord par rappeler les principaux résultats pour pouvoir par la suite les discuter :

Tableau 175. La comparaison dans les 4 échantillons de la deuxième partie de la thèse, des taux de conceptions de catégorie E (génotype et/ou environnement → phénotype) et celles de catégorie Ep (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype)

Conceptions Echantillons	Conceptions de catégorie E		Conceptions de catégorie Ep	
	Pré-test	Post-test	Pré-test	Post-test
23 élèves	70.1 %	71.7 %	5.9 %	9.7 %
13 étudiants	63 %	78 %	0 %	14 %
21 apprenants-enseignants biologistes	54 %	72 %	3 %	9 %
21 apprenants-enseignants non biologistes	70 %	71.3 %	0 %	1.3 %

Le tableau ci-dessus montre la prépondérance des conceptions contre le déterminisme (catégorie E) avant l'apprentissage et après l'apprentissage et le faible taux des conceptions épigénétiques (catégorie Ep).

La prépondérance des conceptions contre le déterminisme génétique est un résultat non souhaité à interpréter avec prudence car, comme on l'a déjà mentionné, c'est un antidéterminisme apparent. Cet antidéterminisme génétique peut en effet se traduire dans les réponses par un déterminisme culturel de type causal linéaire (culture →phénotype) ou de type additif (culture et génotype → phénotype).

Par contre le taux de changement conceptuel souhaité est assez faible dans les 4 échantillons, et n'est significatif que pour les deux échantillons de biologistes. Il était souhaité que les apprenants-enseignants acquièrent des conceptions épigénétiques (catégorie Ep) de type interactif (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype), mais ces acquisitions ne sont pas manifestées que dans les post-tests de peu d'apprenants : 9 à 14 % et même uniquement 1 % chez les non-biologistes

Le tableau ci-dessus montre aussi que, après un enseignement, environ ¾ des apprenants ont une conception E. encore faudrait-il distinguer deux types de conceptions E :

(1) Celui des littéraires ou historiens, qui ont appris de l'histoire récente (et même plus ancienne) la nature idéologique des discours sur le déterminisme biologique, le naturel, …Ils retrouvent cette critique chez le professeur, ce qui renforce leur position sans qu'ils aient besoin de fonder ou appuyer sur des connaissances biologiques. En gros, dans l'antique querelle entre inné et acquis, ils étaient du côté de l'acquis, et ils le restent.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

(2) Celui des biologistes, qui exprime plus une révolte contre ce qui leur a été enseigné sur le déterminisme biologique, le "programme" génétique. Ils découvrent alors que l'enseignement de la biologie, qu'ils supposaient neutre, véhiculent des valeurs également propagées par les médias (l'idéologie déterministe / héréditariste) imprégnés par l'inné, ils découvrent l'acquis.

Dans les deux cas, la difficulté est de dépasser l'opposition inné / acquis, de comprendre leur interaction. C'était l'objectif de l'enseignement sur l'épigenèse. Cet objectif n'a été que très partiellement atteint dans les 4 situations des 4 échantillons étudiés, et ceci apparemment pour les raisons différentes :

- chez les enseignants non biologistes, il semble exister une réticence à toute acquisition de connaissances biologiques, en particulier sur l'épigenèse cérébrale. L'articulation entre leurs valeurs (antidéterministes) et ces connaissances ne se fait donc pas.
- Chez les lycéens, c'est fort différent. Le cadre scolaire allié à leur jeunesse et à leur volonté d'apprendre font qu'il s'approprient largement les connaissances biologiques enseignées, en particulier sur l'épigenèse cérébrale. Cependant, habitués au cloisonnement des connaissances, ils ne font pas le lien avec leurs propres systèmes de valeurs, qui perdurent alors après l'apprentissage.
- Chez les biologistes enfin, c'est là que la situation est la plus favorable et que les changements conceptuels souhaités sont les plus nombreux. Mais l'articulation entre connaissances et valeur, par le lien que peut constituer l'épigenèse cérébrale, ne concerne que peu d'entre eux (9 à 14 % de conceptions de type épigenèse en post-test). L'obstacle ici semble plus être au niveau des valeurs, avec ce bousculement vers un déterminisme acquis qui succède à leurs conceptions sur un déterminisme inné : 72 à 78 % d'entre eux ont des conceptions de type déterminisme environnemental en post-test [une autre hypothèse serait que l'instrument que nous avons utilisé pour mesurer les conceptions des apprenants, i.e. les diverses questions du questionnaire, n'était pas assez adapté à la mesure d'acquisition de connaissances sur l'épigenèse cérébrale, et de leurs interactions avec des valeurs].

Pour préciser plus ces résultats, nous allons établir un tableau récapitulatif des changements conceptuels dans les 4 échantillons :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tableau 176. Un résumé des changements conceptuels dans les 4 échantillons de la deuxième partie.

Changement conceptuel / Echantillons	Questions de connaissances (K)		Questions de connaissances et valeurs (KV)		Khi2 de changement conceptuel selon les Variables
	Khi2 de changement conceptuel entre pré et post-test	Nombre et pourcentage de changement conceptuel	Khideux de changement conceptuel entre pré et post-test	Nombre et pourcentage de changement conceptuel	
23 élèves	Très significatif	78 sur 138 56.5 %	Non significatif	37sur 184 20 %	Sexe : NS
13 étudiants biologistes En présentiel	Très significatif	49 sur 130 37.7 %	Très significatif	50 sur 130 38.5 %	Sexe : NS Age : NS
21 apprenants-enseignants biologistes En visioconférence	Très significatif	75 sur 210 35.7 %	Très significatif	79 sur 210 37.6 %	Sexe : S Age : NS Diplôme : NS Source : TS
21 apprenants-enseignants non biologistes En visioconférence	Non significatif	38 sur 150 25.3 %	Non significatif	36 sur 150 24 %	Sexe : NS Age : S Diplôme : NS

Ce tableau permet de remarquer que :

- Chez les lycéens, le changement conceptuel relatif aux connaissances n'a pas été accompagné par un changement conceptuel relatif aux valeurs. Par contre chez les étudiants et les apprenants-enseignants biologistes, les deux types de changement conceptuel (connaissances et valeurs) vont de pair. Nous pouvons dire que l'acquisition de connaissances scientifiques sur l épigenèse cérébrale semble nécessaire mais non suffisante pour un changement conceptuel relatif aux valeurs. Donc notre première hypothèse, qui défend que « l'acquisition de connaissances est suffisante à un changement relatif aux valeurs » ne se trouve ni confirmée ni infirmée mais nuancée.
- Par contre les résultats des élèves confirment notre deuxième hypothèse qui postule que « le changement conceptuel relatif aux connaissances est cependant plus facile à obtenir que le changement conceptuel relatif aux valeurs ». en revanche, les résultats sur les deux échantillons de biologistes infirment cette hypothèse.
- Si nous comparons les résultats de changements conceptuels survenus dans les 4 échantillons, nous remarquons que les biologistes font plus de changements conceptuels que les lycéens et les enseignants non biologistes. Ces résultats

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

confirment notre quatrième hypothèse défendant qu' « une formation biologique préalable favorise le changement conceptuel sur les déterminismes biologiques ».

- Si nous comparons les résultats de changements conceptuels survenus seulement dans les deux échantillons de biologistes, nous trouvons qu'il n'y a pas de différence significative (Khi2 non significatif). Ce résultat infirme notre troisième hypothèse qui postule que « le travail en présentiel amène à des changements conceptuels plus significatifs qu'en visioconférence ».
- Remarquons enfin que les résultats des 4 échantillons montrent que les variables appartenance sexuelle, âge et sources d'information ont parfois un effet significatif sur le changement conceptuel donc notre cinquième hypothèse, qui postule que « les variables sexe, diplôme, âge influencent le changement conceptuel », se trouve confirmée mais nuancée car ces effets ne s'expriment que pour certains échantillons.
- Les résultats des 4 échantillons concernant le changement conceptuel survenu à propos des nouvelles notions « épigenèse et plasticité » confirment notre 7ème hypothèse qui postule qu' « un enseignement orienté vers des connaissances nouvelles provoque un changement conceptuel ».

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Chapitre IV
Conclusion générale
et Perspectives

Sommaire

1. Conclusion générale	354
2. Perspectives	359

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

1. Conclusion générale

Nous avons déjà fait à deux reprises la discussion générale des résultats à la fin de chacune des deux parties de la thèse. Donc nous nous limitons ici à rappeler les principales conclusions de la thèse.

Notre stratégie de recherche a permis d'atteindre les résultats suivants :

1ère résultat : Nous avons analysé les réponses des 275 enseignants et futurs enseignants dans la première partie et les réponses des 23 lycéens au pré-test dans la deuxième partie. Nous avons identifié les conceptions-obstacles suivantes qui correspondent à nos hypothèses de recherche :

- La conception « Le cerveau anatomique global » peut constituer un obstacle à la conceptualisation de l'épigenèse cérébrale et à l'acquisition de connaissances concernant les structures microscopiques comme les réseaux neuronaux qui forment le support de l'apprentissage (notons qui sont rarement évoqués par les personnes interrogées). Cette conception peut trouver ses origines dans un enseignement qui privilégie l'anatomie du cerveau global (ce qui peut alors constituer un obstacle didactique)
- La conception « Le cerveau aux commandes des pensées et comportements » peut constituer un obstacle à l'idée que la façon de penser et de se comporter peut changer la configuration des réseaux neuronaux.
- Le dualisme corps/esprit fait obstacle à l'idée que nos pensées, nos rêves et nos états d'esprit sont que produits par notre cerveau (en interaction avec la situation et l'expérience de chacun). Ce dualisme sépare les pensées et comportements de leur support matériel qui est le cerveau. Il semble que notre culture arabo-musulmane supporte ce dualisme quand elle distingue l'âme du corps, le spirituel du matériel, la vie d'au-delà de la vie d'ici-bas.
- La confusion entre différences et inégalités peut constituer un obstacle à l'idée que nous pouvons être différents biologiquement mais égaux en droit. Par exemple des différences biologiques entre les cerveaux des hommes et des femmes n'impliquent pas une inégalité, ni dans l'intelligence, ni dans les droits civiques.
- Le débat inné-acquis classique qui est posé de la façon suivante : déterminisme, soit uniquement génétique, soit uniquement environnemental, fait obstacle à l'interaction entre le génétique et l'environnemental. Ce déterminisme causal linéaire simple ou additif pourrait empêcher l'acquisition des conceptions épigénétiques où nous observons une interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype.
- L'articulation difficile entre les connaissances et les valeurs pourra créer des obstacles à l'acquisition des conceptions épigénétiques sur le cerveau.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2ème résultat : La deuxième partie de la thèse tentait d'aller au-delà de l'identification de ces conceptions et obstacles, en proposant un enseignement sur l'épigenèse cérébrale, susceptible de faire changer les conceptions initiales des apprenants. Nous avons cherché à valider plusieurs hypothèses :

- Notre 1ère hypothèse, qui proposait que « l'acquisition de connaissances est suffisante à un changement conceptuel relatif aux valeurs », a été confirmée par certains résultats et infirmée par d'autres : Dans les échantillons des étudiants et des enseignants biologistes, le changement conceptuel relatif aux connaissances (K) va de pair avec un changement conceptuel relatif aux valeurs (V). En revanche, dans l'échantillon des lycéens, le changement conceptuel survenu dans les connaissances n'est pas accompagné par un changement conceptuel dans les valeurs.
- La 2ème hypothèse, qui prévoyait que « le changement conceptuel relatif aux connaissances est plus facile à obtenir que le changement conceptuel relatif aux valeurs », est confirmée par le résultat de l'échantillon des élèves où l'enseignant a réussi à provoquer un changement conceptuel significatif dans les connaissances mais il n'a pas réussi à faire la même chose dans les valeurs. Elle est par contre infirmée sur les deux échantillons de biologistes.
- La 3ème hypothèse, qui supposait que « le travail en présentiel amène à des changements conceptuels plus significatifs qu'en visioconférence », a été infirmée dans les situations testées car l'échantillon des étudiants biologistes qui a assisté au présentiel et celui des enseignants biologistes qui a assisté à la visioconférence sont arrivés presque au même résultat de changements conceptuels dans les connaissances et les valeurs (voir tableau 204).
- La 4ème hypothèse, qui proposait qu' « une formation biologique préalable d'apprenants favorisait le changement conceptuel sur les déterminismes biologiques », a été confirmée car les deux échantillons pour lesquels ont été observés des changements conceptuels significatifs en connaissances et en valeurs sont tous les deux de formation biologique. Par contre pour les deux autres échantillons, qui n'ont pas cette formation biologique, nous n'avons pas observé des changements conceptuels significatifs relatifs à leurs valeurs (voir tableau 204).
- La 5ème hypothèse proposait que « les variables sexe, diplôme, âge et sources d'information influencent le changement conceptuel sur les déterminismes biologiques chez les apprenants », a été confirmée dans certaines cas ; certaines variables ont des effets dans un échantillon et n'ont pas d'effets dans un autre (voir tableau 204). A noter en particulier un effet de genre très significatif chez les biologistes qui ont suivi la visioconférence.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- La 6ème hypothèse, qui postulait que « le débat inné-acquis est posé de la façon suivante : déterminisme, soit uniquement génétique, soit uniquement culturel », a été confirmée par la présence à la fois des conceptions de catégorie D (génotype → phénotype) et des conceptions de catégorie E (génotype et/ou environnement → phénotype) dans les 4 échantillons. Par contre les conceptions épigénétiques de catégorie Ep (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype) sont très rares chez les enquêtés (voir tableaux 72, 102, 151 et 188).
- Notre dernière et 7ème hypothèse prévoyait qu' « un enseignement orienté vers des nouvelles connaissances provoquait plus de changements conceptuels ». elle a été confirmée dans trois échantillons où les nouvelles notions sur la plasticité et de l'épigenèse cérébrales ont suscité un fort changement conceptuel (voir histogrammes 1, 4 et 7).

3ème résultat : nos résultats ont montré aussi que l'enseignement d'une notion chargée affectivement peut provoquer chez les apprenants plus de changements conceptuels que les autres notions. Ceci a été le cas pour la notion de plasticité cérébrale quand le professeur a raconté sa maladie personnelle.

Dans la première partie, nous avons analysé les conceptions des enseignants et futurs enseignants, en tant qu'interactions entre trois pôles : les connaissances (K), les valeurs (V) et les pratiques sociales (P). Dans la deuxième partie, nous avons essayé de changer ces conceptions par l'apprentissage. Nous résumons les grands moments de notre recherche dans les lignes qui suivent :

(1) Le débat inné-acquis, qui s'est manifesté largement dans les conceptions des personnes interrogées dans les deux parties de la thèse, est un débat plus idéologique que scientifique.

Trois catégories de conceptions différentes (D, E et Ep) ont été identifiées dans ce débat :

- ✓ les partisans du déterminisme biologique, selon le modèle linéaire causal (génotype → phénotype), qui ont mis en avant le rôle du volume du crâne ou le rôle des gènes, des chromosomes et des hormones dans la détermination des comportements comme l'agressivité ou l'intelligence. Leurs conceptions déterministes (D) en post-test sont minoritaires par rapport à l'ensemble des conceptions (2.7 % chez les lycéens, 4 % chez les étudiants biologistes, 7.5 % chez les enseignants biologistes et 12 % chez les enseignants non-biologistes)*.
- ✓ les partisans du déterminisme socio-culturel, selon le modèle linéaire causal (environnement socio-culturel → phénotype), qui ont privilégié l'influence de l'environnement, de la société, de la culture, de l'éducation et de la famille dans la détermination des mêmes comportements.

* Les pourcentages utilisés dans le paragraphe (1) sont extraits des tableaux 76 p226, 105 p260, 141 p304 et 171 p 342.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

les partisans du déterminisme biologique et socio-culturel, selon le modèle additif toujours causal et sans rétroactions (génotype + environnement socio-culturel → phénotype), qui ont privilégié l'influence de l'environnement, de la société, de la culture, de l'éducation et de la famille dans la détermination des mêmes comportements. Leurs conceptions antidéterministes (E) en post-test sont majoritaires par rapport à l'ensemble des conceptions (71.7 % chez les lycéens, 78 % chez les étudiants biologistes, 72 % chez les enseignants biologistes et 71.3 % chez les enseignants non-biologistes)*.

- ✓ Les partisans de l'épigenèse, selon le modèle interactif (interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype), qui ont mis l'accent sur le support biologique des performances des hommes comme l'intelligence, l'agressivité. Leurs conceptions épigénétiques (Ep) en post-test sont minoritaires par rapport à l'ensemble des conceptions (9.7 % chez les lycéens, 14 % chez les étudiants biologistes, 9 % chez les enseignants biologistes et 1.3 % chez les enseignants non-biologistes)*.

(2) L'introduction des notions « épigenèse et plasticité cérébrales » dans l'apprentissage, des lycéens, des étudiants et des enseignants, au cours de la deuxième partie de la thèse a donné les résultats très signifiants suivants:

- ✓ Nous allons récapituler, dans le tableau suivant, les résultats des 4 échantillons :

Tableau 177. Les changements de réponses entre le pré et le post-test relatifs aux connaissances K dans les 4 échantillons.

Comment lire ce tableau : ligne des lycéens : sur les 138 réponses attendues en post-test (6 questions K x 21 lycéens) : il y a 76 (55 %) non-réponses, 31 (22.5 %) définitions correctes, 24 (17.5 %) définitions incomplètes et 7 (5 %) définitions fausses.

Pourcentage de réponses / Echantillons	Pré-test				Post-test			
	N	C	I	F	N	C	I	F
Lycéens	55 %	22.5 %	17.5 %	5 %	20%	68.8 %	10.8 %	0 %
Etudiants biologistes	18.4 %	33 %	44.6 %	3.8 %	2.3 %	58.4 %	39.2 %	0 %
Enseignants biologistes	15.7 %	35.2 %	45.2 %	3.8 %	10.4 %	53.3 %	34.3 %	1.9 %
Enseignants non biologistes	38.6 %	19.3 %	36.6 %	5.3 %	34.6 %	25.3 %	34.6 %	5.3 %

N : ne répond pas. C : définition correcte. I : définition complète. F : définition fausse.

L'apprentissage a motivé les apprenants de tous les échantillons car il a amélioré les conceptions relatives aux connaissances (conceptions K) entre le pré et le post-test :

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

- Le pourcentage des réponses aux questions de connaissances a augmenté.
- Le pourcentage de définitions correctes a augmenté.
- Le pourcentage de définitions incomplètes a augmenté.
- Le pourcentage de définitions fausses a diminué sauf chez les enseignants non biologistes (qui n'ont pas de formation biologique.

✓ Nous allons récapituler, dans le tableau suivant, les réponses aux questions de connaissances et valeurs (questions KV) des 4 échantillons :

Tableau 178. Les changements conceptuels relatifs aux connaissances et aux valeurs KV dans les 4 échantillons.

Pourcentage de réponses / Echantillons	Pré-test					Post-test				
	NR	D	E	Ep	A	NR	D	E	Ep	A
Elèves	4.3	4.9	40.1	5.9	14.6	4.9	2.7	71.7	9.7	10.8
Etudiants biologistes	3	21.5	63	0	12	1.5	4	78	14	2
Enseignants biologistes	11	18.5	54	3	13	7	7.5	72	9	4.5
Enseignants non biologistes	8.6	12.6	70	0	8.6	7.3	12	71.3	1.3	8

Catégorie D : Conceptions KV « modèle causal linéaire : seulement le génotype agit sur le phénotype ».
Catégorie E: Conceptions KV « modèle causal linéaire ou modèle additif : le génotype et/ou l'environnement agissent sur le phénotype».
Catégorie Ep : Conceptions KV « modèle interactif : interaction entre le génotype, l'environnement et le phénotype ».
A : Autres conceptions KV.
NR : ne répond pas

L'apprentissage a motivé les apprenants de tous les échantillons car il a amélioré les conceptions relatives aux connaissances et aux valeurs (conceptions KV) entre le pré et le post-test :

- Le pourcentage des réponses aux questions KV a augmenté sauf chez les élèves où il a diminué d'une seule réponse.
- Le pourcentage de conceptions déterministes non souhaitées (catégorie D) a nettement diminué.
- Le pourcentage de conceptions peu souhaitées (catégorie E) a nettement augmenté.
- Le pourcentage de conceptions très souhaitées (catégorie Ep) a augmenté de plus de 50 %.

Nous regrettons avec que la lutte contre le déterminisme biologique soit comparable à la lutte contre l'incendie. Chaque fois que nous éteignons un, un autre se déclare ailleurs.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2. Perspectives

(1) Comme nous l'avons signalé dans notre introduction, notre thèse se situe dans le cadre d'un projet européen[1] intitulé BIOHEAD-CITIZEN *« Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship »*. *P*ar conséquent ce travail va continuer d'exister et de grandir avec ce projet. Nous projetons de faire la comparaison de nos résultats avec ceux obtenus dans les 18 autres pays du projet Biohead-Citizen à la fin 2007.

(2) Les conclusions de la deuxième partie de la thèse sont limitées à nos échantillons (72 personnes au total). Une perspective d'expérimentation plus large sur un échantillon plus grand et plus représentatif des populations testées serait nécessaire pour affiner nos résultats. Ce projet serait facilité si les notions d'épigenèse et de plasticité cérébrales étaient introduites dans le programme tunisien des SVT.

(3) A la suite des travaux de l'équipe de Pierre Clément au LIRDHIST, Université Lyon 1, à la quelle nous appartenons (moi et mon collègue Lassaad Mouelhi), les nouveaux programmes français de biologie ont intégré, en particulier au lycée, l'interaction entre le génome et son environnement, ainsi que des notions sur la plasticité cérébrale. Forts de cette réussite en France, nous allons présenter cette thèse accompagnée de celle de mon collègue Lassaad Mouelhi, intitulée « L'enseignement de la neurobiologie aux collèges et aux lycées en Tunisie et en France : analyse didactique des programmes, des instructions officielles et des manuels scolaires » devant le Ministre de l'éducation tunisienne dans le but de le convaincre d'introduire les deux notions « l'épigenèse et la plasticité cérébrales » dans le programme tunisien des SVT de 3ème année secondaire (1ère en France) dans toutes les filières du lycée.

(4) Nous allons aussi, présenter ces deux thèses devant les concepteurs du programme pour qu'ils essayent d'éviter que l'ensemble du programme soit explicitement béhavioriste : **Stimulus → Boîte noire → Réponse** et que l'idéologie héréditariste et le paradigme du « tout génétique » implicites ne sous-tendent pas les choix du programme et du manuel officiel en Tunisie.

(5) Nous présenterons aussi ces deux thèse aux auteurs possibles du prochain manuel scolaire des SVT (en Tunisie, le ministère charge une commission pour concevoir un livre officiel unique) pour leur demander d'intégrer l'épigenèse et la plasticité cérébrales dans le manuel, et pour essayer de les convaincre d'éviter le modèle additif quand ils abordent les rôles du génotype et de l'environnement, d'insister plutôt sur l'interaction entre les deux rôles, de

[1] Ce projet a démarré en 2004 et se prolongera jusqu'à la fin 2007.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

prendre en compte l'approche systémique et la théorie constructiviste d'apprentissage et de multiplier les exemples humains à la place des exemples animaux.

(6) Les résultats encourageants relatifs aux changements conceptuels dans les connaissances et les valeurs, qui sont survenus surtout chez les étudiants et les apprenants-enseignants biologistes, nous emmènent à recommander l'enseignement explicite de l'interaction entre le support biologique et les valeurs comme la relation entre la configuration des réseaux neuronaux et les performances intellectuelles.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Nombre de références bibliographiques = 136.

A

ABOU-TAYEH, P. (2003). La Biologie entre valeurs et connaissances : Conceptions d'enseignants et d'étudiants libanais sur le cerveau et son épigenèse, et sur d'autres déterminismes génétiques / épigénétiques. 355 p. Th. : Didactique de la biologie : Université Claude Bernard-lyon1.

ABOU-TAYEH, P. & CLÉMENT, P. (1999). La biologie entre valeurs et connaissances : les conceptions d'étudiants libanais sur le cerveau. In *L'actualité de la recherche en didactique des sciences et des techniques.* Actes des Premières Rencontres scientifiques de l'ARDIST (Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et des Techniques), ENS Cachan pp. 81-87.

ABOU-TAYEH, P. & KOCHKAR, M. & CLÉMENT, P. (2005). Programmation ou émergence de l'identité biologique ? Analyse des conceptions d'enseignants et étudiants libanais et tunisiens sur le cerveau et l'identité humaine. In *Actes des JIES* (Journées Internationales sur l'Education Scientifique), Giordan A., Martinand J-L, et Raichvarg D., (éds). Paris : Université Paris Sud, Chamonix 27, pp .

ABROUGUI, M. (1997). La génétique humaine dans l'enseignement secondaire en France et en Tunisie : approche didactique. 297 p. Th. : Didactique de la biologie : Université Claude Bernard-lyon1 ; 254-97.

ABROUGUI M. & CLEMENT P., 1996. L'enseignement de la génétique humaine : analyse de neuf manuels scolaires français et tunisiens. *TREMA* (IUFM Montpellier), 9-10, p. 33-43.

ABROUGUI, M. & CLEMENT, P. (1996). Technique d'analyse de contenus de manuels scolaires, traitant de la génétique humaine. In *Giordan A., Martinand J.-l. et Raichvarg D., Actes JIES XVIII.*

ASTOLFI, J.P. & DEVELAY, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF, Coll. Que sais-je ? 2448.

ASTOLFI, J.-P. (1997). *Didactiques & Pédagogies*. Université d'été de l'Association Tunisienne des Etudes Didactiques (ATED). Monastir, 123 p.

ASTOLFI, J.-P. ; DAROT, E. ; GINSBOURG-VOGEL, Y. & TOUSSAINT, J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences.* Paris-Bruxelles : De Boeck Université, 193 p.

ATLAN, H. & BOUSQUET, C. (1994). *Questions de vie entre le savoir et l'opinion*. Éditions du seuil, p 7, 12, 13.

ATLAN, H. (1999). *La fin du « tout génétique » ? Vers de nouveaux paradigmes en biologie.* Paris : Editions de l'INRA. 91 p.

B

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

BACHELARD, G. (1989). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin, 1938 (14ème édition, 1989), 256 p.

BALACHEFF, N. (1995). Conception, connaissance et concept. In *DidaTech* (didactique et technologies cognitives en mathématiques), Grenoble ? Séminaire n° 157, pp 219-244.

BRONKART, J.B. (1985). VYGOTSKY, une oeuvre en devenir. In B.Schneuwly & J.B. Bronkart, (dir). Textes de base en psychologie. Vygotsky aujourd'hui Paris : Delachaux et Niestlé, pp 7-117, 237 p.

BROUSSEAU, G. (1975). Citations extraites des pages 1 à 3 de l'exposé au colloque interIREM « analyse de la didactique des mathématiques », Talence, 13-15 mars 1975.

BROUSSEAU, G. (1982). Ingénierie didactique (notes personnelles prises par Jonnaert P., 1996, lors de l'école d'été de didactique des mathématiques, juillet 1982).

BROUSSEAU, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. In RDM vol 7,2, La pensée sauvage, Grenoble.

BROUSSEAU, G. (1976). Exposé à la 28ème rencontre CIEAEM à Louvain la Neuve cité dans l'article « Théorie des situations didactiques : naissance, développement, perspectives » de Marie-Jeanne Perrin-Glorian. In Actes du colloque « *Vingt ans de didactique des maths* ». ed. RDM (Recherche en Didactique des mathématiques), la pensée sauvage.

BROUSSEAU, G. (1989). Les obstacles épistémologiques et la didactique des mathématiques. In Bednarz N., Garnier C. (eds) *Construction des savoirs*, Montréal : Editions Agence d'ARC, pp 41-63.

BROWN, A. L. (1982). Learning and development: The problems of compatibility, access and induction. (pp. 33-115). In *Human development*, 25.

BRUN, J. (1994). Evolution des rapports entre la psychologie du développement cognitive et la didactique des mathématiques. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde & P. Tavignot (dir.), Vingt ans de didactique des mathématiques en France – Hommages à Guy Brousseau et à Gérard Vergnaud (p. 67-97). Grenoble, Editions de la Pensée sauvage.

C

CANGUILHEM, G. (1965). *La connaissance de la vie*. Paris : Vrin.

CHAMBON, P. (1993). Nos gènes décident-ils de tout. In Sciences et Avenir, pp 16-22.

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

CHANGEUX, J. P. (2002). *L'homme de vérité.* Paris : Odile Jacob (Poches).

CHEVALLARD, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

CLÉMENT, P. ; BLAES, N. & LUCIANI, A. (1981). Le mythe tenace du « chromosome du crime », encore appelé « chromosome de l'agressivité »". *Raison Présente*, 54, pp 109-127.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

CLEMENT, P. ; BLAES, N. ; BLAINEAU, S. ; DEBARD, E. ; JOURDAN, F. & LUCIANI A., (1980). Biologie et société : le matin des biologistes ? In Raison Présente. 57, pp. 33-55.

CLÉMENT, P. (1984). Didactique et représentations des comportements : sans supports neurobiologiques ? *Bull. S.F.E.C.A.*, 1, pp 75-77.

CLÉMENT, P. (1993 b). Conceptions sur le cerveau : santé et normalisation. In J.CI. Beaume (dir) *La philosophie du remède,* Ed. Champ Vallon, coll. Milieux, pp 154-174.

CLÉMENT, P. (1994a). Représentations, conceptions, connaissances. In Giordan A., Girault Y., Clément P. *Conceptions et connaissances.* Berne : Peter Lang, pp 15-45.

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, pp 73-91.

CLÉMENT, P. (1996). Remarques sur les méthodes d'analyse des conceptions sur l'environnement. In *Actes des Premières Journées Francophones sur l'Enseignement des Sciences Expérimentales.* Montpellier : CIFFERSE et UNESCO (éds).

CLÉMENT, P. ; COTTANCIN, D. & FEBRE, V. (1998). Quelles conceptions sur les fondements biologiques de l'identité d'un être humain ? In *Actes des JIES* (Journées Internationales sur l'Education Scientifique), Giordan A., Matinand J-L, et Raichvarg D., (éds). Paris : Université Paris Sud, Chamonix 20, pp 181-188.

CLEMENT, P. (1997). Cerveaux d'hommes et de femmes : l'idéologie était déjà dans la revue Nature. In Actes JIES (Journées internationales sur l'éducation scientifique), A. Giordan, J.-L. Martinand, D. Raichvag (éd), Chamonix, université Paris Sud, 19, pp 267-272.

CLÉMENT, P. (1999a). La biologie entre opinions et connaissances : les conceptions d'étudiants libanais sur le cerveau. In *l'actualité de recherche en didactique des sciences et des techniques.* Actes des premières rencontres scientifiques de l' ARDIST, ENS Cachan, pp 81-87.

CLÉMENT, P. (1999). Situated conceptions. Theory and methodology. From the collection of data (on the brain) to the analysis of conceptions. In M. Méheut, G. Rebmann, *Fourth European Science Education Summerschool*: *Theory, Methodology and Results of Research in Science Education*. Ed. ESERA, SOCRATES, université Paris VII, Marly le Roi, pp 298-315.

CLÉMENT, P., ABOU-TAYEH, P. & AYAD, G. (1999). Quand les technologies se heurtent au cerveau humain. In Actes *JIES* (Journées Internationales sur l'Education Scientifique), Giordan A., Matinand J-L, & Raichvarg D. Eds. **Paris : Université Paris Sud,** Chamonix 21, pp 171-176.

CLÉMENT P. & FORISSIER T. (2000). L'identité biologique n'est pas uniquement génétique : un défi pour un enseignement citoyen. *In Actes BioED 2000, MNHN, Paris. (www.iubs.org/cbe/pdf/clement.pdf).*

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

CLÉMENT, P. (2001). Métacognition et changements conceptuels chez des enseignants scientifiques. In Res Academica. Montréal : *AIPU*.

CLÉMENT, P. & FORISSIER, T. (2001). L'identité biologique n'est pas que génétique : un défi pour un enseignement citoyen. Communication au Symposium Biohead 2000. In *The challenge of the Next Century*. Paris, 15-18 May 2000, site web CBE

CLÉMENT, P. & SAVY, C. (2001). Le cerveau des hommes et des femmes : conceptions d'universitaires algériens. In *Actes du Colloque International de Didactique de la Biologie. Recherches, innovations, formations,* Alger : ANEP, pp 151-163.

CLÉMENT, P. (2003). Didactique de la biologie : les obstacles à l'apprentissage. In G. Simoes de Carvalho et al, Saberes e practicas na formaçao de professores e educadores. Ed. FCT Min. da Ciancia e do Ensino Superior (Portugal), pp 139-154.

CLÉMENT, P. (2004). Science et idéologie : exemples en didactique et en épistémologie de la biologie, colloque Sciences, médias et société, 15-17 juin 2004, ENS-LSH, http://sciences-medias.ens-lsh.fr/article.php3?id_article=58, 12 p.

CLÉMENT, P., MOUELHI, L. & ABROUGUI, M. (2006). Héréditarisme, béhaviorisme, constructivisme : le système nerveux dans les manuels scolaires français et tunisiens. *Aster* 42. . Paris : INRP.

CRESAS, .. (1991). *Naissance d'une pédagogie interactive*. Paris : ESF.

D

DARLEY, B. (2000). *Problèmes et problématisation en sciences expérimentales*. Grenoble, LIDSE, pp. 1-7.

DELALANDE-SIMONNEAUX, L. (1995), Approche didactique et muséologique des biotechnologies de la reproduction bovine. Th : Université Claude Bernard-Lyon1, pp. 253-261.

DENNET, D. C. (1999). L'âme et le corps ? No problem! In *La Recherche, 323.*

DE PRACONTAL, M. (2000). Cerveau comment ça marche. *Le nouvel Observateur*, 1860, pp 14-30.

DEVELAY, M. (1994). *Peut-on former les enseignants* ? Paris : ESF éditeur.

DOISE, W. & MUGNY, G. (1981). *Le développement social de l'intelligence.* Paris : Inter Editions.

DOLLE, J.-M. (1991). Pour comprendre Jean Piaget. Toulouse: Privat, 245p.

E

EDELMAN, G. M. (1989). *The Remembered Present*. New York: Basic Books.

EDELMAN, G.M. (2000) – Pour une approche darwinienne du fonctionnement cérébral. *La Recherche*, 334, p.109-111.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

ELBERT, Th. & ROCKSTROH, B. (1996). Une empreinte dans le cortex des violonistes. In La Recherche, 289, pp 86-89.

F

FABRE, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaires*. Paris, PUF.

FAVRE, D. (1996). Motivation et Affectivité. *In construire et entretenir la motivation / Georges Chappaz (dir).* Université de Provence et CNPD/CRDP de Marseille : ISBN, pp 45-62.

FAVRE, D. & REYNAUD, C. (2000). Des représentations obstacles à prendre en compte dans la formation aux métiers de l'enseignement. Education et francophonie, XXVIII (2), 18 pages. (http://www.acelf.ca/revue)

FORISSIER, T. & CLEMENT P. (2001). La notion d'identité biologique dans les manuels de SVT en 1ère scientifique, in *Actes JIES* (*A.Giordan, J.L.Martinand & D.Raichvarg* eds, Univ. Paris Sud), 23, p.113-120.

FORISSIER, T. & CLEMENT, P. (2003). Teaching 'biological identity' as genome/environment interactions. In Journal of Biological Education, 37 (2). pp 85-90.

FOTTORINO, E. (1998). *Voyage au centre du cerveau*. Paris : Stock (Essais-Documents).

FREI, P.-Y. (1999). Le réductionnisme, le dualisme, le cognitivisme naturaliste. INTERNET, 2000.

G

GANDOLFO, G. & GRAMMONT, F. (2005). Les divers aspects de la neuroplasticité. Biologie Géologie 2, pp 291-312.

GILLY, M. (1988). Du cognitif…au socio-cognitif. In *le fonctionnement de l'enfant à l'école*, Journal européen de psychologie de l'éducation (numéro hors série). Lisbonne : ISPA.

GIORDAN, A. & DE VECHI, G. (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques.* Neuchâtel, Paris : Delachaux et Niestlé.

GIORDAN, A., GIRAULT, Y (1994). Utilisation des conceptions en didactique des sciences. In A. Giordan, Y. Girault & P. Clément éds, *Conceptions et connaissances*. Berne : Peter Lang, pp 47-70.

GIORDAN, A. & MARTINAND, J.L. (1988). Etat des recherches sur les conceptions des apprenants à propos de la Biologie, *Annales de la Didactique des sciences 2*, 11-63, Univ. Rouen.

GIORDAN, A. (1998). *Apprendre*! Paris : Belin, 255p.

GOUYON, P.-H. ; HENRY, J.-P. &t ARNOULD, J. (1997). *Les avatars du gène*. Paris : Belin, 336 p.

GOULD, S. J. (1983). *La mal-mesure de l'homme : l'intelligence sous la toise des savants*. Traduit de l'américain par Jacques Chabert. Paris: Ramsay. 389 p.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

GRANGER, G. G. (1993). La science et les sciences. Paris : PUF, Collection « que sais-je ».

H

HABIB, M. (1995). *Bases neurologiques des comportements*. Paris: Masson.

HASHWEH, M. Z. (1986). Toward an explanation of conceptual change. In Eur. J. Sci. Educ., vol. 8, no. 3, pp. 229-249. (article résumé par V. Mafféo).

HUBEL D.H. & WIESEL T.N. (1962). Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. In *J. physiol. 160, p. 106-154.*

I

J

JACQUARD A., (1972). *Eloge de la différence*. Paris : le Seuil.

JACQUARD, A. (1983). *Moi et les autres.* Paris : Seuil, 140 p.

JACQUARD, A. (1993). *Qu'est ce que l'hérédité* ? Paris : Grancher.

JEANNEROD, M. (1983). *Le cerveau -machine*. Paris : Fayard.

JODELET, D. (1989). *Les représentations sociales.* Paris : Presses Universitaires de France, 1989, 424 p.

JOHSUA, S. & DUPIN, J.-J. (1993). Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques. Paris : PUF, 399 p.

JONNAERT, Ph. (1988). *Conflits de savoirs et didactique.* Bruxelles : De Boeck Université, 115 p.

JONNAERT, P. (1994 b). « […] à propos du contrat didactique ! ». In cahiers de le recherche en éducation, 1 (2), pp. 195-234.

JONNAERT, Ph. & PALLASCIO, R. (1996). Les apprentissages mathématiques en situation : une perspective constructiviste. In Revue des sciences de l'éducation, vol. XXII, n° 2, pp. 227-252.

JONNAERT, Ph. (2002). *Compétences et socioconstructivisme - Un cadre théorique*, Bruxelles : De Boeck.

K

KAHN, A. (2000). *Et l'Homme dans tout ça ?* Paris : NiL éditions, pp 178-179, 376 p.

KOCHKAR, M., MOUELHI, L., ABOU-TAYEH, P. & CLÉMENT, P. (2002). Les différences hommes-femmes : l'argument « grosses têtes » est plus utilisé en Tunisie et au Liban qu'en France. In *Actes des JIES* (Journées Internationales sur l'Education Scientifique), A. Giordan, J.-L. Martinand, & D. Raichvarg, (éds). Paris : Université Paris Sud, Chamonix 24, pp 317-322.

KUHN, T. (1970). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

KUHN, T. (1983). *La structure des révolutions scientifiques.* Ouvrage traduit de l'américain par Laure Meyer. Paris : Flammarion, 284 p.

KUPIEC, J. J., SONIGO, P. (2000). *Ni Dieu ni gène : pour une autre théorie de l'hérédité.* Paris : Seuil (science ouverte), 234 p.

KUPIEC, J.-J. (2005). Un ordre humain, trop humain… *Hors- Série Sciences et Avenir*, 143, pp 30-34.

L

LAROCHE, S. (2006). Comment les neurones stockent les souvenirs. In Les dossiers de La Recherche, 22, pp 28-36.

LA ROCHELLE, M. & DESAUTELS, J. (1992). *Autours de l'idée de science, itinéraires cognitifs d'étudiants.* Bruxelles : De Boeck.

LIEURY, A. (1996). Motivation et Mémoire. *In construire et entretenir la motivation / Georges Chappaz (dir).* Université de Provence et CNPD/CRDP de Marseille : ISBN, pp 75-86.

LHOSTE, Y. (2005). Argumentation sur les possibles et construction du problème dans le débat scientifique en classe de 3è sur le thème de la nutrition. Aster 40, p. 153.

M

MARGOLINAS, C. (1993). *De l'importance du vrai et du faux dans les classes mathématiques.* Grenoble : Editions de la pensée sauvage.

MARTINAND, J. L. (1989). Sur les objectifs obstacles, à chercher la référence exacte

MARTINAND, J. L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.

MARTINAND, J-L. (1992). Présentation. In *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris: INRP.

MASAO, I. (1994). La plasticité des synapses. in *La Recherche*, 267, pp 778-785.

MEIRIEU, Ph. (1991). *Le choix d'éduquer, Éthique et pédagogie*. Paris : ESF éditeur.

MORF, A. (1994). Une épistémologie pour la didactique : spéculations autour d'un aménagement conceptuel, *Revue des Sciences de l'Éducation*, **22(1)**, 29-40.

MOUELHI, L. & CLÉMENT, P. (2004). La faible place des supports biologiques de la pensée dans les enseignements sur le corps humain en Tunisie et en France. In *Actes des JIES* (Journées Internationales sur l'Education Scientifique), A. Giordan, J.-L. ; Matinand, et D. Raichvarg, (éds). Paris : Université Paris Sud, Chamonix 26.

MOUELHI, L. ; KOCHKAR, M. ; FORISSIER, T. & CLÉMENT, P. (2002). Le culte de pavlov et de Skinner dans l'enseignement secondaire tunisien. In *Actes des JIES* (Journées Internationales sur l'Education Scientifique), A. Giordan, J.-L. Martinand, et D. Raichvarg, (éds). Paris : Université Paris Sud, Chamonix 24, 177-184.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

MOSCOVICI, S. (1976). *La psychanalyse son image et son public.* Paris : P U F. 1re édition 1961. 2ème édition 1976.

N

NDIAYE, V. & CLÉMENT, P. (1998). Analyse des conceptions d'élèves-professeurs au Sénégal, sur le cerveau : prégnance du dualisme cartésien ? *Liens, nouvelle série*, Dakar, ENS, 1, pp 3-15.

NEUBAUER, (2003). Les mille facettes de l'intelligence. In Cerveau & psycho n° I, pp 46-50.

O

ORANGE, C. (2000). Les investigations empiriques, construction de problèmes et savoirs scientifiques. In LARCHER C. coord. La pratique expérimentale dans la classe. Paris : INRP.

ORANGE, Ch. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Problème et problématisation*. Aster, 40, pp 3-11.

P

PERRENOUD, P. (1997). *Construire des compétences dès l'école*. Paris : ESF éditeur.

PERRET-CLERMONT, A. - N. (1979). *La constructin de l'intelligence dans l'interaction sociale*. Berne : Peter Lang.

PERRET-CLERMONT, A. - N. (1980). Recherches en psychologie sociale et activité éducative. In Revue française de pédagogie, 53. Paris : INRP.

PIAGET, J. (1992). *Biologie et Connaissance, Essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs*. Paris : Delachaux et Niestlé. 346 p.

POSNER, K. R. ; STRIKE K, A. ; HEWSON, P. W. & GERTZOG, W. A. (1982). Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. Science Education, Vol. 66, 2, pp 211-227.

PROCHIANTZ, A. (1993). *La construction du cerveau*. Paris : Hachette.

PURVES, D. & al. (1999). *Neurosciences*. Paris, Bruxelles : De Boeck Université (604 pages). Traduit de l'anglais par COQUERY J-M.

R

REVOY, N. & BOURDIAL, I. (2005). Pourquoi Dieu ne disparaîtra jamais. *Sciences & Vie*, 1055, pp 47- 66.

RICHARD, J.-F. (1990). *Les activités mentales.* Paris : Armand Colin.

RONDI-REIG, Y . & al. (2001). Transgenic mice with neuronal over expression of bcl-2 gene present navigation disabilities in a water tank. In Neuroscience.

RUEL, F. (1994). La complexification conceptuelle des représentations sociales discursives à l'égard de l'apprentissage et de l'enseignement chez des futurs enseignants et enseignants de sciences. Th : Département de didactique : Faculté d'éducation, Université Laval, Sainte-Foy.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

RUMELHARD, G. (1986). *La génétique et ses représentations dans l'enseignement.* Berne : Peter Lang.

RUMELHARD, G. (2005). Problématisation et concept de paradigme approche épistémologique, psychologique, sociologique. *Aster,* 40. Paris : INRP, pp 205-223.

S

SAVY, C. ; ABOU-TAYEH, P. & CLÉMENT, P. (2000). Conceptions d'étudiants et d'enseignants algériens, libanais et français sur le cerveau et les comportements humains. In Actes du colloque international de didactique de la biologie, Alger, pp 127-149.

SCHIFF, M. (1982). *L'intelligence gaspillée. Inégalité sociale, injustice scolaire.* Paris : Seuil.

SEARLE, J.R. (1996). Deux biologistes et un physicien en quête de l'âme. In *La Recherche*, 287, pp 62-77.

STAVY, R. and BERKOVITS B. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching aspects of the concept of temperature. *Science Education,* 64, pp 679-692.

T

TEKKARI, S. (2006). Difficultés de mobilisation de raisonnements écosystémiques chez des élèves et des futurs enseignants dans des problèmes d'environnement et de santé : le cas de l'adaptation des microorganismes à l'usage des antibiotiques. 329 p. Th : Didactique de la biologie : ISEFC-Université de Tunis.

TERRISSE, A. ; MARTINAND, J.-L. ; RAISKY C. & JONNAERT P. (2001). *Didactique des disciplines : les références au savoir*. Paris : De Boeck Université.

V

VARELA, F. J. (1989). *Connaître les sciences cognitives tendances et perspectives*. Paris : éditions du Seuil.

VARELA, F. J. (1998). *L*e cerveau n'est pas un ordinateur. *La Recherche*.

VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *RDM*, vol. 10, ndeg 23, pp 133-170.

VIDAL, C. (1996). Le cerveau a-t-il un sexe ? *La Recherche*, 290, pp 26-27.

VIDAL, C. (2001). Quand l'idéologie envahit la science du cerveau. ? *La Recherche, hors série 6, « Masculin-Féminin », pp 75-79.*

VYGOTSKY, L. S. (1934, traduction française 1985). *Pensée et Langage,* Paris : Ed. Sociales, p 158.

W

Wu, C.-T. & MORRIS, J. (2001). Un gène n'est-il qu'un simple segment d'ADN ? In La Recherche 348, pp 57-60.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

X

XAVIER, R. & DE KETELE, J.-M. (1999). Une pédagogie de l'intégration : compétences et intégration des acquis dans l'enseignement. In PED (Pédagogies en développement). Paris-Bruxelles : De Boeck Université, pp. 27-43.

Dictionnaires et manuels scolaires :

Sciences de la Vie et de la Terre. (2001). 1re S. nouveau programme. Paris : Hatier.

Sciences de la Vie et de la Terre. (2001). 1re S. nouveau programme. Paris : Bordas.

ABROUG, R. & al (2001). *Sciences naturelles pour la 3ème année math. Lettres. Technique. Economie et gestion.* Tunis : CNP, 141 p. (Manuel scolaire).

MORIN, Y. (dir.) (1991). Encyclopédie médicale de la famille (adaptation française de : THE HOME MEDICAL ENCYCLOPEDIA). Paris : Larousse Sélection, 1151 p.

AIMÉ-GENTY, N. (dir.). (1997). LE CERVEAU. Dictionnaire encyclopédique. Paris : Vuibert, 196p.

UNIVERSALIS (1997).

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

ABOU-TAYEH, P. 63, 104, 106, 113, 262.	**JOHSUA, S.** 36.
ABROUGUI, M. 4, 19, 22, 61, 63, 73.	**JONNAERT, Ph.** 11, 24, 35, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 48.
AIMÉ-GENTY, N. 114, 115.	**KAHN, A.** 93, 120, 138, 142, 164.
ASTOLFI, J.-P. 5, 9, 17, 18, 21, 25, 31, 32, 33.	**KOCHKAR, M.** 63, 102, 113.
ATLAN, H. 13, 56, 59, 60, 61, 63, 64, 15, 66, 71, 74, 75, 76, 120, 121, 124, 166, 237, 248.	**KUHN, T.** 31, 33, 46, 60.
BACHELARD, G. 17, 18, 31, 36, 46.	**KUPIEC, J. J.** 62, 74.
BALACHEFF, N. 17, 171.	**LAROCHE, S.** 29, 69.
BORDAS 114, 202, 203, 204.	**LA ROCHELLE, M.** 15.
BRONKART, J.B. 6.	
BROUSSEAU, G. 17, 18, 21, 34, 38, 41, 44, 171.	**LHOSTE, Y.** 199.
BROWN, A. L. 43.	**LIEURY, A.** 29, 248.
BRUN, J. 35.	**MARGOLINAS, C.** 34.
CANGUILHEM, G. 18, 20.	**MARTINAND, J. L.** 9, 21, 181.
CHAMBON, P. 59, 73, 132.	**MASAO, I.** 53.
CHANGEUX, J. P. 23, 30, 51, 63, 65, 67, 68, 94, 118, 154, 250, 254, 269.	**MEIRIEU** 37.
CHEVALLARD, Y. 46.	**MORF, A.** 41.
CLÉMENT, P. 1, 2, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 0, 22, 23, 33, 51, 54, 55, 56, 63, 69, 70, 72, 73, 74, 76, 78, 82, 86, 87, 94, 99, 104, 106, 107, 109, 113, 117, 119, 129, 142, 144, 151, 155, 171, 172, 177, 181, 192, 203, 211, 238, 262.	**MOSCOVICI, S.** 9.
CRESAS, 25**.**	**MOUELHI, L.** 63.
DARLEY, B. 36, 37.	**NDIAYE, V.** 4, 104.
DELALANDE-SIMONNEAUX, L. 33, 262.	**NEUBAUER,** 93, 138.
DENNET, D. C. 19, 52.	
DE PRACONTAL, M. 57.	
DEVELAY, M. 9, 27.	**ORANGE, C.** 32, 47.
DOISE, W. 9, 26, 27, 32.	**PERRENOUD, P.** 27.
DOLLE, J.-M. 21.	**PERRET-CLERMONT, A. - N.** 26, 32.
EDELMAN, G. M. 23, 53, 63, 94, 254.	**PIAGET, J.** 25**,** 27, 32, 44, 76.
ELBERT, Th. 30, 70, 127.	**POSNER, K. R.** 31.
FABRE, M. 36, 38.	**PROCHIANTZ, A.** 69, 73, 77, 120.
FAVRE, D. 27, 29, 42, 44, 108, 109.	**PURVES, D.** 69, 93, 115, 124, 152.
FORISSIER T. 63, 82, 129, 192, 262.	**REVOY, N.** 145.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

FOTTORINO, E.	52, 53, 63, 69, 94.	**RICHARD, J.-F.**	9.
FREI, P.-Y.	52.	**RONDI-REIG, Y.**	40.
GANDOLFO, G.	29, 30, 115.	**RUEL, F.**	24.
GILLY, M.	32.	**RUMELHARD, G.**	31, 33, 60, 62, 77, 78.
GIORDAN, A.	5, 9, 15, 18, 139, 181.	**SAVY, C.**	104.
GOULD, S. J.	40, 47, 71, 73, 93, 98.	**SCHIFF, M.**	145.
GOUYON, P.-H.	75, 77, 152.	**SEARLE, J.R.**	52.
HABIB, M.	54, 56, 67, 69.	**STAVY, R.**	27.
HASHWEH, M. Z.	15.	**TEKKARI, S.**	199.
HATIER	114, 201, 202, 203, 204, 227.	**TERRISSE, A.**	42.
		UNIVERSALIS	76.
HUBEL D.H.	76.	**VARELA, F. J.**	53.
JACQUARD A.	67, 73, 74, 76, 138, 254, 271.	**VERGNAUD, G.**	20.
JEANNEROD, M.	26, 65, 139.	**VIDAL, C.**	29, 55, 56, 65, 71, 72, 115, 268.
JODELET, D.	9.	**VYGOTSKY, L. S.**	24, 27, 28, 43.
		Wu, C.-T.	58.
		XAVIER, R.	26.

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Tables des illustrations

1. Table des tableaux qui illustrent le corps de la thèse:

N° de tableaux	Titres des tableaux	N° de pages
Les tableaux qui suivent illustrent le chapitre II : Première partie : Analyse des conceptions d'enseignants et futurs enseignants		
1	Les âges du public interrogé.	84
2	Les diplômes du public interrogé.	84
3	Les appartenances sexuelles du public interrogé.	85
4	Les sources d'information du public interrogé.	85
5	Les réponses aux deux premières questions fermées.	95
6	Les arguments des deux premières questions	96
7	Les arguments évoquant les neurones et les synapses et ceux mentionnant l'influence de l'environnement sur le cerveau	96
8	Les arguments de type craniologique des deux premières questions.	97
9	Les réponses de futurs enseignants des SVT aux deux premières questions fermées.	100
10	Les réponses d'enseignants des SVT aux deux premières questions fermées.	101
11	Les réponses d'enseignants non biologistes aux deux premières questions fermées.	102
12	Fréquence des arguments de type crâniologique au Liban	103
13	Fréquence des arguments de type crâniologique en France	103
14	Comparaison des fréquences des arguments de type crâniologique avec d'autres échantillons étrangers	104
15	La catégorisation des citations accrochées à la bardane du cerveau (question 3).	106
16	La catégorisation des légendes du dessin du cerveau (question 4).	110
17	Répartition des réponses à la question 4 (dessin du cerveau).	111
18	La comparaison entre les résultats d'Abou Tayeh / Clément et les nôtres	113
19	Les réponses à la question 5 fermée et ouverte.	117
20	Les réponses à la question 6-1 fermée	121
21	Les arguments relatifs à la question 6-1 ouverte	122
22	Les réponses à la question 6-2 fermée	124
23	Les arguments relatifs à la question 6-2 ouverte	125
24	Les réponses à la question 6-3 fermée	127
25	Les arguments relatifs à la question 6-3 ouverte	128
26	Les réponses à la question 6-4 fermée	130
27	Les arguments relatifs à la question 6-4 ouverte	131
28	Les réponses à la question 6-5 fermée	133
29	Les arguments relatifs à la question 6-5 ouverte	134
30	Les réponses à la question 6-6 fermée	136
31	Les arguments relatifs à la question 6-6 ouverte	136
32	Les réponses à la question 6-7 fermée	139
33	Les arguments relatifs à la question 6-7 ouverte	140
34	Les réponses à la question 6-8 fermée	143
35	Les arguments relatifs à la question 6-8 ouverte	143
36	Les réponses à la question 6-9 fermée	146
37	Les arguments relatifs à la question 6-9 ouverte	146
38	La comparaison entre les réponses aux questions 6-5 et 6-9. fermées	148
39	Les similitudes et les différences entre les réponses aux questions 6-5 et 6-9.	149
40	Un tableau récapitulatif des réponses aux sous questions fermées de la question 6 (oui ou non par rapport à un déterminisme génétique).	150
41	Un tableau récapitulatif des arguments relatifs aux sous questions ouvertes de la question 6.	151
42	Les définitions de la question 7a.	153
43	Les réponses à la question 7b.	156
44	Les citations accrochées à la bardane du gène (question 8).	161
45	Les statistiques des citations accrochées à la bardane du cerveau et à celle du gène (questions 3 et 8)	163
46	Les réponses aux questions 9a et 9b fermées.	165

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

47	Les arguments relatifs à la question 9a ouverte.	168
48	Les arguments relatifs à la question 9b ouverte.	169
49	Un extrait du tableau 12 qui montre le nombre et le pourcentage des personnes qui ont donné une définition correcte des termes « neurone », « synapse » et « réseau neuronal ». Remarque : le total des pourcentages de chaque colonne ne fait pas 100 % car la même personne peut donner une définition correcte de deux ou de trois termes.	175
50	Un tableau récapitulatif qui montre la part de chaque échantillon dans l'utilisation de termes « neurone », « synapse » et « réseau neuronal » dans les questions 1, 2, 3 et 4.	176
Les tableaux qui suivent illustrent le chapitre III Deuxième partie : Analyse d'éventuels changements conceptuels après un enseignement sur l'épigenèse cérébrale		
51	Age	184
52	Diplômes	184
53	Sex-ratio	185
54	Les sources d'information les plus utilisées	185
55	Grille de catégorisation des conceptions KV	193, 194, 195.
56	Le programme français adapté pour les lycéens tunisiens de la classe de 3ème année secondaire de 3ème math (1ère S en France)	200
Analyse et interprétation des résultats relatifs aux élèves		
57	Résultats des réponses aux questions 1 et 2 fermées	207
58	Résultats des réponses aux questions ouvertes sur le cerveau (questions 1, 2 et 4)	208
59	Résultats des réponses à toutes les questions ouvertes (questions KV) en pré-test	208
60	Diagonalisation de Bertin	212
61	La comparaison des réponses au pré et au post-test	214
62	Les occurrences des termes de la question 6	215
63	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.2 (définition du cortex cérébral)	216
64	Des exemples de réponses à la question 6.2 (cortex)	217
65	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.4 (plasticité)	218
66	Des exemples de réponses à la question 6.4 (plasticité)	219
67	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.3 (synapse)	219
68	Exemples de réponses à la question 6.3 (synapse)	220
69	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 4 (bardane du cerveau)	220
70	Les occurrences des termes pivots prononcés en classe dans les deux leçons TP 12 et 13	221
71	Des exemples de réponses à la question 4 (bardane du cerveau)	222
72	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.1 (neurone)	223
73	Exemples de réponses à la question 6.1 (neurone)	223
74	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.5 (épigenèse)	224
75	Des exemples de réponses à la question 6.5 (épigenèse)	225
76	Comparaison des réponses au pré et post-test dans les questions KV	226
77	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 2 (différences de cerveaux)	229
78	Des exemples de réponses à la question 2 (différences de cerveaux)	230
79	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 1 (différences de comportements)	231
80	Des exemples de réponses à la question 1 (différences de comportements)	232

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

81	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 10 (clonage)	233
82	Des exemples de réponses à la question 10 (clonage)	234
83	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 3 (vrais jumeaux)	235
84	Des exemples de réponses à la question 3 (vrais jumeaux)	236
85	Les réponses au pré et au post-test relatives aux questions 5.2, 5.3, 5.4 et 5.5	236
86	Des exemples de réponses des questions 5.2, 5.3, 5.4 et 5.5	237
Analyse et interprétation des résultats relatifs aux étudiants du DEA didactique de la biologie		
87	Le nombre et le pourcentage des lignes réservées à chaque thème dans le cours	242
88	Les occurrences des termes de la question 6	243
89	La diagonalisation de Bertin	244
90	La comparaison des réponses au pré et au post-test	246
91	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.5 (plasticité)	248
92	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.7 (épigenèse)	250
93	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 4 (bardane du cerveau)	251
94	Des exemples de réponses à la question 4 (bardane du cerveau)	252
95	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 5 (dessin du cerveau)	253
96	Des exemples de réponses à la question 5 (dessin du cerveau)	253
97	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.4 (réseau neuronal)	254
98	Des exemples de réponses à la question 6.4 (réseau neuronal)	255
99	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.2 (cortex cérébral)	255
100	Des exemples de réponses à la question 6.2 (cortex cérébral)	256
101	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 6.1 (neurone) et 6.2 (synapse)	256
102	Des exemples de réponses à la question 6.1 (neurone) et 6.2 (synapse)	257
103	Les réponses au pré et au post-test relatives aux questions 8 (fonctions du gène) et 9 (bardane du gène)	257
104	Des exemples de réponses aux questions 8 (fonctions du gène) et 9 (bardane du gène)	259
105	Comparaison des conceptions au pré et au post-test	260
106	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question10 (clonage)	264
107	Des exemples de réponses à la question 10 (clonage)	266
108	Les réponses au pré et au post-test relatives à questions 1et 2	267
109	Des exemples de réponses des questions 1 (différences de comportements) et 2(différences de cerveaux)	268
110	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 3 (vrais jumeaux)	269
111	Des exemples de réponses à la question 3 (vrais jumeaux)	270
112	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 7.6 (très bon à l'école)	270
113	Des exemples de réponses à la question 7.6 (très bon à l'école)	271
114	Les réponses au pré et au post-test relatives à la question 7.4 (rougeole)	272
115	Des exemples de réponses à la question 7.4 (rougeole)	273
116	Les réponses au pré et au post-test relatives aux questions 7.7, 7.3, 7.5 et 7.8 (agressivité, violoniste, alcoolisme et croyance)	274
117	Des exemples de réponses aux questions 7.7, 7.3, 7.5 et 7.8 (agressivité, violoniste,	276

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

	alcoolisme et croyance)	
118	Comparaison des changements entre le pré et le post-test par sex-ratio	278
119	Comparaison des changements entre le pré et le post-test par âge	279
120	Comparaison entre le pré et le post-test des taux de temps et de changement	280
	Analyse et interprétation des résultats relatifs aux apprenants-enseignants biologistes	
121	Le nombre et le pourcentage des lignes réservées à chaque thème dans la visioconférence	285
122	Les occurrences des termes de la question 6	286
123	La diagonalisation de Bertin des résultats	287
124	La comparaison des réponses au pré et au post-test	289
125	Les réponses individuelles au pré et au post-test relatives à la question 4 (bardane sur le cerveau)	291
126	Des exemples de réponses à la question 4 (bardane du cerveau)	292
127	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatifs à la question 6.7 (épigenèse)	293
128	Des exemples de réponses à la question 6.7 (épigenèse)	294
129	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatifs à la question 6.5 (plasticité)	295
130	Des exemples de réponses à la question 6.5 (plasticité)	296
131	Les changements entre le pré et le post-test relatifs à la question 6.4 (réseau neuronal)	296
132	Des exemples de réponses à la question 6.4 (réseau neuronal)	297
133	Les changements entre le pré et le post-test relatifs à la question 5 (dessin du cerveau)	298
134	Des exemples de réponses à la question 5 (dessin du cerveau)	299
135	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatifs à la question 6.3 (synapse)	299
136	Des exemples de réponses à la question 6.3 (synapse)	300
137	Les changements entre le pré et le post-test relatifs à la question 8 (fonctions du gène) et 9 (bardane du gène)	301
138	Des exemples de réponses de la question 8 (fonctions du gène) et 9 (bardane du gène)	302
139	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatifs à question 6.1 (neurone) et 6.2 (cortex cérébral)	303
140	Des exemples de réponses à la question 6.1 (neurone) et 6.2 (cortex cérébral)	304
141	La comparaison des réponses au pré et au post-test dans les questions KV	304
142	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatifs aux questions 1, 2 et 3	307
143	Des exemples de réponses des questions 1, 2 et 3	308, 309
144	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatifs à la question 10 (clonage)	310
145	Des exemples de réponses à la question 10 (clonage)	311
146	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatifs à la question 7.6 (très bon à l'école)	312
147	Des exemples de réponses à la question 7.6 (très bon à l'école)	313
148	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatifs à la question 7.7 (agressivité)	314
149	Des exemples de réponses à la question 7.7 (agressivité)	315
150	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatifs à la question 7.3 (violoniste)	315
151	Des exemples de réponses à la question 7.3 (violoniste)	316
152	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatifs aux questions 7.5 (prédisposition génétique à être alcoolique), 7.4 (prédisposition génétique à être immunisé contre la rougeole) et 7.8 (prédisposition génétique à être croyant en Dieu)	317

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

153	Des exemples de réponses à la question 7.5, 7.4 et 7.8	318
154	Des exemples de réponses aux questions K de l'Apprenant-enseignant biologiste 2	320
155	Des exemples de réponses aux questions KV de l'Apprenant-enseignant biologiste 2	321
156	Des exemples de réponses aux questions K de l'Apprenant-enseignant biologiste 1	322
157	Des exemples de réponses aux questions KV de l'Apprenant-enseignant biologiste 1	323
158	La comparaison des changements par sex-ratio	324
159	La comparaison des changements par source d'information	325
160	La comparaison entre le temps et le taux de changement conceptuel	327
161	La comparaison des taux de changement chez les deux échantillons de biologistes	328
162	La comparaison des catégories de taux de changement chez les deux échantillons de biologistes	329
Analyse et interprétation des résultats relatifs aux apprenants-enseignants non biologistes		
163	La diagonalisation de Bertin des résultats	333
164	La comparaison des réponses avant et après l'apprentissage	335
165	La comparaison des trois échantillons qui ont suivi le même professeur	335
166	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatives à la question 6.7 (épigenèse)	337
167	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatives à la question 6.5 (plasticité)	338
168	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatives à la question 4 (bardane du cerveau)	339
169	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatives aux questions : 6.1 (définition du neurone), 6.2 (définition du cortex cérébral), 6.3 (définition de synapse) et 6.4 (définition du réseau neuronal)	340
170	Les réponses individuelles au pré et le post-test relatives aux questions 5 (dessin du cerveau), 8 (fonctions du gène) et 9 (bardane sur le gène)	341
171	La comparaison des réponses au pré et au post-test dans les questions KV	342
172	La comparaison des changements par sex-ratio	345
173	La comparaison des changements par âge	346
174	La comparaison des changements par diplôme	347
175	La comparaison des taux de conceptions E et des conceptions Ep dans les 4 échantillons de la 2ème partie, avant et après l'apprentissage.	349
176	Un résumé des changements dans les 4 échantillons de la deuxième partie	351
Les tableaux qui suivent illustrent le chapitre IV : Discussion générale, Conclusions et Perspectives du Travail complet		
177	Les changements relatifs aux connaissances K dans les 4 échantillons.	357
178	Les changements relatifs aux connaissances et aux valeurs KV dans les 4 échantillons.	358

2. Table des tableaux qui illustrent l'annexe 1, relatif à la première partie : Analyse des conceptions des enseignants et futurs enseignants

N° des annexes	N° des tableaux de l'annexe	Titres des tableaux	N° des pages
1.1.	A 1	Renseignements fournis dans le questionnaire sur les 74	389

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Caractéristiques des échantillons		professeurs de SVT.	
	A 2	Renseignements fournis dans le questionnaire sur les 43 professeurs d'autres disciplines.	392
	A 3	Renseignements fournis dans le questionnaire sur les 60 futurs professeurs de SVT SN4.	395
	A 4	Renseignements fournis dans le questionnaire sur les 98 futurs professeurs de SVT SN3.	396
	A 5	Répartition des sources d'informations par sexe et par catégorie de professeurs.	398
	A 6	Répartition des sources d'informations par catégorie de professeurs.	399
	A 7	Répartition des sources d'informations groupées par catégorie de professeurs.	400
	A 8	Répartition des diplômes par sexe et par catégorie de professeurs.	401
	A 9	Répartition des diplômes par catégorie de professeurs.	401
1.2. Questions 1 et 2	A 10	Répartition (par : sexe, catégorie de professeurs et catégorie de réponses) de toutes les réponses aux deux premières questions fermées.	402
	A 11	Nombre et pourcentage des réponses aux deux premières questions fermées par catégorie de professeurs.	402
	A 12	Répartition des arguments relatifs aux deux premières questions ouvertes par sexe et par catégorie de professeurs (tableau complet).	403
	A 13	Répartition des arguments relatifs aux deux premières questions ouvertes par catégorie de professeurs (tableau allégé).	404
	A 14	Echantillon de réponses intégrales des personnes interrogées à la question 2 ouverte (différences entre les cerveaux des hommes et des femmes)	405
	A 15	Echantillon de réponses intégrales des personnes interrogées à la question 1 ouverte (différences entre les comportements des hommes et des femmes)	406
1.3. Question 3	A 16	Répartition des mots et des expressions accrochés au terme « cerveau » par catégorie de professeurs (question 3 : bardane du cerveau).	407
	A 16.1	Liste intégrale des mots et expressions accrochés à la bardane du cerveau (question 3)	408
1.4. Question 4	A 17	Catégorisation des dessins anatomiques dans la question 4 par catégorie de professeurs.	410
1.5. Question 5	A 18	Echantillon de réponses intégrales à la question 5 ouverte « Donnez-en une courte définition ».	411
	A 19	Répartition des réponses à la question 5 fermée « connaissez-vous les termes suivants » de l'échantillon entier (N = 275).	411
	A 20	Répartition des réponses à la question 5 ouverte « Donnez-en une courte définition » de l'échantillon entier (N = 275).	412
1.6. (Question 6)	A 21	Répartition des réponses « oui » et « non » à la question 6 fermée des professeurs de SVT.	413
	A 22	Répartition des réponses « oui » et « non » à la question 6 fermée des futurs professeurs de SVT.	414
	A 23	Répartition des réponses « oui » et « non » à la question 6 fermée des professeurs d'autres disciplines.	414
	A 24	Répartition des arguments relatifs à la question 6 ouverte des professeurs de SVT.	415
	A 25	Répartition des arguments relatifs à la question 6 ouverte des futurs professeurs de SVT.	416
	A 26	Répartition des arguments relatifs à la question 6 ouverte des professeurs d'autres disciplines.	416
	A 27.1	Exemples de réponses à la question 6-1 fermée et ouverte.	417
	A 27.2	Exemples de réponses à la question 6-2 fermée et ouverte.	417
	A 27.3	Exemples de réponses à la question 6-3 fermée et ouverte.	417
	A 27.4	Exemples de réponses à la question 6-4 fermée et ouverte.	418

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

	A 27.5	Exemples de réponses à la question 6-5 fermée et ouverte.	418
	A 27.6	Exemples de réponses à la question 6-6 fermée et ouverte.	418
	A 27.7.a	Exemples de réponses à la question 6-7 fermée et ouverte.	418
	A 27.7.b	Exemples de réponses contradictoires entre la question 6-7 fermée et la question 6.7 ouverte.	419
	A 27.7.c	Exemples de réponses humoristiques à la question 6-7.	419
	A 27.8	Exemples de réponses à la question 6-8 fermée et ouverte.	419
	A 27.9	Exemples de réponses à la question 6-9 fermée et ouverte.	419
1.7. Pas d'annexe pour la question 7			
1.8. Question 8	A 27.10	Liste intégrale des mots et expressions accrochés à la bardane du gène (question 8)	420
1.9. Question 9	A 28.1	Catégorie «Refus éthique ».	422
	A 28.2	Echantillon des réponses intégrales appartenant à la catégorie «Hérédité de l'intelligence » dans les questions 9a et 9b fermées et ouvertes.	422
	A 28.3	Echantillon des réponses intégrales appartenant à la catégorie «L'intelligence n'est pas héréditaire » dans les questions 9a et 9b fermées et ouvertes.	423
	A 28.4	Echantillon des réponses intégrales appartenant à la catégorie «Dualisme cartésien » dans les questions 9a et 9b fermées et ouvertes.	424
	A 28.5	Echantillon des réponses intégrales appartenant à la catégorie «Ne comprend pas ou justifie hors sujet » dans les questions 9a et 9b fermées et ouvertes.	424
	A 28.6	Echantillon des réponses intégrales appartenant à la catégorie «Ne connaît pas l'image (clonage) d'Einstein » dans les questions 9a et 9b fermées et ouvertes.	425

3. Table des figures qui illustrent les chapitres I et III

N° des figures	Titres des figures	N° des pages
1	Les conceptions situées	10
2	La métaphore de l'iceberg	11
3	L'analyse des conceptions	12
4	Les conceptions en tant qu'interaction KVP	14
5	Triangle didactique (modifié par moi-même)	46
6	La représentation schématique des phénomènes épigénétiques	67
7	Les principales étapes de l'épigenèse par stabilisation sélective des synapses	68
8	Trois modèles explicatifs de la relation génotype/phénotype/ environnement	192

4. Table d'histogrammes qui illustrent le chapitre III

N° d'histogrammes	Titres d'histogrammes	N° des pages
Les histogrammes qui suivent appartiennent à la deuxième partie		
1	Les changements de réponses entre le pré et le post-test pour les questions de connaissances (questions K) chez les élèves.	215
2	Les changements de réponses entre le pré et le post-test pour les questions de connaissances et valeurs (questions KV) chez les élèves.	228
3	Les changements de réponses entre le pré et le post-test pour les questions de connaissances (questions K) chez les étudiants.	247
4	Les changements de réponses entre le pré et le post-test pour les questions de connaissances et valeurs (questions KV) chez les étudiants.	263
5	Le nombre de changements de réponses entre le pré et le post-test pour les questions K et les questions KV chez chaque étudiant	277

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

6	Les enseignants biologistes font plus de changement dans les questions traitées en visioconférence (les questions relatives au cerveau n° 4, 6.7, 6.5, 6.4 et 5)	290
7	Le nombre d'apprenants-enseignants biologistes qui ont fait un changement relatif aux questions de connaissances (Ka et Kn) dans chaque question	306
8	Les types de changements de réponses entre le pré et le post-test chez chaque apprenant-enseignant biologiste	319
9	Le nombre d'apprenants-enseignants non biologistes qui ont ont fait un changement relatif aux connaissances (Ka et Kn) dans chaque question	336
10	Les types de changements conceptuels survenus chez chaque apprenant-enseignant non biologiste	334

5. Table des documents qui ont illustré les trois cours sur l'épigenèse cérébrale et qui figurent dans les annexes 2.1, 2.2 et 2.3

N° d'annexes	Titres des documents	N° des pages
2.8 Transcription du cours des élèves	Figure b. Cerveaux de jumeaux et de non jumeaux (Hatier 2001, p 174)	458
	Figure 2. Activité cérébrale et perception des objets (Hatier 2001, p 175)	430
	Figure 4. Représentations corticales ou « cartes topographiques » du cortex somatosensoriel chez l'homme (Hatier 2001, p 176)	433
	Figure 6 Représentations corticales du cortex somatosensoriel chez le rat (Hatier 2001, p 177)	438
	Figure 8. Représentations corticales sensorielles des vibrisses chez le rat (Hatier 2001, p 178)	443
	Figure 9. Mise en place du cortex somatosensoriel des vibrisses chez le rat dans deux conditions différentes (Hatier 2001, p 179)	449
	Figure 12. Modifications fonctionnelles du cortex somatosensoriel d'un singe hibou de stimulations préférentielles (Hatier 2001, p 180)	467
	Figure 14. Evolution du cortex somatosensoriel après suppression des messages afférents (Hatier 2001, p 181)	471
	Figure de la plasticité cérébrale (Hatier 2001, p 187)	481
	Figure 6. Le cerveau des violonistes (Hatier 2001, p 188)	476
	Figure 1. Modifications de la « cartographie » du cortex somatosensoriel chez le singe hibou à la suite de l'amputation d'un doigt (Bordas 2001, p 228)	484
	Figure d'Emmanuelle Laborit (Bordas 2001, p 231)	486
2.8 et 2.9 Transcriptions du cours des étudiants et de la visioconférence	Document 1. Deux schémas explicatifs	503, 562
	Document 2. Identité biologique	564
	Document 4. le cerveau et le comportement en interactions	541
	Document 5.Modèle de la stabilisation sélective des synapses	509, 573
	Document 6.Théorie de l'épigenèse telle qu'elle a été définie par Edelman (2000)	513, 579
	Document 7. Croissance des arborisations dendritiques de neurones du cortex cérébral chez l'homme après la naissance	507, 571
	Document 8. Variabilité du phénotype neuronal chez les vrais jumeaux	535, 576
	Document 13. Schéma de diverses modalités d'articulations neuroniques dans les centres nerveux	508
	Document 15. Schéma général (très simplifié) de l'organisation de l'équilibration	517
	Document 23. Evolution de la densité des synapses au cours du développement du cortex visuel primaire chez les diverses espèces de mammifères – rat, chat, macaque, homme	521
	Document I. les races n'existent pas	549, 596
	Document II. Les bouleversantes révélations de l'exploration du génome humain	548
	Document III. Génome humain : vérités dérangeantes	591
	Document IV. Du noyau au gène	547
	Document V. Séquençage des génomes différents	544
	Document VI. Les nouveaux secrets du génome humain.	592
	Document VII. La cartographie réentrante	582
	Document VIII. Exemple de réseaux à deux couches	584
	Document IX. Différents types de réseaux	585

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Table des matières

Titres	N° de pages
Introduction	4
CHAPITRE I : Cadre théorique	7
1. Cadre théorique didactique	8
1.1. Conceptions	9
1.2. Obstacles	15
1.2.1. Les obstacles épistémologiques et leur déstabilisation	17
1.2.2. Obstacles didactiques	19
1.2.3. Obstacles ontogénétiques	20
1.2.4. Conclusion	21
1.3. Apprentissage	22
1.3.1. Apprentissage : Différentes théories	22
1.3.1. Apprentissage et constructivisme	24
1.3.3. Apprentissage, mémoire et affectivité	29
1.3.4. Apprentissage, mémoire et plasticité cérébrale	29
1.4. Changement conceptuel	31
1.4.1. Différents points de vue des scientifiques sur le changement conceptuel	31
1.4.2. Conclusion	32
1.5. Situations didactiques	34
1.5.1. différents points de vue de scientifiques sur la situation didactique	34
1.5.1. différents points de vue de scientifiques sur la situation-problème	35
1.5.1. Situation didactique et constructivisme	45
1.5.1. Conclusion	46
2. **Cadre théorique scientifique**	50
2.1. Polémique autour du cerveau	**51**
2.1.1. Le dualisme cartésien	51
2.1.2. Critiques récentes du modèle ordinateur du cerveau	52
2.1.3. Débat entre les unitaristes et les localisationnistes	53
2.1.4. Cerveau femme, cerveau homme	54
2.1.5. La non-multiplication des neurones après la naissance : un dogme scientifique ébranlé	57
2.1.6. Conclusion	57
2.2. Polémique autour du concept gène	58
2.2.1. Du gène à l'ADN : un bref rappel historique	58
2.2.2. Critiques récentes du modèle causal linéaire « gène → protéine »	58
2.2.3. Evolution du concept ADN	60
2.2.4. Critiques épistémologiques récentes du paradigme	60

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

« ADN-comme-programme »	
2.2.5. Critiques didactiques récentes du paradigme « ADN-comme-programme »	61
2.2.6. Critiques épistémologiques du paradigme « tout génétique »	62
2.2.7. Conclusion	62
2.3. Epigenèse cérébrale	**63**
2.3.1. Le choix du système nerveux n'est pas du au hasard	63
2.3.2. le concept « épigenèse » : un bref rappel historique	65
2.3.3. La théorie de l'épigenèse cérébrale	65
2.4. Plasticité cérébrale	**69**
2.5. Identité biologique et déterminisme génétique : science et idéologie	**71**
2.5.1. L'identité biologique est-elle limitée à l'identité génétique ?	71
2.5.2. Critiques récentes du déterminisme génétique par certains auteurs	74
2.6. Auto-organisation et émergence	75
2.6.1. Emergence et déterminisme	75
2.6.2. Critiques récentes du concept auto-organisation	76
2.6.3. Conclusion	77
2.7. Clonage humain	77
2.7.1. Clonage et épigenèse	77
2.7.2. Critiques épistémologiques du terme clonage par G. Rumelhard (2005)	77
2.7.3. Conclusion	78
2.8. Conclusion sur le cadre théorique scientifique	78
CHAPITRE II : La première partie : Analyse des conceptions d'enseignants et futurs enseignants	80
1. Problématique et Méthodologie	81
1.1. Problématique et Hypothèses	82
1.2. Méthodologie d'échantillonnage	83
1.2.1. L'échantillonnage	83
1.2.2. Caractéristiques des échantillons	83
1.2.3. Mode de passation du questionnaire	86
1.3. Le questionnaire	87
2. Analyse et Interprétation question par question	**92**
2. (1-2). Les questions 1 et 2 sur les différences entre les comportements et les cerveaux des hommes et des femmes	93
2. (1-2).1.Présentation des questions 1 et 2	93
2. (1-2).2. Points de vue de certains auteurs sur les différences entre hommes et femmes	93
2. (1-2).3. Présentation des résultats des questions 1 et 2	95
2. (1-2).4. Analyse et Interprétation des résultats des questions 1 et 2	97
2. (1-2).5. Analyse par appartenance sexuelle	100
2. (1-2).6. Analyse comparative entre les échantillons tunisiens et étrangers	100
2.3. La question 3 sur la bardane du cerveau	105
2.3.1. Présentation de la question 3	105
2.3.2. Présentation des résultats de la question 3	106
2.3.3. Analyse et Interprétation des résultats de la question 3	107

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

2.4. La question 4 sur le dessin d'un cerveau	109
2.4.1. Présentation de la question 4	109
2.4.2. Présentation des résultats de la question 4	109
2.4.3. Analyse et Interprétation des résultats de la question 4	111
2.4.4. Comparaison des résultats d'Abou Tayeh / Clément et les nôtres	113
La question 5 sur les définitions des termes (neurone, cortex cérébral, synapse, réseau neuronal, plasticité et épigenèse cérébrales)	114
2.5.1. Présentation de la question 5	114
2.5.2. Définitions de ces termes données par certains auteurs	114
2.5.3. Présentation des résultats de la question 5	115
2.5.4. Analyse et Interprétation des résultats de la question 5	118
2.5.5. Conclusion	119
La question 6 sur la prédisposition génétique de certains caractères	119
2.6.1. La question 6.1 sur la mucoviscidose	120
2.6.2 La question 6.2 sur la myopathie	123
2.6.3. La question 6.3 sur la compétence d'être très bon violoniste	126
2.6.4. La question 6.4 sur l'immunisation contre la rougeole	129
2.6.5. La question 6.5 sur l'alcoolisme	132
2.6.6. La question 6.6 sur la capacité de donner des enfants de sexe masculin	135
2.6.7. La question 6.7 sur la compétence d'être très bon à l'école	137
2.6.8. La question 6.8 sur l'agressivité	141
2.6.9. La question 6.9 sur la croyant en Dieu	144
2.6.10. Conclusion générale sur la question 6	150
La question 7 sur le gène	152
La question 8 sur la badane du gène	159
La question 9 sur le clonage	164
Discussion générale et conclusion	171
CHAPITRE III : la deuxième partie : Analyse d'éventuels changements conceptuels après un enseignement sur l'épigenèse	179
III.1. Problématique et Méthodologie	180
1.1. Problématique et hypothèses	181
1.1.1. Problématique	181
1.1.2. Hypothèses	181
1.2. Méthodologie d'échantillonnage	182
1.2.1. L'échantillonnage	182
1.2.2. Caractéristiques des échantillons	182
1.2.3. Le mode de passation du questionnaire	186
1.3. Les questionnaires : critique, présentation et commentaire	186
1.3.1. Critique du questionnaire de la première expérimentation	186
1.3.2. Présentation des deux questionnaires de la deuxième expérimentation	187
1.3.3. Commentaire des questionnaires	190
1.4. Catégorisation	192
1.4.1. Catégorisation des conceptions KV	192
1.4.2. Catégorisation des conceptions K	195

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

1.4.2.1. Catégorisation des conceptions K de la question 6	195
1.4.2.2. Catégorisation des conceptions K des questions 4 et 5	197
1.4.2.3. Catégorisation des conceptions K des questions 8et 9	198
1.5. Le protocole expérimental	198
1.6. Présentation de la situation d'enseignement des élèves dont l'impact sera analysé	199
1.6.1. Présentation du programme adapté	199
1.6.2. TP 12 : La représentation corticale des territoires corporels	201
1.6.3. TP 13 : Epigenèse et plasticité cérébrale	202
1.6.4. Justification du choix des deux manuels scolaires	203
III.2. Analyse et interprétation des résultats relatifs aux élèves (1ère math)	206
2.1. Identification des conceptions-obstacles des élèves avant l'apprentissage	207
2.2. Analyse des réponses différentes entre le pré et le post-test	211
2.2.1. Résultat global	211
2.2.2. Les questions de connaissances (questions K)	213
2.2.2.1. Analyse et Interprétation globale	213
2.2.2.2. Analyse question par question	215
2.2.3. Analyse et Interprétation des questions de connaissances et valeurs des élèves (les questions KV)	226
2.2.3.1. Analyse et Interprétation pour l'ensemble des élèves	226
2.2.3.2. Analyse et Interprétation question par question	228
2.3. Conclusion	238
3. Analyse et interprétation des réponses relatives aux étudiants du DEA Didactique de la Biologie	241
3.1. Analyse et interprétation de la séquence d'enseignement des étudiants	242
3.2. Analyse et interprétation des réponses différentes entre le pré et le post-test	244
3.2.1. Résultat global	244
3.2.2. Les questions de connaissances	245
3.2.2.1. Analyse et interprétation globale	246
3.2.2.2. Analyse question par question	247
3.2.3. Analyse et Interprétation des questions de connaissances et valeurs des étudiants (les questions KV)	259
3.2.3.1. Analyse et interprétation globale	259
3.2.3.2. Analyse question par question	262
3.2.4. Analyse et Interprétation des changements entre pré et post-test étudiant par étudiant	277
3.3. Différence des variables contrôlées	278
3.3.1. l variable sex-ratio	278
3.3.2. la variable âge	278
3.4. Conclusion sur l'échantillon des étudiants du DEA Didactique de la Biologie	279
4. Analyse et interprétation des résultats sur la visioconférence : échantillon d'apprenants-enseignants biologistes	
4.1. Analyse et interprétation globale de la séquence d'enseignement	284
4.2. Analyse et interprétation des changements de réponses entre le pré et le post-test	286
4.2.1. Résultat global	286
4.2.2. Analyse et interprétation globale de l'ensemble	288

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

des réponses aux questions de connaissances (questions K)	
4.2.3. Analyse et Interprétation des réponses aux questions K : question par question	289
4.2.4. Analyse et interprétation globale de l'ensemble des réponses aux questions KV	304
4.2.5. Analyse et interprétation des réponses aux questions KV : question par question	306
4.2.6. Ana lyse et interprétation apprenant par apprenant	319
4.2.7. Ana lyse et interprétation variable par variable	323
4.3. Conclusions sur l'échantillon d'apprenants-enseignants biologistes	326
5. Analyse et interprétation des résultats relatifs à la visioconférence : échantillon d'apprenants-enseignants non-biologistes	331
5.1. Analyse et Interprétation des changements de réponses entre le pré et le post-test	332
5.1.1. Résultat global	332
5.1.2. Analyse et interprétation de l'ensemble des réponses aux questions de connaissances (questions K)	334
5.1.3. Analyse et Interprétation des réponses aux questions K : question par question	336
5.1.4. Analyse et Interprétation globales des réponses aux questions de connaissances et valeurs (questions KV)	341
5.1.5. Analyse et Interprétation apprenant par apprenant	344
5.1.6. Analyse et interprétation variable par variable	344
5.2. Conclusion sur l'échantillon des apprenants-enseignants non-biologistes	347
6. Discussion générale des résultats de la deuxième partie	349
CHAPITRE IV : Conclusion générale et Perspectives	
1. Conclusion générale	354
2. Perspectives	359
Bibliographie	361
Index bibliographique	371
Table des illustrations	373
Table des tableaux qui illustrent le corps de la thèse	373
Table figures qui illustrent les chapitres I et III	379
Table des histogrammes qui illustrent le chapitre III	379
Table des tableaux qui illustrent l'annexe 1	377
Table des documents qui ont illustré les trois cours sur l'épigenèse cérébrale et qui figurent dans les annexes 2.1, 2.2 et 2.3 relatifs aux transcriptions de ces cours.	380
Table des matières	381
Annexe 1 : Première partie : Analyse des conceptions d'enseignants et futurs enseignants	387
1.1 Caractéristiques des échantillons	389
1.2 Questions 1 et 2	402

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

1.3 Question 3	407
1.4 Question 4	410
1.5 Question 5	411
1.6 Question 6	413
1.7 pas d'annexe pour la question 7	
1.8 Question 8	420
1.9 Question 9	422
Annexe 2 : Deuxième partie : Analyse d'éventuels changements conceptuels après un enseignement sur l'épigenèse cérébrale	427
2.1. Transcription du cours des élèves	427
2.2. Transcription du cours des étudiants	489
2.3. Transcription de la visioconférence	559
2.4. Des analyses qui n'apportent pas de nouvelle information majeure par rapport aux analyses présentées dans le corps de la thèse	605
Annexe 3 : Questionnaire du projet Biohead-Citizen	629
Fin…637	

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

tel-00495610, version 1 - 7 Jul 2010

Résumé en français

Dans un premier temps, nous avons analysé les conceptions de 275 enseignants tunisiens et identifié en quoi certaines de ces conceptions pourraient être des obstacles aux apprentissages. Une conception anatomisante du cerveau pourrait s'opposer à sa conception en termes de réseaux neuronaux. Mettre le cerveau aux commandes de tout le corps, avec un relent de dualisme corps esprit, empêche de penser son épigenèse et sa construction en fonction de son activité propre ; il en est de même pour une conception d'un déterminisme purement génétique ou purement environnementale de nos comportements. Jusqu'à quel point ces obstacles ne dépendent-ils que d'un manque de connaissances, en particulier sur les réseaux neuronaux et l'épigenèse cérébrale ?
Pour répondre à cette question, nous avons analysé les conceptions d'élèves (1an avant le bac) et d'enseignants (inscrits en DEA didactique ou autres) avant et après un enseignement sur l'épigenèse (trois situations d'enseignement, dont une en visioconférence). Les résultats de cette seconde partie de la thèse confirment que ces conceptions peuvent évoluer à la suite d'un enseignement.

Titre en anglais

Biological determinisms. Analyse consecutive designs and conceptual changes with a teaching on the cerebral epigenesis at teachers and learning Tunisian.

Résumé en anglais

Initially, we analyzed the conception of 275 Tunisian teachers and identified in what some of the conceptions that could be obstacles to the training process. An analysing conception of the brain could be opposed to its conception in terms of neural networks. To put the brain at the orders of all the body, with relent of the body-spirit dualism, prevents from thinking its epigenesis and its building according to its own activity; and it is the same for a conception of a purely genetic or purely environmental determinism of our behaviours. To what extent do these obstacles depend on one's lack of knowledge, in particular the neural network and the cerebral epigenesis?
To answer this question, we analyzed the conception of pupils (1 year before the school-leaving certificate) and of teachers (registered in DEA didactic or not) before and after teaching on the epigenesis (three teaching situations, among which one in videoconference). The results of this second part of the thesis confirm strong interactions that these two dimensions of the conception can improve following a teaching process.

Mots clés en français

Connaissances, valeurs, conceptions, changement conceptuel, déterminisme, épigenèse cérébrale, plasticité cérébrale.

Mots clés en anglais

Knowledge, values, designs, conceptual change, determinism, cerebral epigenesis, cerebral plasticity.

Intitulé et adresse du laboratoire
LIRDHIST, Laboratoire Interdisciplinaire de Recherches en Didactique et Histoire des Sciences et des Techniques. Université Claude Bernard- Lyon 1, Bâtiment La Pagode, 38 boulevard Niels Bohr, 69622 Villeurbanne Cedex, France.