

Umwelt, KVP & DTD : Interactions entre Connaissances (K), Valeurs (V), Pratiques (P) & Délai de Transposition Didactique

PIERRE CLEMENT¹

Abstract. Three concepts that structure my research in Didactics of Biology can also express convergence with the ATD. **The umwelt:** each living being constructs itself while constructing its world (its umwelt), in an eminently social context for human beings. **KVP interactions** between knowledge (K), values (V) and social practices (P): possible links with certain dimensions of the praxeological approach, but with more emphasis on values (V); Analysis of the different steps of didactic transposition; Comparison of the conceptions of teachers in thirty countries (notion of system of conceptions). **The Didactic Transposition Delay (DTD)** separates the emergence of new scientific knowledge from its insertion in programs, textbooks or in the teachers' conceptions.

Keywords: Didactics of Biology – Umwelt – Scientific Knowledge – Values – Social Practices – Conceptions – Social Representations – International Comparisons – Didactic Transposition Delay.

Résumé. Trois concepts qui structurent mes recherches en Didactique de la Biologie peuvent aussi exprimer des convergences avec la TAD. **L'umwelt :** chaque être vivant se construit tout en construisant son monde (son umwelt), dans un contexte éminemment social pour les humains. **Les interactions KVP entre connaissances (K), valeurs (V) et pratiques sociales (P) :** liens possibles avec certaines dimensions de l'approche praxéologique, mais en insistant plus sur les valeurs (V) ; analyse des différentes étapes de la transposition didactique ; comparaison des conceptions d'enseignants de trente pays. **Le Délai de la Transposition Didactique (DTD)** sépare l'émergence d'une nouvelle connaissance scientifique de son insertion dans les programmes, les manuels scolaires ou dans les conceptions des enseignants.

Mots-clés : Didactique de la Biologie – Umwelt – Connaissances scientifiques – Valeurs – Pratiques sociales – Conceptions – Représentations sociales – Comparaisons internationales – Transposition Didactique.

1. Introduction

« Dans le cadre de la TAD, la réflexion sur l'activité de recherche elle-même devrait se faire en termes de praxéologies, si l'on s'en tient au postulat anthropologique général qui soutient que toute activité humaine peut se décrire en ces termes (Chevallard, 1999, 2006) » (Artigue, Bosch, & Gascón, 2011, p. 35). Les concepts sous-tendant mes recherches en didactique de la biologie seraient-ils compatibles avec la TAD, ou pourraient-ils s'en différencier, voire la compléter ? Trois concepts structurent ce questionnement : l'*umwelt* ou le monde propre à chacun de nous² ; le modèle KVP (interactions entre connaissances K, valeurs V et pratiques P) et le « délai de la transposition didactique » (DTD).

¹ ADEF, Université Aix-Marseille, France, Honoraire de l'UCBL (Université Claude Bernard Lyon 1, France), - clement.grave@free.fr

² Clément, Scheps et Stewart (1997) ont proposé de ne plus écrire ce terme allemand avec une majuscule, mais de le franciser avec une minuscule, et comme nom masculin.

Nota de los editores: En invitando a Pierre Clément a hablar en el marco del CITAD 5, los organizadores quisieron proponer a los participantes el punto de vista sobre la TAD de un investigador en didáctica cuyos importantes trabajos han encontrado su impulso en el exterior de la TAD y que ha aceptado explicar ante nosotros su informe personal a la TAD. Esto lo condujo a expresar algunas veces sobre esta última algunos juicios que merecerían discusión y de los cuales algunos son discretamente señalados al lector por medio de corchetes (como ceci : '...'). De una manera general, nosotros invitamos al lector a tomar para sí mismo un punto de vista crítico sobre las apreciaciones críticas formuladas por el autor, que nosotros agradecemos de nuevo.

El paradigma del cuestionamiento del mundo en la investigación y en la enseñanza

Eje 1. *La TAD ante otros enfoques en didáctica*

2. À chacun son « umwelt »

J'ai d'abord enseigné la biologie et fait des recherches sur de petits animaux, les Rotifères, qui posent des problèmes fascinants. J'ai ainsi rencontré une idée essentielle : chaque animal se construit en créant *son* monde, son umwelt (von Uexküll, 1965). Ce concept a été repris en philosophie de la biologie (Canguilhem, 1965) et en éthologie (Campan, 1980). L'umwelt caractérise l'univers propre de chaque être vivant (von Uexküll, 1965, pp. 14-15) : « ... tout ce qu'un sujet [animal ou humain] perçoit devient son monde de la perception, et tout ce qu'il fait, son monde de l'action. Monde d'action et de perception forment ensemble une totalité close », l'umwelt. La figure 1 illustre le cercle fonctionnel dessiné par Uexküll, auquel j'ai rajouté le cerveau (Clément, 2003c), qui est en interaction permanente avec toute perception et action.

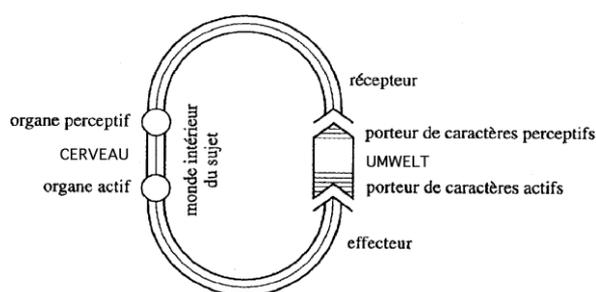


Figure 1. Le cercle fonctionnel (d'après von Uexküll, 1965).

Tout être vivant puise dans son « arrière-monde » (Clément, Scheps, & Stewart, 1997) ce qui forge son umwelt. Uexküll (1965) prend pour exemple la tique. Dans notre umwelt humain, elle n'est guère agréable : elle peut nous transmettre la maladie de Lyme. Elle devient fascinante quand nous examinons son umwelt. Après s'être accouplée, la tique femelle adulte monte à l'extrémité d'une herbe ou d'une branche de buisson et y demeure immobile. Elle peut rester ainsi très longtemps, grâce à des capacités extraordinaires de vie ralentie – jusqu'à 18 ans en laboratoire –, sans se nourrir, sans bouger, comme insensible à tout ce qui l'entoure. Seul un signal bien précis peut la faire bouger : l'odeur des glandes sébacées des mammifères. Quand l'un d'eux passe à proximité de la tique, celle-ci lâche la tige et tombe. Si elle atteint le mammifère, la chaleur de celui-ci l'amène à s'enfouir dans ses poils et à rechercher un endroit suffisamment glabre pour enfoncer sa tête à travers la peau, aspirant alors « un flux de sang chaud ». Ses ovules peuvent être fécondés et les œufs chargés de réserves. « Le copieux repas de sang de la tique est aussi son festin de mort », commente Uexküll : elle finit par éclater, déposant ses œufs autour d'elle. Cette histoire permet d'imaginer un umwelt très différent du nôtre. Durant son séjour à l'extrémité d'une tige, la tique n'est sensible à rien de ce que nous, humains, percevons dans son environnement. Le temps de la tique, son espace, son umwelt n'ont rien à voir avec les nôtres.

À chaque espèce animale correspond un type d'umwelt. Ce que nous pensons être le même objet, tel arbre par exemple, est très différent dans le monde d'un oiseau qui se pose dessus, d'une chenille qui broute ses feuilles, de la larve de hanneton qui ronge ses racines ou encore d'un peintre qui veut saisir la lumière dans ses branches.

En une espèce, chaque individu construit son umwelt singulier. C'est particulièrement vrai dans l'espèce humaine : d'après Sombart (1938, p. 422) cité par Uexküll (1965, p. 97), « il

n'existe pas de forêt en tant que milieu objectivement déterminé, il y a une forêt-pour-le-forestier, une forêt-pour-le-chasseur, une forêt-pour-le-botaniste, une forêt-pour-le-promeneur, une forêt-pour-l'ami-de-la-nature, une forêt-pour-celui-qui-ramasse-le-bois, ou celui-qui-cueille-des-baies, une forêt de légende où se perd le Petit Poucet. »

Au cours de son ontogenèse, chacun construit ses propres compétences sensori-motrices et cérébrales, et aussi son *umwelt*, par un processus d'autopoïèse et d'énaction plus récemment décrit (Maturana & Varela, 1980 ; Varela, 1989a ; Clément, 1994). Dans l'espèce humaine, cette construction est fortement sociale. Une école ou une salle de classe ne sont pas la même dans l'*umwelt* d'un SDF, d'un enseignant ou d'un élève. L'*umwelt* de chacun est singulier. Le rapport à l'école correspond aussi au rapport au savoir, dont l'analyse mêle la psychologie, la sociologie et l'anthropologie (Charlot, 1999), complétant ainsi les résultats sur les déterminismes sociaux et institutionnels dans l'éducation (Bourdieu & Passeron, 1970 ; Baudelot & Establet, 1972 ; Dubet, Duru-Bellat, & Vérétoit, 2010).

L'approche en termes d'*umwelt* permet de situer le didactique dans une approche globale s'étendant du neurobiologique au socioculturel et au politique. Chaque être humain naît avec un cerveau immature, qui se configure en une histoire individuelle, par épigénèse cérébrale (Changeux, 1983 ; Edelman, 2000). L'individu se construit en même temps que son *umwelt*. Mon langage a une signification unique liée à mon histoire singulière, tout en ayant aussi une signification collective liée à notre incontournable socialisation.

Une représentation mentale n'est pas le reflet interne du monde externe mais est construite par interaction entre ce que je conceptualisais jusqu'alors et ma relation à ce qui m'entoure (Varela, 1989b). Cette sémantique logique récuse aussi la psychologie représentationnelle. Pour Frege, la représentation est la propriété intime de la subjectivité des individus. À l'inverse, le langage, public de part en part, est le siège unique du sens, identique pour tous (Frege, 1971, p. 106) : « Il n'y a pas d'obstacle à ce que plusieurs individus saisissent le même sens ; mais ils ne peuvent avoir la même représentation [...], car on ne saurait réunir ces représentations dans la même conscience. » Deux propositions de Frege peuvent être retenues (Clément, Héraud, & Errera, 2004) : l'abstraction a lieu sur le terrain du langage, dans son fonctionnement et sa structure logique ; les énoncés représentent les objets de connaissance sans passer par la médiation d'une activité mentale du sujet, qui élaborerait un reflet intériorisé de la réalité.

De là des paradoxes sémantiques : dans une classe, un même terme peut avoir valeur de concept ou d'objet, tel le terme « grenouille » lors d'une classe nature pour élèves de CP-CE1 sur le thème « Comment les œufs de grenouille se transforment-ils en jeunes grenouilles ? » (Clément et al., 2004). Ce mot pouvait signifier soit l'individu adulte, voire tel individu précis, soit le concept de grenouille en tant qu'espèce, incluant alors têtards et œufs. L'identification du paradoxe a permis des clarifications lors des échanges en classe. Il est possible a posteriori de retrouver dans cet exemple l'« terminologie » définie par la TAD :

- Tâche : observer et interpréter le développement de la grenouille, de l'œuf à l'adulte.
- Techniques : observer des animaux vivants (œufs et têtards) dans la classe ainsi que des documents imprimés.
- Technologie/Théorie : interpréter des observations (métamorphoses).

• Identification par l'enseignant et le chercheur de paradoxes sémantiques obstacles à l'interprétation et aux apprentissages (distinction entre individu et espèce, constat que le têtard rapetisse à la fin de sa « croissance », juste avant de devenir une grenouille adulte).

Le concept d'umwelt permet à la fois 'de retrouver l'échelle de codétermination didactique proposée par Chevallard (2011), et d'en souligner quelques lacunes¹ :

La TAD pousse à prendre en compte l'ensemble des niveaux de codétermination didactique, et, par là, à rompre avec la naturalisation des situations du monde en mettant en évidence leur caractère (sur)déterminé. [...] On rappelle ci-après la structure de l'échelle de codétermination didactique : Civilisation ↔ Société ↔ École ↔ Pédagogie ↔ Discipline ↔ Domaines ↔ Secteurs ↔ Thèmes ↔ Sujets. (Chevallard, 2011, p. 25).

Le niveau socioculturel et politique co-détermine la socialisation des umwelts singuliers, donc de tous nos apprentissages, y compris de connaissances scientifiques, objet de la didactique des sciences.

Par ailleurs 'l'échelle de codétermination proposée par la TAD est incomplète, car elle se termine sur les « sujets » sans mentionner leurs interactions avec les objets d'apprentissage¹, incluant concepts et langage (eux-mêmes socialement déterminés). Enfin cette échelle 'est linéaire¹, alors qu'elle pourrait être bouclée à plusieurs niveaux.

Cet ensemble de codéterminations ne conduit pas nécessairement à ignorer les conceptions des acteurs du système éducatif, donc les élèves et les enseignants, avec une double exigence : 1. ne pas considérer une conception comme reflet d'une réalité extérieure, puisque c'est dans notre interaction avec ce qui nous entoure que se construit toute conception ; 2. ne pas limiter l'analyse au cadre de la classe, ici en accord avec ce que propose la TAD (Bosch et al., 2011, p. 14).

Alors que 'la TAD ne s'intéresse pas à l'analyse des représentations des acteurs du système scolaire¹, il me semble possible qu'elle pourrait les prendre en compte à condition 1. de dépasser l'émergence des « conceptions situées », déterminées par le contexte plus que par ce que la personne interrogée conçoit ; 2. d'identifier leurs dimensions sociales, quand des conceptions sont partagées au sein d'un groupe et peuvent alors être considérées comme des représentations collectives (Durkheim, 1898) ou des représentations sociales (Moscovici, 1984) ; 3. d'analyser les corrélations entre représentations sociales pour mettre en évidence des « systèmes de conceptions », fonction de codéterminations sociétales, par exemple politiques ou religieuses. Ces trois stades de l'analyse sont résumés dans le tableau 1.

	au niveau individuel	au niveau collectif
Conceptions situées	Le contenu de la réponse d'une personne à une question précise dans une situation précise	Le contenu convergent des réponses de plusieurs personnes placées dans une même situation précise
Conceptions	Les cohérences dégagées par le chercheur à partir des réponses d'une personne placée dans plusieurs situations relatives à un thème donné (conceptions individuelles sur ce thème)	Les cohérences dégagées par le chercheur à partir des conceptions individuelles sur un même thème, identifiées chez plusieurs personnes (groupe social) (conceptions collectives = représentations collectives, ou représentations sociales)
	Ensemble de conceptions (représentations sociales) corrélées entre elles. Elles	

Systèmes de conceptions	peuvent aussi être liées à des caractéristiques individuelles comme le genre, les opinions religieuses ou politiques (par exemple la composante principale d'une ACP, ou d'une analyse de co-inertie)
-------------------------	---

Tableau 1. Les niveaux d'analyse et d'interprétation des conceptions (Clément, 2010).

3. Le modèle KVP

L'analyse des conceptions a été longtemps un axe important des recherches en didactique des sciences et particulièrement en didactique de la biologie (Astolfi & Develay, 1989 ; Giordan, Girault & Clément, 1994). Duit (2009) a établi une liste de centaines de travaux réalisés dans ce domaine. Je ne retiendrai que quatre facettes de telles recherches : 1. situer l'exemple classique de la digestion/excrétion par rapport aux concepts de la didactique des sciences et certaines dimensions de l'approche praxéologique ; 2. introduire le modèle KVP, en insistant sur la dimension V (valeurs) qui me semble insuffisamment présente dans la TAD ; 3. indiquer que l'analyse des conceptions peut enrichir la compréhension des différentes étapes de la transposition didactique ; 4. illustrer par un exemple la comparaison des conceptions d'enseignants de plus de trente pays, pour introduire la notion de système de conceptions.

3.1. Digestion/excrétion : la perméabilité d'une paroi comme obstacle épistémologique

Quand on leur demande de dessiner le trajet dans leur corps d'un litre d'eau, plus de la moitié des personnes interrogées font déboucher l'intestin dans la vessie (figure 2 : Clément, Serverin, & Luciani, 1981 ; Clément, 1991). Cette conception de tuyauterie continue se retrouve chez 70 à 95 % du public adulte ou des collégiens et lycéens, 55 à 70 % des étudiants scientifiques de 1^{re} année, 40 à 55 % des étudiants biologistes de deuxième année (Clément, 2003a). Des proportions similaires ont été retrouvées en nombre de pays (les schémas de la figure 2 viennent ainsi d'Angleterre).

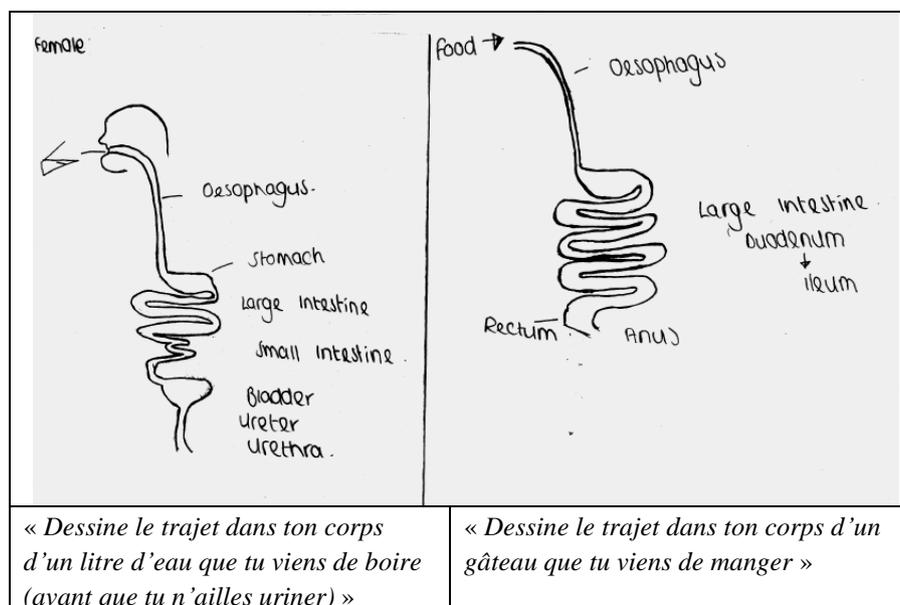


Figure 2. Conceptions d'un élève sur le trajet d'aliments dans son corps.

Cet exemple illustre d'abord la notion de conception située : le même élève peut, à deux minutes d'intervalle, sur la même feuille et sans en être choqué, dessiner l'intestin débouchant dans la vessie pour le trajet de l'eau et débouchant à l'extérieur par l'anus pour le trajet d'une

substance solide (un gâteau dans la figure 2). On a ainsi deux conceptions situées, qui chacune s'appuie sur les pratiques quotidiennes : je bois un litre d'eau, et je sais que je vais bientôt devoir uriner ; je mange du solide, et je sais que la sortie du solide se fait par l'anus.

Les connaissances que recouvrent ces deux schémas de la figure 2 conjuguent donc ce qui a été appris à l'école (vocabulaire précis sur l'anatomie des appareils digestif et excréteur) avec des trajets imaginaires forgés par des pratiques qui les renforcent quotidiennement. Mais ces connaissances témoignent aussi de ce que les élèves n'ont pas assimilé : la totalité de ce que je bois passe dans mon sang, ainsi que l'essentiel de ce que je mange.

Cet exemple illustre la notion d'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938) : alors que les tuyaux biologiques ont des parois perméables, les tuyaux de notre vie domestique ont des parois imperméables, ce qui fait obstacle à la compréhension de la perméabilité de nombreuses parois biologiques (Clément, 1991, 2003a). Pour reprendre les termes de la TAD, l'exemple de la tuyauterie continue digestion/excrétion pourrait correspondre à une « organisation locale » : la perméabilité des parois de l'intestin, des capillaires sanguins, des tubes du néphron (dans le rein). « L'organisation régionale » concernerait les autres parois ou membranes biologiques séparant deux compartiments tout en étant (plus ou moins sélectivement) perméables. Un exemple classique est la membrane qui entoure chaque cellule vivante, souvent représentée par des élèves, des étudiants, des enseignants ou des manuels scolaires (Clément, 1998, 2007) par une double paroi, sans perméabilité apparente alors que la vie de la cellule dépend de cette perméabilité. La généralisation de la perméabilité de la paroi intestinale à d'autres types de parois biologiques n'est donc pas évidente et nécessite des stratégies pédagogiques adaptées (Clément, 2003b ; Kammoum, Chapron, & Clément, 2002). D'autres types d'obstacles ont été identifiés (Clément, 2003b), notamment des obstacles didactiques (les manuels scolaires dessinent, dès l'école primaire, le « trajet des aliments » par un tuyau continu entre la bouche et l'anus, comme si la quasi-totalité de ce que nous mangeons ne passait pas dans notre sang après digestion) mais aussi des obstacles « psychologiques », qui pourraient correspondre à « l'organisation globale » de la praxéologie : ce serait ici le contrôle de la perméabilité de tout ce qui nous entoure et nous protège, nos vêtements plus ou moins fermés ou ouverts, ou encore les portes et fenêtres de ma maison ou de ma voiture, etc., autant de limitantes qui renvoient à la difficulté de concevoir ou d'accepter qu'elles puissent être à la fois protectrices et perméables. Se conjuguent ici des dimensions psychologiques individuelles (mon degré d'ouverture aux autres) et culturelles, sociales, voire politiques (la fermeture/ouverture des frontières). Nous allons avancer dans l'analyse de ces interactions avec le modèle KVP.

3.2. Valeurs accompagnant parfois les connaissances scientifiques enseignées, qui me semblent sous-estimées par la TAD

La biologie est un vaste domaine de connaissances qui, historiquement, ont parfois été contestées. Canguilhem (1977) a débusqué des idéologies, tel le réductionnisme, au sein même des sciences de la vie. Le 20^e siècle a été celui du « tout-génétique » (Atlan, 1999). Le déterminisme biologique, en particulier génétique (avec notamment la notion de programme génétique) est aujourd'hui remis en question, tandis que l'importance du hasard et des processus d'auto-organisation et d'intelligence collective est de plus en plus reconnue (Varela, 1989a ; Clément, 1994 ; Atlan, 1999 ; Lewontin, 2000 ; Kupiec & Sonigo, 2003 ; Jacquard & Kahn 2001 ; Kupiec, 2008).

La notion de déterminisme génétique reste dominante dans les manuels scolaires de biologie de plusieurs pays (Castéra, Clément, & Bruguière, 2007 ; Castéra et al., 2008). Un premier exemple peut illustrer les interactions KVP dans ce domaine : dans tous les manuels scolaires consultés, en France comme dans plusieurs pays étrangers (Clément & Castéra, 2007, 2013), les images de jumeaux homozygotes les montrent ressemblants non seulement au plan anatomique mais aussi socioculturel (par leurs vêtements ou leur coiffure : voir la figure 3).



Figure 3. Image de vrais jumeaux dans un manuel scolaire de SVT (Belin, 4^e, 2004).

À des connaissances scientifiques exactes (K : ressemblances anatomiques liées à l'identité de leur génome) se mêlent des messages issus de pratiques sociales (P : les parents habillent leurs vrais jumeaux de la même façon, on ne trouve que de telles images sur internet), l'ensemble étant porteur de valeurs déterministes (V : des traits socioculturels tels que la façon de s'habiller seraient génétiquement déterminés). Il y a ainsi interaction entre les trois pôles KVP (connaissances scientifiques, valeurs et pratiques sociales : figure 4).

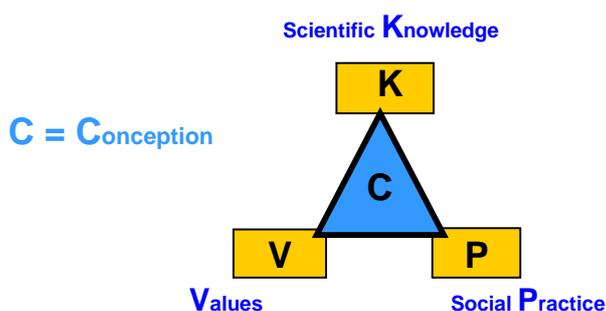


Figure 4. Le modèle KVP : toute conception peut être analysée comme interaction entre les trois pôles K (connaissance scientifique), V (valeurs) et P (pratiques sociales).

L'évolution humaine constitue un autre exemple (Quessada, Clément, Oerke, & Valente, 2008), dont on verra sur la figure 5 l'image la plus populaire. Son message scientifique est en partie faux : elle montre une lignée suggérant que l'homme descendrait du singe, ce qui est inexact (les deux ont un ancêtre commun). Tout aussi inquiétantes sont les valeurs véhiculées par cette image : l'*Homo sapiens* est un mâle (alors que la moitié des humains sont des femmes), blanc (alors que l'espèce humaine a émergé en Afrique), nu comme Adam dans le jardin d'Éden. Cet exemple illustre des interactions KVP :

- K : des connaissances sur l'origine de l'espèce humaine en partie dépassées (l'évolution n'est pas linéaire).
- V : des valeurs implicites (anthropocentrisme, occidentalisme, sexisme).
- P : les pratiques de popularisation de cette image, y compris des dessins d'humour.

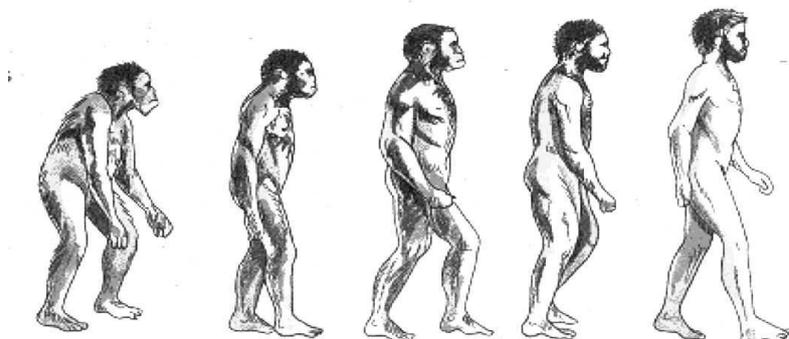


Figure 5. Image extraite du manuel scolaire italien *Il Capitello* (2001, p. 277).

Nous avons retrouvé cette image dans la majorité des manuels scolaires des 19 pays concernés par le projet de recherche Biohead-Citizen (Quessada et al., 2008), avec quelques petites variations, l'homme émergeant pouvant être habillé, mais restant blanc, y compris au Sénégal. Seuls deux manuels (en Allemagne et en Lituanie) ont illustré l'émergence humaine par un couple. J'ai depuis trouvé un manuel danois, un autre suédois et un brésilien où c'est une femme qui émerge, mais toujours de peau blanche.

De telles interactions KVP sont fréquentes dans les manuels de biologie. Elles ont suscité de vives polémiques en France à propos de la soi-disant « théorie du genre » (Clément, 2016). L'influence du contexte socioculturel sur le contenu enseigné concerne même les images de l'anatomie des appareils reproducteurs humains. Ainsi, selon les pays, l'appareil génital de la femme est-il ou non pourvu d'un clitoris. Même les manuels scolaires de mathématiques ne sont pas neutres du point de vue de l'égalité entre les sexes (Cromer, 2007). Mais les interactions KVP peuvent être identifiées ailleurs que dans les manuels scolaires.

3.3. L'analyse des conceptions peut enrichir la compréhension des différentes étapes de la transposition didactique

L'analyse des conceptions des acteurs du système éducatif peut aider à identifier les problèmes liés à l'enseignement d'un thème donné. J'ai proposé un schéma de la transposition didactique (figure 6) un peu plus complet que les trois étapes 'privilegiées' par Verret (1975) puis Chevallard (1985).

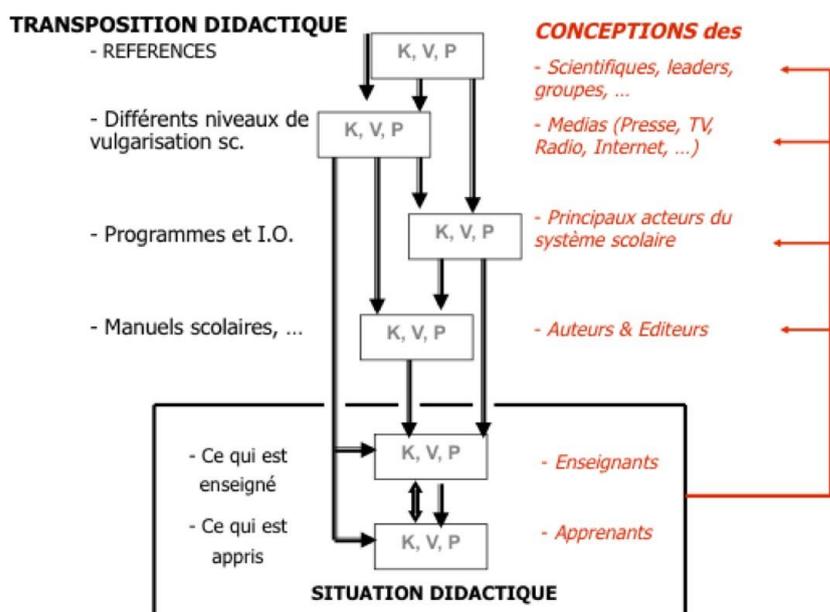


Figure 6. Principales étapes de la transposition didactique.

Les principales «différences par rapport au schéma « savoir savant → savoir à enseigner → savoir enseigné »¹ sont les suivantes :

- Chaque niveau pourrait être subdivisé selon les objectifs de la recherche : chaque étape correspond à une catégorie d'acteurs parfois hétérogène.
- Les conceptions des acteurs peuvent être analysées sans les réduire aux savoirs, en prenant en compte les interactions KVP.
- Enfin sont signalées les rétroactions permanentes entre les différents niveaux. Les processus de transposition ne sont pas une simple échelle linéaire de transmission.

Voyons les principales étapes indiquées dans la figure 6.

(1) Les références. Ce sont d'abord les publications scientifiques primaires, qui, en biologie, sont parfois imprégnées de valeurs : ainsi pour le chromosome XYY, longtemps considéré comme le « chromosome du crime » (Clément, Blaes, & Luciani, 1980) ou le soi-disant « sexe » du cerveau humain (Clément, 1997, Vidal & Benoit-Browaey, 2005). Les références incluent aussi des pratiques sociales (Martinand, 2000), tels les travaux pratiques de biologie ou, à un niveau plus général, l'action de groupes de pression (par exemple pour interdire certaines dissections) ou des pouvoirs publics (sur la laïcité ou l'égalité des genres). La lecture des références en termes KVP me semble plus pertinente qu'en terme du seul « savoir savant ».

(2) La médiatisation des connaissances scientifiques s'effectue en cascade, depuis des revues dont le contenu est presque aussi spécialisé que celui des publications primaires, jusqu'aux documents de vulgarisation mêlant des valeurs à l'interprétation de connaissances scientifiques nouvelles (« gènes » de l'intelligence, de la timidité, etc.)

(3) Les conceptions des acteurs n'ont guère été analysées par les chercheurs, qui se contentent d'analyser le texte des programmes publiés, avec parfois des approches historiques, ou comparatives de plusieurs pays, permettant d'identifier l'influence du contexte sociopolitique et par là des interactions KVP, comme cela a été fait, sur plus d'un siècle en France, pour le thème de l'évolution humaine (Quessada & Clément, 2007), thème qui n'est pas enseigné en certains pays (Quessada et al., 2008).

(4) Les manuels scolaires peuvent être analysés à l’instar des programmes (Clément, 2008). Les pratiques sociales sont celles des auteurs et éditeurs de manuels (traditions pédagogiques, choix des illustrations, etc.) et peuvent être sous-tendues par des valeurs (sexisme, réductionnisme, dogmatisme, etc.).

(5) L’analyse des conceptions des enseignants a été l’un des deux axes du projet Biohead-Citizen. Je l’aborde dans la partie qui suit.

3.4. Comparaison des conceptions d’enseignants en plus de 30 pays

Le projet de recherche Biohead-Citizen (Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship) financé par la Communauté Européenne en 2004-2008 visait à étudier les problèmes de l’enseignement de questions vives liées à la biologie, l’environnement et la santé, à travers l’analyse des programmes et manuels scolaires ainsi que des conceptions des enseignants (Carvalho, Clément, Bogner, & Caravita, 2008). Cette analyse a porté sur 19 pays pour identifier les interactions KVP entre les connaissances enseignées et les valeurs et pratiques sociales en chaque pays. L’axe des conceptions d’enseignants a concerné 18 des 19 pays initiaux avant de s’élargir à de nouveaux pays. J’illustrerai la masse de données par un exemple concernant 33 pays, soit au total 11 861 enseignants d’Europe du Sud (Portugal, Espagne, France, Italie, Malte, Chypre), d’Europe centrale (Royaume-Uni, Allemagne), d’Europe du Nord (Danemark, Suède, Finlande, Estonie, Lituanie), d’Europe de l’Est (Pologne, Hongrie, Roumanie, Serbie, Géorgie), de pays arabes (Maroc, Algérie, Tunisie, Liban), d’autres pays africains (Sénégal, Burkina Faso, Cameroun, Gabon, Afrique du Sud) et d’autres pays encore (Australie, Brésil, Russie, Turquie, Corée du Sud, Malaisie). Le questionnaire utilisé comportait 138 questions, sur cinq thèmes : déterminisme génétique de traits humains (dont les différences entre hommes et femmes, ou entre groupes ethniques), évolution, éducation à l’environnement, à la santé et à la sexualité. Plusieurs questions portaient sur les caractéristiques de chaque enseignant (âge, sexe, matières enseignées, niveau d’instruction, religion, opinions politiques ou sociales). Le questionnaire a été traduit dans chaque langue avec de grandes précautions (traductions parallèles, rétro-traduction) et un questionnaire pilote plus long a été testé au départ sur des échantillons initiaux pour ne garder que les questions assurant une stabilité des réponses à un mois d’intervalle et différenciant les groupes et pays concernés. Des entretiens oraux sur de petits échantillons ont confirmé la validité des réponses obtenues par écrit.

Les échantillons étaient formés de trois tiers dans chaque pays : enseignants du primaire, du secondaire en biologie, du secondaire pour la langue du pays. Pour chacun des tiers, la moitié de l’échantillon était composée d’enseignants en service et l’autre moitié de futurs enseignants en fin de formation. Dans chaque pays, une équipe assurait la collecte des données (en veillant à l’anonymat des personnes interrogées) puis leur codage dans un fichier Excel envoyé en France pour réaliser les analyses comparatives. Les résultats ont donné lieu à de nombreuses publications (Carvalho et al, 2008 ; Clément & Quessada, 2009, 2013 ; Clément, 2015a, 2015b).

La figure 7 illustre les réponses, sur une échelle de Likert de quatre cases entre « d’accord » et « pas d’accord », à la question A38 : « C’est pour des raisons biologiques que les femmes ont plus souvent la charge des tâches domestiques que les hommes. » Les différences entre pays sont importantes, allant de 3 % d’accord ou plutôt d’accord en France, à 71 % en Algérie. Ayant récemment enseigné la génétique à l’Université de Tlemcen (Algérie), j’ai vérifié que les

pourcentages étaient les mêmes que ceux obtenus quelques années plus tôt. Dans chaque pays, il conviendrait d'analyser plus avant pourquoi des proportions parfois importantes d'enseignants marquent leur accord avec une proposition qui n'a rien de scientifique !

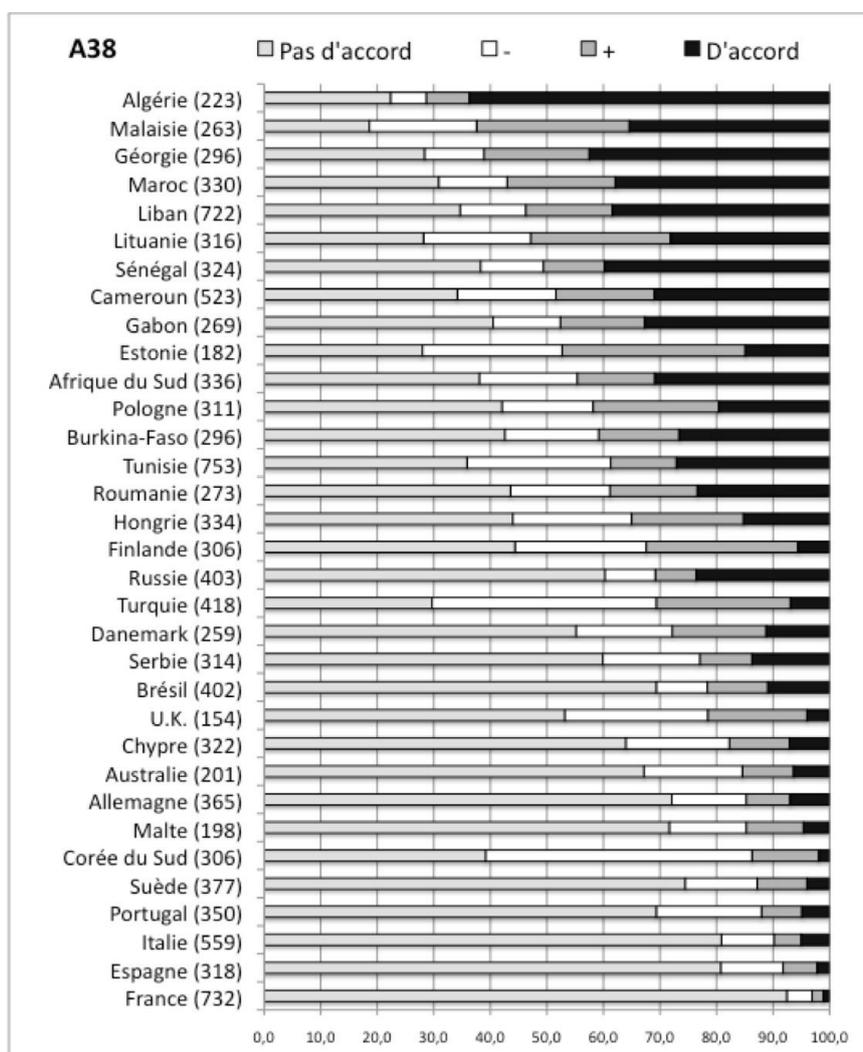


Figure 7. Réponses des enseignants, groupées par pays, à la question A38.

Ce type de recherche peut rentrer dans les perspectives de la TAD en remplaçant, dans la citation suivante (Chevallard, 1999), « mathématique » par « biologie » : « La TAD situe l'activité mathématique, et donc l'activité d'étude en mathématiques, dans l'ensemble des activités humaines et des institutions sociales ». Nos résultats permettent d'aller plus loin dans l'identification des institutions sociales qui pourraient influencer les conceptions résumées par la figure 7¹. La religion est une hypothèse qui ne résiste pas à l'analyse : si on compare, en les regroupant par pays, les enseignants d'une même religion, on constate les mêmes différences significatives entre pays. L'effet pays est plus important que l'effet religion. On constate que plus le nombre d'années d'études des enseignants est important, plus augmente leur désaccord avec la proposition A38, un fait qui se retrouve après suppression de l'effet pays.

Sept questions portaient sur les différences hommes/femmes. Les réponses aux sept sont corrélées, ce qui montre qu'il ne s'agit pas de conceptions situées. Des corrélations existent aussi entre les conceptions des enseignants sur ce thème et sur d'autres thèmes du questionnaire,

mettant en évidence deux « systèmes de conceptions » : d'une part les réponses les plus créationnistes, finalistes, homophobes, anthropocentriques, racistes, sexistes ; d'autre part les conceptions opposées. Les premières sont significativement corrélées aux positions religieuses ou politiques (croyance en Dieu, pratique de la religion).

Finalement, dans les niveaux de co-détermination du didactique (Chevallard, 2002 ; Winsløw, 2011), les recherches dont je viens de donner un bref aperçu s'inscrivent dans un essai d'évaluation des effets des plus hauts niveaux de la TAD, « Civilisation » et « Société ». Comme d'autres effets significatifs, l'effet pays illustre l'importance du contexte socioculturel : il porte sur les contenus des programmes et manuels scolaires et les conceptions des enseignants. Ces effets ne sont-ils pas des constituants de « l'écologie institutionnelle des savoirs » valorisée par la TAD (Bosch et al, 2011) ? A priori, la science est la même partout et les contenus scientifiques enseignés ne devraient donc pas différer fortement d'un pays à l'autre. Or nos résultats illustrent l'existence de différences significatives entre les connaissances enseignées en biologie et les conceptions des enseignants sur ces connaissances.

4. Le Délai de Transposition Didactique (DTD)

En biologie comme en d'autres disciplines, les connaissances scientifiques changent vite. Ce qui était un dogme hier (« les neurones du cerveau ne se renouvellent pas », « l'espèce humaine a beaucoup plus de gènes que les autres animaux ou végétaux », etc.) devient notoirement faux aujourd'hui. Les contenus enseignés doivent donc évoluer. Ce renouvellement suppose un délai, plus ou moins long selon le contexte, que nous avons nommé (Quessada & Clément, 2007) « Délai de Transposition Didactique » (DTD). Plus ce DTD est long, plus la valorisation de la solidité des connaissances scientifiques actuelles passe au second plan par rapport à d'autres valeurs qui fondent des convictions et pratiques sociales tenaces.

L'étude initiale portait sur le thème de l'évolution et des origines de l'homme dans les programmes et manuels scolaires français aux 19^e et 20^e siècles. Aujourd'hui, toute découverte d'un fossile humain fait la une des journaux et est intégrée au plus vite dans les programmes et manuels scolaires. Le DTD est donc très court. Mais au 19^e siècle les DTD ont été bien plus longs. En France, sous l'influence de Cuvier puis de l'Église catholique, le créationnisme fut seul enseigné jusqu'à la fin du 19^e siècle. C'est avec la Troisième République, et en appui à un projet politique clair de séculariser école et société, que sera enseignée la description des hommes préhistoriques.

Nous avons utilisé le DTD comme un marqueur des réticences, dans un pays donné, à une époque donnée, à introduire des connaissances nouvelles dans les programmes et manuels scolaires. Les récents changements conceptuels en génétique sont favorables à la mesure du DTD. En 1999, Atlan proposait de remplacer l'expression « programme génétique » par « information génétique », moins marquée par des valeurs héréditaristes et fatalistes (tous nos traits seraient écrits dans nos gènes). Le séquençage de l'ADN humain, rendu public en 2001, est allé dans le même sens : au lieu des 150 000 gènes initialement attendus étant donné les performances spécifiquement humaines, on n'en dénombre aujourd'hui qu'environ 23 000, à peu près autant que chez la souris, à peine plus que chez un petit vers nématode, bien moins que chez le riz ou la rose. S'ouvrirait alors une perspective de recherche insistant sur l'épigénétique (Wu & Morris, 2001) et les interactions entre nos gènes et leur environnement (Lewontin,

2000). L'analyse des programmes et manuels scolaires sur le thème de la génétique humaine en 2004-2008 a montré que le terme « épigénétique » n'y apparaissait pas encore et que l'expression « programme génétique » était encore fréquente, avec des différences notables de DTD d'un pays à un autre (Castéra et al., 2008 ; Clément & Castéra, 2013, Clément, 2014).

Nous avons analysé le DTD sur plusieurs thèmes, dans différents pays, dans une perspective de recherche qui correspond à la transposition didactique externe (Chevallard, 1985 ; Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel, & Toussaint, 1997), pour essayer de comprendre pourquoi certaines connaissances de biologie sont intégrées dans les programmes rapidement ou non, ou pas du tout (comme pour la notion de transposons ou l'épigénèse cérébrale popularisée par Changeux dès 1983).

Un DTD peut être mesuré pour les programmes et un autre pour les manuels scolaires (figure 9) : ce dernier est souvent à peine plus long que le premier (mais il arrive qu'il soit plus court) et il peut exister des différences notables d'un manuel à l'autre (Forissier & Clément, 2003).

Le DTD peut aussi être mesuré pour les conceptions des enseignants, qui persistent parfois alors que les programmes et manuels scolaires se conforment aux connaissances biologiques actualisées (Castéra & Clément, 2014). En bref, la notion de DTD peut constituer un trait d'union entre nos recherches et la TAD.

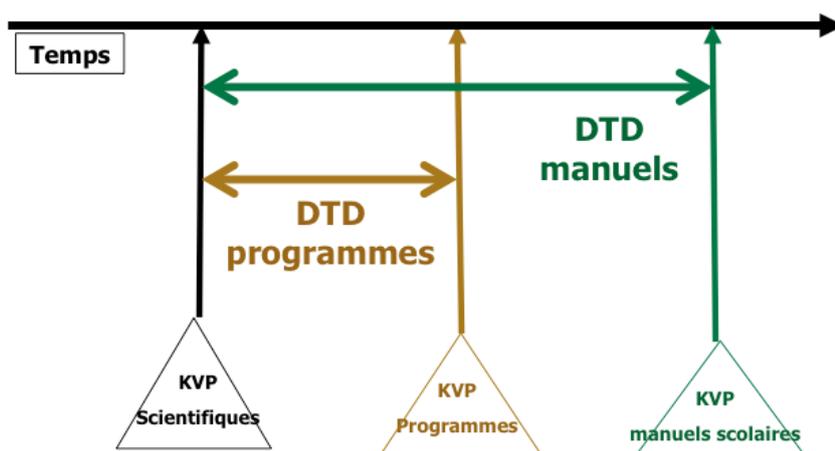


Figure 9. Le Délai de la Transposition Didactique (DTD).

5. Conclusions

Mon univers de didacticien de la biologie (qui n'est bien sûr pas partagé par tous les chercheurs de cette discipline) a-t-il des points communs avec l'univers des didacticiens des mathématiques qui se réfèrent à la TAD ? Mes conceptions sont structurées par le groupe social auquel j'appartiens : ce sont mes représentations sociales. Sont-elles radicalement différentes de celles d'un mathématicien ? Ou assez proches si on s'inscrit dans la communauté des chercheurs en didactique ?

J'ai souvent du mal à suivre les formalisations mathématiques qui égrènent les écrits de Chevallard et il est possible que des lecteurs mathématiciens du texte que je suis en train de terminer aient été rebutés par mes exemples de biologie. Il me semble cependant que des convergences émergent entre la TAD et ce qui constitue l'essentiel de mes recherches récentes : la comparaison des programmes et manuels scolaires et des conceptions d'enseignants, sur plusieurs thèmes relatifs à la biologie, la santé et l'environnement. Le principal résultat de ces

recherches est la mise en évidence d'importantes différences entre pays quant au contenu scientifique de ce qui est enseigné, sur des questions certes vives mais centrales en biologie (évolution, déterminisme). Des différences aussi importantes existent-elles dans l'enseignement des mathématiques ? Quand elles existent, par quoi sont-elles déterminées ? Ne retrouve-t-on pas les codéterminations qui sont au sommet de celles listées par la TAD : Civilisation et Société ? Les analyses présentées sont un essai de compréhension de la transposition didactique externe et permettent de donner un contenu aux déterminants civilisationnels et sociétaux. Les systèmes de conceptions mis en évidence sont corrélés à des opinions religieuses et politiques. Cette approche, initiée en didactique de la biologie, rejoint alors des dimensions anthropologiques, sociologiques et politiques. Les concepts KVP et DTD sont à cet égard fort utiles pour créer des liens, encore largement à explorer, entre contenus scientifiques enseignés et dimensions sociétales.

Deux points sont à clarifier davantage quant à l'articulation possible entre la TAD et mes recherches : la place possible de l'analyse des conceptions/représentations sociales dans la TAD et la place des « valeurs », puisque l'articulation entre connaissances (K) et pratiques sociales (P) est au cœur de la notion de praxéologie en TAD.

Moscovici (1984) a opposé représentations sociales et connaissances scientifiques, alors que je défends l'idée, proposée par d'autres auteurs en psychologie sociale (Doise, 1990), que les connaissances scientifiques sont un type de représentations sociales : des conceptions partagées par un groupe social de chercheurs à une époque donnée (Clément, 2010). Le fait que, en biologie, des connaissances largement admises deviennent caduques et sont remplacées par d'autres va dans ce sens. Les connaissances scientifiques peuvent, elles aussi, être analysées avec le modèle KVP, le P correspondant à la fois aux pratiques des chercheurs (méthodologie, matériel, stratégie de publication, etc.) et à leurs pratiques sociales sous-tendues par leurs propres valeurs. J'ai tenté d'analyser ces valeurs (Clément, 2013) qui, comme le proposent Gascón et Nicolás (2017, dans le présent ouvrage), sont de deux types : les « valeurs épistémiques » et les « valeurs non épistémiques ». Les premières relèvent du souci d'objectivité, de cohérence, auxquelles je rajoute l'honnêteté, l'humilité, l'esprit d'équipe, le non-dogmatisme avec l'acceptation de ce que toute connaissance scientifique peut être remise un jour en cause. Les secondes viennent du fait que tout chercheur a ses propres opinions, ses idéologies, sous-tendues par ses valeurs, qui le conduisent quelquefois à défendre des opinions non citoyennes qu'il pense scientifiquement justifiées, telles les thèses racistes ou sexistes à la fin du 19^e siècle (voir Gould, 1983). Georges Canguilhem (1965, 1977) a mis en évidence des idéologies actives dans les recherches en sciences de la vie. J'ai porté mon attention sur les travaux qui heurtent par exemple les droits de l'homme et du citoyen et l'égalité entre les êtres humains.. C'est après avoir été choqués que nous cherchons les arguments scientifiques qui peuvent fonder sur le plan épistémologique notre critique de travaux que nous pensons porteurs de causes non citoyennes, chromosome du crime (Clément et al., 1980) ou thèses craniologiques de Broca par exemple.

Les mêmes logiques me semblent pouvoir être mises en œuvre pour les recherches en didactique. Non pas pour opposer les jugements de valeur à l'approche scientifique qui est l'objectif de ces recherches, mais pour identifier les éventuelles interactions KVP, comprendre

en quoi les pratiques des chercheurs en didactique s'articulent à la fois sur leur approche scientifique et sur leurs « valeurs épistémiques » et « non épistémiques ».

En bref, la place des valeurs dans la TAD me semble à approfondir. Définir ce qu'on entend par « valeurs » n'est pas aisé. La meilleure définition que j'ai trouvée (Clément, 2013) est « ce qui fonde un jugement ». Un tel jugement peut être scientifique ou non, vrai ou faux, pour les valeurs épistémiques, bon ou mauvais, beau ou laid, cher ou bon marché, tolérant ou non, etc., pour les valeurs non épistémiques. Dans les recherches en didactique, le plus important me semble être de juger si c'est ou non citoyen, respectueux des valeurs universelles qui sont à la base des droits de l'homme et du citoyen. Même si ces valeurs sont parfois critiquées en fonction du contexte de leur émergence, elles me semblent constituer un socle essentiel pour les praxéologies mises en œuvre dans l'éducation.

Références

- Artigue, M., Bosch, M., & Gascón, J. (2011). La TAD face au problème de l'interaction entre cadres théoriques en didactique des mathématiques. Dans M. Bosch et al. (Éds), *Un panorama de la TAD* (pp. 33-55). Barcelone : CRM.
- Astolfi, J.-P. & Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF.
- Astolfi, J.-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint, J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences*. Bruxelles : De Boeck
- Atlan, H. (1999). *La fin du tout-général*. Paris : INRA.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- Baudelot, C. & Establet, R. (1972). *L'école capitaliste en France*. Paris : Maspéro.
- Bosch, M., Gascón, J., Ruiz Olarría, A., Artaud, M., Bronner, A., Chevallard, Y., Cirade, G., Ladage, C., & Larguier, M. (Éds). (2011). *Un panorama de la TAD*. Barcelone : CRM.
- Bourdieu, P. & Passeron, J.-C. (1970). *La Reproduction*. Paris : Minuit.
- Campan, R. (1980). *L'animal et son univers*. Toulouse : Privat.
- Canguilhem, G. (1965). *La connaissance de la vie*. Paris : Vrin.
- Canguilhem, G. (1977). *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*. Paris : Vrin.
- Carvalho, G., Clément, P., Bogner, F., & Caravita, S. (2008). *BIOHEAD-Citizen: Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship* (Final Report). Bruxelles : Communauté européenne.
- Castéra, J., Clément, P., & Bruguière, C. (2007). La génétique humaine dans des manuels scolaires français et étrangers : persistance d'une idéologie héréditariste ? Dans J.-M. Dusseau (Éd.), *Actes des 5^{es} Rencontres de l'ARDIST* (pp. 65-71). Montpellier : IUFM.
- Castéra, J., Clément, P., Abrougui, M., Nisiforou, O., Valanides, N., Sarapuu, T., ... & Carvalho, G. (2008). Genetic Determinism in School Textbooks: A Comparative Study Conducted among Sixteen Countries. *Science Education International*, 19(2), 163-184.
- Castéra, J. & Clément, P. (2014). Teachers' Conceptions about the Genetic Determinism of Human Behaviour: A Survey in 23 Countries. *Science & Education*, 23(2), 417-443.
- Changeux, J.-P. (1983). *L'homme neuronal*. Paris : Fayard.
- Charlot, B. (1999). *Du rapport au savoir. Éléments pour une théorie*. Paris : Anthropos.

- Chevallard, Y., (1985). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19(2), 221-266.
- Chevallard, Y. (2002). Organiser l'étude. 3. Écologie et régulation. Dans J.-L. Dorier et al. (Éds), *Actes de la XI^e école d'été de didactique des mathématiques* (pp. 41-56). Grenoble : La Pensée sauvage.
- Chevallard, Y. (2006). Steps towards a new epistemology in mathematics education. Dans M. Bosch (Ed.), *Proceedings of the 4th Conference of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 21-30). Barcelone : FUNDEMI-IQS
- Chevallard, Y. (2011). Quel programme pour l'avenir de la recherche en TAD ? Dans M. Bosch et al., *Un panorama de la TAD* (pp. 23-32). Barcelone : CRM.
- Clément, P. (1991). Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion. *Aster*, 13, 133-155.
- Clément, P. (1994). *De la régulation à l'auto-organisation*. Dans G. Rumelhard (Éd.), *La régulation en biologie. Approche didactique : représentation, conceptualisation, modélisation* (pp. 7-24). Paris : INRP.
- Clément, P. (1997). Cerveaux d'hommes et de femmes : l'idéologie était déjà dans la revue *Nature*. Dans A. Giordan, J.-L. Martinand, D. Raichvarg (Éds), *Actes JIES 19* (pp. 267-272). Cachan : STEF.
- Clément, P. (1998). La Biologie et sa Didactique. Dix ans de recherches. *Aster*, 27, 57-93.
- Clément, P. (2003a). Situated conceptions and obstacles. The example of digestion/excretion. Dans D. Psilos et al. (Éds), *Science Education Research in the Knowledge-Based Society* (pp. 89-98). Dordrecht : Kluwer.
- Clément, P. (2003b). Didactique de la Biologie : les obstacles aux apprentissages. Dans G. Carvalho et al. (Éds), *Saberes e práticas na formação de professores e educadores* (pp. 139-154). Lisbonne : FCT.
- Clément, P. (2003c). Construction des umwelts et philosophies de la nature. Dans J.-M. Exbrayat & P. Moreau (Éds), *L'homme méditerranéen et son environnement* (pp.93-106). Lyon : LBG.
- Clément, P. (2007). Introducing the cell concept by both animal and plant cells: A historical and didactic approach. *Science & Education*, 16, 423-440.
- Clément, P. (2008). Introduction to the Special Issue of SEI Relating to Critical Analysis of School Science Textbooks. *Science Education International*, 19(2), 93-96.
- Clément, P. (2010). Conceptions, représentations sociales et modèle KVP. *Skholê*, 16, 55-70.
- Clément, P., (2013). Values in Science and in Science Education. Dans M. Abrougui (Éd.), *Science & Technology Education for Development, Citizenship and Social Justice. Journal INEDP*, 1(1).
- Clément, P. (2014). Le délai de transposition didactique dans les livres du professeur. Quelques exemples en SVT classe de 3^e. *Skholê*, 18(1), 109-120.
- Clément, P. (2015a). Muslim Teachers' Conceptions of Evolution in Several Countries. *Public Understanding of Science*, 24(4), 400-421.

- Clément, P. (2015b). Creationism, Science and Religion: A Survey of Teachers' Conceptions in 30 countries. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 167, 279-287.
- Clément, P. (2016). Migration, race et genre. Dans B. Maurer, M. Verdeilhan & A. Denimal, *Migrants et migrations dans les manuels scolaires en Méditerranée* (pp. 21-26). Paris : L'Harmattan.
- Clément, P., Blaes, N., & Luciani, A. (1980). Le mythe tenace du « chromosome du crime », encore appelé « chromosome de l'agressivité ». *Raison Présente*, 54, 109-127.
- Clément, P. & Castéra, J. (2007). L'actualité des images de vrais jumeaux dans les magazines de vulgarisation et dans les manuels scolaires. Dans A. Giordan, J.-L. Martinand & E. Triquet (Éds), *Actes JIES 27* (pp. 1-7). Cachan : STEF.
- Clément, P. & Castéra, J. (2013). Multiple Representations of Human Genetics in Biology Textbooks. Dans D. F. Treagust et C.-Y. Tsui (Éds), *Multiple Representations in Biological Education* (pp.147-164). Dordrecht : Springer.
- Clément, P., Héraud, J.-L., & Errera, J.-P. (2004). Paradoxe sémantique et argumentation. Analyse d'une séquence d'enseignement sur les grenouilles, au cycle 2 (élèves de 6 à 8 ans). *Aster*, 38, 123-150.
- Clément, P. & Quessada, M.-P. (2009). Creationist Beliefs in Europe. *Science*, 324(26), 1644.
- Clément, P. & Quessada, M.-P. (2013). Les conceptions sur l'évolution biologique d'enseignants du primaire et du secondaire dans 28 pays varient selon leur pays et selon leur niveau d'étude. *Actes AREF 2013*. http://www.eref2013.univ-montp2.fr/cod6/sites/default/files/188:3-Clément-Quessada_0.pdf
- Clément, P., Scheps, R., & Stewart, J. (1997). Une interprétation biologique de l'interprétation. Dans J.-M. Salanskis, F. Rastier, & R. Scheps (Éds), *Herméneutique : textes, sciences* (pp. 209-232). Paris : PUF.
- Clément, P., Serverin, J.-L., & Luciani A. (1981). Quelle digestion des représentations initiales dans la pratique pédagogique ? *Pédagogiques*, 1(3), 20-22.
- Cromer, S. (avec Bardon, A.) (2007). L'égalité des sexes dans les manuels de maths : l'impossible équation ? *Courrier de l'UNESCO*, 10.
- Doise, W. (1990). Les représentations sociales. Dans R. Ghiglione, C. Bonnet, & J.-F. Richard (Éds), *Traité de Psychologie Cognitive*, vol. 3 (pp. 111-174). Paris : Dunod.
- Dubet, F., Duru-Bellat, M., Dubet, F., & Vérétoit, A. (2010). *Les sociétés et leur école. Emprise du diplôme et cohésion sociale*. Paris : Seuil.
- Duit, R. (2009). *Bibliography – STCSE: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. En ligne : <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/>.
- Durkheim, E. (1889). Représentations individuelles et représentations collectives. *Revue de Métaphysique et de Morale*, VI, 273-302.
- Edelman, G. M. (2000). Pour une approche darwinienne du fonctionnement cérébral. *La Recherche*, 334, 109-111.
- Forissier, T. & Clément, P. (2003). Teaching “biological identity” as genome/environmental interactions. *Journal of Biological Education*, 37(2), 85-91.
- Frege, G. (1971). *Écrits logiques et philosophiques* (C. Imbert, trad.). Paris : Seuil. (Éditions originales : 1879 à 1925).

- Gascón, J. & Nicolás, P. (2019). Value judgements and normative prescriptions in Didactics. Dialogue between the ATD and other approaches. **(Ce volume.)**
- Giordan, A., Girault, Y., & Clément, P. (Éds). (1994). *Conceptions et connaissances*. Berne : Peter Lang.
- Gould, S. J. (1983). *La mal-mesure de l'homme*. Paris : Ramsay.
- Jacquard, A. & Kahn, A. (2001). *L'avenir n'est pas écrit*. Paris : Bayard.
- Kammoum, M., Chapron, G., & Clément, P. (2002). Changements conceptuels relatifs à la tuyauterie digestion-excrétion chez les élèves de collège en Tunisie et en France. Dans A. Giordan, J.-L. Martinand & D. Raichvarg (Éds), *Actes JIES 24* (pp. 311-316). Cachan : STEF.
- Kupiec, J.-J. (2008). *L'origine des individus*. Paris : Fayard.
- Kupiec, J.-J. & Sonigo, P. (2003). *Ni Dieu ni gène. Pour une autre théorie de l'hérédité*. Paris : Seuil.
- Lewontin, R. (2000). *The Triple Helix: Gene, Organism, and Environment*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Martinand, J.-L. (2000). Pratique de référence et problématique de la référence curriculaire. Dans A. Terrisse (Éd.), *Didactique des disciplines. Les références au savoir* (pp. 17-24). Bruxelles : De Boeck.
- Maturana, H. R. & Varela, F. G. (1980). *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. Dordrecht : Reidel.
- Moscovici, S. (1984). *Psychologie sociale*. Paris : PUF.
- Quessada, M.-P. & Clément, P. (2007). An epistemological approach to French curricula on human origin during the 19th & 20th centuries. *Science & Education*, 16(9/10), 991-1006.
- Quessada, M.-P., Clément, P., Oerke, B., & Valente, A. (2008). Human evolution in science textbooks from twelve different countries. *Science Education International*, 19, 2, 147-162. En ligne : http://www.icaseonline.net/sei/june2008/19-2-june-2008-147_162.pdf
- Sombart, W. (1938). *Vom Menschen*. Berlin : Hochholz & Weisswange.
- Uexküll, J. von (1965). *Mondes animaux et monde humain suivi de Théorie de la signification* (P. Muller, trad.). Paris : Denoël. (Édition originale en allemand 1956)
- Varela, F. J. (1989a). *Autonomie et connaissance. Essai sur le vivant*. Paris : Seuil.
- Varela, F. J. (1989b). *Connaître les sciences cognitives. Tendances et perspectives*. Paris : Seuil.
- Verret, M. (1975). *Le temps des études*. Paris : Honoré Champion.
- Vidal, C. & Benoit-Browaey, D. (2005). *Cerveau, sexe et pouvoir*. Paris : Belin.
- Winsløw, C. (2011). Anthropological theory of didactic phenomena: Some examples and principles of its use in the study of mathematical education. Dans M. Bosch et al. (Éds), *Un panorama de la TAD* (pp. 117-138). Barcelone : CRM.
- Wu, C.-T. & Morris, J. R. (2001). Genes, Genetics, and Epigenetics. *Science*, 293, 1103–1105.